

Mise en place d'un réseau d'Observation de la Biodiversité de la Loire et de ses Affluents (OBLA)

Sept. 2012 à Mai 2014



Rapport scientifique

Coordination du projet : Sabine Greulich

UMR Université de Tours - CNRS 7324 CITERES



Financement :



Ce projet de recherche est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage dans le bassin de la Loire avec le Fonds européen de développement régional.



Rédacteurs :

Sabine Greulich, UMR CITERES

Paléobiodiversité : Emmanuel Gandouin (IMBE, Aix-Marseille)

Phytoplancton : Maria Leitao, Andras Abonyi (Bi-eau, Angers)

Végétation enracinée : Jeanne Vallet (CBNBP, Antenne Sarthe), Sabine Greulich (UMR CITERES). Vincent Boulet (CBN MC), Laurent CHABROL (CBN MC), Jordane CORDIER (CBNBP), Sébastien FILOCHE (CBNBP), Pascal LACROIX (CBN Brest), Sylvie MAGNANON (CBN Brest)

Macroinvertébrés aquatiques : Karl M. Wantzen, Univ. Tours, CNRS UMR CITERES et Nina Richard, Univ. Tours, CETU Elmis Ingénieries

Arthropodes terrestres : Denis Lafage (GECCO, Université d'Angers) et Julien Pétillon (EA 7316, Université de Rennes 1).

Poissons : Catherine Boisneau (UMR CITERES)

*Oiseaux : Jean Secondi, GECCO, Université d'Angers,
Bruno Faivre, UMR CNRS 5561 BioGéoSciences, Université de Bourgogne, Dijon, Jean Roché,
Consultant en environnement, Arles, Benoit Marchadour, LPO Anjou
Axe transversale : Séverine Airaud, UMR CITERES*

Juillet 2014

Table de matières

Introduction	5
Action 1.1 : Paléobiodiversité et facteurs environnementaux	7
Etat des lieux des données disponibles.....	9
Méthodes d'analyse des données	10
Résultats	10
Discussion	13
Perspectives.....	14
Valorisation.....	15
Références bibliographiques	15
Action 1.2 : Tendances de dynamiques des espèces/communautés dans le passé proche .	16
Groupe taxonomique : Phytoplancton	16
État des lieux des données disponibles.....	17
Résultats et discussion	19
Perspectives.....	32
Références bibliographiques	32
Groupe taxonomique : Végétation enracinée	34
Etat des lieux des données disponibles.....	34
Méthodes d'analyse des données	47
Résultats et discussion	47
Perspectives.....	57
Références bibliographiques	58
Groupe taxonomique : Macroinvertébrés benthiques	59
Etat des lieux des données disponibles.....	59
Méthodes d'analyse des données	61
Résultats et discussion	62
Perspectives.....	66
Références bibliographiques	67
Groupe taxonomique : Arthropodes terrestres	69
Introduction.....	69
Traitement des données	71
Résultats Araignées	73
Résultats Coléoptères Carabidae	77
Discussion	79
Conclusion	80
Perspectives.....	81

Références bibliographiques	83
Groupe taxonomique : Oiseaux	84
Etat des lieux des données disponibles.....	84
Méthodes d'analyse des données	85
Résultats et discussion	86
Perspectives.....	86
Conclusion action 1.2.....	87
Action 1. 3 : Suivi à long terme des communautés/espèces et des principaux paramètres environnementaux sur un réseau de sites.	88
Définitions des objectifs du suivi et des questions scientifiques	88
Réflexions sur l'échelle spatio-temporelle d'un protocole de suivi	89
Les protocoles de suivi par groupe taxonomique	92
Proposition d'un réseau de sites de suivi et estimation financière	95
Perspectives.....	96
Références bibliographiques	97
Action transversale : base de données, contacts avec d'autres dispositifs	99
Valorisation des travaux du réseau OBLA.....	103

Liste des Figures

Figure 1 : DCA Loire aval : évolution temporelle (en années calibrées Before Present) des scores des relevés polliniques sur l'axe F1. En noir la courbe de tendance polynomiale d'ordre 5..	12
Figure 2 : DCA Loire aval : évolution temporelle (en années calibrées Before Present) des scores des relevés polliniques sur l'axe F1. En noir la courbe de tendance polynomiale d'ordre 5.....	13
Figure 3 : Localisation des stations de prélèvement de phytoplancton le Long de la Loire..	18
Figure 4: Répartition des taxa de phytoplancton en fonction des classes algales, et selon le nombre des stations et la période d'étude	20
Figure 5 : Distribution des abondances de <i>Scenedesmus</i> spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval.....	22
Figure 6 :Distribution des abondances d' <i>Actinastrum</i> spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval	23
Figure 7 : Distribution des abondances de <i>Nitzschia fruticosa</i> de 1991 à 2011, d'amont en aval	24
Figure 8 : Distribution des abondances de <i>Stephanodiscus</i> spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval	25
Figure 9 : Distribution des abondances de <i>Skeletonema potamos</i> de 1991 à 2011, d'amont en aval	26
Figure 10 :Distribution des abondances de <i>Merismopedia</i> spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval.....	27
Figure 11 : Distribution des abondances de <i>Microcystis</i> spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval	28
Figure 12 : Richesse taxonomique sur les 6 stations le long de la Loire pendant la période de 1991 à 2011 (moyenne $\pm$ SE).....	30
Figure 13 : Biomasse totale de phytoplancton sur les 6 stations le long de la Loire pendant la période de 1991 à 2011.	31
Figure 14 : Communes des secteurs étudiés sur les cours d'eau du programme OBLA : Loire, Allier, Basses Vallées Angevines (Maine et aval du Loir, de la Mayenne et de la Sarthe) et Vienne.	35
Figure 15 :Communes des secteurs étudiés sur les cours d'eau du programme OBLA : Loire, Allier, Basses Vallées Angevines (Maine et aval du Loir, de la Mayenne et de la Sarthe) et Vienne.	35
Figure 16 : Répartition du nombre de données entre les trois périodes : avant 1950 (vert), 1950-1999 (rouge) et à partir de 2000 (jaune).	37
Figure 17 : Comparaison des données entre trois périodes : avant 1950 (vert), entre 1950 et 1999 (rouge) et à partir de 2000 (jaune). Le graphique A présente les résultats pour le nombre de données par commune, le graphique B pour la richesse spécifique par commune. Pour les modèles linéaires mixtes généralisés, l'effet fixe est la période temporelle, l'effet aléatoire la commune et la structure d'erreur une loi de Poisson.	37
Figure 18 : Comparaison du nombre moyen de données géoréférencées par commune entre la période 1950-1999 (rouge) et post-2000 (jaune).	38
Figure 19 : A -Comparaison du nombre de données total par commune (vert) avec le nombre de données géoréférencées par communes (jaune) ; B – Courbe de distribution de la proportion de données non géoréférencées par commune.....	38
Figure 20 : Pour la période contemporaine (postérieure à 2000) : Nombre de données par commune en fonction du secteur géographique (A et A') ; Nombre d'espèces par communes en fonction du secteur géographique (B et B') et taux d'exhaustivité communal Jackknife 1 significatives,.....	40
Figure 21 : Distribution des centroïdes des polygones associés à des données géoréférencées.....	41
Figure 22 :Comparaison de la superficie moyenne des polygones associés à des données géoréférencées.....	42
Figure 23 : Densité de distribution des superficies de polygones pour chacun des secteurs étudiés.	43
Figure 24 : Densité de distribution des superficies de polygones inférieurs à 1 ha pour chacun des secteurs étudiés.....	43
Figure 25 : Illustration du principe de la méthode d'analyse des tendances des espèces selon la méthode de McCollin et al. (2000), Telfer et al. (2002) et Van Calster et al. (2008).	50
Figure 26 : Répartition des ouvrages concernant la flore vasculaire selon l'échelle traitée (départementale, infra-départementale ou supra-départementale).	50
Figure 27 : Nombre de classes de rareté utilisées dans les ouvrages concernant la flore vasculaire et présentant des classes de rareté standardisées.	51
Figure 28 : Nombre d'ouvrages concernant (au moins en partie) chacun des secteurs étudiés. Le graphique A prend en compte les 26 ouvrages dépouillés concernant la flore vasculaire ; le graphique B se limite aux 18 ouvrages présentant des indices de rareté standardisés en classes.	51
Figure 29 : Localisation des 27 stations du Réseau de Contrôle et de Surveillance présentant des données macroinvertébrés benthiques (source : Engles 2011).	60
Figure 30 : Richesse des macroinvertébrés benthiques de la Loire et distribution des familles et genres en principaux taxons.	62

Figure 31 : Répartition des données Araneae en fonction des communes du bassin versant de la Loire	73
Figure 32 : Analyse en composantes multiples selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=38%) de l'ensemble des données Araneae	74
Figure 33 : Analyse Factorielle des Correspondances selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=59,3%) de l'ensemble des espèces.....	75
Figure 34: Régression linéaire de la richesse spécifique totale par site en fonction de la distance à la mer (km .	76
Figure 35 : Régression linéaire du nombre total d'espèces halophiles par sites en fonction de la distance à la mer	76
Figure 36 : Analyse en composantes multiples selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=39,8%) des données Carabidae	77
Figure 37 : Analyse Factorielle des Correspondances selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=47,5%) de l'ensemble des espèces.....	79
Figure 38 : Echelles spatiales et temporelles sur lesquelles se situe l'essentiel du cycle de vie des organismes appartenant aux différents groupes taxonomiques en années et longueur de tronçon de cours d'eau. Echelles selon Delcourt & Delcourt (1988) (hypothèse : largeur de la plaine inondable= 500 m)	91
Figure 39 : Sites de suivi proposés.....	96

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Membres du groupe paléobiodiversité de l'Observatoire de la Biodiversité de la Loire et de ses Affluents.	7
Tableau 2 : Scores des principaux taxons contribuant à la formation de l'axe F1 de la DCA (detrended correspondence analysis).	11
Tableau 3 : Nombre de communes et superficie des secteurs étudiés	35
Tableau 4 : Nombre total de données (dont géoréférencées) et nombres moyens de données et d'espèces par commune en fonction du secteur géographique et de la période. NA : données non disponibles.	39
Tableau 5 : Nombre total et nombres moyens de données et d'espèces de bryophytes par commune en fonction du secteur géographique et de la période.....	44
Tableau 6 : Nombre moyen de données et d'espèces de Characées par commune.....	45
Tableau 7 : Par secteur : nombre de relevés phytosociologiques, nombre de relevés phytosociologiques rattachés à un syntaxon de niveau inférieur ou égal à l'alliance ; surface cartographiée (ha) et proportion de la superficie du secteur cartographiée.....	45
Tableau 8 : Stations IBMR sur la Loire, l'Allier et la Vienne et disponibilité de listes floristiques. *IBMR réalisé, mais liste floristique manquante.....	46
Tableau 9 : Bilan du nombre d'espèces par secteur et période (Données CBN).	49
Tableau 10 : Présentation des bases de données de traits biologiques par ordre alphabétique des auteurs pouvant être pertinentes pour le territoire étudié.	53
Tableau 11 : Analyses pouvant permettre de décrire les niches écologiques d'espèces à partir des données possédées par les CBN.....	56
Tableau 12 : Liste des données « listes faunistiques des macroinvertébrés benthiques » de la Loire récoltées. ..	61
Tableau 13 : Richesse taxonomique des macroinvertébrés recensés par secteur de la Loire.	63
Tableau 14 : Répartition des taxons de macroinvertébrés le long du gradient longitudinal de la Loire.	64
Tableau 15 : Synthèse des personnes (et structures) contactées.	71
Tableau 16 : Grands enjeux, processus et paramètres à mesurer/suivre.	91
Tableau 17 : Principales variables de forçage pour la biodiversité des différents types d'habitats de la plaine inondable ligérienne.....	92
Tableau 18 : Degré d'importance des variables de forçage dans les différents types d'habitat	92
Tableau 19 : Synthèses des protocoles de suivi pour les différents groupes taxonomiques	93

Introduction

La préservation de la biodiversité à l'échelle mondiale, régionale et locale fait partie des principaux défis du 21^e siècle. La convention sur la diversité biologique (ONU, 1992) oblige les états signataires d'élaborer des stratégies, plans ou programmes nationaux tendant à assurer la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique. Afin de pouvoir préserver la biodiversité de manière efficace, encore faut-il connaître les organismes qui en font partie localement, leurs exigences écologiques ainsi que les facteurs de leur environnement qui sont susceptibles de se modifier dans le temps, par exemple dans le cadre de successions écologiques ou suite à des changements globaux. Afin d'établir les liens de cause à effet entre présence des organismes et facteurs environnementaux, des corrélations entre abondance des organismes et paramètres environnementaux peuvent fournir de premières indications.

Dans les dernières années, de nombreuses initiatives d'observation de la biodiversité ont vu le jour, aussi bien à l'échelle internationale qu'aux échelles nationales et régionales. En France, le Grenelle de l'environnement de 2007 encourage la création d'un observatoire de la biodiversité, éventuellement décliné en observatoires régionaux. Ces observatoires régionaux sont généralement de visée opérationnelle, censés fournir des indicateurs sur *l'état* des écosystèmes et de la biodiversité, notamment à destination des décideurs politiques et des gestionnaires. Ainsi, sur le bassin versant de la Loire, de tels types d'observatoires existent en région Poitou-Charentes, en région Rhône-Alpes, en Bourgogne, en Pays de la Loire et se met en place en Région Centre (stratégie régionale pour la biodiversité, oct. 2011). Parallèlement à ces observatoires de visée opérationnelle existent ou se créent des observatoires ou réseaux d'observations scientifiques qui ont pour but de comprendre le *fonctionnement des écosystèmes* et les processus sous-jacents à la répartition des organismes et de la biodiversité. L'observation des écosystèmes, organismes et facteurs environnementaux s'effectue généralement sur de longue durée, à l'image des sites LTER (*Long Term Ecological research*) à l'échelle internationale ou SOERE (systèmes d'observation et d'expérimentation au long terme pour la recherche en environnement) à l'échelle nationale. Cette recherche davantage fondamentale peut déceler entre autres les indicateurs et variables environnementaux pertinents à suivre dans le cadre d'observatoires opérationnels.

Les politiques européennes et nationales ont reconnu depuis la mise en place de la directive cadre sur l'eau (DCE) voire depuis la création des agences de l'eau en France, la pertinence de l'échelle du bassin versant pour la gestion de l'eau. Pour le cas de la biodiversité des écosystèmes fluviaux et périfluviaux (plaine alluviale), l'échelle du bassin versant semble également une bonne échelle d'étude, puisque des flux d'organismes privilégiés existent entre l'amont et l'aval des réseaux hydrographiques ainsi que des flux latéraux à travers les plaines d'inondation et, de manière plus limitée, des flux entre écosystèmes de surface et écosystèmes hyporhéiques. La répartition des organismes au sein de cet hydrosystème étant ensuite nuancée par des particularités biogéographiques et climatiques locales.

Sur le territoire du bassin versant de la Loire, plusieurs initiatives d'observation de la biodiversité et des écosystèmes ont vu le jour ou se mettent en place, comme par exemple les observatoires régionaux de la biodiversité en Poitou-Charentes, Rhône-Alpes, Bourgogne, Pays de la Loire et Centre ; des initiatives concernant certains groupes taxonomiques tel que l'Observatoire avifaune nicheuse des grèves du bassin de la Loire (LPO) ; l'observatoire flore de la Loire (Conservatoires Botaniques nationaux Bassin Parisien et Brest) ou encore des initiatives de partage de données, de protocoles d'inventaires, d'expériences de restauration, notamment à destination des gestionnaires de la biodiversité (Centre de Ressources de la Fédération des Conservatoires des Espaces Naturels). Du côté de la recherche, certains éléments de la biodiversité passée et actuelle sont étudiés et suivis

par plusieurs laboratoires sur des sites d'étude situés principalement le long de la Loire, de l'Allier et de la Vienne. S'ajoutent des suivis par des gestionnaires des espaces naturels et de la biodiversité (réserves naturelles, fédérations de pêche...etc.), des associations naturalistes, des organismes publics (ONEMA, Agences de l'eau...), ou des études ponctuelles ou à moyen terme par des bureaux d'études. Toutes ces études et initiatives ont généré et génèrent une grande quantité de données disparates, recueillies selon des protocoles divers.

En 2008-2009, le volet « biodiversité » du projet « Evaluation de la vulnérabilité de la biodiversité et de la vulnérabilité des zones bâties inondables du corridor ligérien, pour une meilleure anticipation des effets du changement climatique sur les régimes hydrologiques de la Loire » (EV2B – coordination S. Servain, subvention Plan Loire – FEDER), présenté par le réseau de recherche « Zone Atelier Loire », a tenté de faire la synthèse des données existantes pour les différents habitats du lit endigué de la Loire. La flore, les macroinvertébrés aquatiques et les oiseaux prairiaux ont été recensés dans la perspective d'évaluer leurs vulnérabilités face aux conséquences du changement climatique, notamment concernant les facteurs « augmentation de température » et « modification des régimes d'inondation ». Outre le fait que le caractère disparate des données rend difficile l'exploitation statistique des données existantes, l'étude a montré un manque criant de connaissances précises et quantifiées concernant les exigences et les amplitudes écologiques des espèces, en particulier végétales, par rapport aux facteurs « température » et « durée d'inondation ». En effet, ces paramètres ne sont généralement pas pris en compte dans le suivi des habitats et des organismes hors milieu aquatique. Une enquête auprès des gestionnaires concernant ces connaissances n'a eu qu'un retour extrêmement faible. Suite à ce constat le projet EV2B a identifié six sites prioritaires de suivi pour six types d'habitats : annexes hydrauliques, grèves, pelouses à *Sedum*, forêt de bois tendre, forêt de bois dur et, pour la Loire aval uniquement, les prairies inondables. Ces sites ont été partiellement équipés en enregistreurs de température, afin de suivre en parallèle la dynamique de la végétation de ces habitats en fonction des variations de température mais également des durées d'inondation.

Le présent projet vise à aller plus loin dans la démarche : il a pour objectif de créer un **réseau d'observation de la biodiversité ligérienne** qui couvrira les habitats du lit majeur de la Loire et de ses principaux affluents, ainsi que les zones humides des têtes de bassin. Ce réseau d'observation se veut **complémentaire aux autres réseaux d'observatoires** existants ou en voie de constitution, prenant en charge les aspects non couverts par les autres initiatives.

Sa particularité résidera :

- i. dans son échelle spatiale (le bassin versant de la Loire) ;
- ii. dans le suivi simultané de la répartition des organismes et des facteurs environnementaux majeurs du biotope ;
- iii. dans la prise en compte simultanée de plusieurs groupes taxonomiques.

Enfin, ce projet ira au-delà de la simple observation des répartitions et dynamiques des organismes puisqu'il permettra d'éclaircir les *processus sous-jacents*. De ce fait, le réseau sera à vocation scientifique. Cependant, des interactions fortes avec les gestionnaires des milieux naturels seront recherchées, notamment dans les protocoles de suivi et le transfert des résultats.

Au niveau de sa structure thématique, le réseau s'articulera autour de trois axes :

- **Axe 1** : Dynamiques des espèces et des communautés en lien avec les facteurs environnementaux
- **Axe 2** : Approche expérimentale et modélisation
- **Axe 3** : Gestion de la biodiversité

Les habitats concernés seront ceux de la plaine inondable et des têtes de bassin, avec leurs principaux groupes taxonomiques : communautés microbiennes aquatiques (virus, bactéries, fung), flore (phytoplancton, cryptogames aquatiques fixés et terrestres, végétation vasculaire), faune invertébrée (zooplancton, invertébrés benthiques, odonates (larves et imagos) arthropodes

terrestres (insectes et arachnides)), faune vertébrée (poissons, amphibiens/reptiles, oiseaux, mammifères).

Le financement accordé dans le cadre du présent projet « Mise en place de l'OBLA » concerne trois actions de l'axe 1, appliquées essentiellement à la Loire, l'Allier et la Vienne. Il s'agit des actions suivantes :

1.1 Paléobiodiversité et facteurs environnementaux. L'action avait pour objectifs, dans le cadre de cette demande de subvention, (i) d'établir un état des lieux des connaissances paléoécologiques sur la totalité du gradient amont-aval de la Loire et de son bassin versant et (ii) de monter des projets multidisciplinaires sur des séquences sédimentaires clefs, pour compléter les connaissances mises en avant dans le travail de synthèse.

1.2 Tendances de dynamiques des espèces/communautés dans le passé proche. L'action avait pour objectifs (i) de dresser la liste des espèces présentes sur le bassin de la Loire depuis le 20^e siècle, (ii) d'analyser les tendances de dynamique des espèces/communautés à partir de données existantes (iii) d'établir les liens avec les paramètres environnementaux (occupation du sol, niveau trophique de l'eau, température, arrivée de nouvelles espèces...etc.). Ceci pour les groupes taxonomiques phytoplancton, flore fixée (bryophytes, characées, flore vasculaire), invertébrés aquatiques, arthropodes terrestres (carabes, arachnides, odonates), poissons, amphibiens et reptiles, oiseaux et mammifères.

1.3 Elaboration d'un protocole de suivi à long terme des communautés/espèces et des principaux paramètres environnementaux sur un réseau de sites. L'objectif était de faire fonctionner des groupes de travail (par groupes taxonomiques + un travail de mise en commun) pour (i) choisir un réseau de sites de suivi représentatif, (ii) élaborer un protocole de suivi commun et (iii) dresser la liste de matériel nécessaire à ce suivi.

Afin de pouvoir rassembler et exploiter les données actuelles et futures du réseau OBLA, une **base de données « biodiversité ligérienne »**, sera conçue et créée dans le cadre du projet. Ceci a inclut l'élaboration des modalités précises concernant la structure et le format de la base de données, qui nous avons souhaité compatibles avec d'autres bases de données nationales et internationales.

Le projet « Mise en place de l'OBLA » est par ailleurs soutenu par le réseau de recherche « Zone Atelier Loire » pour lequel il fait partie des projets structurants de son programme de recherche 2011-2014 (ZAL 2010).

Action 1.1 : Paléobiodiversité et facteurs environnementaux

Partenaires impliqués

Les différents membres du groupe paléobiodiversité d'OBLA (« paléOBLA ») sont répertoriés dans le tableau 1. Ils se répartissent dans trois zones d'études principales en fonction des thématiques de recherches de leurs laboratoires respectifs. Ces zones sont : (i) la Loire amont (Massif Central + Allier) ; (ii) la Loire moyenne (Val d'Orléans, Val de Tours, Val d'Authion, Vallée du Cher) et ; (iii) la Loire aval.

Tableau 1 : Membres du groupe paléobiodiversité de l'Observatoire de la Biodiversité de la Loire et de ses Affluents.

Nom	Laboratoire	Spécialité	Zone d'étude principale
1. Cubizolle Hervé		Géomorphologie - Paléoenvironnement	Massif central

2. Serieyssol Karen	EVS-ISTHME – St Etienne	Diatomées	Massif central
3. Chatelard Sandra		Diatomées	Massif central
4. Dendievel André M.		Macrorestes végétaux - géographie	Massif central
5. Fassion Franck		Paléobotanie - archéologie	Massif central
6. Argant Jacqueline	LAMPEA – Aix en Provence	Pollen	Massif Central
7. Miras Yannick	GEOLAB – Clermont F.	Pollen	Massif central
8. Beauger Aude		Diatomées	Massif central (Loire + Allier)
9. Trement Frédéric		Archéologie	Massif Central
10. Haas Jean Nicolas	Innsbruck	Macrorestes végétaux	Massif Central
11. Ponel Philippe	IMBE - Marseille	Coleoptères	Massif Central
12. Gandouin Emmanuel		Chironomides	BV-Loire (amont-aval)
13. Marquet JC	CITERES - Tours	Paléontologie - Rongeurs	Massif Central + Loire moyenne
14. Schaffhauser Alice	CraaH-Polen - Nantes	Macrorestes végétaux	Loire aval
15. Loïc Gaudin	Alkante	SIG-géomatique	Loire aval
16. Cyril Castanet	LGP - Paris 1	Géomorphologie - sédimentologie	Loire aval

Objectifs du volet

L'action 1.1 avait pour objectifs :

- 1. d'établir un état des lieux des connaissances paléoécologiques, principalement paléobiologiques, sur la totalité du gradient amont-aval de la Loire et de son bassin versant.*
- 2. de créer à l'issue du premier travail de synthèse une base de données Paléoécologiques (inspirée du modèle de l'European Pollen Database : <http://www.europeanpollendatabase.net>)*
- 3. de monter des projets multidisciplinaires sur des séquences sédimentaires clefs, pour compléter les connaissances mises en avant dans le travail de synthèse mais aussi pour établir des liens entre taxons, habitats, climat et activités humaines.*

Etat des lieux des données disponibles

1. Inventaire des données bibliographiques

La majorité des références bibliographiques a été relevée sur la partie amont dans le cadre des travaux de thèse de André-Marie Dendeviel. Trente-huit références bibliographiques ont été collectées pour la région Livradois-Forez ; cinquante-cinq références pour la partie Velay-Vivarais. Ces références sont répertoriées dans les tableaux 2 et 3. Les parties moyennes et aval sont nettement moins documentées en références bibliographiques. Ceci s'explique par des raisons historiques et géomorphologiques, le Massif Central, terre des tourbières et des lacs, ayant fait l'objet depuis des décennies de nombreuses études paléoécologiques (surtout polliniques) par les laboratoires de Saint-Etienne, Clermont Ferrand, Lyon et Marseille.

L'observation des métadonnées (tableaux 2 et 3) montre que ces analyses sont surtout paléobotaniques et plus rarement paléolimnologiques (diatomées fossiles), donc essentiellement monodisciplinaires, ce qui est une limite sérieuse pour caractériser la paléobiodiversité régionale. Les dates radiocarbone relevant pour la plupart de travaux anciens (donc de techniques moins performantes que celles actuelles) induisent également un calage chronologique relativement peu précis. Les travaux actuellement en cours des membres du laboratoire EVS-ISTHME de Saint-Etienne et notamment la thèse de André-Marie Dendeviel devraient apporter à court terme une amélioration des connaissances sur les dynamiques écologiques, climatiques et anthropiques de la partie Est du Massif Central et ce, depuis les 15000 dernières années.

Les références de la partie Ouest du Massif Central et de l'Allier sont répertoriées dans le tableau 4. Ces données récentes et pour la plupart inédites ont été fournies par le laboratoire Geolab. Ces références sont associées à des données quantitatives et ont l'avantage de développer une approche pluridisciplinaire avec un bon calage chronologique. Ces travaux se concentrent sur des aspects anthropisation et concernent pour l'essentiel les 6700 dernières années. Les données polliniques de ces travaux sont hébergés (ou seront hébergés pour les travaux en cours) par l'*European Pollen database* (EPD) avec restriction d'accès. Ces données sont accessibles sur demande et en collaboration avec les équipes de Géolab par les membres du groupe paléOBLA.

La partie aval de la Loire présente de nombreux sites d'études palynologiques menés par le laboratoire Polen de Nantes, dont notamment des sites très bien documentés et avec un très bon calage chronologique (dates radiocarbone) provenant des travaux des thèses de Cyprien (2002) et d'Ouguerram (2002). Les sites concernés sont les suivants : Oudon, Ancénis, Champtocé et Distré pour la Loire (Cyprien 2002) et Nay, Mazerolles, Poupinière et Lisle pour la Vallée de l'Erdre (Ouguerram, 2002). Ce sont les données quantitatives de ces travaux qui ont alimenté une grande partie des analyses statistiques du présent rapport (détail ci-après).

La partie moyenne de la Loire présente une carence en donnée paléobiologique. Les données collectées sont encore inédites ou peu diffusées (rapports ou documents de travail). Ces données sont d'ordre paléobotanique et paléoentomologique (Chironomidae, Diptères). Les données sur les insectes (Gandouin et Cassas 2007) concernent deux périodes de transitions paléoclimatiques, à savoir l'entrée dans l'interstade tempéré du Tardiglaciaire (15000-14000 BP) et l'entrée dans l'Interglaciaire Holocène (Fin Dryas Récent / début Préboréal) réciproquement pour le Val de Tours et le Val du Loir. Notons que des données paléobiologiques (pollen et Chironomidae) sur la partie moyenne de la Loire seront à court ou moyen terme disponibles dans le cadre de la participation de certains membres du groupe paléObla au programme AGES (*Ancient Geomorphological EvolutionS : Évolutions géomorphologiques anciennes de l'hydrosystème ligérien*) coordonnés par Cyril Castanet (LGP, Meudon).

2. Données numériques utilisées

Afin d'élaborer une première comparaison des secteurs amont et aval de la Loire, du point de vue des dynamiques végétales passées, les données polliniques des sites suivant ont été collectées via

l'EPD avec l'accord des différents propriétaires de données. Notons que de très nombreuses données de la partie aval ont été récemment transmises par Lionel Visset, via Jacques Louis de Beaulieu, à L'EPD pour un accès libre. Un travail de mise en forme des données des sites les mieux datés (cf Cyprien, 2002 et Ouguerram, 2002) a été effectué par la gestionnaire de l'EPD, Michelle Leydet conformément aux règles d'éthiques de l'EPD. A cette occasion, un modèle « âge –profondeur » a été élaboré au moyen du logiciel CLAM (Blaauw, 2010).

Pour la partie Loire amont, seulement deux sites ont permis de collecter des données quantitatives : les travaux de Beaulieu et Reille (1988) dans le Velay et de Miras et al. (2013) à Espinasse. A terme, les données inédites des laboratoires Geolab et EVS-ISTHME viendront alimenter ce premier jeu de données afin d'améliorer la résolution spatiale de la pluie pollinique régionale. Ceci permettra de tenter une comparaison Est-Ouest des dynamiques végétales du Massif Central.

Méthodes d'analyse des données

Comme mentionné ci-avant, de nombreux sites clefs inédits seront très prochainement disponibles par les membres du groupe paléObla. Dans l'attente de ces résultats, les différentes réunions organisées au cours des deux dernières années, ont permis de mettre en œuvre une méthode d'analyse multivariée, de type Analyse Factorielle des Correspondances « détendancée » (DCA : *Detrended Correspondence Analysis*) afin de mettre en évidence l'évolution des principaux facteurs écologiques qui ont structuré les assemblages paléobiologiques au cours du temps.

1. Justifications du choix des sites et élaboration de la matrice de données :

Le choix des sites à analyser a été conditionné par la présence d'une chronologie relativement détaillée et ce, afin de pouvoir comparer les données numériques sur une période de temps commune. Une fois identifiées, les données des différents sites ont été réunies en une seule matrice de données de type Relevés (profondeur) X Taxons (effectifs). Un travail méticuleux de mise en forme des données a été au préalable nécessaire notamment au niveau de la nomenclature des taxons déterminés par les différents analystes.

2. Modèles Ages-Profondeur et Analyses Factorielles des Correspondances (DCA)

Chaque relevé de profondeur pour chacun des sites retenus a pu être associé à une date grâce à l'utilisation des modèles « âge – profondeur » (Blaauw 2010). Des pourcentages ont ensuite été calculés suivant les méthodes classiques utilisées en palynologie : à savoir, l'exclusion de la somme pollinique totale des taxons de la ripisylve, des taxons aquatiques, des ptéridophytes et des Cypéracées (Reille 1990). La matrice de données est ainsi transformée en matrice de type Relevés (Ages) X Taxons (pourcentages). Les données ont ensuite été transformées en racine carrée pour stabiliser la variance. Les taxons rares (une seule occurrence ou ceux présents dans moins de 2,5 % des échantillons) ont été exclus des analyses multivariées. Une DCA a ensuite été effectuée sur la matrice de données en utilisant les packages Rioja et Vegan de Rstudio (version 0.98.507).

Résultats

Analyse Factorielle des Correspondances : partie aval

Le plan factoriel F1 – F2 résumant 23.90 % de l'inertie totale du jeu de données (*matrice de 60 taxons X 683 relevés*) et l'examen des contributions (scores) des taxons s'y rapportant (Tableau 6), ont permis de mettre en relation le côté négatif de l'axe 1 avec des taxons caractéristiques de la chèneaie primitive mixte caducifoliée tels que *Tilia*, *Corylus* et *Hedera* ainsi que des herbacées préférentiellement retrouvées sur les sols frais, presque humides, perméables et profonds tels que *Valeriana* (probablement *Valeriana officinalis*). Le côté positif de l'axe 1 a été mis en relation avec des taxons cultivés herbacés ou arboréens tels que *Fagopyrum*, *Secale*, *Juglans* et *Castanea*. Cette répartition traduit probablement un gradient de pression d'anthropisation. Il est donc ainsi possible

de suivre sur l'axe 1, l'évolution de ce facteur depuis environ 9000 ans (Figure 1). On distingue ainsi très clairement une tendance à l'augmentation de la pression d'anthropisation sur le bassin versant de la Loire aval dès 7500 cal. BP avec une accélération du phénomène à partir de 3000 cal. BP, pour atteindre un maximum vers 700 cal. BP.

Tableau 2 : Scores des principaux taxons contribuant à la formation de l'axe F1 de la DCA (detrended correspondence analysis).

DCA : Loire aval		DCA : Loire amont	
Taxon	Scores sur F1	Taxon	Scores sur F1
<i>Tilia</i>	-2,853560861	<i>Taxus</i>	-2,492068
<i>Valeriana</i>	-2,62149137	<i>Tilia</i>	-2,326924
<i>Ligustrum</i>	1,894896991	<i>Acer</i>	-2,090531
<i>Juglans</i>	2,083322884	<i>Ulmus</i>	-1,747086
<i>Ulex</i>	2,115940303	Urticaceae	2,039617
Secaletype	2,171370792	<i>Cerealia</i>	2,124426
<i>Fagopyrum</i>	2,49544201	<i>Picea</i>	2,357487
<i>Rhamnus</i>	2,518623755	<i>Humulus/Cannabis</i>	2,490322
<i>Castanea</i>	2,612325736	<i>Castanea</i>	2,526252
<i>Anagallis</i>	2,683341735	<i>Juglans</i>	2,642263

Analyse Factorielle des Correspondances : partie amont

Le plan factoriel F1 – F2 résumant 34.98 % de l’inertie totale du jeu de données (*matrice de 61 taxons X 197 relevés*) et l’examen des contributions (scores) des taxons s’y rapportant (Tableau 6), ont permis de mettre en relation le côté négatif de l’axe 1 avec des taxons caractéristiques de la chênaie primitive mixte caducifoliée tels que *Taxus*, *Tilia*, *Acer* et *Ulmus*. Le côté positif de l’axe 1 a été mis en relation avec des taxons cultivés herbacées ou arboréens tels que *Juglans*, *Castanea*, *Humulus/Cannabis*, et *Cerealia type*. Cette répartition traduit de nouveau un probable gradient de pression d’anthropisation. Il est donc ainsi possible de suivre sur l’axe 1, l’évolution de ce facteur depuis 9000 ans (Figure 2). On distingue ainsi très clairement une tendance à l’augmentation de la pression d’anthropisation sur le bassin versant de la Loire amont et ce à partir de 6000 cal. BP, soit 1000 à 1500 ans plus tard que pour la partie aval. Ce phénomène s’accélère à partir de 3000 cal. BP pour atteindre un maximum vers 700 cal. BP, à la même époque qu’en aval.

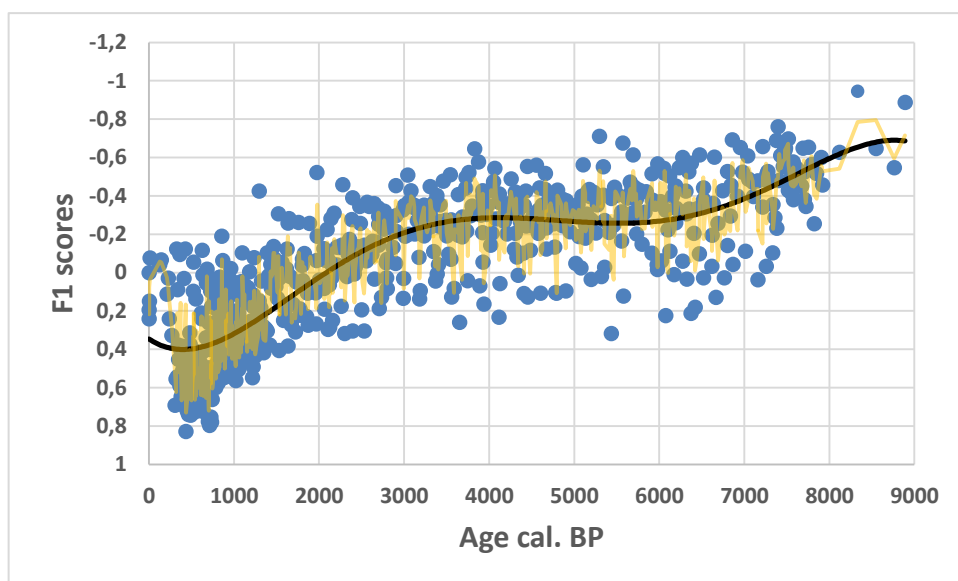


Figure 1 : DCA Loire aval : évolution temporelle (en années calibrées Before Present) des scores des relevés polliniques sur l’axe F1. En noir la courbe de tendance polynomiale d’ordre 5. En orange la moyenne mobile d’ordre 2.

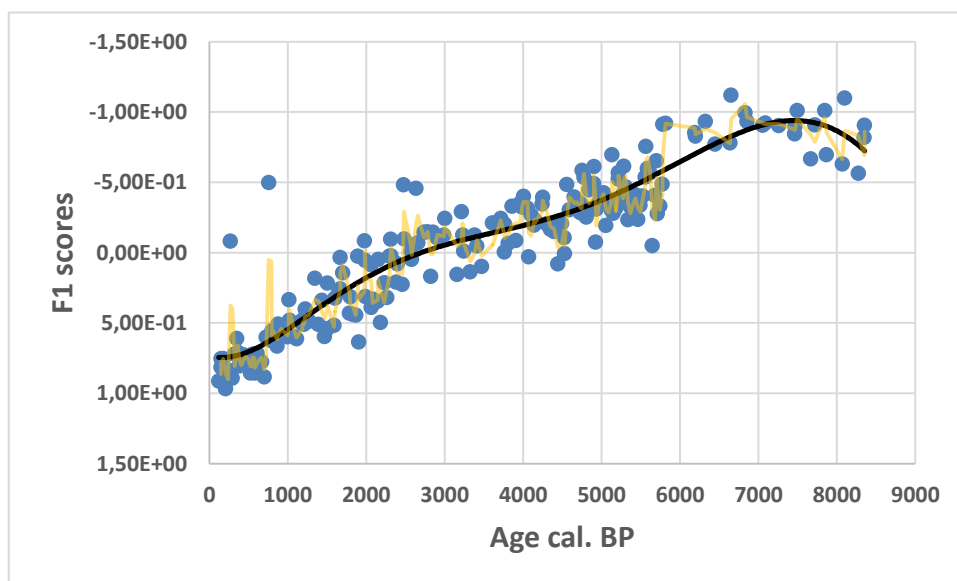


Figure 2 : DCA Loire aval : évolution temporelle (en années calibrées Before Present) des scores des relevés polliniques sur l'axe F1. En noir la courbe de tendance polynomiale d'ordre 5. En orange la moyenne mobile d'ordre 2.

Discussion

Les analyses multivariées ont montré que l'homme est très probablement depuis plusieurs millénaires le premier facteur de contrôle des dynamiques végétales du bassin versant drainé de la Loire. A ce titre, nos résultats rejoignent ceux de Visset et al (2002) en démontrant une précocité des activités agropastorales dans la partie aval de la Loire par rapport à l'amont ou à ce qui est habituellement mis en évidence au Nord-Ouest de l'Europe. Ceci s'explique probablement par une facilitation des déplacements humains dans les corridors fluviaux, depuis les zones côtières ouvertes jusqu'aux parties les plus continentales largement recouvertes par la forêt primaire (chênaie mixte caducifoliée) durant l'optimum climatique de l'Atlantique (période la plus chaude de l'Holocène, vers 7000 BP). Cette anthropisation est croissante depuis cette période et comme nous l'avons observé aussi bien à l'amont qu'à l'aval, les signaux deviennent synchrones à partir de 3000 cal. BP au cours de l'Age du Bronze, puis à l'Age du Fer. L'anthropisation devient ensuite maximale au cours du Moyen-Age (Bas Moyen-Age) et durant l'époque moderne (début XVe siècle après J.C).

Les travaux présentés ici ont permis de disposer d'un outil de visualisation de la pression d'anthropisation qui s'exerce sur le bassin versant drainé de la Loire. Il est maintenant nécessaire de croiser ces premiers résultats paléobotaniques avec les autres compartiments de l'écosystème ligérien et avec d'autres bio-indicateurs, comme par exemple les données fossiles sur la ripisylves, les macrorestes aquatiques et les insectes (Coléoptères et Diptères chironomidés). De telles approches ont déjà été tentées avec succès sur des séquences sédimentaires du Finistère (Fernane et al, accepté). Ces travaux ont permis de mettre en évidence une corrélation positive entre les dynamiques des assemblages polliniques de la ripisylves et celles des Chironomidae associés aux racines submergées. Taxons de la ripisylve et insectes disparaissent à partir d'un certain niveau d'anthropisation (et à certaines périodes), lorsque les hommes assèchent les zones humides par drainage ou endiguement, pour se protéger des crues naturelles et gagner des territoires arables (sur des sols fertilisés par les limons). Gandouin et Ponel et al (2010) dans la vallée de la Seine ont déjà montré une disparition des Coléoptères associées à l'Aulnaie à partir de l'Age du Bronze (entre 3000

et 4000 BP). Ces aspects devront donc être développés sur la Loire, malheureusement aucune séquence n'a jusqu'à présent été étudiée.

Lacunes identifiées

Les données récoltées au cours de nos travaux sont principalement paléobotaniques. Comme mentionné ci-avant plusieurs programmes de recherches pluridisciplinaires (auxquels participent plusieurs membres du groupe paléObla), sont en cours sur le bassin versant amont de la Loire, sur l'Allier et sur la partie moyenne de la Loire (Val d'Orléans, Val de Tours, Val d'Authions, etc.).

Pour l'instant seul le paramètre anthropisation a pu être nettement mis en évidence avec les données à disposition. Les dynamiques fluviales et le climat sont autant de paramètres qu'il sera nécessaire d'aborder dans la suite de nos recherches. Pour cela la prise en compte d'autres proxies biologiques que les données paléobotaniques sera nécessaire (insectes, mollusques, diatomées, etc.).

La partie moyenne de la Loire est pauvre en données paléobiologiques. Cette carence est en passe d'être corrigée par l'étude de plusieurs séquences sédimentaires extraites entre Orléans et Angers.

Enfin la partie « base de données fossiles » (l'objectif numéro 2 de l'action 1.1.) n'a pu être réalisée. Pour l'instant l'essentiel des données collectées est pollinique, donc recourant de l'European Data Base. Toutefois, les membres du groupe paléOBLA ont donné leur accord pour alimenter la base de données de l'OBLA de leurs futures données paléobiologiques (autres que pollen).

Résumé des avancées réalisées par le projet « mise en place de l'OBLA »

L'avancée principale réalisée par l'action 1.1 « Paléobiodiversité et facteurs environnementaux » est sans conteste la formation d'un groupe de travail actif et pluridisciplinaire dont plusieurs des membres ont récemment été intégrés à des programmes de recherches en cours.

Perspectives

L'objectif numéro 1 de l'action « Paléobiodiversité et facteurs environnementaux » sera poursuivi dans un travail de publication en commun au laboratoire Geolab et EVS-ISTHME. Les données inédites du Massif Central sont concernées. Lors de la dernière réunion de travail du groupe, il a été décidé d'utiliser pour ces travaux les types écologiques fonctionnels pour permettre les comparaisons multidisciplinaires. Un type fonctionnel est un groupe d'organismes partageant une ou plusieurs mêmes réponses à un ou des facteurs environnementaux ou affectant l'écosystème d'une même façon.

Pour compléter les comparaisons Loire Amont-Aval ou Massif Central Est – Ouest, la composante spatiale ne doit pas être négligée. Des analyses de co-inertie devront être menées en parallèle. Les critères abiotiques suivant ont été retenus : habitats, géologie, continentalité, altitude, vent (orientation des vents dominants), taille du bassin versant, orientation du versant (Sud / Nord), distance avec les sites archéologiques les plus proches connus.

Pour tenter de caractériser la biodiversité du passé au moyen des données paléoécologiques, il a été décidé d'utiliser les indices classiques de biodiversité (utilisés en Néoécologie) mais aussi d'avoir recours aux analyses de raréfaction pour normaliser les données.

Dans le cadre de l'objectif numéro 3 de l'action 1.1., les membres du groupe PaléOBLA ont commencé à participer au programme AGES qui s'articule autour des thématiques suivantes : (i) dynamique des cours d'eau ; (ii) morphogénèse des plaines alluviales ; (iii) interactions entre systèmes fluviaux et systèmes sociaux du bassin de la Loire ; (iv) analyse spatiale et cartographie des paléo-environnements.

E. Gandouin et Alice Schaffhauser participeront à certaines des campagnes de sondages à venir. Une demande de master recherche (deuxième année) en collaboration LGP – Imbe (formation

universitaire de rattachement à définir) devrait permettre de travailler rapidement (fin juin 2015) sur les assemblages d'Insectes d'une séquence organique soit d'âge Tardiglaciaire soit d'âge Holocène, tout dépendra des unités recoupées en sondage. Les chironomes peuvent en plaine alluviale aussi bien fournir des données paléo-climatiques (températures estivales) que renseigner sur le degré de connexion du site de dépôt avec le chenal principal et par là même donner des informations sur la dynamique fluviale. Ces nouveaux travaux sur les faunes d'insectes viendront compléter ceux déjà disponibles sur les séquences tardiglaciaires (transition Dryas ancien – Interstade tardiglaciaire) et début Holocène (transition Dryas récent – Préboréal) étudiées par E. Gandouin en 2007 (Postdoc-IRBI /IIFP Tours). Enfin, si le matériel sédimentaire le permet (carottages multiples ou prélèvement direct sur coupe), une analyses des assemblages fossiles de coléoptères pourra également être entreprise par Philippe Ponel.

Valorisation

Valorisation prévue

Dans le cadre du programme AGES, trois stages de recherche (M2R) seront proposés (encadrement Castanet, Gandouin, Schaffhauser). Ces stages fourniront autant de rapports d'études d'ici 2 ans. Les disciplines concernées sont la palynologie, la paléoentomologie (chironomes) et les macrorestes végétaux. Ces travaux offriront très certainement des possibilités de publication d'articles dans des revues internationales avec comité de lecture. Des communications scientifiques dans des congrès internationaux ou nationaux seront aussi envisagées.

Références bibliographiques

- Fernane A., Gandouin E., Penaud A., Van Vliet-Lanoë, Goslin J., Vidal M., Delacourt C. Coastal palaeoenvironmental record of the last 7 ka BP in NW France: infra-millenary climatic and anthropic Holocene signals. *The Holocene*.
- Beaulieu J.-L. (de), Reille M. 1988, History of the Würm and Holocene vegetation in Western Velay (Massif Central, France) : a comparison of pollen analysis from three corings at Lac du Bouchet, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 54, p. 233–248.
- Blaauw, M., 2010. Methods and code for 'classical' age-modelling of radiocarbon sequences. *Quaternary Geochronology* 5: 512-518.
- Gandouin E., Casas, J., 2007. Histoire environnementale et climatique des fonds de vallées du Val de Loire, à la sortie de la dernière glaciation, il y a 15 000 ans. Analyse des assemblages subfossiles d'Insectes (Diptères Chironomidae). Rapport d'étude post-doctorale, Université François Rabelais et Institut International Fleuve et Patrimoine, Tours, 36 p.
- Gandouin E. , Ponel P., 2010. Rivers. In J. Dodson (ed). *Changing Climates, Earth Systems and Society*. Springer. pp.161-175.
- Cyprien AL (2002) Chronologie de l'interaction de l'homme et du milieu dans l'espace central et aval de la Loire (Ouest de la France). Groupe d'étude des milieux naturels, Nantes, vol I texte : 183 p., vol II Illustrations : 75 fig.
- Miras Y., Lavrieux M., Florez M., 2013. Holocene ecological trajectories in lake and wetland systems (Auvergne, France): a palaeoenvironmental contribution for a better assessment of ecosystem and land use's viability in management strategies. *Annali di Botanica*, 3: 127-133

Ouguerram A., 2002 – Histoire de la vallée de l'Erdre (affluent de la Loire, Massif armoricain, France) de la fin du Tardiglaciaire aux époques actuelles. Thèse de doctorat, Université de Moulay Ismaïl de Meknès (Maroc), Editions Groupe d'Etude des Milieux Naturels, 121 p., 24 Figures.

Reille M., 1990 - Leçons d'analyse pollinique et de palynologie. Éd. du CNRS, 206 p.

Visset, L., A. L. Cyprien, N. Carcaud, A. Ouguerram, D. Barbier & J. Bernard (2002). "Les prémices d'une agriculture diversifiée à la fin du Mésolithique dans le Val de Loire (Loire armoricaine, France)." C. R. Palevol 1: 51-58.

Action 1.2 : Tendances de dynamiques des espèces/communautés dans le passé proche

Cette action a été menée par groupe taxonomique. Il s'agissait, à partir de données disponibles dans la littérature, dans les bases de données existantes, au sein des différents laboratoires partenaires ou auprès de gestionnaires partenaires de

- (i) dresser une **liste des espèces présentes dans les habitats du lit inondable de la Loire**. En fonction du groupe taxonomique, les données étaient accessibles à de degrés divers, et le nombre d'observation diffère donc largement en fonction des groupes taxonomiques. En général, la synthèse a nécessité une évaluation de la fiabilité des données recueillies.
- (ii) d'évaluer **l'abondance des espèces** à travers les différents habitats et au cours du temps (analyse des tendances)
- (iii) de tenter de **relier ces tendances à des paramètres environnementaux** (pluviométrie, température, occupation du sol, niveau trophique pour les organismes aquatiques arrivées ou disparition d'autres organismes (p.ex. espèces envahissantes).

Groupe taxonomique : Phytoplancton

Dans ce qui suit, nous traiterons du phytoplancton. Le terme le plus approprié serait de potamoplancton, définissant les algues microscopiques se laissant entraîner par le courant dans les cours d'eau. Ce compartiment représente un domaine à part entière, il est l'un des producteurs primaires indispensables à la chaîne trophique fluviale.

Dans la mesure où les facteurs dynamiques interviennent fortement dans la rivière, au plancton habituel peuvent s'ajouter, sous des conditions de courant important, des algues arrachées de leurs substrats et se retrouvant en dérive dans la masse d'eau : il s'agit du tychoplancton. C'est pourquoi dans les échantillons de phytoplancton nous pouvons trouver à la fois des espèces véritablement planctoniques, mélangées à d'autres strictement benthiques. Ceci montre le rôle intégrateur du phytoplancton, qui est un indicateur non pas de la station de prélèvement, mais des conditions physiques et aussi chimiques de l'amont plus ou moins éloigné (l'ampleur de la zone représentée dépend de l'hydrologie et de la mésologie du bassin versant).

Pour la Loire en particulier, son parcours de presque 1 000 Km en fait un continuum qui traverse des sols différents, avec des climats divers et des apports variés. Selon la pente et la morphologie du lit, le temps de séjour sera très variable, et en particulier dans les zones de plaine, l'existence de sites

latéraux plus calmes pourra offrir des habitats protégés, qui servent de refuge, de "pépinières", où des espèces particulières (inféodées aux macrophytes ou méroplanctoniques, notamment) peuvent à terme se trouver dans le flux principal. Elles enrichiront temporairement la microflorule du fleuve.

C'est la conjonction de toutes ces caractéristiques qui fait la richesse du phytoplancton de la Loire, qui est, à notre connaissance, le plus diversifié d'Europe.

L'ensemble des documents produits à l'issue de cette première phase de l'OBLA a été agencé et mis en forme par le bureau d'études Bi-Eau, avec la participation de : Andras Abonyi, Anne Marie Lançon et Maria Leitao.

État des lieux des données disponibles

Composé d'organismes variant de quelques microns à quelques centaines de microns, les premières études sur les algues de la Loire (des Cilleuls, 1928, tronçon entre Saumur et l'estuaire) ont porté davantage sur le périphyton (algues benthiques) et sur les Diatomophycées (classe composée de cellules à squelette externe siliceux, le frustule). Ce même groupe a été largement étudié par Germain (1981) qui, parallèlement aux descriptions taxonomiques, commente parfois la nature des habitats et offre donc une vision plus écologique de certaines populations.

Plus tard, des suivis (monitoring) sur une ou plusieurs stations en Loire moyenne (centrales électronucléaires d'EDF) ont produit des publications où le plancton (phyto et zoo) ont été abordés de façon quantitative et qualitative (Lair & al., 1978 ; Lair & Sargos, 1981 ; Picard & Lair 2005 ; Lair, N. & P. Reyes-Marchant, 1997), mais sans accent particulier sur la systématique. Plus récemment, un travail de compilation sur 24 ans (Larroudé & al., 2013) est paru sur le phytoplancton de la Loire à Dampierre en Burly (Km 550), focalisé sur l'évolution à long terme des Cyanobactéries.

Bi-Eau a commencé à travailler pour l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne (AELB) en 1989, date à laquelle cette institution a décidé d'entreprendre un suivi des populations algales de la Loire. Les premières années ont essayé diverses stations et des fréquences d'échantillonnage distinctes. Le protocole s'est stabilisé à partir de 1991. Ce sont essentiellement ces données engrangées par Bi-Eau qui seront utilisées dans ce travail, car il a été mené avec les mêmes méthodologies de terrain, analytiques et d'expression de résultats. Nous considérons que leur fiabilité est élevée.

Notons également que s'agissant de points de suivi des réseaux nationaux de surveillance (RNB, RCS), la physico-chimie associée est disponible dans le site Web de l'AELB : ce qui pourra être d'un grand intérêt pour l'utilisation des résultats de phytoplancton en lien avec les autres caractéristiques de l'eau. Les données utilisées principalement ici couvriront deux périodes séparées par 3 années où nous avons perdu ce matériel de l'Agence :

- ✓ de 1991 à 2001 inclus,
- ✓ de 2005 à 2011 inclus.

Au fil du temps, le nombre de stations est passé de 4 à 19, uniformément réparties le long du fleuve (tous les 50 Km environ dans les 4 dernières années - Fig. 3).

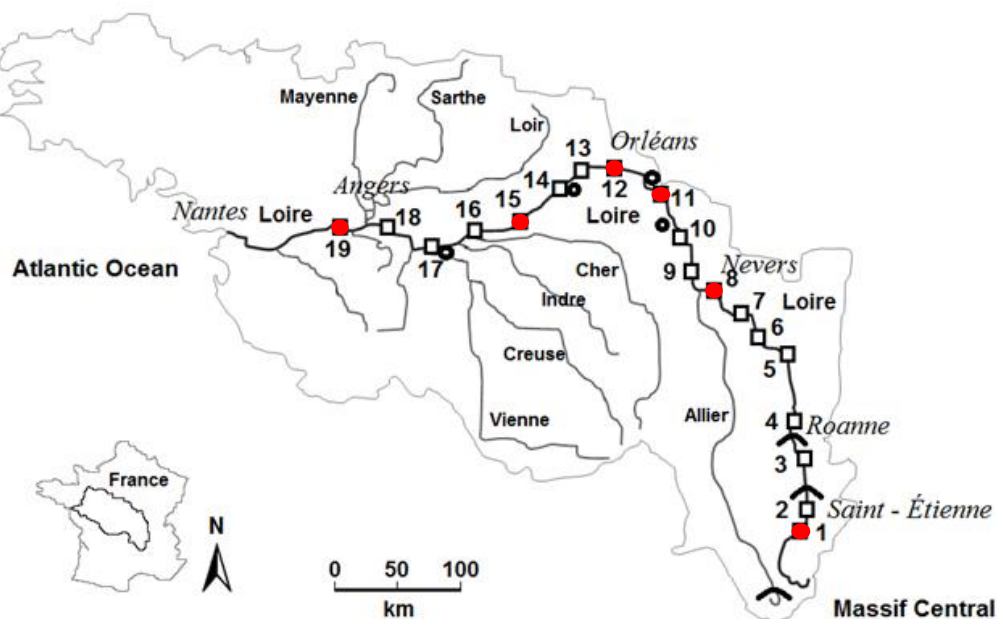


Figure 3 : Localisation des stations de prélèvement de phytoplancton le Long de la Loire. En rouge : stations retenues pour l'analyse des données dans le cadre de l' OBLA.

Nous avons proposé lors des réunions OBLA (Tours, 04/12/12) diverses options pour le nombre de stations à considérer dans ce travail, notamment pour le traitement des données quantitatives :

- ✓ 19 stations sur 3 ans (2009-2011),
- ✓ 16 stations sur 5 ans (2007-2011),
- ✓ 6 stations sur 18 ans, soit : 1991-2001 puis 2005-2011.

C'est cette dernière option qui a été retenue, et les stations sont localisées (en rouge) dans la figure 3. Elles sont :

- ✓ Bas-en-Basset / Malvalette (Km 148 / 155),
- ✓ Nevers (Km 459),
- ✓ Gien (Km 567),
- ✓ Jargeau / Orléans (Km 620 / 640),
- ✓ Chaumont-sur-Loire (Km 718),
- ✓ La Possonnière/Montjean-sur-Loire (Km 884 /897).

Ces stations se trouvent, selon leur positionnement, en habitats EUNIS : C2.2/C2.3 dans le sens amont-aval.

La période d'échantillonnage est pratiquement toujours la même : fréquence mensuelle de mars à novembre inclus, soit 9 prélèvements par station et par an.

Rappelons que tous les échantillonnages ont été réalisés par des préleveurs mandatés par l'AELB. Les récoltes de phytoplancton ont été faites à partir de ponts, dans la veine principale supposée la plus homogène, à l'aide d'un seau. Cette méthode est couramment utilisée dans le monde entier et fait actuellement l'objet d'une proposition de normalisation en Europe (Bi-Eau a participé à l'une des rencontres CEN à Koblenz en 2013). Les prélèvements ont systématiquement été fixés *in situ*, au formol d'abord (1991-2001), puis au Lugol (2005-2011).

Au laboratoire de Bi-Eau, le phytoplancton a été identifié au microscope droit, entre lame et lamelle, au besoin à l'objectif 100x. Dans le cas de dominance de certaines diatomées, des lames ont été préparées spécialement, selon une méthode classique d'oxydation de la matière organique puis montage des frustules sur résine hautement réfringente, méthode normalisée ensuite en 2000 pour

la réalisation de l'IBD (Indice Biologique Diatomée, NFT 90 354). Ce travail a complété notamment la liste taxinomique.

Les dénombrements ont toujours suivi la méthode Utermöhl au microscope inversé, qui date de 1958, qui a été fortement divulguée à la fin des années 70 (Sournia, 1978), puis normalisée au niveau européen en 2006 (NF EN 15 204).

La conversion des résultats quantitatifs choisie ici est "nb. d'algues"/mL. Ce choix s'explique parce qu'il :

- ✓ est le plus ancien utilisé dans nos données (l'expression en "cellules"/mL n'est devenue courante qu'à partir des années 2000) ;
- ✓ attribue à chaque population un nombre d'individus, ce qui sera facilement utilisable face à des données quantitatives d'autres compartiments (plantes, animaux).

Ainsi nous commencerons par des résultats d'abord qualitatifs (liste taxinomique), puis nous aborderons certains côtés des résultats quantitatifs.

Résultats et discussion

Inventaire

Au départ nous avons commencé par établir la liste floristique complète des taxa observés dans la Loire, pour la totalité des stations que nous avons eu à traiter (24). En s'intéressant à la période 1991 à 2011 (3 années exclues), nous disposons de 33 535 observations. Ainsi, nous avons trouvé 12 classes algales (Fig. 4) ; 269 genres et 710 taxa, qui figurent dans la liste en annexe A. La répartition de ces classes est visualisée dans les illustrations ci-dessous (Fig. 4).

Il y figure également la distribution des :

- ✓ 577 taxa si l'on ne se focalise que sur les 6 stations proposées pour l'étude de l'OBLA (données 1991 – 2011) ;
- ✓ 440 taxa des 19 stations décidées sur la dernière phase de stabilisation des choix de l'AELB (2009-2011, se référer aussi à la liste en annexe A).

Comme nous pouvons le constater, malgré des stations d'étude différentes et malgré la variation de la période d'observation, la répartition par classe est toujours très proche.

Ressortent ainsi, pour ce qui est des principales classes représentées de manière qualitative, que :

- ✓ les Chlorophycées sont le groupe le plus varié (autour de 40% des taxa) ;
- ✓ suivi des Diatomophycées (autour de 30% des taxa) ;
- ✓ et enfin les Cyanobactéries représentent 11% des taxa inventoriés.

Les autres classes sont comprises entre à peine 1% et 6% des taxa identifiés, et cette analogie de distribution tient compte de toute la longueur du fleuve, ce qui change c'est le nombre de sites prospectés, et effectivement plus il y a des stations, plus l'inventaire s'allonge.

S'il est vrai que les principales classes sont largement citées comme étant les prédominantes dans les rivières européennes, la principale caractéristique de la Loire reste dans la très grande variété de formes chez les algues vertes (Chlorophycées principalement), notamment des coloniales qui demandent en général des cycles plus longs et qui sont aussi souvent, de par leur structure, moins robustes quant aux turbulences.

Les Cyanobactéries sont ici relativement bien représentées, aussi bien par des formes planctoniques (davantage dans le secteur aval) que par des formes benthiques, assez classiques dans le secteur amont.

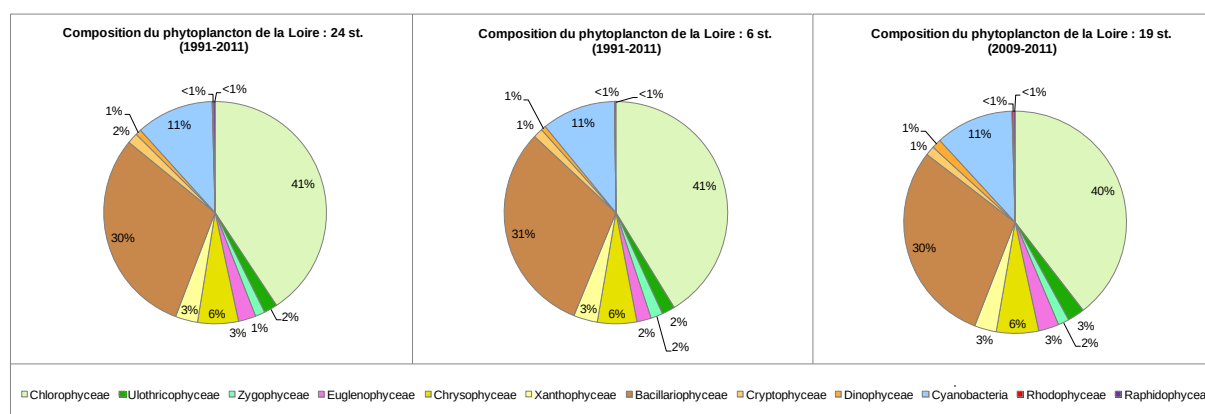


Figure 4: Répartition des taxa de phytoplancton en fonction des classes algales, et selon le nombre des stations et la période d'étude

Principales espèces

Nous avons choisi de représenter dans les figures 5 à 11 les effectifs de 7 genres ou espèces qui nous paraissent intéressants, soit parce qu'ils sont dominants (> à 5% de la biomasse annuelle), soit parce qu'ils sont "emblématiques" d'une problématique particulière (cités comme très communs par le passé, ou représentant un risque potentiel de toxicité, par ex.) :

- ✓ le genre *Scenedesmus* (plusieurs dizaines d'espèces) est un genre d'algues vertes extrêmement commun et développe souvent de fortes abondances dans certains échantillons (Fig. 5). Il est présent en Loire depuis le début des échantillonnages (1991) et a approché à plusieurs reprises 20 000 algues/mL (1996-1998). Il semble depuis stabilisé à un niveau légèrement inférieur. S'il est rare à Malvalette, il prend une forte ampleur à partir Gien, et ce jusqu'à Montjean ;
- ✓ le genre *Actinastrum*, plus typique de la Loire (principale espèce *A. hantzschii* – Chlorophycée), présente quelques années exceptionnelles comme 2006 à Chaumont ou 2009 à Montjean. Comme le taxon précédent, il caractérise le secteur aval (Orléans- Montjean) avec des vitesses d'écoulement plus faibles et donc des temps de séjour nettement plus importants (Fig. 6) ;
- ✓ la diatomée planctonique *Nitzschia fruticosa* a une forte convergence de forme avec *Actinastrum*, et nous nous y sommes intéressés car elle est citée par des Cilleuls (1928) comme "habituelle" du fleuve. Nous la trouvons encore, surtout entre Orléans et Chaumont (Fig. 7), mais dans des quantités qui nous paraissent faibles (voir échelle) et surtout elle est moins fréquente lors des dernières années du suivi ;
- ✓ une autre diatomée tout à fait intéressante est la centrique unicellulaire *Stephanodiscus* (Fig. 8). Dans ce genre, l'espèce habituellement dominante, *S. hantzschii*, a la réputation d'être inféodée aux cours d'eau eutrophes, et elle a présenté de belles populations dans la Loire dans les années 90 à 2000. Toutefois, elle semble décliner fortement, puisque nous la rencontrons désormais rarement, sauf à Montjean (elle provient partiellement de l'affluent en rive droite, la Maine) ;
- ✓ la troisième diatomée est *Skeletonema potamos*, constituée de fins et courts filaments, que nous avons été les premiers à signaler en Loire. Elle peut faire des pics conséquents (50 000 alg./mL - Fig. 9), quoique rarement stables (jamais plus d'un mois d'affilée). Si les diatomistes

éminents (des Cilleuls, Germain) qui ont préalablement étudié la Loire auparavant ne la citent pas, c'est que : soit elle n'était alors pas présente, soit ils la détruisaient lors de la préparation, ce qui peut être envisagé, puisqu'elle est très délicate. Elle est donc en Loire depuis 1992 et ce sur tout son cours, et c'est à Nevers qu'elle semble la plus discrète ;

- ✓ enfin, la Cyanobactérie la plus fréquente en Loire, et dont l'occurrence tend même à augmenter, est *Merismopedia*, constituée de colonies tabulaires, et le plus fréquemment représentée par l'espèce *M. tenuissima*. Elle est assez cosmopolite et ne pose aucun problème de toxicité (Fig. 10).
- ✓ tel n'est pas le cas pour *Microcystis*, dont la réputation de potentiellement toxique est ressentie comme un danger probable. Comme le montre la figure 11 (attention : changement d'échelles), cette algue est présente mais dans de très faibles effectifs tout au long de la Loire (avec des colonies en général de faible taille, sans doute morcelées par le courant), à l'exception de l'été 2011 à Montjean : mais dans ce cas (presque 8 000 alg./mL) il s'agissait d'une exportation de la Mayenne, qui a subi un bloom sur plusieurs kilomètres, et qui s'est déplacé progressivement vers l'aval. Hormis cet évènement tout à fait exceptionnel, les concentrations sont restées très discrètes en Loire.

Ce travail pourrait être fait pour bien d'autres taxa, les données sont disponibles pour dresser ultérieurement le profil longitudinal et temporel si le besoin se faisait sentir.

La liste complète des taxa et observations a été transmise à la coordination de l'OBLA (Annexe_numérique 1) et sera incluse dans la future base de données.

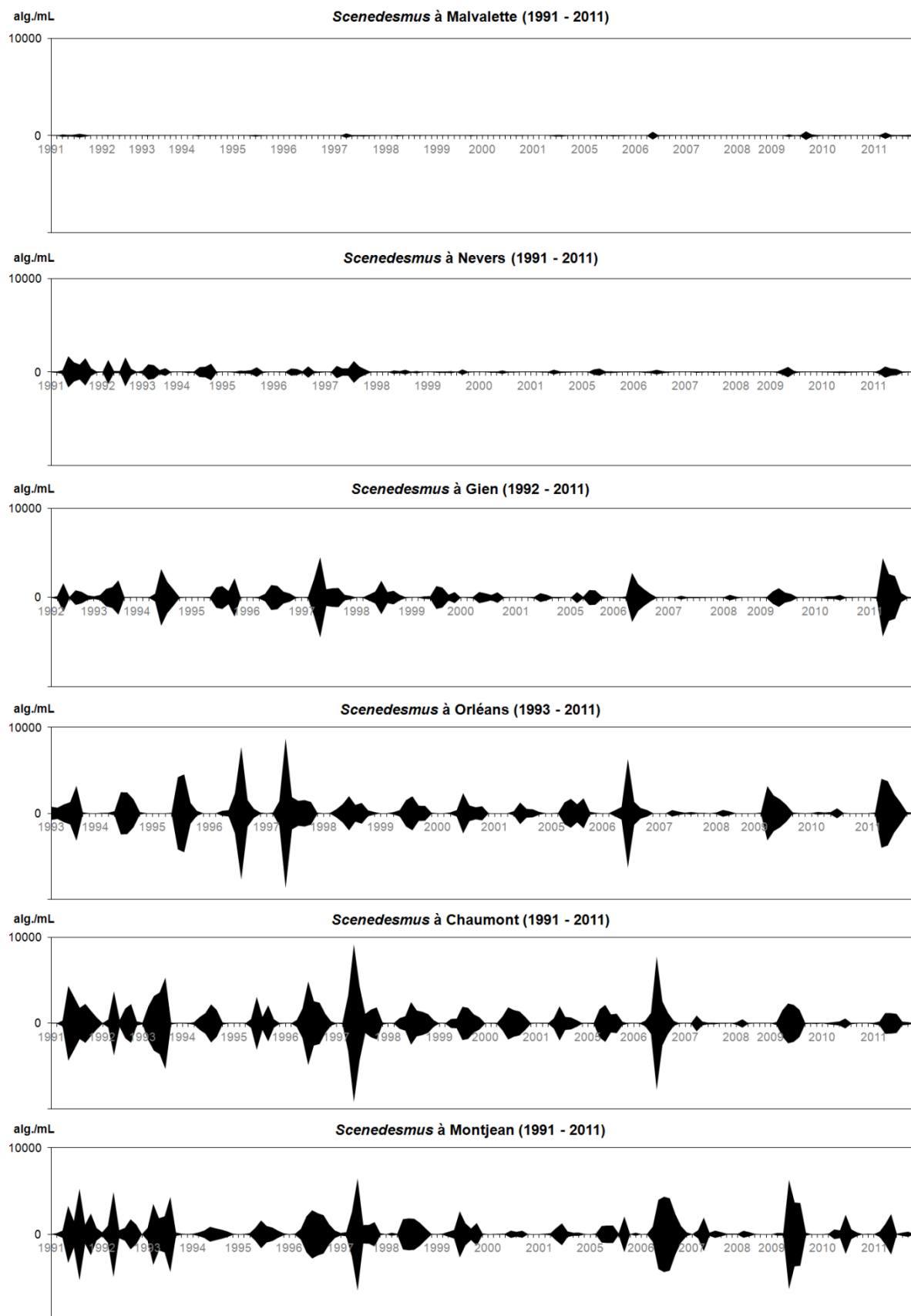


Figure 5 : Distribution des abondances de *Scenedesmus* spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval

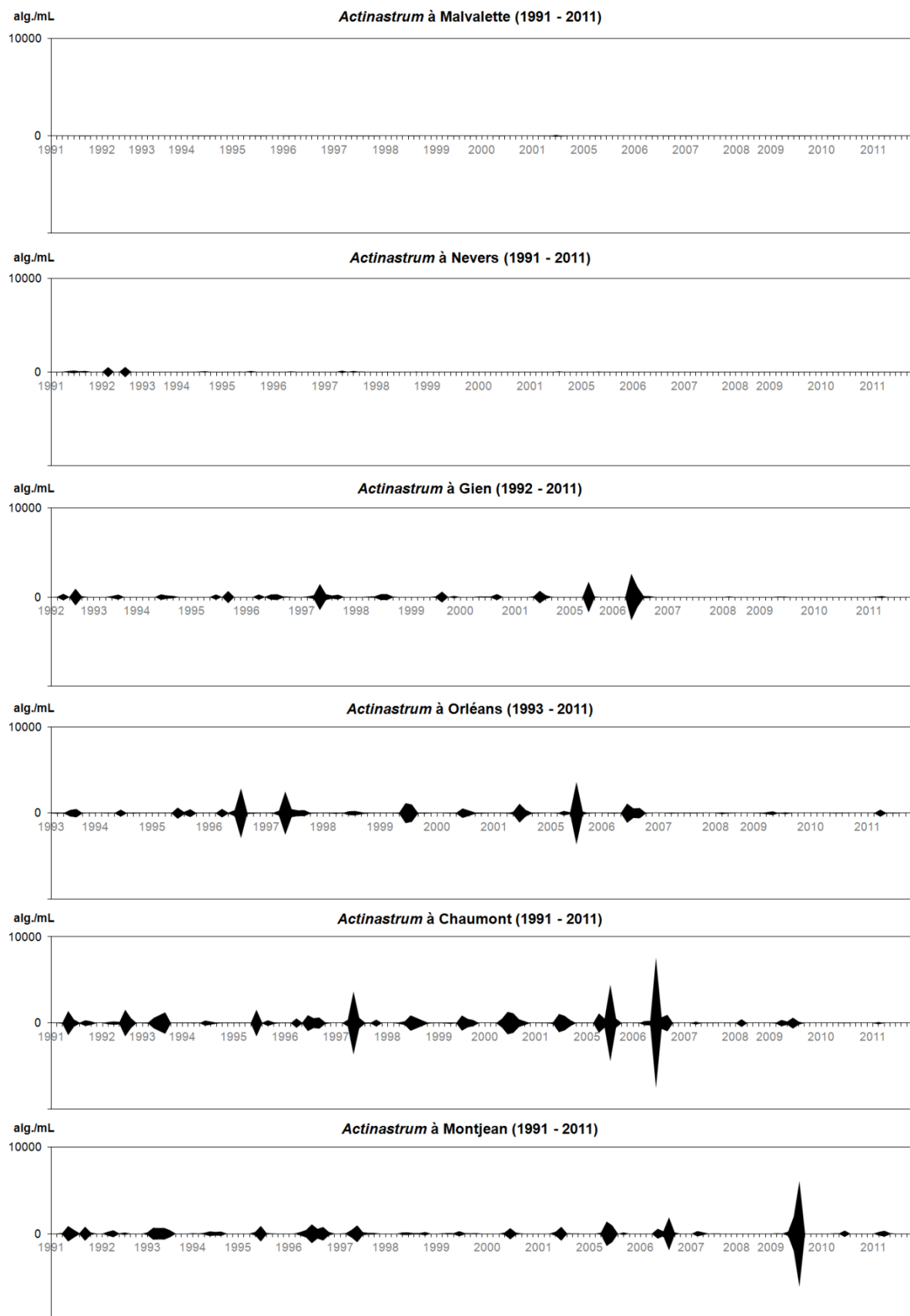


Figure 6 :Distribution des abondances d' *Actinastrum* spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval

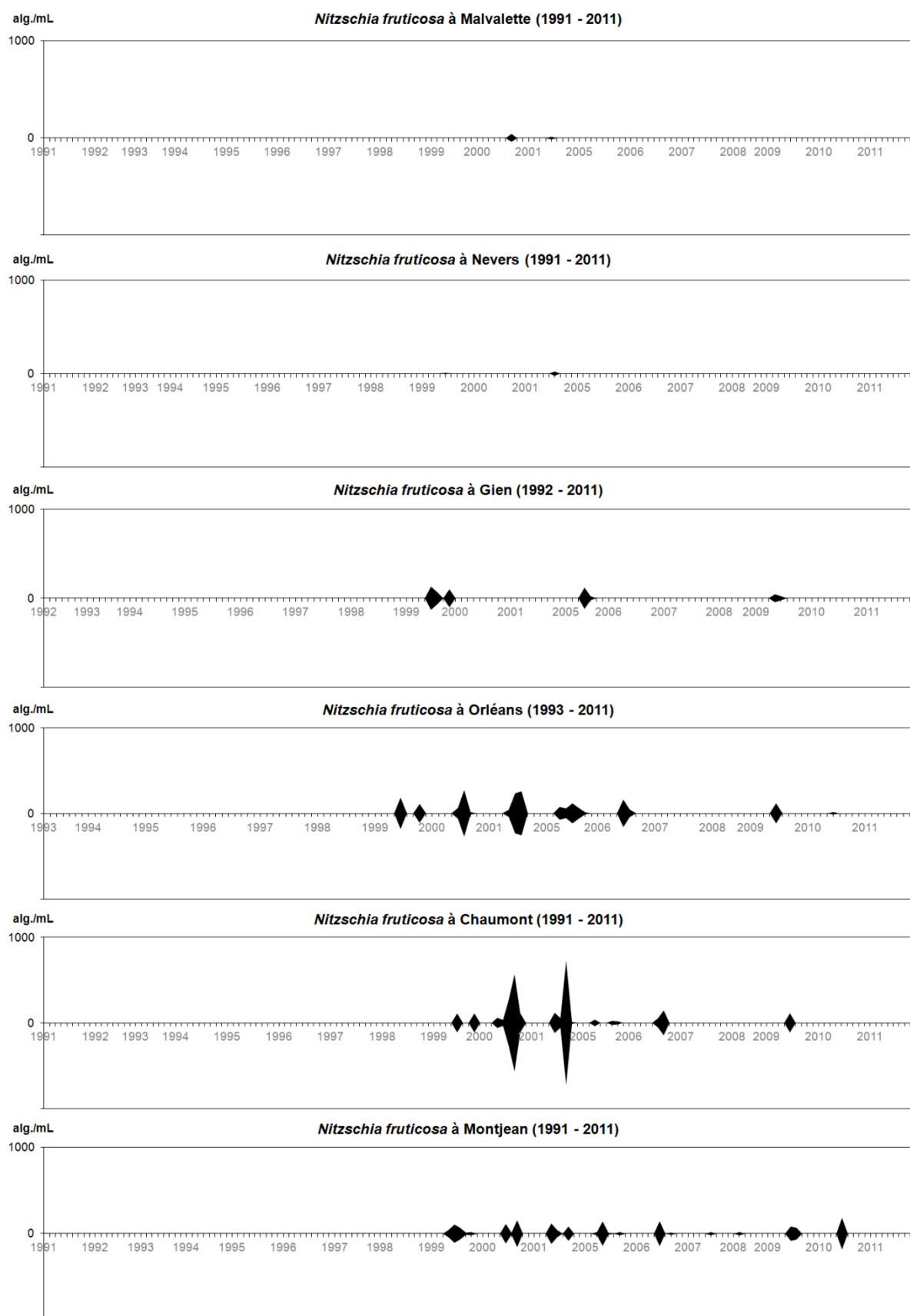


Figure 7 : Distribution des abondances de *Nitzschia fruticosa* de 1991 à 2011, d'amont en aval

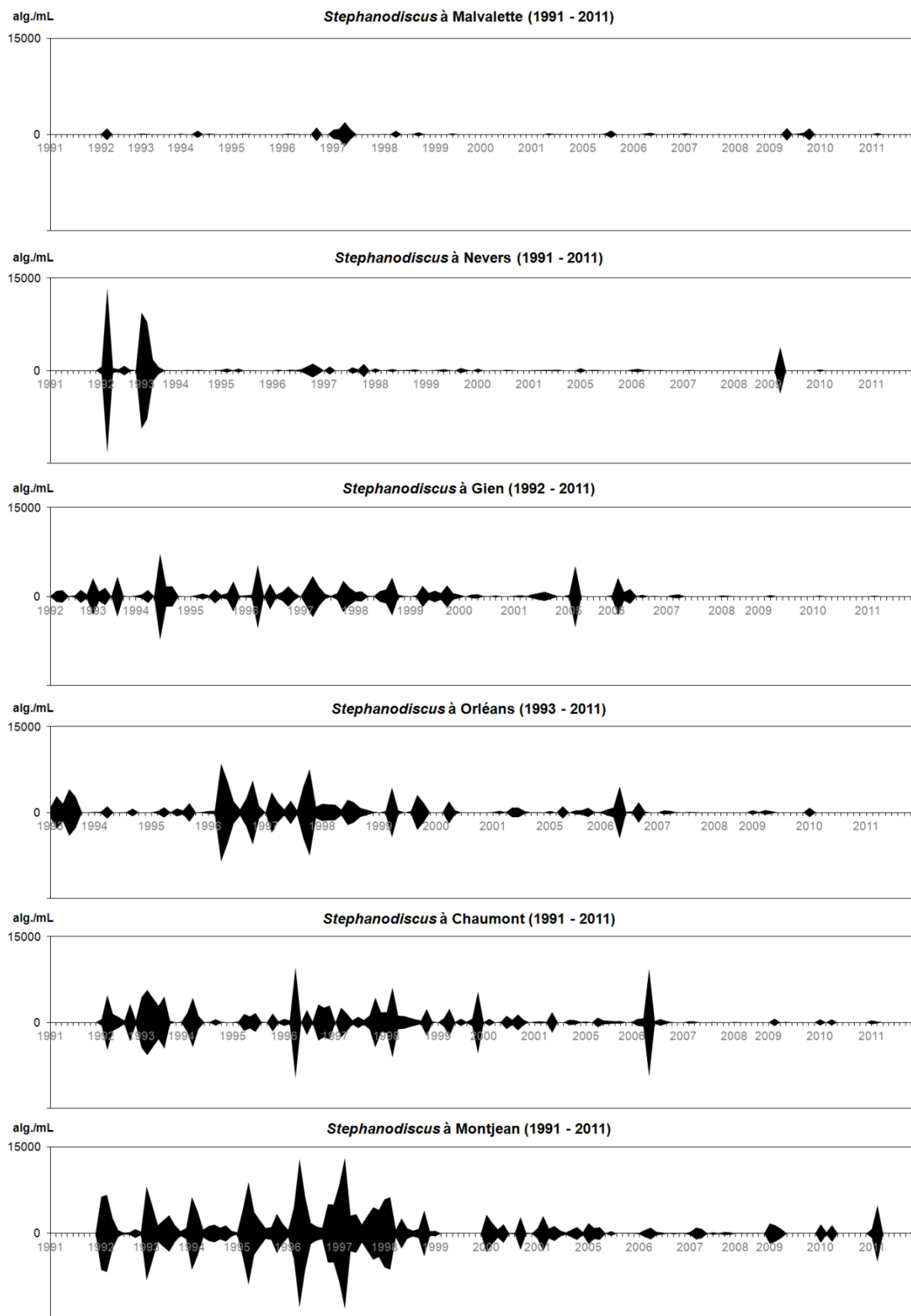


Figure 8 : Distribution des abondances de *Stephanodiscus* spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval

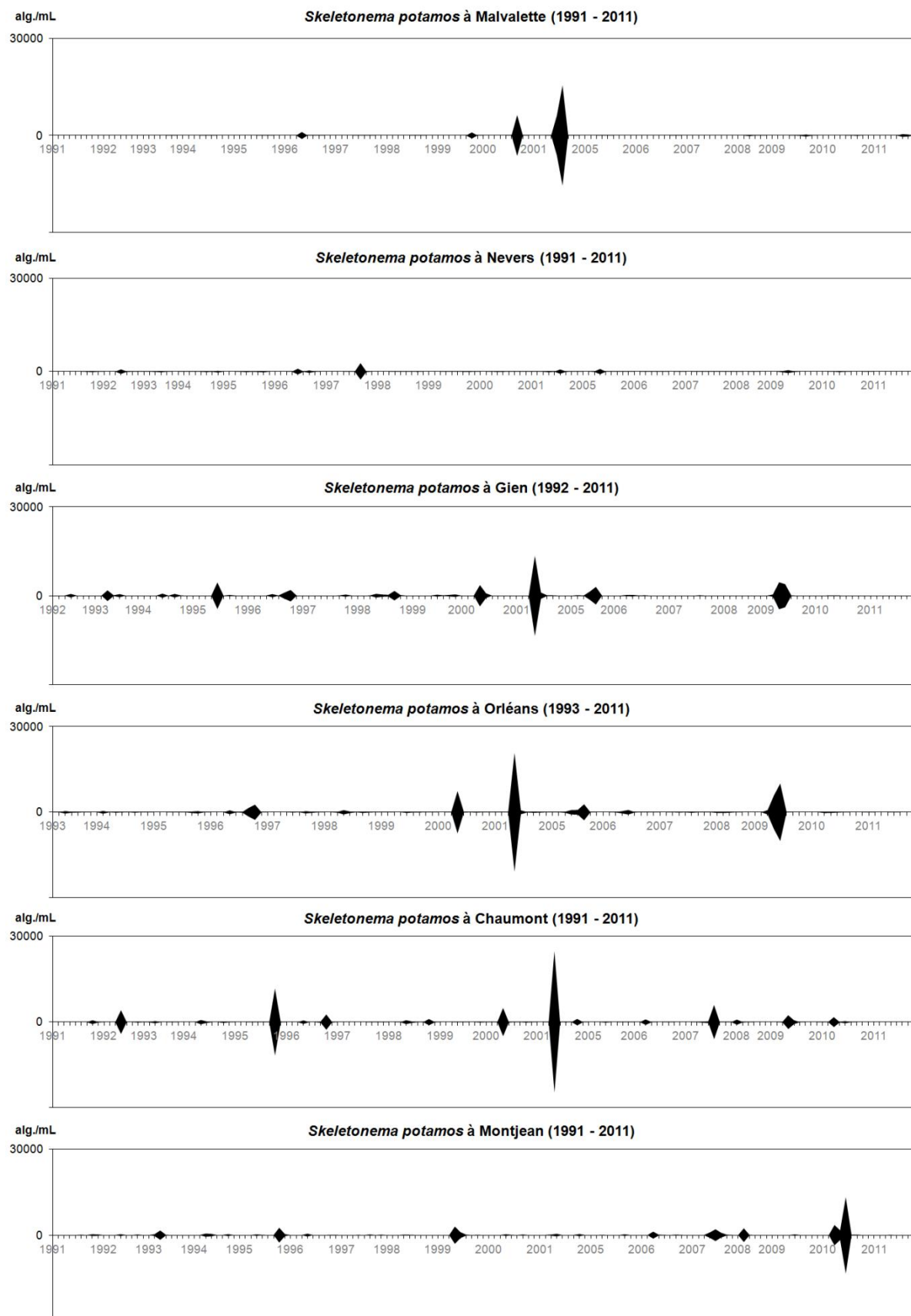


Figure 9 : Distribution des abondances de *Skeletonema potamos* de 1991 à 2011, d'amont en aval

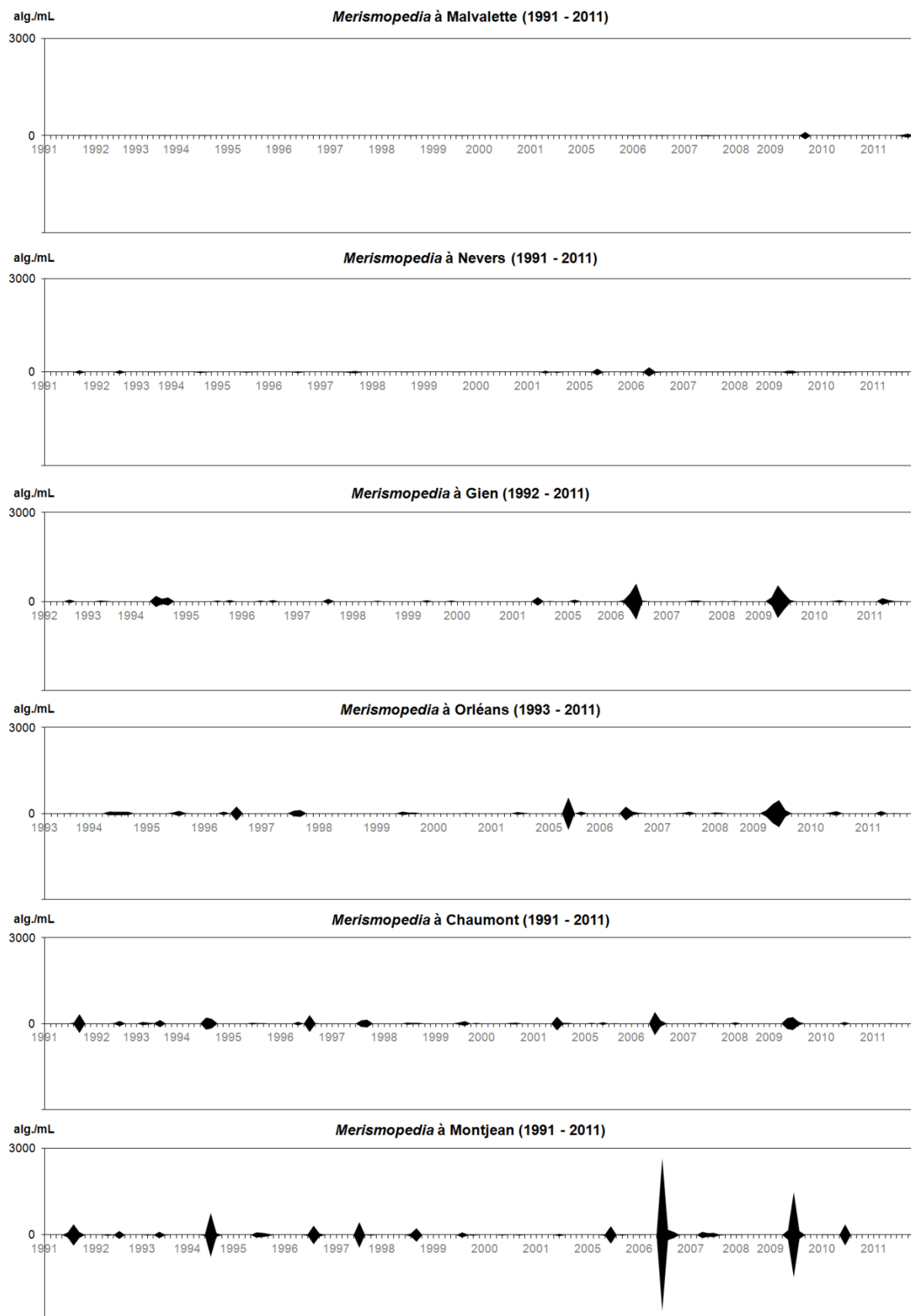


Figure 10 :Distribution des abondances de *Merismopedia* spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval

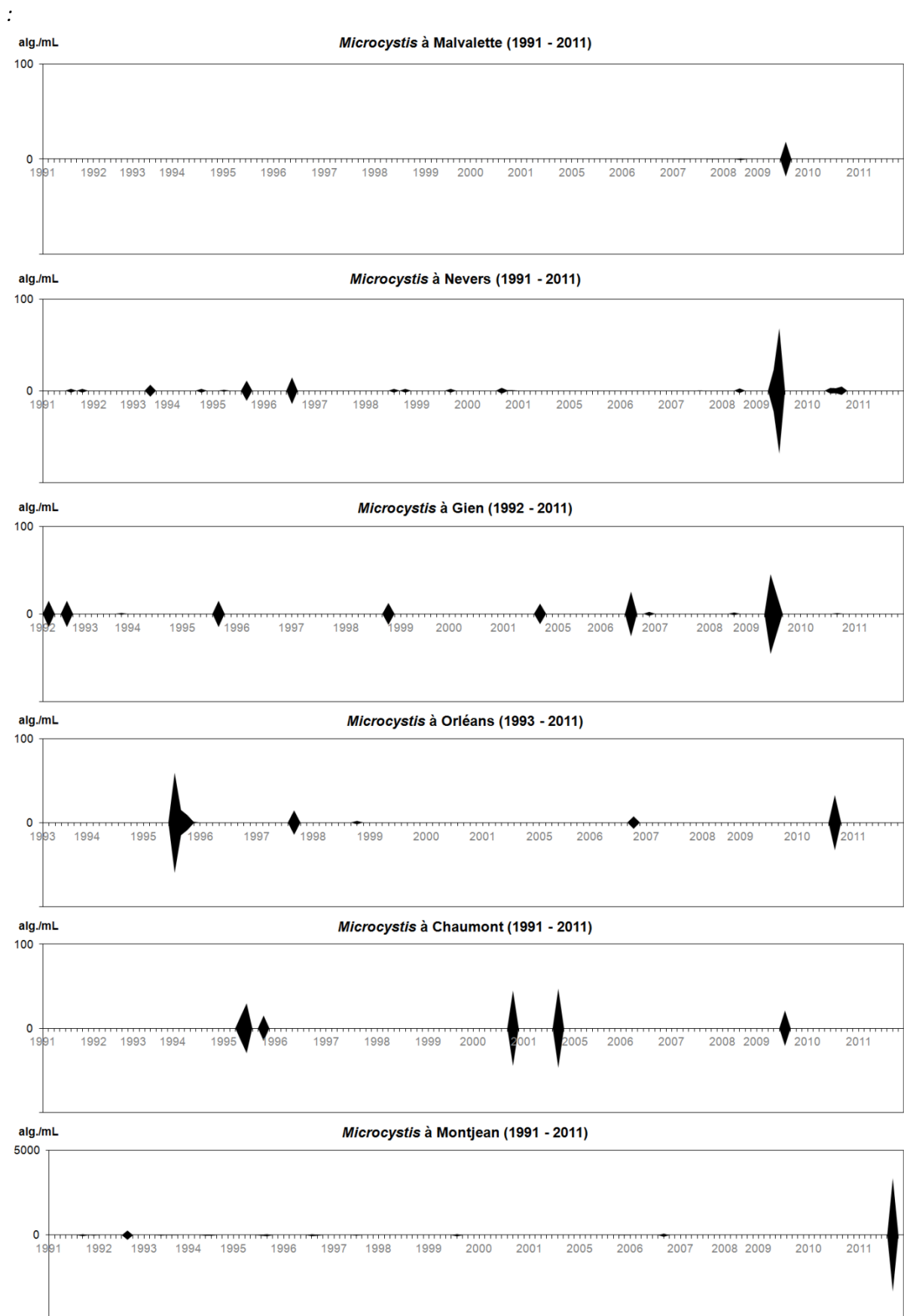


Figure 11 : Distribution des abondances de *Microcystis* spp. de 1991 à 2011, d'amont en aval

Richesse

Si les taxa inventoriés en Loire sont très nombreux, c'est que la richesse des échantillons l'est également. Si l'on considère le paramètre "richesse" (nb. tax./récolte), nous observons (Fig. 12) que :

- ✓ il n'y a pas de gradient longitudinal des richesses : sur les 18 années d'étude, la richesse maximale moyenne est de 40 tax./réc., à Orléans ;
- ✓ entre les deux périodes séparées par les années non prises en compte (2002-2004), il semble que la richesse augmente un peu partout dans la seconde période ; ceci est à nuancer avec :
 - le fait que l'effort d'identification s'est sans doute accru ces dernières années car comme les populations sont désormais de tailles de plus en plus faibles, cela entraîne un plus grand nombre de lames (notamment de diatomées, puisqu'il s'agit d'identifier des spécimens de 4- 10 µm fort peu silicifiés) et donc une vision avec plus d'acuité ;
 - rappelons aussi que depuis les années 2000 la taxinomie a énormément évolué (pour les Diatomophycées et les Cyanobactéries en particulier) et que la tendance est à multiplier les nouveaux genres et espèces, ce qui accroît forcément l'éventail des possibilités.
- ✓ si l'on détaille les deux périodes, c'est à Orléans et à Montjean que la richesse était en moyenne la plus forte (36 tax./réc.), jusqu'en 2001, tandis que sur la dernière période la moyenne la plus élevée se situe à Nevers (49 tax./réc.) ; notons que cette richesse élevée du secteur amont regroupe à la fois des taxa planctoniques et benthiques, ces derniers sont de mieux en mieux identifiés (notamment des Cyanobactéries, Ulothricophycées ou des Rhodophycées) ;
- ✓ enfin, les écarts types observés pendant les dernières années semblent supérieurs à ceux des premières années de suivi : il y a désormais, au cours de l'année, dans une station, davantage de variations de populations, peut-être en réponse à des débits plus dynamiques.

Biomasse

Bien que ce paramètre ne soit pas traité exhaustivement ici, il nous semble néanmoins fondamental de montrer le déclin progressif qui s'est fait sentir sur toute la Loire, pour ce qui est de la biomasse phytoplanctonique ces 20 dernières années : c'est une sorte d'"oligotrophisation" du fleuve (phénomène également observé dans des fleuves tels que la Meuse, le Danube, la Tamise...).

La figure 13 illustre la situation dans les 6 stations retenues sur la Loire, vue de l'angle de la biomasse fraîche. Nous pouvons ainsi observer que :

- ✓ toutes les stations montrent une chute progressive de leur biomasse au fil des ans, seule Malvalette montre une tendance moins nette ;
- ✓ les stations les plus riches (maxima à 25 000 à 30 000 µg matière fraîche/L) sont à l'aval, et c'est aussi dans celles-ci (Chaumont, Montjean), que le déclin est le plus drastique ;
- ✓ Montjean reste néanmoins un peu plus riche en moyenne ces dernières années, car contrairement aux affluents de rive gauche, qui charrient très peu de phytoplancton, tel n'est pas le cas de la Maine, qui continue à apporter au fleuve des quantités conséquentes de biomasse.

Les raisons de cette chute de la biomasse (et des effectifs), parallèlement à une hausse de la richesse (et de l'indice de diversité de Shannon) sont sans doute multiples et méritent des recherches complémentaires :

- ✓ baisse progressive du phosphore dissous (souvent élément limitant pour la croissance algale) suite à la mise en place de process de déphosphatation au niveau des STEP du bassin versant et des programmes d'abolition de phosphates dans les lessives ;
- ✓ réduction des individus du phytoplancton par filtration (plus ou moins sélective) du mollusque bivalve benthique (fouisseur) *Corbicula* spp., à caractère invasif ;

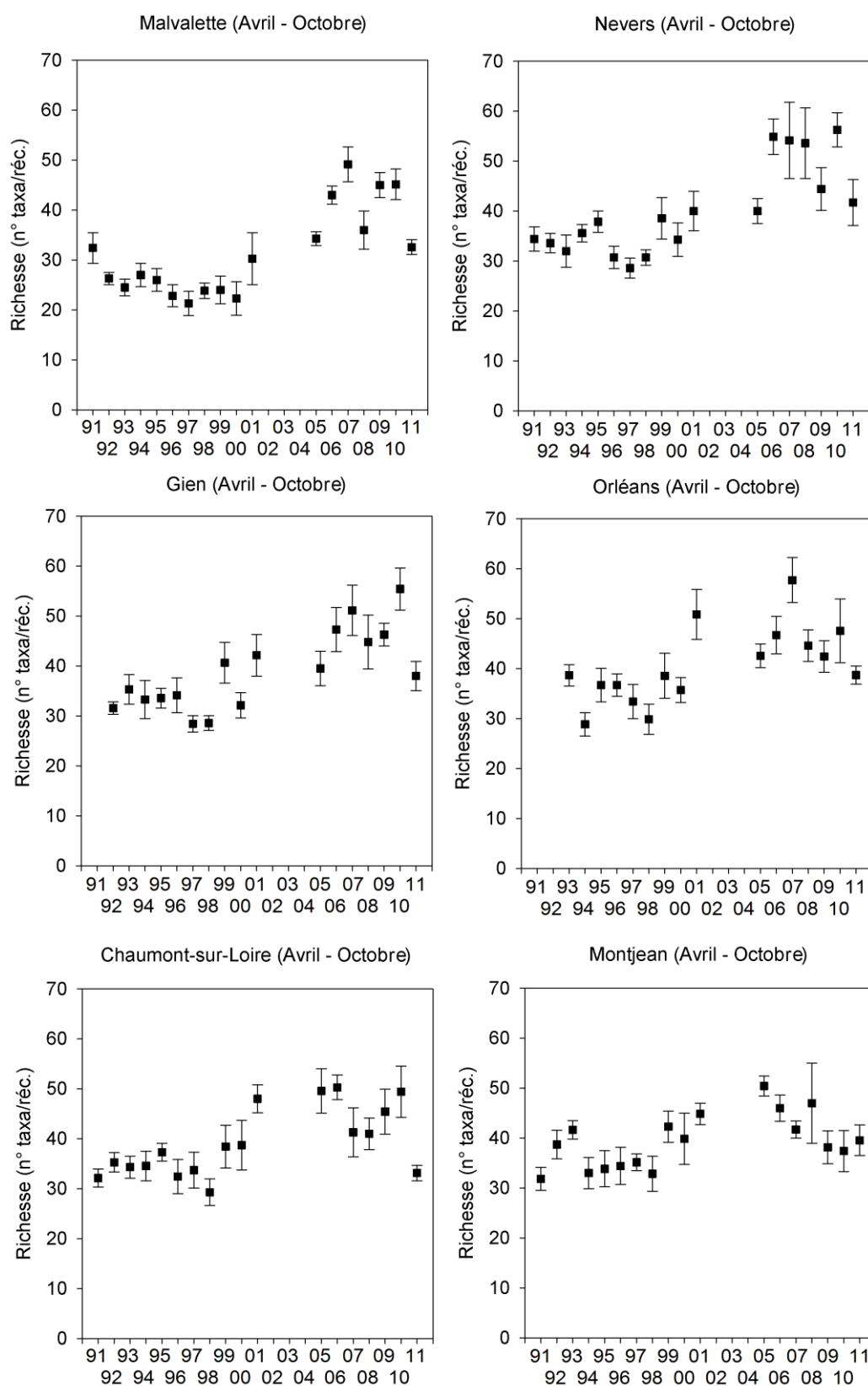


Figure 12 : Richesse taxonomique sur les 6 stations le long de la Loire pendant la période de 1991 à 2011 (moyenne $\pm$ SE)

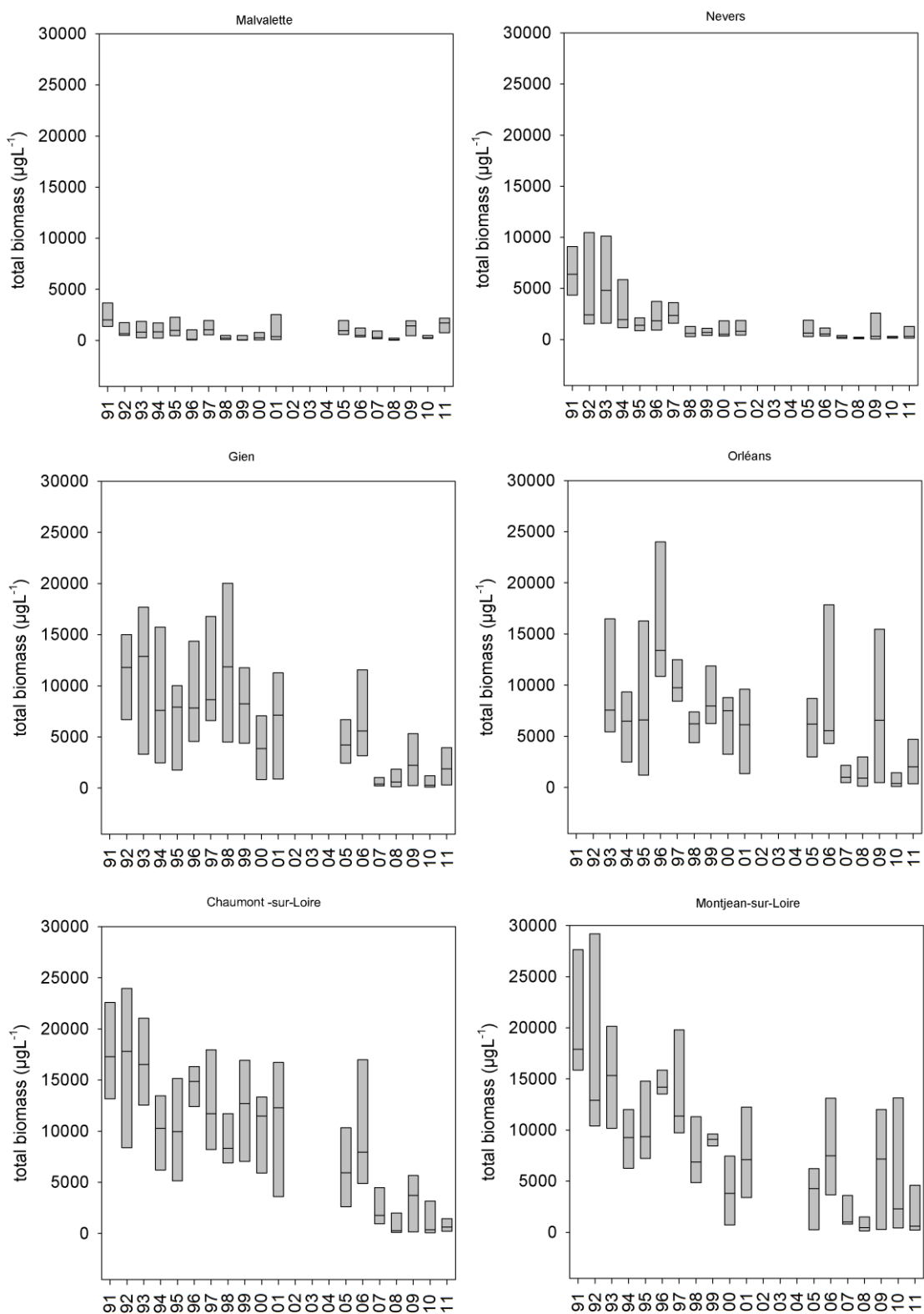


Figure 13 : Biomasse totale de phytoplancton sur les 6 stations le long de la Loire pendant la période de 1991 à 2011.

- ✓ présence d'éléments toxiques provenant de substances utilisées en agriculture (telles des herbicides, par ex.) qui seraient également nocifs pour les algues ?
- ✓ effets d'une hydrologie changeante, avec notamment une hausse des températures qui tend à favoriser les plus petites formes, ce qui est nettement observée dans le phytoplancton de la Loire dernièrement ?

Différentes raisons sont sans doute en cause dans cette régression des quantités de phytoplancton (corroborées par la chute de la chlorophylle *a* au fil des ans), qui méritent d'être investiguées.

Rappelons aussi que nous n'avons pas pu intégrer nos données sur la Vienne et l'Allier, par manque de temps : elles sont néanmoins moins exhaustives que celles de la Loire, que nous avons privilégiée.

De même des travaux existants sur le phytoplancton des barrages en Loire n'ont pas été retenus dans cette étude, car ils sont plus souvent centrés sur quelques espèces "phares" des lacs (Latour & al., 2004).

Perspectives

Pour ce qui concerne les thématiques suscitées par le phytoplancton, nous proposons de mettre en collaboration des équipes qui puissent répondre aux grandes lignes :

- ✓ Baisse de la production vs. hausse de diversité toujours et partout ?
- ✓ Changement des processus longitudinaux : long terme
- ✓ L'impact anthropique (physique, nutriments, diversité, espèces invasives, etc.)
- ✓ Des espèces de plus en plus petites ou les mêmes espèces en plus petit ?
- ✓ La Loire vs. autres rivières Européennes

Références bibliographiques

- Abonyi, A., Leitao, M., Lançon, A. M. & Padisák, J. (2012) Phytoplankton functional groups as indicators of human impacts along the River Loire (France). *Hydrobiologia* 698(1):233-249 doi:10.1007/s10750-012-1130-0.
- Abonyi, A., M. Leitao, I. Stanković, G. Borics, G. Varbiro & J. Padisak, 2014. A large river survey (River Loire, France) to compare phytoplankton functional classifications. Do they display river zones in similar ways? *Ecological Indicators* doi: 10.1016/j.ecolind.2014.05.038
- Abonyi, A., 2014. Phytoplankton functional group composition along the River Loire (France) - *A limnological approach towards an understanding of phytoplankton longitudinal processes and ecological status indication*. [Doctoral Thesis]. University of Pannonia, Veszprem. 160pp.
- Bi-Eau, 1996. Synthèse de l'étude du phytoplancton sur la Loire (1991-1994) pour l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. In: Leitão, M. (ed). Bi-Eau, Angers, 47.
- Bioret, G., 1931. Catalogue des algues inférieures de l'Anjou. *Bull Soc Etudes Sc d'Angers* 60:33-48.
- des Cilleuls, J., 1926. Le phytoplancton de la Loire. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 182:649-651.
- des Cilleuls, J., 1928. Le Phytoplancton de la Loire et de ses affluents dans la région saumuroise [Thèse]. Faculté des Sciences, Paris.
- des Cilleuls, J., 1930. Le phytoplancton de la Loire au cours des étés 1928 et 1929. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* 190(13):817-819.
- des Cilleuls, J., 1932. Contribution nouvelle à l'étude du phytoplancton de la Loire. *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* 27:120-129.

- Descy, J.-P., M. Leitao, E. Everbecq, J. S. Smits & J.-F. Delière, 2011. Phytoplankton of the River Loire, France: a biodiversity and modelling study. *Journal of Plankton Research* 34:120-135 doi:10.1093/plankt/fbr085.
- Germain, H., 1935. Les lieux de developpement et de multiplication des diatomées d'eau douce. Contribution à l'écologie des diatomées [Thèse]. Faculté des Sciences, Bordeaux.
- Lair, N., V. Jacquet & P. Reyes-Marchant, 1999. Factors related to autotrophic potamoplankton, heterotrophic protists and micrometazoan abundance, at two sites in a lowland temperate river during low water flow. *Hydrobiologia* 394(0):13-28 doi:10.1023/a:1003552021726.
- Lair, N., G. Millerioux & F. Restituto, 1978. Examen physicochimique et répartition du plancton de la Loire, en période d'étiage (été 1976) au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Laurent-des-Eaux. *Cahiers du Laboratoire de Montereau* 6:53-80.
- Lair, N. & P. Reyes-Marchant, 1997. The potamoplankton of the Middle Loire and the role of the 'moving littoral' in downstream transfer of algae and rotifers. *Hydrobiologia* 356(1):33-52 doi:10.1023/a:1003127230386.
- Lair, N. & D. Sargos, 1981. Dynamique des populations planctoniques en Loire moyenne. Extrait des annales de la stations biologique de Besse-en-Chandesse 6:60-114.
- Lair, N. & D. Sargos, 1993. A 10 year study at four sites of the middle course of the River Loire I - Patterns of change in hydrological, physical and chemical variables in relation to algal biomass. *Hydroécologie Appliquée* 5:1-27.
- Larroudé, S., N. Massei, P. Reyes-Marchant, C. Delattre & J. F. Humbert, 2013. Dramatic changes in a phytoplankton community in response to local and global pressures: a 24-year survey of the river Loire (France). *Global Change Biology* 19(5):1620-1631 doi:10.1111/gcb.12139.
- Latour, D., H. Giraudet & J.-L. Berthon, 2004. Frequency of dividing cells and viability of *Microcystis aeruginosa* in sediment of a eutrophic reservoir. *Aquatic Microbial Ecology* 36(2):6.
- Leitao, M. & A. Leprêtre, 1998. The phytoplankton of the River Loire, France: a typological approach. *Verhandlungen des Internationalen Verein Limnologie* 26:1050-1056.
- Michard, M., L. Aleya & J. Devaux, 1995. Diel changes in the biochemical composition of the particulate matter coupled with several parameters in the hypereutrophic Villerest reservoir (Roanne, France). *Hydrobiologia* 300-301(1):85-91 doi:10.1007/bf00024450.
- Michard, M., L. Aleya & J. Verneaux, 1996. Mass occurrence of the cyanobacteria *Microcystis aeruginosa* in the hypereutrophic Villerest reservoir (Roanne, France): usefulness of the biyearly examination of N/P (nitrogen phosphorous) and P/C (protein/carbohydrate) couplings. *Archiv für Hydrobiologie* 135(3):337-359.
- Oudin, L.-C., N. Lair, M. Leitao, P. Reyes-Marchant, J. F. Mignot, P. Steinbach, T. Vigneron, J.-P. Berton, M. Bacchi, J. E. Roché & J.-P. Descy, 2009. The Loire Basin. In Tockner, K., U. Uehlinger & C. T. Robinson (eds) *Rivers of Europe*. Elsevier, London, 167-181.
- Picard, V. & N. Lair, 2005. Spatio-temporal investigations on the planktonic organisms of the middle Loire (France), during the low water period: Biodiversity and community dynamics. *Hydrobiologia* 551(1):69-86 doi:10.1007/s10750-005-4451-4.
- Sabart, M., D. Pobel, D. Latour, J. Robin, M.-J. Salençon & J.-F. Humbert, 2009. Spatiotemporal changes in the genetic diversity in French bloom-forming populations of the toxic cyanobacterium, *Microcystis aeruginosa*. *Environmental Microbiology Reports* 1(4):263-272 doi:10.1111/j.1758-2229.2009.00042.x.
- Sournia, A. (Ed.). 1978. *Phytoplankton manual; Monographs on oceanographic methodology*, Unesco, 337 pp.
- Utermöhl, H. 1958. Zur Vervollkommnung der quantitativen Phytoplankton-Metodik. *Mitt. Int. Ver. Theor. Angew. Limnol.*, vol. 9 ;1-38.

Groupe taxonomique : Végétation enracinée

Partenaires et participants :

Les partenaires impliqués dans ce volet sont les Conservatoires Botaniques Nationaux (CBN) du Bassin Parisien, de Brest et du Massif Central, ainsi que l'UMR Université de Tours – CNRS 7324 CITERES. Le volet a été coordonné par Jeanne Vallet (CBNBP, Antenne Sarthe) et Sabine Greulich (UMR CITERES).

Autres participants au projet : Vincent Boulet (CBN MC), Laurent CHABROL (CBN MC), Jordane CORDIER (CBNBP), Sébastien FILOCHE (CBNBP), Pascal LACROIX (CBN Brest), Sylvie MAGNANON (CBN Brest). Extraction et gestion des données CBN : Yann DANGE (CBNBP), Dominique GUYADER (CBN Brest), Thierry VERGNE CBN MC). Analyse données et cartographie des données CBN : Jeanne VALLET, Maëlle RAMBAUD.

Ce travail constitue la première mise en commun des données des trois CBN dans la perspective d'étudier la flore de la Loire et ses principaux affluents. Les objectifs de ce rapport sont plus précisément :

- de dresser un bilan tant quantitatif que qualitatif des données détenues par les CBN sur la flore vasculaire, la bryoflore, les characées et les habitats sur les territoires étudiés dans le cadre de ce projet ;
- de dresser un catalogue de la flore vasculaire du territoire d'étude ;
- d'identifier une méthode qui permettrait de mettre en évidence des tendances d'évolution de la flore (raréfaction, expansion d'espèces) ;
- d'identifier des méthodes d'analyse applicables à un jeu de données tel que celui des CBN pour étudier la distribution des espèces en fonction de paramètres environnementaux.

La synthèse des données effectuée dans le cadre de l'action 1.2 comprend également, dans une moindre mesure, les données récoltées par des prestataires de service pour le compte de l'Agence de l'eau Loire –Bretagne et des DREAL du bassin dans le cadre du réseau de contrôle et de surveillance (RCS) de la qualité des eaux de surface suivant le protocole de l'indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR) et qui correspondent donc à des macrophytes aquatiques au sens large, c'est à dire y compris algues coloniaux bryophytes, et ptéridophytes).

Etat des lieux des données disponibles

Données des CBN

Les données alimentant cette synthèse sont issues des bases de données des CBN. Elles comprennent des observations issues de différents types de sources (littérature scientifique, observations naturalistes, observations par des collaborateurs des CBN, etc) et ont été validées par une procédure interne. Leur niveau de fiabilité peut donc être considéré comme élevé.

Territoire d'étude

Les cours d'eau étudiés sont ceux retenus dans le cadre général du projet OBLA, à savoir la Loire, la Vienne, l'Allier, complétés par les Basses Vallées Angevines (BVA). Ces dernières correspondent à la Maine, l'aval de la Sarthe, du Loir et de la Mayenne (la limite retenue en amont est celle du site N2000 des BVA). N'ayant pu obtenir une délimitation numérique du lit alluvial de ces cours d'eau, le travail porte sur l'ensemble des communes traversées par ces cours d'eau.

Le fait de travailler sur les limites communales et non les limites du lit alluvial peut entraîner des biais dans le bilan car les inventaires peuvent avoir été réalisés dans les communes en dehors du lit

alluvial. Ainsi, le nombre de données réellement disponible peut être plus faible que celui du bilan dressé ici. Cela est particulièrement vrai dans les zones amont où les cours d'eau sont peu larges. Il sera nécessaire, dans le cadre de futurs projets que nous serions amenés à développer, de disposer d'une couche numérique de délimitation du lit alluvial des cours d'eau étudiés.

Afin de décrire l'état des connaissances, le bilan a été réalisé pour chaque affluent et la Loire divisée en quatre secteurs : amont, médiane, aval et estuaire. Le territoire étudié est présenté sur la Figure 15. La Vienne traverse le territoire d'agrément du CBN Sud-Atlantique mais ce dernier n'a pas été impliqué dans le projet ; aussi les résultats présentés ne concerneront pas le département de la Vienne. **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** présente le nombre de communes par secteur et la superficie de chaque secteur.

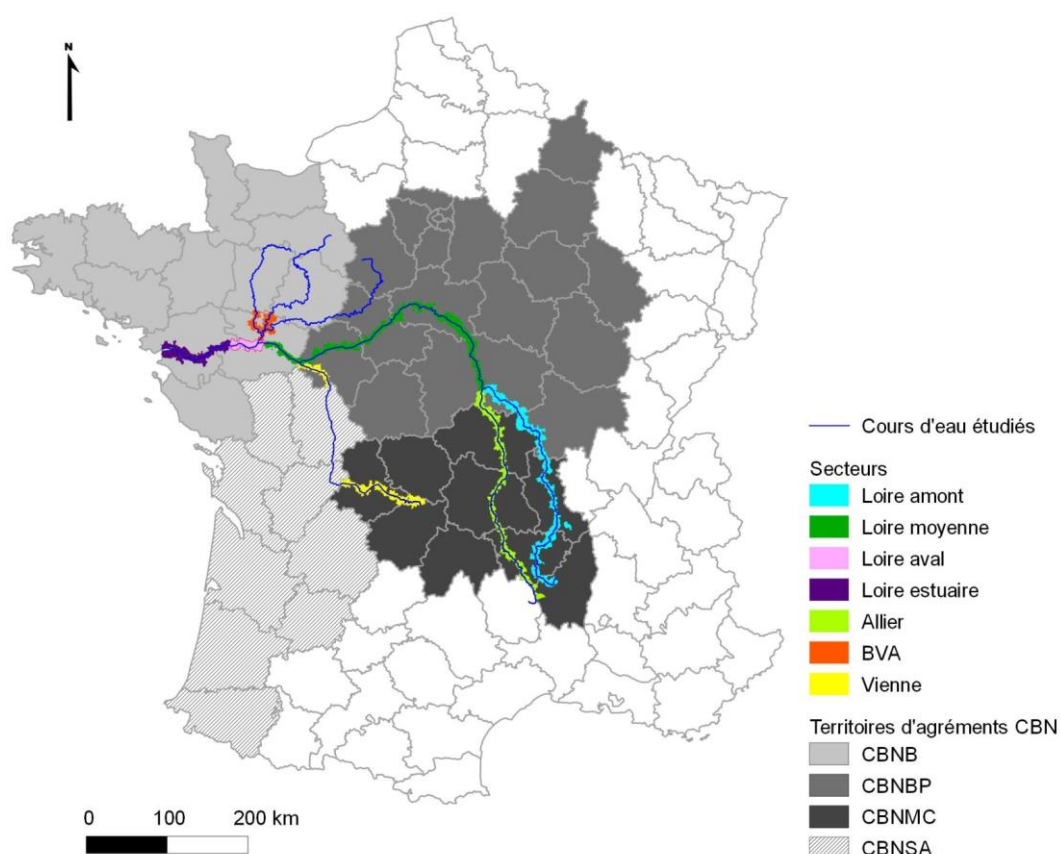


Figure 15 :Communes des secteurs étudiés sur les cours d'eau du programme OBLA : Loire, Allier, Basses Vallées Angevines (Maine et aval du Loir, de la Mayenne et de la Sarthe) et Vienne.

Tableau 3 : Nombre de communes et superficie des secteurs étudiés

SECTEUR	Nombre de communes	Superficie (ha)
Loire amont	144	301886
Loire aval	24	47517
Loire moyenne	160	313508
Loire estuaire	43	113887
Allier	129	215040
BVA	33	70116
Vienne	58	136498
Total général	591	1198452

Méthode pour l'établissement de l'état des lieux

Tous les bilans ont été réalisés en remontant les infra-taxons au rang spécifique. Trois indicateurs ont été utilisés pour comparer la quantité de données disponibles :

- le nombre de données ;
- le nombre d'espèces ;
- le taux d'exhaustivité de l'inventaire communal issu de l'estimateur Jackknife 11.

Ce dernier indicateur n'a été calculé que pour les communes dont le nombre de données est supérieur à 250 (Vallet et al., 2012).

Comme dans l'ensemble de l'action 1.2, trois périodes ont été considérées : avant 1950, entre 1950 et 1999 et à partir de 2000, cette dernière date correspondant plus ou moins à la mise en place des CBN.

Deux types de données ont été distingués en fonction de la précision géographique du relevé auquel elles sont rattachées : les données communales et les données dites « géoréférencées » c'est-à-dire localisées plus précisément que l'échelle de la commune : cela correspond aux relevés dont la localisation a été digitalisée sur scan 25 ou orthophotoplan ou aux points GPS. Pour le CBNMC, une donnée sera dite « géoréférencée » uniquement si le polygone de relevé auquel elle est rattachée est de surface inférieure à 1 km². En effet, au CBNMC, toutes les données sont géoréférencées ; par exemple, les données dont la localisation connue est une commune avec un lieu-dit ont été attribuées à un large polygone entourant le lieu-dit. Cette limite de 1 km² permet de distinguer ces données des données imprécises localisées à l'échelle de la commune.

Pour comparer le nombre moyen de données et d'espèces par commune entre les trois périodes, un modèle linéaire mixte généralisé a été mis en œuvre. Les données étant des comptages, une structure d'erreur de type Poisson a été retenue. L'effet fixe du modèle est la date et l'effet aléatoire la commune. Les analyses ont été réalisées avec la librairie lme4 (Bates et al., 2013) de R.

Pour comparer le nombre moyen de données et d'espèces par commune entre les secteurs géographiques, le test de Kruskal-Wallis suivi d'un test de comparaisons multiples (réalisé à l'aide de la librairie pgirmess (Giraudoux P., 2013) de R) a été mis en œuvre ; un test de Shapiro a en effet montré au préalable que la distribution des données ne suivait pas une loi normale.

Etat des lieux pour la flore vasculaire

Pour les communes étudiées, les CBN disposent, toutes périodes confondues, d'un peu plus d'un million de données (exactement 1 019 112).

Quantité de données entre les trois périodes (<1950, 1950-1999, ≥2000)

Le nombre de données total est très inégal en fonction de la période (Figure 16) ; ainsi, plus de 67% des données concernent la période postérieure à 2000 et seules 5% des données concernent la période antérieure à 1950. Ces différences se traduisent fortement dans le nombre moyen de données et d'espèces par commune (Figure 17).

¹ Taux d'exhaustivité = $R_{obs}/(R_{obs}+n_1*(N-1)/N)$ où R_{obs} : richesse observée ; n_1 : nombre d'espèces observées une seule fois ; N : nombre de données.

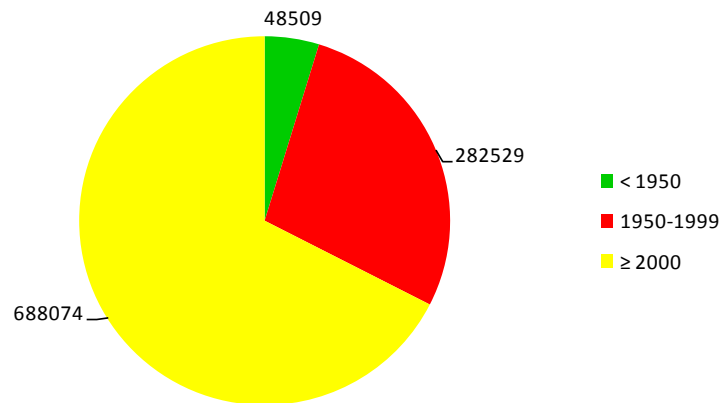


Figure 16 : Répartition du nombre de données entre les trois périodes : avant 1950 (vert), 1950-1999 (rouge) et à partir de 2000 (jaune).

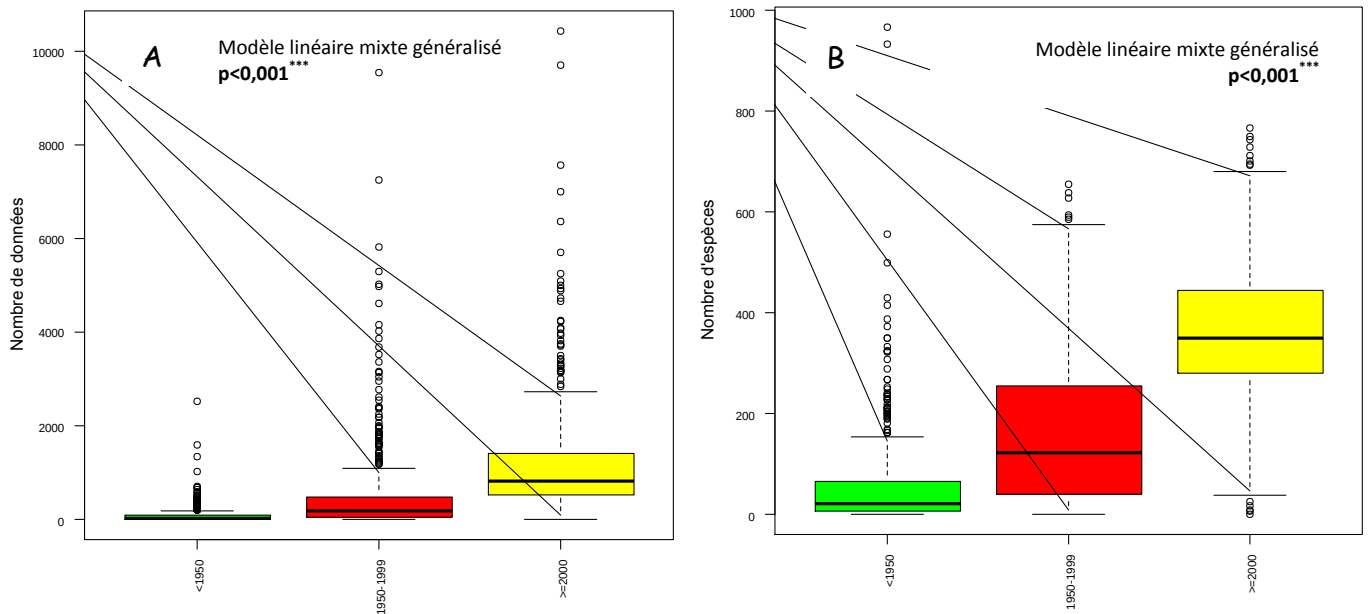


Figure 17 : Comparaison des données entre trois périodes : avant 1950 (vert), entre 1950 et 1999 (rouge) et à partir de 2000 (jaune). Le graphique A présente les résultats pour le nombre de données par commune, le graphique B pour la richesse spécifique par commune. Pour les modèles linéaires mixtes généralisés, l'effet fixe est la période temporelle, l'effet aléatoire la commune et la structure d'erreur une loi de Poisson.

Proportion de données géoréférencées

Les CBN ne disposent de données géoréférencées quasiment que pour la période postérieure à 2000 (

Figure 18). Quatre-vingt douze pourcent des données contemporaines sont précisément géoréférencées ; ainsi, le nombre moyen de données perdues par commune, si on ne prend en compte que les données géoréférencées, est peu important (Figure 19 A) ; la perte moyenne est de 89 données, le nombre total moyen de données par commune étant de 1164. Néanmoins, l'histogramme de distribution (Figure 19B) montre que pour quelques communes la perte peut être importante ; ces communes nécessiteront des inventaires complémentaires pour pouvoir disposer d'un jeu de données homogène et donc analysable dans sa totalité.

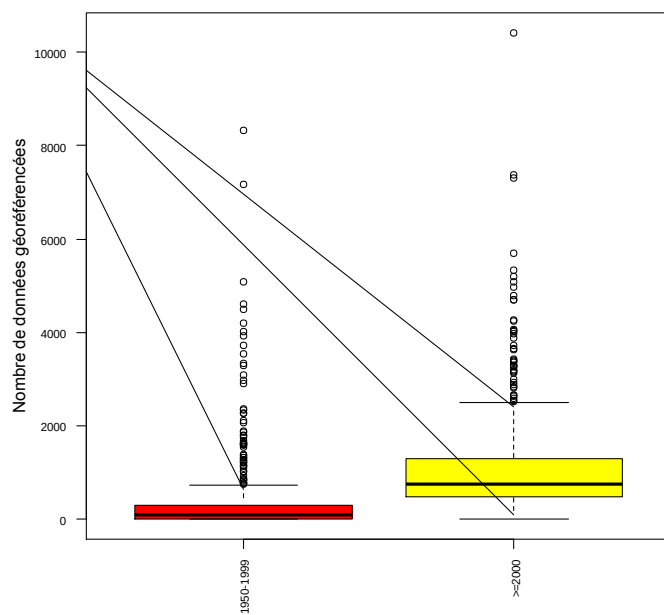


Figure 18 : Comparaison du nombre moyen de données géoréférencées par commune entre la période 1950-1999 (rouge) et post-2000 (jaune).

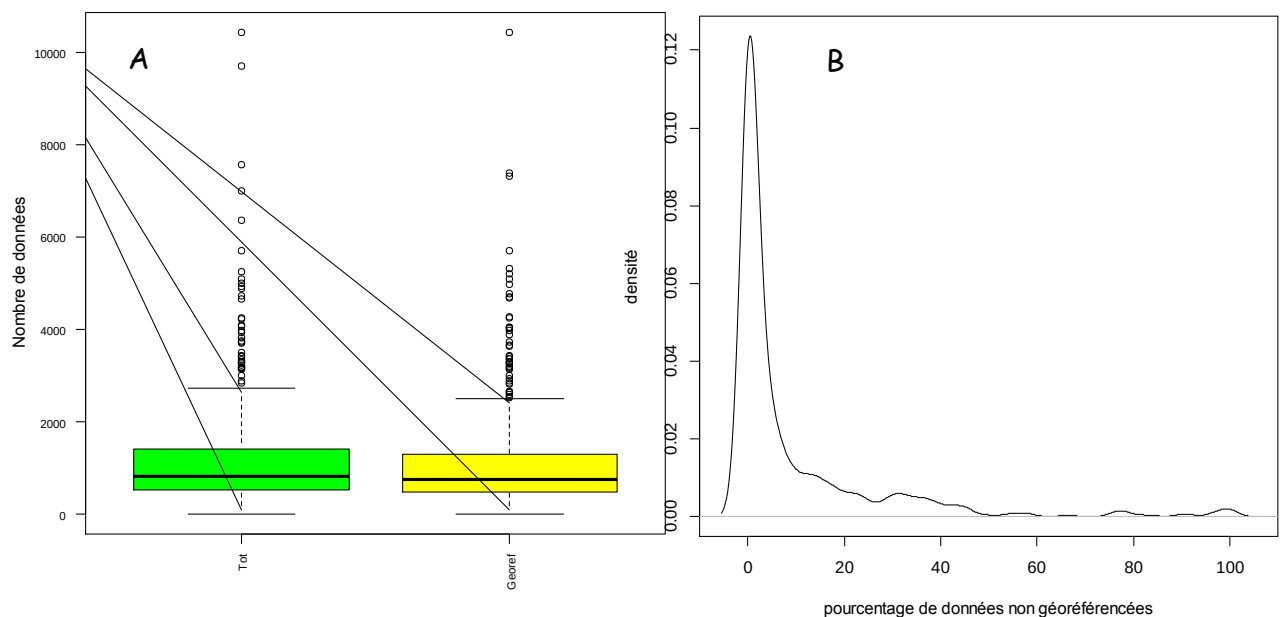


Figure 19 : A -Comparaison du nombre de données total par commune (vert) avec le nombre de données géoréférencées par communes (jaune) ; B – Courbe de distribution de la proportion de données non géoréférencées par commune.

Quantité de données en fonction des secteurs géographiques

Le Tableau 4 : Nombre total de données (dont géoréférencées) et nombres moyens de données et d'espèces par commune en fonction du secteur géographique et de la période. NA : données non disponibles. détaille le nombre total et les nombres moyens de données et d'espèces par secteur et par période. Comme vu précédemment (partie 1.1.1), la période contemporaine est nettement

mieux renseignée que les précédentes, aussi la quantité et la qualité des données pour cette période ont été analysées plus finement (Figure 20).

Trente-six communes présentent moins de 250 données et devront donc être reproductées en priorité (Figure 20Figure 20C'). Globalement, les trois indicateurs que sont le nombre de données, le nombre d'espèces et le taux d'exhaustivité (Figure 20) tendent à montrer que la rivière Allier est mieux prospectée que les autres secteurs alors que la Vienne et les BVA tendent à l'être moins. On voit aussi que la partie Loire amont sur le territoire du CBNBP tend à être moins bien prospectée que le reste des communes de la Loire amont.

Tableau 4 : Nombre total de données (dont géoréférencées) et nombres moyens de données et d'espèces par commune en fonction du secteur géographique et de la période. NA : données non disponibles.

Secteur	Annee	Nb total données	Nb total données géoréférencées	Nb moyen données par commune	Nb moyen données géoréférencées	Nb moyen espèces par commune
Loire Amont	< 1950	12895	NA	90	NA	59
Loire Amont	1950-1999	56569	NA	393	NA	150
Loire Amont	≥ 2000	200930	184698	1395	1283	374
Loire Moyenne	< 1950	12476	NA	78	NA	58
Loire Moyenne	1950-1999	53526	NA	335	NA	150
Loire Moyenne	≥ 2000	153589	135476	960	847	358
Loire Aval	< 1950	3032	NA	126	NA	81
Loire Aval	1950-1999	6140	NA	256	NA	172
Loire Aval	≥ 2000	19086	15241	795	635	333
Loire Estuaire	< 1950	838	NA	19	NA	18
Loire Estuaire	1950-1999	8466	NA	197	NA	113
Loire Estuaire	≥ 2000	41481	38408	965	893	316
Allier	< 1950	8451	NA	66	NA	44
Allier	1950-1999	59859	NA	464	NA	205
Allier	≥ 2000	184455	174177	1430	1350	403
BVA	< 1950	5532	NA	168	NA	91
BVA	1950-1999	3919	NA	119	NA	78
BVA	≥ 2000	30795	30662	933	929	378
Vienne	< 1950	5285	NA	91	NA	62
Vienne	1950-1999	94050	NA	1622	NA	212
Vienne	≥ 2000	57738	56709	995	978	311

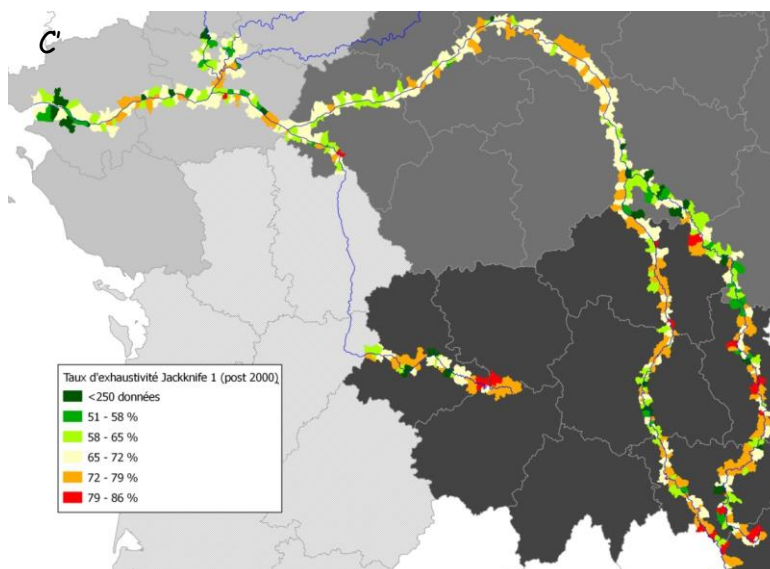
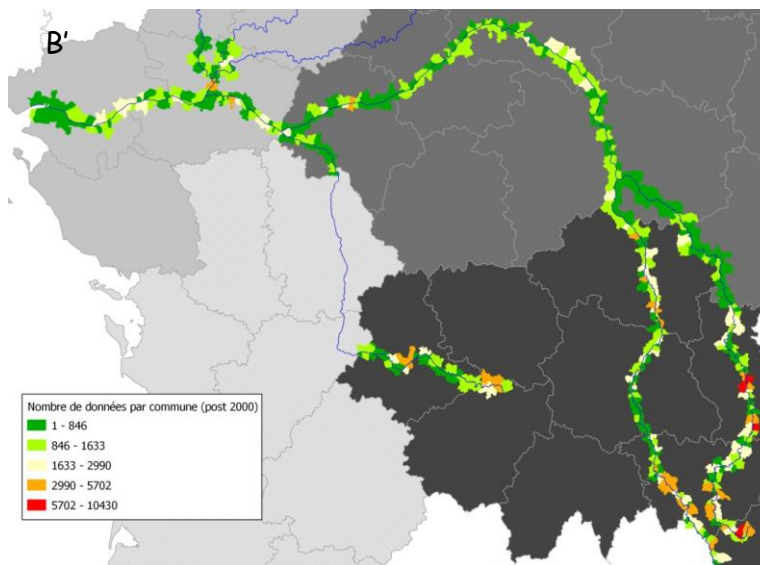
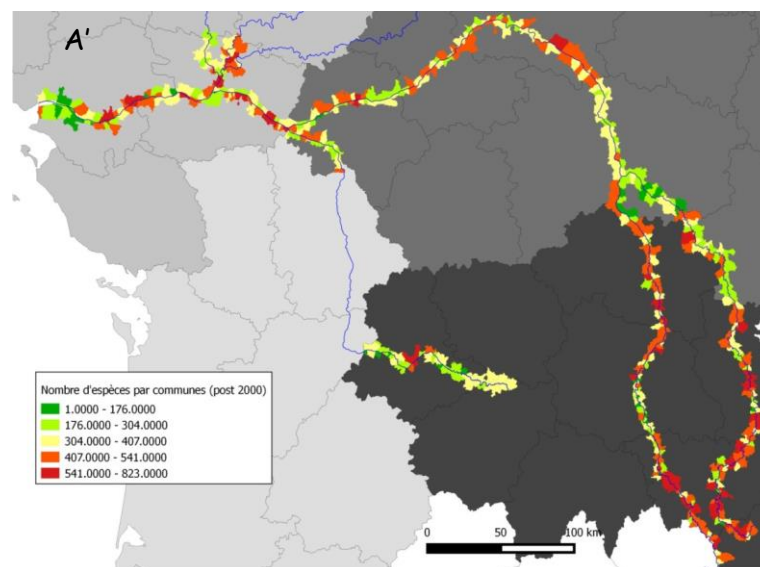
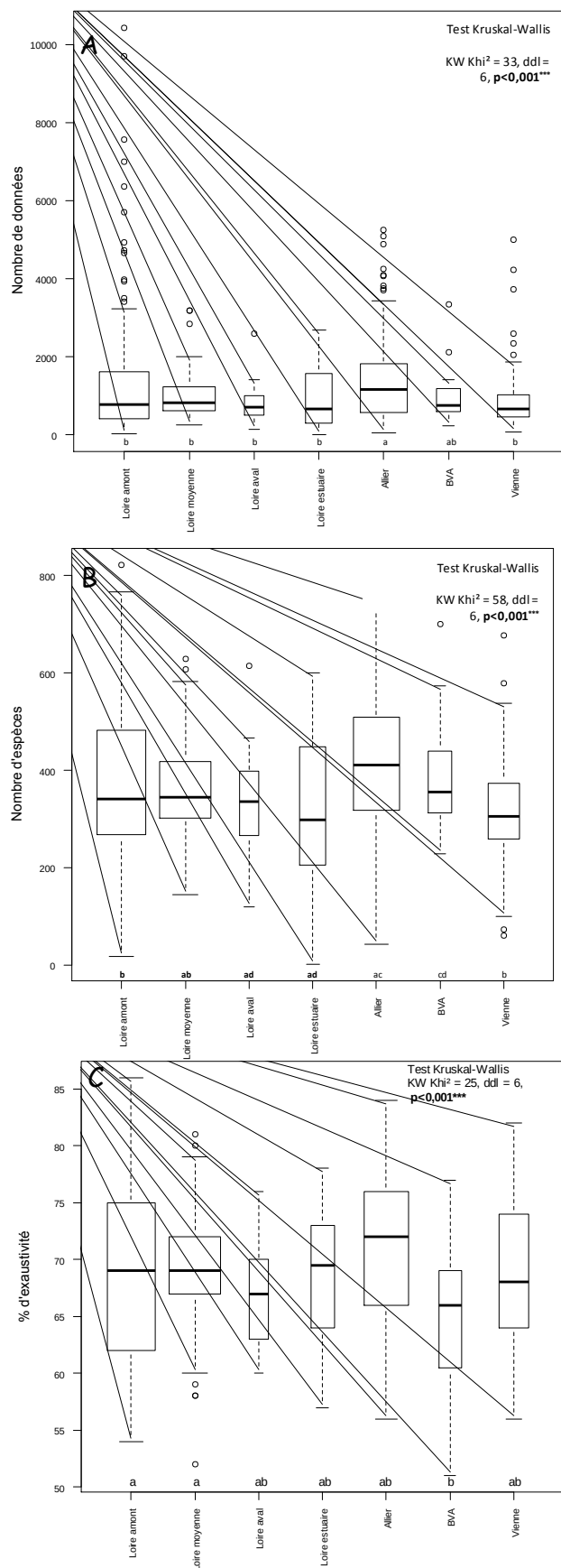


Figure 20 : Pour la période contemporaine (postérieure à 2000) : Nombre de données par commune en fonction du secteur géographique (A et A') ; Nombre d'espèces par communes en fonction du secteur géographique (B et B') et taux d'exhaustivité communal Jackknife 1 significatives, celles qui diffèrent les résultats significatifs. Pour les cartes, les limites de classes sont issues de la méthode des seuils naturels de Jenks (de Smith et al., 2013).

Distribution et qualité des données géoréférencées en fonction des secteurs géographiques

La Figure 21 représente la distribution des centroïdes de polygones associés à des données géoréférencées. On observe, au sein des communes étudiées, une densité importante de polygones sur le tracé des cours d'eau.

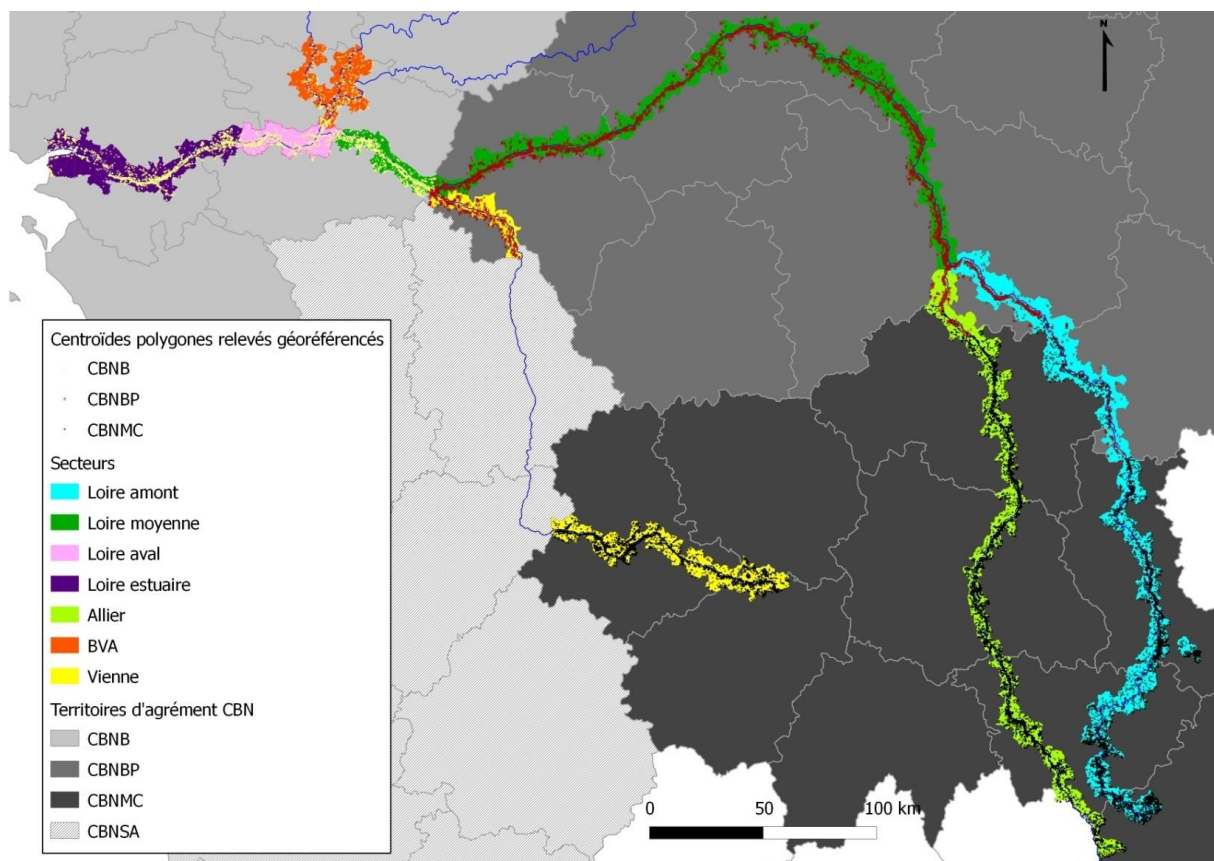


Figure 21 : Distribution des centroïdes des polygones associés à des données géoréférencées

La superficie des polygones est significativement différente entre les secteurs (Figure 22A). L'existence de polygones de surface particulièrement élevée (Figure 22) qui ne pourront être croisées avec des données environnementales, a amené à comparer les superficies moyennes de polygones uniquement pour les polygones de superficie inférieure à l'hectare.

Parmi les 55004 polygones, 28075 (51%) sont de superficie inférieure à l'hectare ; cette proportion varie de 39% pour la Loire et la Vienne à 70% pour la Loire estuaire en passant par 49% pour l'Allier, 52% pour la Loire amont, 53% pour la Loire aval et 65% pour la Loire moyenne. Le patron de superficie moyenne des polygones inférieurs à l'hectare par secteur diffère assez clairement du patron observé avec l'ensemble des polygones. Alors qu'avec l'ensemble des polygones, les secteurs présentant une superficie moyenne la plus faible étaient la Loire moyenne, la Loire estuaire et la Vienne (Figure 22 A), ce sont les secteurs de la Loire amont, de la Loire estuaire et de l'Allier qui présentent la moyenne la plus faible si on ne considère que les polygones inférieurs à 1ha (Figure 22B).

Pour ces polygones de superficie inférieure à 1 ha, deux cas de figures peuvent être distingués quant à la répartition des superficies (Figure 24). Pour la Loire amont, la Loire estuaire et l'Allier les superficies sont peu étalées et en grande majorité inférieure à 2000 m². Pour les secteurs de la

Loire moyenne, le Loire aval, les BVA et la Vienne une majorité de polygones est aussi inférieure à 2000 m² mais un nombre assez important de polygones présentent une superficie entre 2000 et 10000 m².

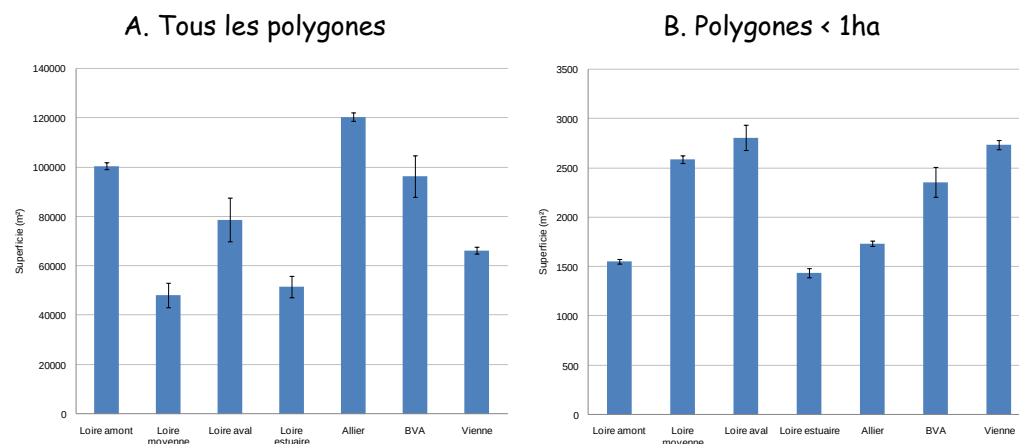
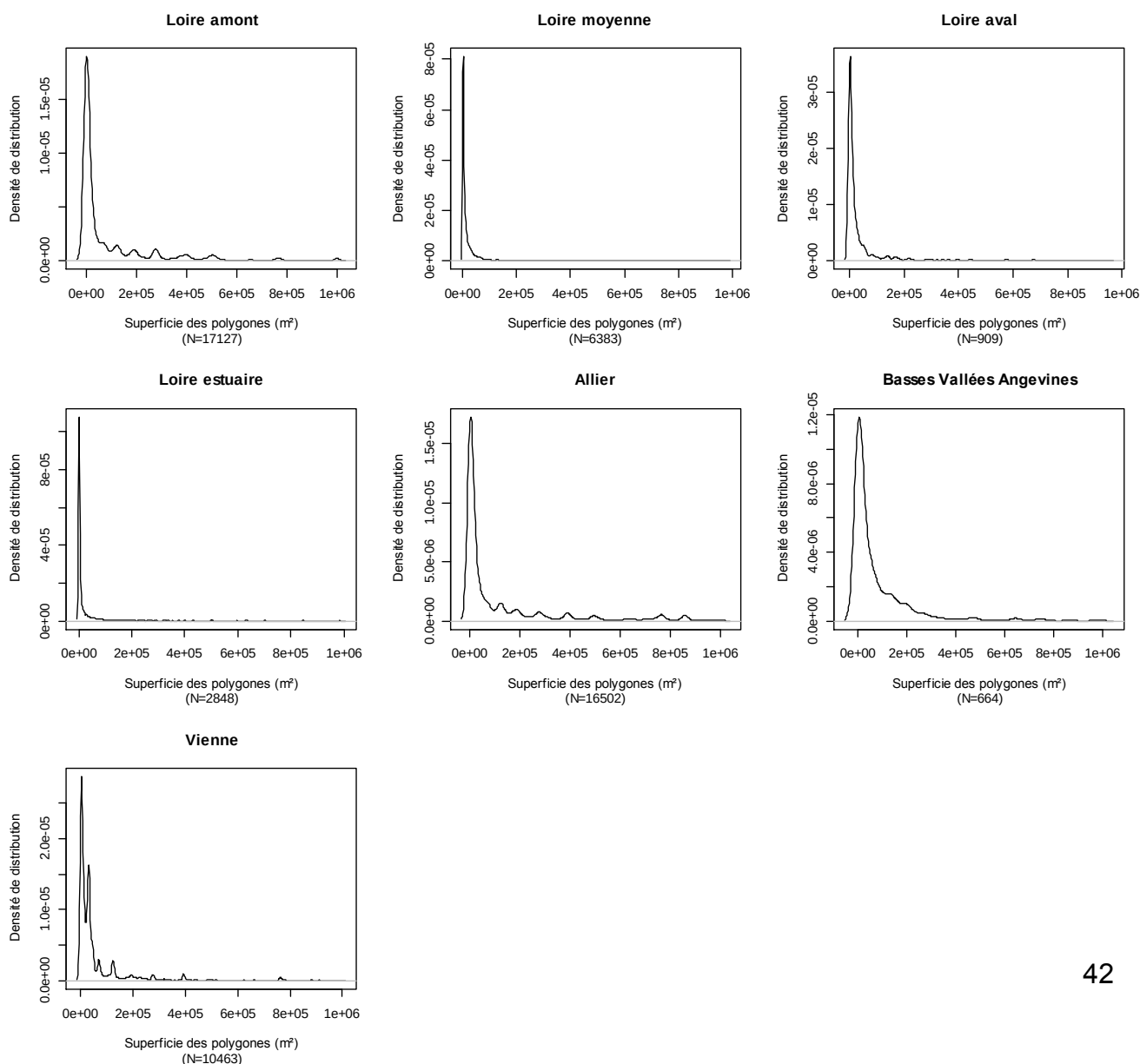
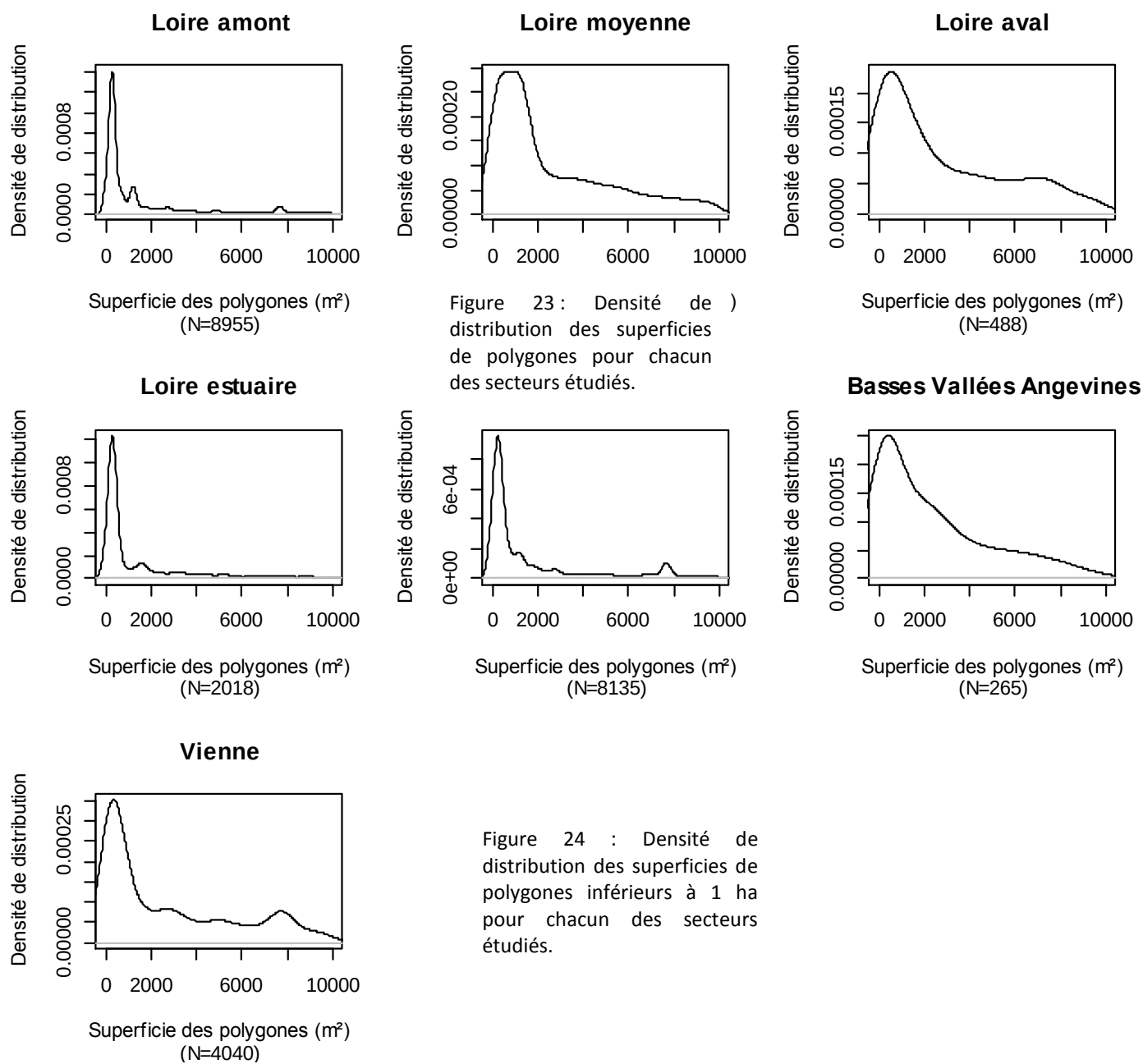


Figure 22 : Comparaison de la superficie moyenne des polygones associés à des données géoréférencées. La barre représente l'erreur standard. A : comparaison de la superficie moyenne des polygones associés à des données géoréférencées ; Test Kruskal-Wallis KW $\chi^2 = 976$, ddl = 6, $p < 0,001^{***}$. B : comparaison de la superficie moyenne des polygones inférieurs à 1 ha associés à des données géoréférencées. Test Kruskal-Wallis KW $\chi^2 = 1991$, ddl = 6, $p < 0,001^{***}$.





Etat des lieux pour les bryophytes

Les CBN disposent dans leurs bases de données d'un total de 606 105 données concernant les bryophytes sur les communes du secteur d'étude. La répartition géographique est très inégale (Tableau 5) sur le territoire étudié ; les données concernent principalement la Loire amont, l'Allier et la Vienne. En fait, cette répartition est liée au découpage des territoires d'agrément des CBN : seul le CBN du Massif central a engagé des programmes conséquents de connaissance des bryophytes sur son territoire.

Aucune analyse globale ne pourra donc être envisagée sur la bryoflore.

Tableau 5 : Nombre total et nombres moyens de données et d'espèces de bryophytes par commune en fonction du secteur géographique et de la période.

Secteur	Annee	Nb total données	Nb moyen données par commune	Nb moyen espèces par commune
Loire Amont	< 1950	7182	50	33
Loire Amont	1950-1999	37637	260	100
Loire Amont	≥ 2000	182550	1259	296
Loire Moyenne	< 1950	16	0	0
Loire Moyenne	1950-1999	282	2	1
Loire Moyenne	≥ 2000	671	4	3
Loire Aval	< 1950	0	0	0
Loire Aval	1950-1999	0	0	0
Loire Aval	≥ 2000	91	4	4
Loire Estuaire	< 1950	0	0	0
Loire Estuaire	1950-1999	0	0	0
Loire Estuaire	≥ 2000	747	17	16
Allier	< 1950	8124	63	42
Allier	1950-1999	55710	432	190
Allier	≥ 2000	179366	1390	386
BVA	< 1950	15	0	0
BVA	1950-1999	0	0	0
BVA	≥ 2000	232	7	6
Vienne	< 1950	2007	35	27
Vienne	1950-1999	91339	1575	188
Vienne	≥ 2000	40136	692	166

Etat des lieux pour les Characées

Les CBN disposent dans leurs bases de données d'un total de 139 données concernant les characées sur les communes du secteur d'étude. Le niveau de connaissance est quasiment nul quel que soit le secteur géographique (Tableau 6).

Aucune analyse globale ne pourra donc être envisagée sur les Characées.

Etat des lieux pour les habitats

Le Tableau 7 synthétise les données présentes dans les bases d'informations des CBN selon le secteur géographique. Les CBN disposent de relevés phytosociologiques surtout pour la Loire amont, l'Allier et la Vienne. Les secteurs en partie cartographiés de façon significative (>20% de superficie) sont : l'Allier, la Loire amont et la Loire estuaire. Des données cartographiques complémentaires peuvent exister en dehors des bases de données des CBN notamment dans les Documents d'objectifs des sites Natura 2000. Leur intégration aux bases de données des CBN pourraient être envisagée le cas échéant, après validation. De plus, pour le CBNMC, un travail de rattachement des syntaxons

associés aux relevés devrait être envisagé, le travail est actuellement en cours et devrait se terminer au premier trimestre 2014 ; en effet, un écart important existe entre le nombre de relevés disponibles et le nombre de relevés rattachés à un syntaxon.

Tableau 6 : Nombre moyen de données et d'espèces de Characées par commune en fonction du secteur géographique et de la période.

Secteur	Annee	Nb total données	Nb moyen données par commune	Nb moyen espèces par commune
Loire Amont	< 1950	29	0	0
Loire Amont	1950-1999	4	0	0
Loire Amont	≥ 2000	0	0	0
Loire Moyenne	< 1950	3	0	0
Loire Moyenne	1950-1999	11	0	0
Loire Moyenne	≥ 2000	5	0	0
Loire Aval	< 1950	0	0	0
Loire Aval	1950-1999	0	0	0
Loire Aval	≥ 2000	23	1	1
Loire Estuaire	< 1950	1	0	0
Loire Estuaire	1950-1999	0	0	0
Loire Estuaire	≥ 2000	51	1	1
Allier	< 1950	2	0	0
Allier	1950-1999	3	0	0
Allier	≥ 2000	0	0	0
BVA	< 1950	1	0	0
BVA	1950-1999	0	0	0
BVA	≥ 2000	5	0	0
Vienne	< 1950	0	0	0
Vienne	1950-1999	0	0	0
Vienne	≥ 2000	1	0	0

Tableau 7 : Par secteur : nombre de relevés phytosociologiques, nombre de relevés phytosociologiques rattachés à un syntaxon de niveau inférieur ou égal à l'alliance ; surface cartographiée (ha) et proportion de la superficie du secteur cartographiée.

Secteurs	Nombre relevés	Nombre relevés à un syntaxon (au moins l'alliance)	Surface d'habitat cartographiée (ha)	% du secteur cartographié
Loire amont	1136	49	86781	29%
Loire moyenne	44	37	2071	1%
Loire aval	71	33	475	1%
Loire estuaire	36	20	22235	20%
Allier	1377	1	88464	41%
BVA	268	259	0	0%
Vienne	2468	1023	7774	6%

Données issues des réseaux de contrôle et de surveillance (RCS) des eaux de surfaces

Les données transmises par l'Agence de l'eau Loire –Bretagne couvrent la période comprise entre 2006 et 2011. Notre analyse ne concerne cependant uniquement les données jusqu'en 2010, suite à un problème de lisibilité de fichiers pour l'année 2011. Ces données comprennent des relevés floristiques en cours d'eau, établis dans l'objectif de calcul de l'indice macrophytique en rivière (IBMR - NF T90-395) qui permet d'évaluer le degré de trophie des cours d'eau. Les listes floristiques à la base du calcul de l'indice ont été intégrées dans cette synthèse.

Le nombre de stations s'est considérablement accru entre 2006 et 2010 pour les cours d'eau pris en compte (Tableau 8). Cependant, les listes floristiques n'ont pas toujours été disponibles pour toutes les stations.

Les données ont été récoltées par différents prestataires (bureaux d'études), sans information sur le niveau d'expertise du prestataire. Les données les plus anciennes sont accompagnées d'un rapport de synthèse qui explicite la vérification des échantillons par les membres du GIS macrophytes. Des informations de ce type ne sont pas disponibles pour les données les plus récentes. A défaut d'autres informations (p.ex. sur l'existence d'échantillons pour vérifications), le niveau de fiabilité attribué à ces données est de 2 (sur 3).

Tableau 8 : Stations IBMR sur la Loire, l'Allier et la Vienne et disponibilité de listes floristiques. *IBMR réalisé, mais liste floristique manquante

	2006	2007	2008	2009	2010
Loire				<u>Amont</u> : <i>Rhône-Alpes</i> : Villarest, Vauchette St Just – St Rambert <i>Bourgogne</i> : La Motte St. Jean Bourbon Lancy Décize Nevers <u>Moyenne</u> : Fourchambault <u>Aval</u> : <i>Pays de la Loire</i> : St. Mathurin	<u>Amont</u> <i>Auvergne</i> : Luneau <u>Moyenne</u> <i>Région Centre</i> : Gien Jargeau Meung sur Loire Muides sur Loire Chaumont Villandry
Allier	<u>Amont</u> : <i>Auvergne</i> : Langogne Chasserades			?	<u>Cours moyen</u> <i>Auvergne</i> : Cournon d'Auvergne Villeneuve Limons <u>Aval</u> : St Germain des Fossés
Vienne			<u>Cours moyen</u> : <i>Poitou-Charantes</i> : Chabanais* Ansac/Vienne* Valdevienne* <u>Aval</u> : Port-de-Piles*	<u>Amont</u> <i>Limousin</i> : Bujaleuf-Masléon Le Palais-sur-V / Panazol Rempnat, St Priest Verneuil, St Denis des Murs Royères	<u>Amont</u> <i>Limousin</i> : Bujaleuf, Le Palais, Peyvelverade, Repnat St Denis des Murs St Junien, Verneuil Royères <u>Aval</u> : <i>Région Centre</i> Ile-Bouchard Candes St Martin

Méthodes d'analyse des données

Données des CBN

Un catalogue de la flore vasculaire recensée dans l'ensemble des communes traversées par les cours d'eau étudiés a été établi (Annexe_numerique2) ; ce catalogue ne comporte donc pas uniquement des taxons inféodés aux habitats du lit alluvial de ces cours d'eau. Il a été réalisé au rang taxonomique de l'espèce pour chacun des secteurs en distinguant la présence par période (avant 1950 ; 1950-1999 ; à partir de 2000). Les hybrides en sont exclus. Il est basé sur le référentiel taxonomique Taxref 5 (Muséum national d'histoire naturelle, Service du patrimoine naturel, 2012). Quatre taxons ne figurant pas dans ce référentiel ont tout de même été inclus au catalogue. De plus, les groupes taxonomiques complexes des *Rubus* et *Taraxacum* ont été traités en groupes pour une meilleure cohérence des données entre CBN. Les espèces ayant le statut d'indigénat planté/cultivé n'ont pas été incluses.

Données issues des réseaux de contrôle et de surveillance (RCS) des eaux de surfaces

Suite à la mise en place très récente des stations IBMR, une analyse diachronique des sites floristiques n'est pas encore possible. L'analyse c'est donc limitée à une compilation des espèces observées sur les trois cours d'eau et à une comparaison de ce listing au catalogue des CBN.

Résultats et discussion

Catalogue des espèces

A partir des données des Conservatoires Botaniques Nationaux, 2437 espèces (et groupes) de plantes vasculaires sont signalées tous secteurs confondus. Le plus grand nombre d'espèces est signalé sur la Loire amont et l'Allier (toutes périodes confondues), et c'est dans la période la plus récente (> à 2000) que le plus grand nombre d'espèces a été observées (tous secteurs confondus) (

Tableau 9).

Les données fournies par L'Agence de l'Eau Loire Bretagne comprennent 20 taxons d'algues (déterminations généralement au genre ; Loire : 15 ; Allier : 11 ; Vienne : 12), 19 espèces de bryophytes (Loire : 3, Allier 2 ; Vienne : 19), 3 espèces de ptéridophytes (Loire : 2 ; Allier : 1 ; Vienne : 1), 69 taxons vasculaires (Loire : 45, Allier : 17 ; Vienne : 33) ainsi que *Sphaerotilus sp.*, bactérie filamenteuse, et *Dermatocarpon weberi*, un lichen aquatique, tous deux dans la Vienne. Pour la liste des taxons vasculaires, qui peut être comparée au catalogue des CBN, la majorité des espèces observées figure également dans la liste des CBN, à l'exception des marcophyte aquatiques *Callitriche hamulata*, présent uniquement dans les listings IBMR de la Vienne et de la Loire amontl. Cette information mérite cependant vérification, car les *Callitriches* sont un genre difficile à déterminer, notamment en absence de fruits. *C. hamulata* est généralement lié à un contexte acide (Casper & Krausch 1981), information à vérifier pour la station de prélèvement.

Tableau 9 : Bilan du nombre d'espèces par secteur et période (Données CBN).

	Nombre d'espèces
Loire amont (toutes périodes)	1940
Loire amont <1950	1560
Loire amont 1950-2000	1545
Loire amont > 2000	1648
Loire moyenne (toutes périodes)	1434
Loire moyenne <1950	1428
Loire moyenne 1950-2000	1418
Loire moyenne > 2000	1444
Loire aval (toutes périodes)	1018
Loire aval <1950	780
Loire aval 1950-2000	945
Loire aval > 2000	1006
Loire estuaire (toutes périodes)	1263
Loire estuaire <1950	800
Loire estuaire 1950-2000	1035
Loire estuaire > 2000	1246
Allier (toutes périodes)	1930
Allier <1950	1321
Allier 1950-2000	1659
Allier > 2000	1623
BVA (toutes périodes)	1066
BVA <1950	805
BVA 1950-2000	934
BVA > 2000	1060
Vienne (toutes périodes)	1917
Vienne <1950	1486
Vienne 1950-2000	1089
Vienne > 2000	1529

Etudes diachroniques

La quantité de données étant très inégale et biaisée (dans les données anciennes, seules les espèces rares étaient généralement localisées) entre les différentes périodes (Figure 17), il n'est pas envisageable d'évaluer les tendances d'évolution des espèces à partir des données brutes contenues dans les bases des CBN. Une des méthodes utilisées pour évaluer les tendances d'évolution des espèces à partir de données de type atlas est de comparer la fréquence actuelle des taxons avec les classes de fréquence indiquées dans les catalogues ou flores anciennes selon la méthode développée par McCollin *et al.* (2000), Telfer *et al.* (2002) et Van Calster *et al.* (2008). Le postulat de cette méthode repose sur le fait que pour une majorité d'espèces la fréquence historique et la fréquence actuelle des espèces sont étroitement corrélées. Aussi ces auteurs proposent de réaliser une régression linéaire entre les classes de rareté historique et la fréquence actuelle et considèrent que

pour chaque taxon, les résidus de la régression mesurent le changement de fréquence du taxon (Figure 25). Ensuite, il est possible d'explorer les causes de dynamique des espèces en mettant en relation les résidus des corrélations des espèces avec leurs traits biologiques.

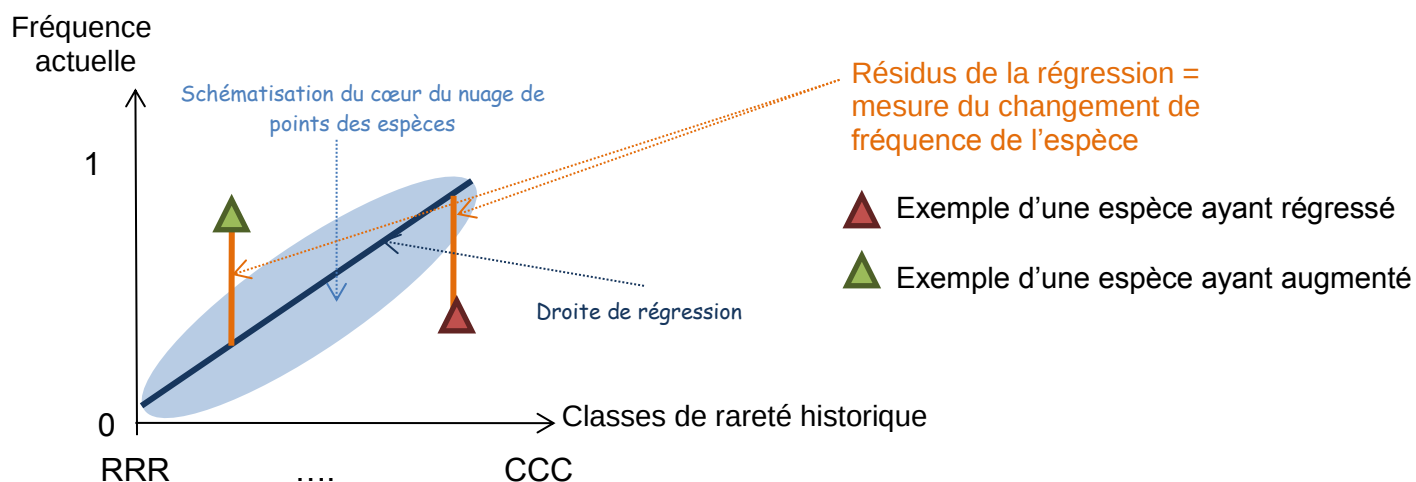


Figure 25 : Illustration du principe de la méthode d'analyse des tendances des espèces selon la méthode de McCollin et al. (2000), Telfer et al. (2002) et Van Calster et al. (2008).

Ouvrages historiques sur la Loire présentant le statut de rareté des taxons

Vingt-sept ouvrages historiques (publiés avant 2000) traitant du territoire étudié ont été recensés, dont vingt-cinq comportent des indices de rareté des taxons. Vingt-six traitent de la flore vasculaire, quatre des characées, deux des bryophytes, un des champignons et des lichens.

Concernant la flore vasculaire, la majorité des ouvrages sont des flores ou des catalogues départementaux (Figure 26). Parmi les ouvrages supra-départementaux, deux concernent plus spécifiquement la Loire : il s'agit de la « *Flore du centre de la France et du Bassin de la Loire* » (Boreau, 1857) et de la « *Flore et végétation de la vallée de la Loire, cours occidental de l'Orléanais à l'estuaire* » (Corillion, 1981). Cependant, les espaces couverts par ces ouvrages sont beaucoup plus vastes que le lit alluvial de la Loire.

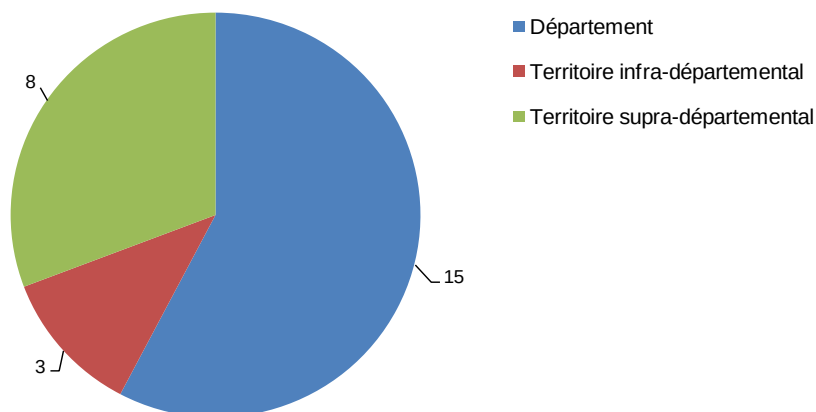


Figure 26 : Répartition des ouvrages concernant la flore vasculaire selon l'échelle traitée (départementale, infra-départementale ou supra-départementale).

84% des ouvrages concernent une période antérieure à 1914. Dix-huit ouvrages possèdent des indices de rareté standardisés et clairement explicités c'est-à-dire avec une indication de rareté en classes. Le nombre de classes de rareté varie de quatre à huit mais est, dans la moitié des cas, de six classes (Figure 27).

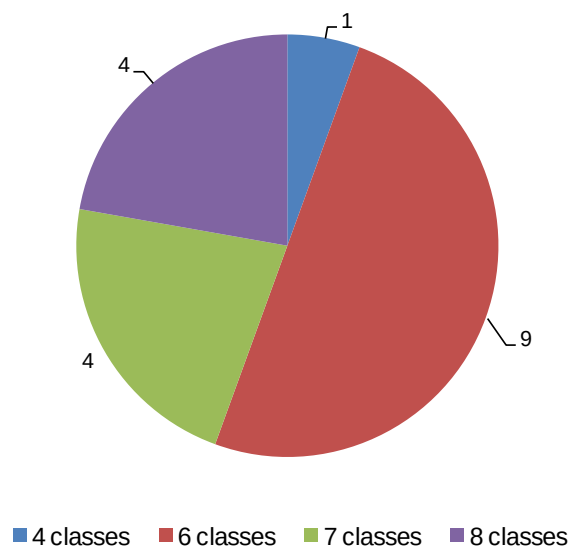
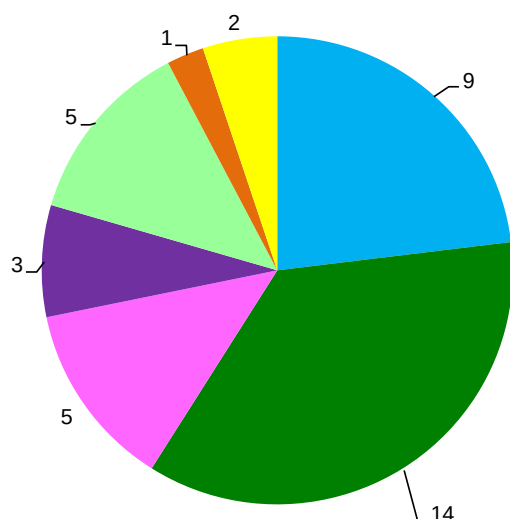


Figure 27 : Nombre de classes de rareté utilisées dans les ouvrages concernant la flore vasculaire et présentant des classes de rareté standardisées.

A : tous les ouvrages



B: ouvrages présentant des classes de rareté standardisées

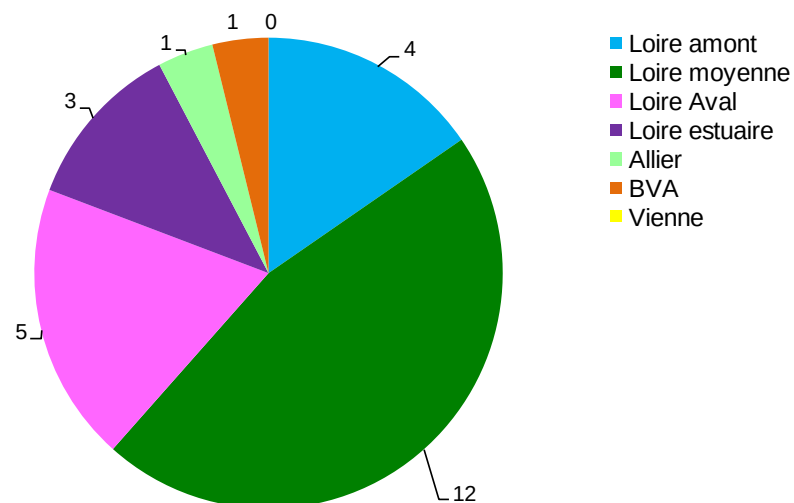


Figure 28 : Nombre d'ouvrages concernant (au moins en partie) chacun des secteurs étudiés. Le graphique A prend en compte les 26 ouvrages dépouillés concernant la flore vasculaire ; le graphique B se limite aux 18 ouvrages présentant des indices de rareté standardisés en classes.

Enfin, tous les secteurs sont concernés par au moins un ouvrage (Figure 28) mais si on ne considère que les ouvrages présentant des indices de rareté standardisés en classe, la Vienne n'est pas traitée. Globalement le nombre d'ouvrages est en lien avec la superficie des secteurs considérés ; néanmoins, la Loire moyenne apparaît particulièrement bien pourvue notamment si on ne considère que les ouvrages présentant des indices de rareté standardisés.

Face à ce bilan, l'analyse précédemment décrite (Figure 25) devra être menée sur des ouvrages dont le territoire géographique est bien cerné (afin de pouvoir extraire les données actuelles sur le même territoire que l'historique) ; dans la majorité des cas, ce seront les ouvrages départementaux qui répondront à cette contrainte. Il serait intéressant de sélectionner un à deux ouvrages par secteur afin de comparer les tendances d'évolution d'espèces entre ces derniers. Cela permettrait d'identifier des facteurs d'évolution communs à l'ensemble de ces cours d'eau et d'autres plus spécifiques liés à des particularités locales. La régression entre fréquence actuelle et fréquence historique devra être menée sur l'ensemble du pool d'espèces du territoire étudié (ex. : département). Par la suite, l'interprétation des résultats (tendances et traits biologiques) pourra se porter sur les espèces plus étroitement liées aux cours d'eau ciblés.

Cette sélection des espèces liées aux cours d'eau peut être réalisée :

- par une analyse des fréquences des espèces sur les communes traversées par les cours d'eau étudiés et les autres communes du territoire étudié (ex. : département) ;
- par une analyse des relevés phytosociologiques des alliances liées aux végétations riveraines, amphibies et aquatiques ;
- complété par dires d'expert afin de prendre en compte quelques situations particulières (ex : espèces liées aux villes souvent localisées le long des cours d'eau mais non en lien avec les habitats du cours d'eau etc.).

Bases de données de traits biologiques

Afin de pouvoir émettre des hypothèses sur les causes possibles de régression ou de progression des espèces, il est possible d'analyser si les tendances d'évolution des espèces sont corrélées à certains traits biologiques. Aussi, un bilan des bases de données de traits biologiques pouvant être utilisées pour la flore vasculaire est dressé dans le Tableau 10 : Présentation des bases de données de traits biologiques par ordre alphabétique des auteurs pouvant être pertinentes pour le territoire étudié.

Baseflor (Julve 1998) a été en partie mis en correspondance taxonomique avec le catalogue du CBNBP et *Flora Indicativa* (Landolt *et al.*, 2010) devrait l'être aussi (travail en cours). Leur exploitation sera donc grandement facilitée.

Tableau 10 : Présentation des bases de données de traits biologiques par ordre alphabétique des auteurs pouvant être pertinentes pour le territoire étudié.

Référence	Accès	Nombre taxa traités ²	Type de traits biologiques
Barkman (1988)	Livre	?	Forme architecturale des plantes
Grime <i>et al.</i> (1988, 2007) ; Hodgson <i>et al.</i> (1995)	Livre + version numérique (Hodgson)	résumé pour 281 espèces et données pour 221 espèces clés.	Traits diversifiés en rapport avec la classification CSR (<i>Competitive - Stress Tolerant - Ruderal species</i>) de Grime.
Hill <i>et al.</i> (2004)	excel	1887	Traits diversifiés sur le type biologique, la reproduction végétative, les valeurs d'Ellenberg recalibrées pour la Grande-Bretagne, l'aire de répartition européenne et des traits sur les préférences écologiques et climatiques calculées à partir de l'atlas floristiques de la Grande-Bretagne.
Julve (1998) : Baseflor	excel	6176	Chorologie, fleurs/floraison, fruits, types biologiques, indications phytosociologiques, valeurs d'Ellenberg (Ellenberg <i>et al.</i> , 1991), classification botanique
Kleyer (1995)	excel	409	Dispersion, germination, persistance des diaspores ; reproduction végétative ; morphologie de la plante
Kleyer <i>et al.</i> (2008) : LEDA	Interrogation en ligne de la base de données	3000	Traits actuellement en ligne : Age of first flowering, Branching, Bud bank seasonality and vertical distribution, Canopy height, Leaf distribution, Leaf dry matter content, Leaf mass, Leaf size, Plant growth form, Plant life span, Releasing height, Seed mass, Seed number per shoot, Shoot growth form, Specific leaf area, Terminal velocity, Woodiness
Klotz <i>et al.</i> (2002) : BIOLFLOR	Interrogation en ligne avec possibilité d'importation d'une liste de taxons à interroger	3660	floristic status, chromosome number, ploidy levels, DNA content, phylogeny, morphology of vegetative organs, flowering phenology, floral and reproductive traits, traits of seeds, fruits, dispersal units and germination units, ecological strategy types, indicator values for grassland species, geographic ranges, anthropogenic influence on vegetation, habitat and formation
Landolt E. <i>et al.</i> (2010) : Flora indicativa	Fichier excel	5500	Attributs biologiques et écologiques : valeurs d'« Ellenberg » adaptées à la Suisse (température, continentalité, lumière, humidité, variation d'humidité, pH, nutriments, salinité, métaux lourds, humus, aération), stratégies de croissance et de vie (type biologique, persistance feuillage, profondeur d'enracinement, organes de stockage), traits d'histoire de vie (dispersion, pollinisation, floraison, tolérance à la fauche, longévité des graines, dominance), distribution dans l'espace et le temps (distribution géographique, habitat, groupe écologique, invasivité, influence anthropique sur l'habitat, tendances temporelles), phytosociologie
Poschlod <i>et al.</i> (2003) : BIOPOP	Interrogation en ligne taxon par taxon	4700	Traits principalement lié à l'expansion verticale et latérale, le type biologique, la tolérance aux stress, la réponse aux perturbations, la reproduction, la dispersion dans le temps et dans l'espace, la germination et l'établissement
Thompson <i>et al.</i> (1997)	Livre accompagné d'une disquette	1189	Banque de graines : type, longévité maximale, densités minimale, maximale et moyenne, profondeur

² Attention, tous les traits ne sont pas renseignés pour toutes les espèces

Référence	Accès	Nombre taxa traités ²	Type de traits biologiques
	(fichier excel)		
Royal Botanic Gardens Kew : SID - Seed Information Database	Interrogation en ligne taxon par taxon	Beaucoup	Graines (Storage behaviour, Seed weights, Seed dispersal, Germination, Seed oil content, Seed protein content, Plant life-form, Seed morphology, Salt tolerance, Seed viability constants)
Fitter et Peat 1994 : Ecoflora	Interrogation en ligne (possibilité d'extraire les données que par groupe de 20 taxons)	3842	- taxonomy - a suite of over 130 ecological and morphological characteristics, vice-county distribution in Britain, European distribution by country, mycorrhizal associations, associated phytophagous insects and fungi.
Kattge <i>et al.</i> (2011) : Try	Ce n'est pas une base de données en soi. L'objectif est d'identifier dans quelle base de données (93 bases traitées) il est possible de trouver un trait biologique pour une espèce donnée		

Bibliographie citée dans le Tableau 10.
Barkman J.J. (1988). <i>Plant form and vegetation structure. Adaptation, plasticity and relation to herbivory</i> . Eds. W. M.J.A., v. d. A. P.J.M., D. H.J. and V. J.T.A., 1-7. The Hague, The Netherlands: SPB Academic Publishing bv.
Ellenberg H. (1979). Zeigerwerte von Gefässpflanzen Mitteleuropas. <i>Scripta Geobotanica</i> 9, 1-122.
Ellenberg H. (1988). <i>Vegetation ecology of Central Europe</i> , 4th edition. Cambridge University Press, Cambridge, UK. xxii + 731p.
Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen D. (1991). Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. <i>Scripta Geobotanica</i> 18, 1-248.
Fitter A.H. and Peat H.J. (1994). The Ecological Flora Database, <i>Journal of Ecology</i> 82, 415-425. http://www.ecoflora.co.uk
Grime J.P., Hodgson J.G. & Hunt R. (1988). <i>Comparative plant ecology: a functional approach to common British species</i> . Chapman & Hall, London, UK. 417p.
Grime J.P., Hodgson J.G., Hunt R. (2007). <i>Comparative plant ecology: a functional approach to common British species</i> , 2nd edition. Dalbeattie, UK: Castlepoint Press. xiv + 748p.
Hill M.O., Preston C.D., & Roy D.B. (2004). <i>PLANTATT - attributes of British and Irish plants: status, size, life history, geography and habitats</i> . Abbots Ripton, Centre for Ecology & Hydrology, 73p. http://nora.nerc.ac.uk/9535/1/PLANTATT.pdf
Hill M.O., Mountford J.O., Roy D.B. & Bunce R.G.H. (1999). Ellenberg's indicator values for British plants. Technical Annex. In: ECOFACT, Institute of Terrestrial Ecology, Huntingdon, UK. Available at: http://www.ceh.ac.uk/products/publications/documents/ECOFACT2a.pdf
Hill M.O., Roy D.B., Mountford J.O., et Bunce R.G.H. (2000). Extending Ellenberg's indicator values to a new area: an algorithmic approach. <i>Journal of Applied Ecology</i> 37, 3-15.
Hodgson J.G., Grime J.P., Hunt R., Thompson K. (1995). <i>The electronic comparative plant ecology</i> . London: Chapman & Hall, iv + 19p.
Julve P. (1998) Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France. http://perso.wanadoo.fr/philippe.julve/catminat.htm
Kattge J., Díaz S., Lavorel S., Prentice I.C., Leadley P., Bönsch G., et al. (2011). TRY – a global database of plant traits. <i>Global Change Biology</i> 17, 2905-2935. http://www.try-db.org/pmwiki/index.php?n=Main.HomePage
Kleyer M., Bekker R.M., Knevel I.C., Bakker J.P., Thompson K., Sonnenschein M., Poschlod P., van Groenendael J.M., Klimes L., Klimesova J., Klotz S., Rusch G.M., Hermy M., Adriaens D., Boedeltje G., Bossuyt B., Dannemann A., Endels P., Götzenberger L., Hodgson J.G., Jackel A.-K., Kühn I., Kunzmann D., Ozinga W.A., Römermann C.,

Stadler M., Schlegelmilch J., Steendam H.J.,
Kleyer M. (1995). Biological traits of vascular plants. A database. Stuttgart: Arbeitsberichte Inst. f. Landschaftsplanung u. Ökologie. Univ. Stuttgart. http://www.landeco.uni-oldenburg.de/21337.html
Klötz S., Kuehn I. & Durka W. (2002). BIOLFLOR – Eine Datenbank mit biologisch-ökologischen Merkmalen zur Flora von Deutschland. LandWirtschaftsverlag, Bonn, DE. Available at: http://www.biolflor.de .
Landolt E., Baümli B., Erhardt A., Hegg O., Kötzli F., Lämmler W., Nobis M., Rudmann-Maurer K., Schweingruber F. H., Theurillat J.-P., Urmi E., Vust M. & Wohlgemuth T., (2010). <i>Flora indicativa. Ecological Indicator Values and Biological Attributes of the Flora of Switzerland and the Alps</i> . 2nd newly revised and expanded edition of <i>Ökologische Zeigerwerte zur Flora der Schweiz</i> (1977). Haupt Verlag, Bern, 376 p.
Poschold P, Kleyer M., Jackel A.K., Dannemann A. & Tackenberg O.(2003). BIOPOP - A database of plants traits and internet application for nature conservation. <i>Folia Geobotanica</i> 38, 263-271.
Royal Botanic Gardens Kew (2008). Seed Information Database (SID). Version 7.1. Available from: http://data.kew.org/sid/
Tackenberg O., Wilmann B., Cornelissen J.H.C., Eriksson O., Garnier E. & Peco B. (2008). The LEDA Traitbase: a database of life-history traits of the Northwest European flora. <i>Journal of Ecology</i> 96, 1266–1274.
Thompson K., Bakker J., and Bekker R. (1997). <i>The soil seed banks of North West Europe: methodology, density and longevity</i> . Cambridge University Press, Cambridge. 276p.

Etude synchrone

L'analyse de la distribution des espèces en fonction de variables environnementales peut être menée à deux niveaux d'organisation : celui de l'assemblage d'espèces ou celui de l'espèce.

Pour les analyses au niveau de l'assemblage d'espèces on privilégiera l'analyse de co-inertie (Dolédéc et Chessel, 1994) à l'analyse canonique des correspondances ou l'analyse de redondance (ter Braak, 1986) qui est beaucoup plus flexible (Dray *et al.*, 2003) et permet notamment de considérer des variables environnementales de différentes natures (qualitatives, quantitatives, multi-choix, floues...). Cette étape pourrait permettre de mettre en évidence des espèces répondant particulièrement à certains facteurs dont la distribution pourrait être analysée plus finement via les approches espèces-centrées. Cette analyse au niveau de l'assemblage d'espèces peut aussi être complétée par la mise en lien d'un tableau de traits biologiques aux deux premiers tableaux (analyse RLQ : Dolédéc, 1996) afin d'identifier les traits biologiques des espèces qui sont en lien avec la structuration des assemblages d'espèces le long des gradients environnementaux considérés. Les bases de données présentées dans le Tableau 10 pourront être utilisées à cet effet.

Pour les analyses espèces par espèces, comme les données recueillies par les CBN ne l'ont pas été dans l'objectif de répondre à une problématique très précise avec un protocole construit pour celle-ci, des analyses de type exploratoire (« *hindcasting studies* ») apparaissent plus pertinentes que des études de type prédictive (« *forecasting studies* ») pour analyser le lien entre la distribution des espèces et leur environnement (Calenge, 2005). Les analyses pouvant permettre de décrire les niches écologiques d'espèces à partir des données possédées par les CBN sont présentées dans le tableau VIII. De plus, ces analyses ne demandent que des données de présence d'espèces (Brotons *et al.*, 2004) ce qui est le cas des jeux de données des CBN.

Tant pour les analyses au niveau de l'assemblage d'espèces que de l'espèce, les données devront être projetées dans un maillage. Le maillage communal ne semble pas idéal car les communes sont de superficie importante (en moyenne 2000 ha) et seraient donc très hétérogènes en termes de variables environnementales. La priorité serait donc d'exploiter les données géoréférencées qui peuvent être reprojétées dans différents maillages. La taille du maillage de projection sera à affiner

en fonction des données environnementales disponibles ; néanmoins, l'analyse sur la superficie des polygones a montré qu'un nombre important de données est cartographié finement (<1ha voire 2000m² pour certains secteurs ; cf. Figure 24). Aussi un maillage de l'ordre d'une à quelques centaines de mètres semble envisageable même si cela posera la question de l'attribution des données pour les polygones chevauchant plusieurs mailles.

Tableau 11 : Analyses pouvant permettre de décrire les niches écologiques d'espèces à partir des données possédées par les CBN.

Analyse	Fonction dans le package adehabitat de R (Calenge, 2006)	Description succincte	Remarque	Article de référence
Ecological Niche Factorial Analysis (ENFA)	enfa+niche.test	Ces analyses appartiennent à la même famille : gnesfa qui est la généralisation de ces méthodes. L'idée est de mettre en relation les trois tableaux ci-dessous (patches est utilisé au sens très large : peut être un pixel) : patches disponibilité variables environnementales utilisation % %	Fanter n'assume pas l'unimodalité de la niche. Madifa et enfa permettent de calculer des cartes de "suitability". Madifa ne permet pas de distinguer la marginalité et la spécialisation de la niche - l'enfa ne permet pas d'avoir accès au vecteur de marginalité	Calenge et Basille (2008) Basille <i>et al.</i> (2008)
Mahalanobis distances factor analysis	madifa			
General niche-environment system factor analysis	gnesfa			
Factor analysis of the niche-environment system	fanter	Fanter et madifa sont asymétriques : dans fanter, le tableau des variables environnementales est contraint par la dispo de l'habitat (le but est d'analyser l'utilisation) ; dans madifa, c'est l'inverse. Enfa est symétrique.		
Engen	engen2008II	Toujours la même idée que la compositional analysis mais prend en compte le fait qu'un même individu est observé plusieurs fois	Approche originale à utiliser en complément des autres méthodes (peut mettre en évidence des choses non vues dans les autres analyses mais rater certains aspects aussi)	Engel <i>et al.</i> (2008)

Perspectives

Le travail réalisé apporte de nombreuses questions à résoudre et des thèmes de recherches à développer dans un proche avenir pour faire vivre l'observatoire de la biodiversité de la Loire et ses affluents. En plus des travaux présentés dans la partie « résultats et discussion » de ce document, les CBN pourront à l'avenir, en concertation avec l'Université de Tours, développer ces thèmes de recherches.

- *Intégrer le CBN Sud-Atlantique au projet pour couvrir l'ensemble du lit de la Vienne.*
- *A partir de la mise à disposition d'un contour numérique partagé du lit alluvial de la Loire et des ses affluents, affiner le travail réalisé dans ce document. Cet outil permettra d'extraire les espèces strictement inféodées au lit alluvial de la Loire et ses affluents. Ce travail permettra d'affiner la sélection des espèces et d'identifier plus finement les espèces riveraines, amphibies et aquatiques.*
- *Affiner les délimitations des secteurs d'étude.* L'actuel découpage réalisé de manière simplifiée par tronçons localisés entre les principales confluences n'est pas satisfaisant. Il gagnerait en pertinence en intégrant des données géographiques et phytogéographiques pour obtenir un découpage fonctionnel de l'axe ligérien.
- *Établir des catalogues selon le découpage fonctionnel de l'axe ligérien précédemment établi, permettant d'affiner l'identification des espèces typiques et la caractérisation des végétations présentes.*
- *Établir le catalogue des végétations de l'axe ligérien, préalablement à l'évaluation de l'évolution des végétations.*
- *Établir des groupes fonctionnels d'espèces par grands types de végétations riveraines, amphibies et aquatiques dans le but de suivre l'évolution des cortèges caractéristiques.*
- *Proposer des cortèges d'espèces indicatrices par tronçons et par type de végétation dans la perspective d'un suivi à moyen ou long terme.*
- *Proposer des sites d'expérimentation répartis de manière homogène pour évaluer le devenir de la flore et des végétations caractéristiques de l'axe ligérien des zones de sources jusqu'à l'estuaire.*
- *Inscrire le programme du réseau d'observations dans le cadre des projets actuels de l'Etat : conformité avec le SINP (Système d'information nature et paysage), intégration au programme CarHab (Cartographie des végétations de la France), Schémas régionaux de cohérence écologique (Trames vertes et bleues) etc.*

Tous ces points devront être discutés et précisés avec le porteur de projet et devront être évalués financièrement et techniquement.

Références bibliographiques

- Bates D., Bolker B., Maechler M., Walker S. (2013). *Package 'lme4' Linear mixed-effects models using Eigen and S4*, version 1.0-4. <http://cran.r-project.org/web/packages/lme4/index.html>
- Basille M., Calenge C., Marboutin E., Andersen R., Gaillard J.M. (2008). Assessing habitat selection using multivariate statistics: Some refinements of the ecological-niche factor analysis. *Ecological Modelling* 211, 233–240.
- Brotons L., Thuiller W., Araújo M.B., Hirzel A.H. (2004). Presence-absence versus presence-only modelling methods for predicting bird habitat suitability. *Ecography* 27, 437–448.
- Calenge C. (2005). Des outils statistiques pour l'analyse de semis de points dans l'espace écologique. Thèse de doctorat de l'Université Claude Bernard – Lyon I. 166p. + annexes.
- Calenge C. (2006). The package “adehabitat” for the R software: A tool for the analysis of space and habitat use by animals. *Ecological Modelling* 197, 516–519.
- Calenge C., Basille M. (2008). A general framework for the statistical exploration of the ecological niche. *Journal of Theoretical Biology* 252, 674–685.
- Casper, S.J. & Krausch, H.D. (1981): Süßwasserflora von Mitteleuropa, Pteridophyta und Anthophyta. Band 24, Teil 2, Gustav Fischer, Stuttgart.
- de Smith M., Goodchild M., Longley P. (2013). *Geospatial Analysis - A Comprehensive Guide to Principles, Techniques and Software Tools*. Fourth edition, Drumlin and Javelin, 516p.
- Dolédéc S., Chessel D. (1994) Co-inertia analysis: an alternative method for studying species-environment relationships. *Freshwater Biology* 31, 277–294.
- Dolédéc S., Chessel D., ter Braak C.J.F., Champely S. (1996). Matching species traits to environmental variables: a new three-table ordination method. *Environmental and Ecological Statistics* 3, 143–166.
- Dray S., Chessel D. and Thioulouse J. (2003) Co-inertia analysis and the linking of the ecological data tables. *Ecology* 84, 11, 3078–3089.
- Engen S., Grotan V., Halley D., Nygard T. (2008). An efficient multivariate approach for estimating preference when individual observations are dependent. *Journal of Animal Ecology* 77, 958–965.
- Giraudeau P. (2013) *Package 'pgirmess' Data analysis in ecology*, version 1.5.8. <http://cran.r-project.org/web/packages/pgirmess/index.html>
- McCollin D., Moore L., Sparks T. (2000). The flora of a cultural landscape: environmental determinants of change revealed using archival sources. *Biological Conservation* 92, 249–263.
- Muséum national d'histoire naturelle, Service du patrimoine naturel. (2012) - INPN, Inventaire National du Patrimoine Naturel, référentiels taxonomiques, TaxRef version 5.
- Telfer M.G., Preston C.D., Rothery P. (2002). A general method for measuring relative change in range size from biological atlas data. *Biological Conservation* 107, 99–109.
- ter Braak C.J.F. (1986). Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67, 1167–1179.
- Vallet J., Rambaud M., Coquel L., Poncet L. Hendoux F., (2012). Effort d'échantillonnage et atlas floristiques – exhaustivité des mailles et caractérisation des lacunes dans la connaissance. *Comptes Rendus Biologies* 335, 753–763.
- Van Calster H., Vandenberghe R., Ruysen M., Verheyen K., Hermy M., Decocq G. (2008). Unexpectedly high 20th century floristic losses in a rural landscape in northern France. *Journal of Ecology* 96, 927–936.

Groupe taxonomique : Macroinvertébrés benthiques

Coordinateurs : Karl M. Wantzen, Univ. Tours, CNRS UMR CITERES et Nina Richard, Univ. Tours, CETU Elmis Ingénieries

Equipe : Xavier Engles, Univ. Tours, étudiant IMACOF ; Florian Jegou, Univ. Tours, CNRS UMR CITERES ; Aude Beauger, Univ. Clermont, Geolab.

Etat des lieux des données disponibles

Les macroinvertébrés benthiques de la Loire sont étudiés annuellement depuis 1977 dans le cadre des suivis nationaux de la qualité des eaux :

- Inventaire National de la Pollution ;
- Réseau National de Bassin (RNB) à partir de 1987,
- Réseau de Contrôle et de Surveillance de la qualité de l'eau (RCS) en 2006 sur la Loire supérieure et amont et en 2007 sur la Loire moyenne et aval.

Durant la même période, EDF a aussi mis en place un suivi des peuplements de macroinvertébrés dans le cadre de la surveillance environnementale de ces quatre centrales nucléaires de production d'électricité (CNPE) situées sur la Loire.

Les méthodes utilisées dans le cadre de ces suivis ainsi que les niveaux d'identification ont évolués depuis 1977 :

- **IB**, Indice biotique (Tuffery et Verneaux 1967) ; niveaux d'identification : ordre, classe, famille ou genre suivant le groupe faunistique ;
- **IBG**, Indice Biologique Global (Verneaux et al, 1985), **IBGN** indice normalisé en 1992, Indice Biologique Global Normalisé (norme AFNOR NF T 90-350) et actualisé en 2004; identification à la famille ;
- **IBGA**, Indice Biologique Global Adapté aux grands cours d'eau issu de l'IBGN, 1998 ;
- Dans le cadre de la DCE, **circulaire DCE 2007/22** du 11/04/07 (relative au protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en œuvre du programme de surveillance sur cours d'eau) et **Protocole expérimental d'échantillonnage des macro-invertébrés en cours d'eau profonds**, (Usseglio-Polatera, Wasson et Archambault, 2009), traitement des échantillons selon la norme **XP T90-388**, juin 2010 ; identification à la famille et au genre.

La majorité des données présente donc un niveau d'identification à la famille, seules les données issues des IB (avant 1992), de la circulaire DCE 2007/22 à partir de 2007 et du protocole expérimental d'échantillonnage des macro-invertébrés en cours d'eau profonds depuis 2009 fournissent des listes d'invertébrés identifiés au genre.

Le recueil de données a concerné essentiellement le cours principal de la Loire de sa source à Montjean-sur-Loire et a permis la mise en place d'une banque de données « macroinvertébrés Loire ». Nous avons recueillis des données pour 51 stations réparties régulièrement le long de la Loire, 27 de ces stations sont concernées par le Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS). 319 relevés (listes faunistiques) ont été collectés dont 222 dans les stations suivies actuellement dans le cadre du RCS.

Pour l'analyse de la répartition le long du gradient longitudinale de la Loire, seules les données des 27 stations du RCS seront traitées en raison du niveau d'identification plus fin des macroinvertébrés

(genre) et du nombre plus élevé de données récoltées. La figure ci-après localise les 27 stations du RCS le long de la Loire.

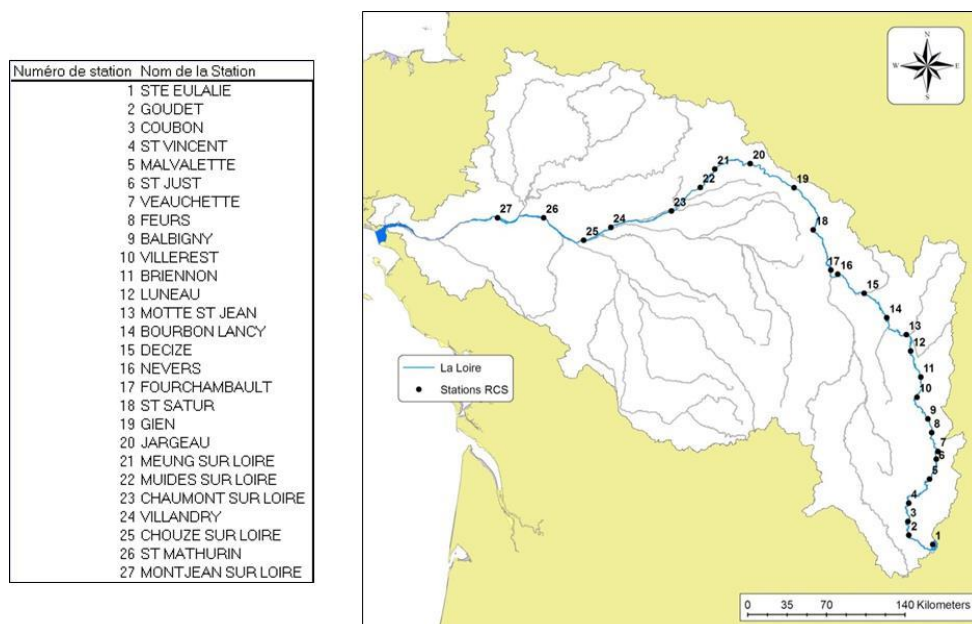


Figure 29 : Localisation des 27 stations du Réseau de Contrôle et de Surveillance présentant des données macroinvertébrés benthiques (source : Engles 2011).

Les données récoltées sont présentées dans le Tableau 12 et regroupées par régions.

Les fournisseurs de ces données sont :

- ✓ les Dreal Auvergne, Rhône Alpes, Bourgogne, Centre, Pays de la Loire ;
- ✓ l'Agence de l'eau Loire Bretagne ;
- ✓ EDF, suivi des CNPE (1995-1997) ; négociations en cours pour les autres années ;
- ✓ Et des Universités.

En parallèle de ces suivis nationaux, des travaux plus ciblés ont été menés sur la Loire :

- Des travaux d'étudiants de l'Université de Tours, en Ingénierie des Milieux Aquatiques et des Corridors Fluviaux (IMACOF) : Figuet 1996, Dieu 1996 ; Molina 2010...
- Des thèses : Ivol 1998, Bacchi 2000, Garcia 2000, Beauger 2008 ;
- Des programmes de recherche : PNRZH 1999, Richard et Juge 2004...
- Des travaux spécialisés sur certains groupes d'invertébrés : Tricoptères Ivol et al. 1997; Statzner et Doledec 2011, amphipodes Piscart et al. 2010, diptères Chironomes Garcia et Laville 2000 ;
- Des inventaires effectués par différents organismes sur des groupes particuliers de macroinvertébrés (Museum National d'Histoire Naturelle, Office pour les Insectes et leur Environnement (OPIE), Groupe d'Etude des Invertébrés Armoricaains (GRETIA), Société Française d'Odonatologie...) ;
- Et des études réalisées par des bureaux d'études, Bacchi et Moriette 2002 et 2003

Tableau 12 : Liste des données « listes faunistiques des macroinvertébrés benthiques » de la Loire récoltées.

[illegible]

Méthodes d'analyse des données

Afin de faciliter l'accessibilité à l'ensemble des données récoltées, une organisation commune, sous format Excel, a été menée d'abord qualitativement en termes de présence-absence par Xavier Engles en 2011 puis mise à jour et complétée en intégrant les densités par Nina Richard en 2014. La qualité de l'ensemble des données a été vérifiée et une mise à jour des synonymies a été effectuée. Ces deux phases ont demandé un long travail de traitement.

L'analyse des nombreuses et diverses données a permis de mettre à jour la liste des macroinvertébrés établie par Chovet et Lecureuil en 2008 pour la Loire moyenne et de l'élargir à l'ensemble du cours de la Loire (depuis la source en Ardèche jusqu'à Montjean-sur-Loire en Maine-et-Loire). Dans un second temps, un tableau de présence des taxons recensés le long du gradient longitudinal de la Loire a été élaboré. Dans ce tableau, les stations sont regroupées selon la zonation IVOL et al 1997 basée sur les variations de la faune invertébrée prélevée et en particulier les coléoptères et les trichoptères. Quatre secteurs de Loire sont distingués :

- Des sources de la Loire jusqu'au Puy-en-Velay (secteur 1) : la Loire supérieure

- Du Puy-en-Velay au Bec d'Allier (secteur 2) : la Loire amont
- Du Bec d'Allier au Bec de Vienne (secteur 3) : la Loire moyenne
- Du Bec de Vienne jusqu'à la limite de salure des eaux (secteur 4) : la Loire inférieure ou Loire aval.

Le réseau de contrôle et surveillance comptant moins de stations que l'étude de IVOL en 1997, les secteurs ont été redéfinis avec des stations proches et similaires. Ainsi, dans ce rapport, la Loire a été redéfinie de sa source à la station « Malvalette » pour la Loire supérieure et de la station de St Just jusqu'à la station de Nevers en amont immédiat du Bec d'Allier pour la Loire amont. La Loire moyenne et la Loire inférieure restent identiques.

Résultats et discussion

Liste des macroinvertébrés benthiques de la Loire entre sa source et Montjean-sur-Loire

La liste des macroinvertébrés benthiques de la Loire récoltés mise à jour est présentée en annexe . Elle rend compte de la grande diversité des macroinvertébrés benthiques de la Loire depuis sa source jusqu'à la limite de salure des eaux.

128 familles sont recensées dont 69 % sont des insectes répartis en 10 ordres, 10 % sont des mollusques et 7% des crustacés. Parmi les insectes, 42 % des familles appartiennent aux taxons les plus polluosensibles ; éphéméroptères-plécoptères-trichoptères (EPT).

Globalement, 310 taxons (genres et familles pour les taxons dont le niveau d'identification n'est pas générique) sont inventoriés. Parmi ces 310 taxons, 23 ne sont pas identifiés au-delà du niveau taxonomique de la famille, la majorité de ces taxons appartient aux Diptères (insectes). Les taxons récoltés se répartissent en 55 taxons non insectes et 255 insectes. Les EPT représentent 32,6% de la richesse taxonomique globale et 39,6% des insectes.

La distribution des familles et des genres en taxons principaux est précisée dans la Figure 30

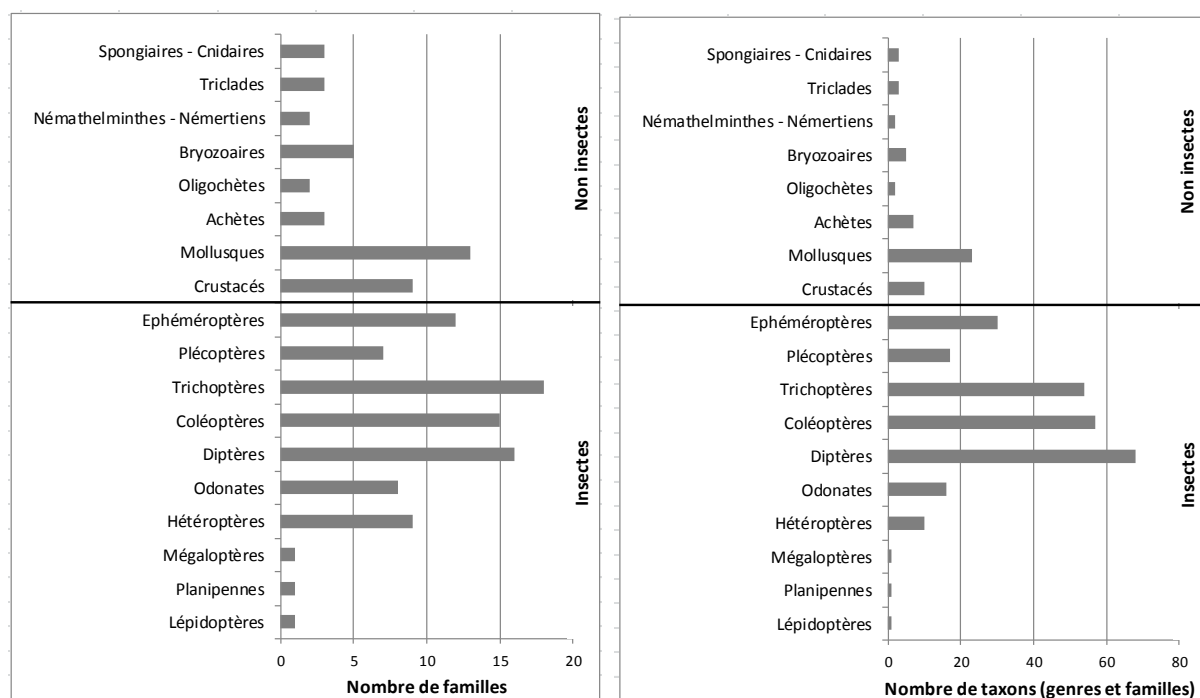


Figure 30 : Richesse des macroinvertébrés benthiques de la Loire et distribution des familles et genres en principaux taxons.

Répartition le long du gradient longitudinal de la Loire

La répartition des taxons de macroinvertébrés collectés le long du gradient longitudinal de la Loire est présentée dans le Tableau 14

Globalement, sur les 27 stations, 222 taxons (genres et familles dont les individus ne sont pas identifiés au genre) ont été recensés. 30 % des taxons peuvent être considérés comme communs car ayant été récoltés sur l'ensemble des secteurs.

26 taxons sont présents essentiellement sur le secteur 1 (Loire Supérieure), il s'agit de taxons caractéristiques des zones de sources et supérieures de cours d'eau. Sur le secteur 3, 14 taxons sont exclusifs à cette portion de la Loire. La richesse la plus élevée (181 taxons) est notée sur le secteur 2 (Loire amont). Les secteurs 1 et 3 présentent des diversités légèrement plus faibles (respectivement 67,9 et 76,1 %). Le dernier secteur (tronçon de Loire aval jusqu'à Montjean/Loire) est beaucoup moins riche avec seulement 87 taxons (tableau ci-après).

Tableau 13 : Richesse taxonomique des macroinvertébrés recensés par secteur de la Loire.

	Secteur 1	Secteur 2	Secteur 3	Secteur 4	Total
Nombre de taxons récoltés sur les stations du RCS	153	181	172	87	226
Diversité relative	67,9%	80,1%	76,1%	38,5%	

On observe une augmentation des espèces envahissantes, soit des migrants africains (chironomes thermophiles (diptères, *Chironomidae*), (Garcia 2000)), soit des taxons utilisant par exemple les voies navigables d'Europe pour coloniser la Loire.

Parmi ces taxons envahissants, le bivalve *Corbicula* d'origine asiatique est largement présents le long du cours de la Loire, seule la Loire supérieure semble ne pas être colonisée par ce mollusque. L'écrevisse américaine *Orconectes limosus* est commune sur les secteurs amont, moyen et aval de la Loire et la crevette *Atyaephyra desmarestii* fréquente en 2012 les stations de la Loire moyenne et de la Loire aval, ainsi qu'une station de la Loire amont.

Concernant les crustacés envahissants d'origine pontocaspienne, on note que le *Mysidacea Hemimysis* observé pour la première fois en 2007 à Orléans (Chovet et Lecureuil 2008) est présent en 2012 de St Satur dans le Cher (station 18) à St Mathurin-sur-Loire dans le Maine-et-Loire (station 26) soit quasiment sur la totalité de la Loire moyenne et l'amont de la Loire aval. Les données recueillies sur les 27 stations du RCS montrent que l'amphipode *Chelicorophium* (*Corophiidae*) dont le premier individu a été identifié en 1998 dans la Loire moyenne, a été récolté de la station 15 (Loire amont) à la station 23 (Loire moyenne). Chovet et Lecureuil mentionnaient en 2008 une limite de répartition en amont d'Orléans. Nina Richard (com pers.) a aussi recensé ce taxon depuis 2011 plus en aval aux abords du Bec de Vienne soit une colonisation d'environ 190 km en 4 ans. Les deux genres *Echinogammarus* et *Dikerogammarus* ont aussi largement envahis la Loire, ce dernier a été découvert dans la Loire en 2001. En effet, sur les 27 stations étudiées, 15 sont colonisées de la Loire amont jusqu'à la limite de salure des eaux. Chovet et Lecureuil indiquaient en 2008 qu'*Echinogammarus berilloni* ne colonisait pas la Loire en amont de sa confluence avec l'Allier et que l'aire de répartition d'*Echinogammarus spinulicornis* s'arrêtait aux abords de Blois. Les relevés disponibles ne permettent pas de différencier ces deux espèces toutefois la présence d'*Echinogammarus* est notée sur quatre stations en amont du Bec d'Allier. Ce taxon a donc de nouveau progressé entre 2008 et 2011. La forte progression de ces taxons au sein de la Loire démontre leur fort potentiel invasif

Tableau 14 : Répartition des taxons de macroinvertébrés le long du gradient longitudinal de la Loire.

Secteurisation IVOL & al, 1997		LOIRE SUPERIEURE					LOIRE AMONT										LOIRE MOYENNE										LOIRE AVAL	
		Secteur 1					Secteur 2										Secteur 3										Secteur 4	
	N° de Station RCS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
ORDRE	TAXA																											
TRICHOPTERE	Wormaldia	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Agataniinae	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Cyphon	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Amphinemura	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Torleya	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Dinocras	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Siphonoperla	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Odontocerum	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Beraeidae	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Drusinae	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Hydrochus	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Holcentropus	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Philopotamus	+	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Sericostoma	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Hydrocyphon	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Nemouridae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Blephariceridae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Chimarra	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ODONATE	Boyeria	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Scirtes	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Thraulius	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BRANCHIOBELLEIDA	Branchiobdella	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ODONATE	Macromia	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Micrasema	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Perla	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Habroleptoides	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Epeorus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CRUSTACEA	Pacifastacus	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Nemoura	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Protonemura	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ODONATE	Cordulegaster	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Stratiomyidae	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Limnephilini	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Habrophlebia	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Adicella	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Agapetus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ODONATE	Cordulidae	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Perlodes	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Dupophilus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Polycentropodidae	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Leuctra	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Taeniopteryx	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Euleuctra	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Leptocerus	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Oligoneurum	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Silo	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Orectochilus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Rhyacophila	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Oxidae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Itthytrichia	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
COLEOPTERE	Gyrinidae	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Perlodidae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Chaetopterygini & Stenophylacini	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Athericidae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Ecdyonurus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ODONATE	Aeshnidae	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Paraleptophlebia	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TRICHOPTERE	Limnephilidae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Nauoris	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBELLARIES	Planariidae	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PLECOPTERE	Isoperla	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
EPHEMEROPTERE	Siphonurus	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGALOPTERE	Sialis	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DIPTERES	Nepa	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
TURBELLARIES	Dendrocoelum	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-											

Taxon absent	-
Taxon probablement présent	-
Taxon présent	+

Lacunes identifiées

La plupart des méthodes utilisées dans le cadre des réseaux de suivis est réalisée lors des périodes d'étiage, ainsi les taxons hivernaux sont peu recensés. D'autre part, les habitats principalement prospectés sont ceux présents aux abords des berges, dans des zones peu profondes (moins de 1 m). Le fond du fleuve a rarement été examiné (à l'exception du travail de M. Bacchi). La structure et dynamique des habitats a récemment été révisé (Wantzen et al. 2014).

Le niveau d'identification des macroinvertébrés retenu est essentiellement la famille ou le genre ce qui ne permet pas une description fine des variations spatiotemporelles des peuplements. Une liste d'espèce apporterait une supériorité de l'information écologique mais demande un effort d'identification plus important.

Les inventaires réalisés jusqu'à présent étaient limités dans leurs dimensions spatiale et temporelle. Ainsi, les tendances à large échelle ne sont pas visibles. Dans le contexte du changement climatique et des vagues d'invasion par des espèces exotiques, surtout d'origine ponto-caspienne, cette situation est alarmante. L'ensemble des données des suivis sont actuellement peu analysées en termes d'évaluation des tendances. Une mise en réseau des données établie sur des sites préalablement choisis et représentative des divers habitats s'impose.

Notre travail a également identifié des lacunes concernant les connaissances des relations entre les macroinvertébrés aquatiques et terrestres. Sur le plan des réseaux alimentaires, il y a des « subsidiaires réciproques » autour des événements des crues et sécheresse (Nakano and Murakami 2001) – inconnus pour la Loire. L'utilisation des habitats terrestres par les imagos des insectes aquatiques est peu connue. L'usage et les stratégies des invertébrés terrestres dans la zone inondable sont remarquablement peu étudiés (à l'exception du travail de (Lenoir 2006)) bien moins que les stratégies des invertébrés aquatiques dans les annexes hydrauliques. Dans notre révision de la littérature sur les fleuves de sable, on a évoqué la manque des connaissances sur l'écohydraulique des dunes dans des fleuves de la zone tempérée comme la Loire (Wantzen et al. 2014).

Résumé des avancées réalisées par le projet « mise en place de l'OBLA » : (i) par rapport aux connaissances fondamentales (ii) intérêt pour la gestion de la biodiversité/des milieux

Le travail réalisé concernant les macroinvertébrés a permis une mise à jour des connaissances sur la Loire. Il était prévu de réaliser les mêmes investigations sur les principaux affluents toutefois, cela n'a pas été possible en raison de la disponibilité des données, ces dernières étant très dispersées et de la lourdeur du travail de vérification de ces données. Par rapport aux connaissances fondamentales, on a évoqué plutôt des questions que de réponses. En addition aux lacunes décrites précédemment quelques questions : Comment les macroinvertébrés sont adaptés aux mouvements des sédiments pendant les crues hivernales ? Quelles stratégies (espèces natives et envahissantes) aident à repeupler les habitats ? Comment les espèces natives et envahissantes changent leurs stratégies après une invasion ?

En ce qui concerne la gestion de la biodiversité et des milieux, plusieurs lacunes ont été identifiées. Afin d'évaluer l'effet des invasions par des espèces exotiques (pas seulement des macroinvertébrés), il manque des études autour des conditions environnementales qui favorisent et/ou contrôlent l'occurrence des espèces dans le but de préconiser des suggestions dans le cas des aménagements de la Loire et de ses levées.

Perspectives

Propositions de recherche par rapport aux lacunes identifiées (+estimation des moyens nécessaires pour leur réalisation (grandes lignes))

1. Il serait intéressant pour la recherche de pouvoir utiliser les données issues des réseaux de suivi.
2. Mise en place d'un poste de travail pour la vérification de la qualité et l'archivage des données et la mise en compatibilité avec des programmes comme Biofresh. Continuer l'élaboration d'une collection de référence des macroinvertébrés de la Loire (déjà initiée à Tours) et l'alimentation de la base de données : un temps partiel d'ingénieur d'étude sur 5 ans (quotité 25%), avec un équipement en matériel optique, ordinateur, frais de missions.
3. Réalisation d'études spécifiques :
 - a) relation envahisseurs – substrat
 - (b) écohydraulique des dunes subaquatiques,
 - (c) relations réciproques au sein des réseaux alimentaires dans la zone aquatique terrestre,
 - (d) stratégies de vie des invertébrés dans la zone aquatique terrestre

1 Doctorat sur 3-4 ans chacun des thèmes, au minimum 35000 € de salaire par an pour un doctorant, des frais de fonctionnement 30000 € plus un budget de missions

Valorisation prévue

Les résultats du premier volet OBLA-Macroinvertébrés ont mené à la formalisation de 2 projets ANR (a) sur la réalisation du protocole prévu (b) sur l'écophysiologie des espèces envahissantes. Plusieurs projets de recherche vont être proposés dans le cadre du prochain Plan Loire.

Références bibliographiques

- Bacchi M., 2000. Structure et dynamique des peuplements macrobenthiques en Loire : impact des facteurs hydrologiques et sédimentaires, Thèse de Doctorat, Université F. Rabelais, Tours, 252 p.
- Bacchi M., Berton J.P., 2001. Contribution à la connaissance du fonctionnement des grands fleuves. Structure et dynamique des peuplements macrobenthiques de la Loire. Analyse des facteurs de micro-distribution. *Hydroécologie Appliquée*, 13 : 85-113.
- Bacchi M., Moriette P.A., 2003. Etude des peuplements macrobenthiques de la Loire. Site d'Ingrandes (Maine et Loire). Cellule de mesures et de bilans Loire Estuaire, bureau d'étude RIVE SARL.
- Bacchi, M. et Moriette, P.A., 2002. Etude expérimentale de la mesure de l'impact de différents projets d'aménagement de la Loire. Description de la qualité des habitats macrobenthiques. DIREN Centre, Service de Bassin Loire Bretagne, Bureau d'étude RIVE SARL.
- Beauger A., Peiry J-L., Lair N. (2014) Ecological characterization of natural and impacted meander cut-offs of the River Allier using benthic macroinvertebrates. *Ephemera* 14:83-106
- Beauger A. (2008) Bio-évaluation de la qualité de l'eau: établissement d'un protocole d'échantillonnage simplifié, basé sur la collecte des macroinvertébrés benthiques sur les seuils des rivières à charge de fond graveleuse. In: Ecole Doctorale des Sciences de la Vie et de la Santé, vol. PhD. Université Blaise Pascal, Clermont Ferrand, p 238
- Brancotte V., Vincent T., 2002, L'invasion du réseau hydrographique français par les Mollusques *Corbicula* spp., modalité de colonisation et rôle prépondérant des canaux de navigation, *Bulletin Français de Pisciculture*, 365/366 : 325-337.
- Chovet M., Lecureuil J.Y., 2008. Les macroinvertébrés benthiques de la Loire moyenne (France) et leur évolution depuis 1977. *Ephemera*, 10 (2) : 103-122.
- Chovet M., Lecureuil J.Y., 1999. Les Éphémères de la région Centre (France). *Ephemera*, 1 (2) : 131-142.

- Chovet M., Lecureuil J.Y., 1994. Répartition des Gammaridae épigés (Crustacés, Amphipodes) dans la Loire et les rivières de la Région Centre (France). *Annales de Limnologie*, 30 : 11- 24.
- Chovet M., Fontaine J., Lecureuil J.Y., 1984. Le genre *Ephemerella* Walsh dans le bassin de la Loire : Présence de deux espèces nouvelles pour la France : *E. notata* Eaton et *E. mesoleuca* Brauer (Epheméroptères ; Ephemerellidae). *Proc. IVth Int. Conf. Ephemeroptera*, p.117-126.
- DIREN Centre, 2003. Guide des espèces et milieux déterminants en Région Centre ; actualisation de l'inventaire régional des zones d'intérêt écologique, faunistique et floristique (ZNIEFF).
- Engles X. (2011) Mise à jour des connaissances sur les invertébrés benthiques de Loire. In. Master Sciences de la Terre, de l'Eau et de l'Environnement Ingénierie des Hydrosystèmes et des Bassins Versants Parcours IMACOF, 59p.
- Figuet M., 1996. Synthèse bibliographique des relevés de macroinvertébrés sur la Loire et essai de biotypologie, Mémoire de Master II, Université F. Rabelais, Tours.
- Garcia X.F., Laville H., 2000. First inventory and faunistic particularities of the chironomid population from a 6th order section of the sandy River Loire (France). *Archiv für Hydrobiologie*, 147:465-484.
- Garcia X.F. 2000. Ecologie comparée des peuplements de Chironomidae (Diptera) des zones potamiques de la Garonne et de la Loire (France). Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier, Toulouse, 210 p.
- Guinand B., Ivov J.M., Tachet H. 1996. Longitudinal distribution of Trichoptera in the Loire River (France) : simple ordination methods and community structure. *Hydrobiologia*, 317, Number 3 : 231-245
- Ivov-Rigaut J.M. 1998. Hydro-écorégions et variabilité des communautés du macrobenthos sur le bassin de la Loire. Essai et typologie régionale et référentiel faunistique. Thèse de Doctorat, Université Claude Bernard, Lyon I, Villeurbanne. 271p.
- Ivov J.M., Guinand B., Richoux P., Tachet H. (1997) Longitudinal changes in Trichoptera and Coleoptera assemblages and environmental conditions in the Loire River (France). *Archiv Fur Hydrobiologie* 138:525-557
- Ivov J.M. 1993. Biodiversité et continuum fluvial : l'exemple des macroinvertébrés de la Loire. Diplôme d'étude approfondies, analyse et modélisation des Systèmes Biologiques. 24pp + annexes.
- Lecureuil J.Y., Chovet M., 2001. Redécouverte d'*Isonychia ignota* (Walker, 1853) dans la Loire moyenne, France (Ephemeroptera, Isonychiidae). *Ephemera*, 2 (2) : 124.
- Lecureuil J.Y., Fontaine J., Chovet M., 1984. Nouvelles données sur l'écologie de *Rhaptobaetopus tenellus* (Albarda), un Baetidae présent en grand nombre dans le bassin de la Loire (France). *Proc. IVth Int. Conf. Ephemeroptera*, p. 253-261.
- Lecureuil J.Y., Chovet M., Bournaud M., Tachet H., 1983. Description, répartition et cycle biologique de la larve d'*Hydropsyche bulgaromanorum* Malicky 1977 (Trichoptera, Hydropsychidae) dans la Basse Loire. *Annales de limnologie*, 19 (1) : 17-24.
- Lenoir JC (2006) Social structure and reproductive strategies of *Cardiocondyla elegans*. In: Institut de Recherche sur la Biologie de l'Insecte, vol. PhD. University of Tours, Tours
- Molina Q., 2010. Inventaire bibliographique de la macrofaune benthique ligérienne et sa vulnérabilité face aux perturbations hydrologiques et thermiques issues du changement climatique. Rapport de stage de Licence III IMACOF, Université F. Rabelais, Tours.
- Morgillo A., Michaut A & E. 2009. Nouvelle présence d'*Isonychia ignota* (Walker, 1853) dans le bassin de la Loire (Ephemeroptera, Isonychiidae). *Ephemera*, 10 (1):42.
- Nakano S, Murakami M (2001) Reciprocal subsidies: Dynamic interdependence between terrestrial and aquatic food webs. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 98:166-170
- Piscart C, Bergerot B, Lafaille P, Marmonier P (2010) Are amphipod invaders a threat to regional biodiversity? *Biological Invasions* 12:853-863
- Richard N., Juge P. 2004. Sites de référence sur la Loire, topo-bathymétrie sur le site de Bréhémont (site n°6, en Indre-et-Loire) et étude des habitats et des peuplements de macrofaune benthique sur huit sites. ADESVV Chinon, 104p.

- Statzner B, Doledec S (2011) Phylogenetic, Spatial, and Species-Trait Patterns across Environmental Gradients: the Case of Hydropsyche (Trichoptera) along the Loire River. *International Review of Hydrobiology* 96:121-140
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Ussegio-Polatera P. 2010. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Edition. 607 p.
- Wantzen KM et al. (2014) Sandy rivers: a review on general ecohydrological patterns of benthic invertebrate assemblages across continents. *International Journal of River Basin Management*:1-12

Sites internet consultés

Observatoire pour les insectes et leur environnement (OPIE BENTHOS) :

< <http://www.opie-benthos.fr/opie/insecte.php> >

Inventaire du Patrimoine Naturel : <<http://inpn.mnhn.fr/isb/index.jsp>>

Groupe taxonomique : Arthropodes terrestres

Coordination : Denis Lafage (GECCO, Université d'Angers) et Julien Pétiillon (EA 7316, Université de Rennes 1).

Contributeurs (hors détenteurs de données): Gaëlle Lefebvre, Angélique Mangenot, Charlotte Papin.

Introduction

Concernant les macro-arthropodes terrestres, très peu d'études ont pu être réalisées à ce jour sur les grands fleuves européens, et a fortiori sur la Loire. Quelques recherches ont été entreprises récemment avec pour cibles les Araneae et les Coléoptères Carabidae de la Loire. C'est le cas notamment de la thèse de Denis Lafage concernant l'impact de l'inondation et des pratiques agricoles sur les communautés d'Arthropodes épigés des prairies (thèse en cours, MNHN ; Lafage & Pétiillon, 2013, Lafage *et al.*, sous presse). Dans le cadre du réseau d'observation OBLA, il s'agit ici de réaliser une étude sur la répartition des macro-arthropodes terrestres le long du fleuve Loire, des zones humides de tête de bassin versant à l'estuaire. Afin de mettre en évidence cette répartition, une synthèse des données publiées a été réalisée sur deux modèles biologiques, les Araneae et Coléoptères Carabidae.

Ces groupes taxonomiques ont été sélectionnés pour leur caractère indicateur de biodiversité et environnemental (e.g. Luff *et al.*, 1992 ; Marc *et al.*, 1999). Ils sont susceptibles d'abriter des espèces à fort enjeu de conservation ou caractéristiques des habitats s.l. distingués (îles, berges, gravières, prairies inondables) et/ou permettant des services écosystémiques majeurs. Les Araneae comme les Coléoptères Carabidae sont essentiellement prédateurs ; ainsi leurs présences signifient que les acteurs en aval de la chaîne trophique sont également présents. De plus, les araignées et les carabiques constituent des groupes d'invertébrés très représentés (alors même que les invertébrés constituent déjà une grande part de la diversité animale). En effet, les araignées comportent plus de 1500 espèces en France et 1000 espèces pour les carabiques. Ils sont largement utilisés comme indicateurs de réponse dans le monde entier et dans de nombreux écosystèmes.

Pour tenter de mettre en évidence les grands facteurs spatio-temporels de variations des assemblages le long du fleuve, les hypothèses suivantes ont été testées :

- 1- Une sectorisation de la Loire, basée sur l'hydro/géomorphologie, a un sens pour les macro-arthropodes terrestres.
- 2- Différents assemblages d'espèces se succèdent le long du fleuve.
- 3- Une réduction de la richesse spécifique de l'amont vers l'aval liée à l'augmentation de la fréquence d'inondation est attendue.
- 4- L'augmentation de la salinité entraîne une augmentation du nombre d'espèces halophiles vers l'aval.

Afin de tester ces hypothèses, deux approches ont été mises en place. Une approche discontinue via l'analyse comparative des peuplements entre des unités de sectorisation du fleuve de l'amont à l'aval, permettant de tester les deux premières hypothèses ; et une approche continue via l'analyse d'un gradient amont-aval testant les deux dernières hypothèses.

Afin d'incrémenter la base de données recensant les études entomologiques publiées, différents organismes ont été contactés. Ces contacts ont été pris par téléphone ou par courriels. Les organismes susceptibles de posséder des données ont été directement contactés par mes soins. Tandis que les organismes pouvant transmettre des données concernant différents groupes taxonomiques ont été contactés par Aurélie Batany, ingénieure d'étude à l'Université de Tours.

Au total, une douzaine de structures pouvant transmettre des données entomologiques ont pu être contactées (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). L'ingénieure d'étude de l'UMR CITERES a pu contacter près de 80 structures travaillant sur plusieurs thèmes de recherches. Toutefois à ce jour, seulement une vingtaine a accepté, sous réserve d'une convention, de transmettre leurs données à l'OBLA. Le masque à minima demandé pour les données concernant les Araneae et Coléoptères Carabidae est : l'espèce, l'année, le lieu. Un masque élargi a également été proposé, il inclut en plus : l'habitat, le code Corine Biotope, la date précise de récolte, l'effectif, le sexe, la méthode d'échantillonnage, le récoltant et l'identificateur. Une étape de validation des données et de leur systématique a été nécessaire. Cela a été permis par The World Spider Catalog, Version 14.0 by Platnick N.I. pour le groupe des Araneae et le référentiel taxonomique TAXREF Version 4.0 pour les carabiques.

Au total, 9790 données ont été intégrées dans la base de données macro-arthropodes terrestres. Ces données proviennent d'organismes publics (Université Rennes 1, Parc Naturel Régional [PNR] de Millevaches en Limousin, Muséum National d'Histoire Naturelle [MNHN]), privés (Conservatoire Régional des rives de la Loire et de ses Affluents [CORELA], Groupe d'ETude des Invertébrés Armoricaïn [GRETIA], Office Pour les Insectes et leur Environnement - antenne Languedoc Roussillon [OPIE-LR], Mauges Nature [Braud, 2007]), ou bien encore de particuliers. Cependant, même si les organismes fournisseurs de données Araneae et Carabidae sont les mêmes, les données ne proviennent pas toujours du même suivi ou inventaire. La majorité des données fournies, quelque soit le groupe taxonomique, présente un indice de fiabilité élevée puisque ces données proviennent essentiellement de structures compétentes ou d'experts en entomologie.

Tableau 15 : Synthèse des personnes (et structures) contactées.

Noms	Structures	Prise de contact	Echanges	Reponse	Données	Taxons	Remarques
Mathieu Lagarde	GRETIA	De visu	Mail	OUI	OUI	Araignées, Carabes	Données publiques reçues, Convention en cours
Arnaud Horellou	MNHN	Téléphone	Mail	OUI	OUI	Coléoptères	Données reçues
Jean Claude Ledoux	ASFRA	Mail	Mail	OUI	OUI	Araignées	Données reçues
Tony Russell-Smith	ASFRA	Mail	Mail	OUI	OUI	Araignées	Données reçues
Emmanuelle Daufy-Richard	IRSTEA	Mail	Mail	OUI	-	Carabidaea	Données prochainement
Laurent Chabrol	Société entomologique du limousin	Mail	Mail	OUI	-	Coléoptères	Données sur le bassin versant mais pas le lit majeur
Olivier Denux	Entomotec	Mail	Mail	OUI	-	-	Pas pour le moment
Jerome Tourneur	CPIE Loire et Mauges	Mail	-	-	-	Araignées	-
Olivier Durand	CPIE Loire et Mauges	Mail	-	-	-	Coléoptères	-
Olivier Gabory	CPIE Loire et Mauges	Mail	-	-	-	Araignées, Carabes	-
Alain Canard	SPN	De visu	Mail	-	-	Araignées, Carabes	Possibilité de données spatialisées
Entomologie tourangelle et ligérienne	Entomologie tourangelle et ligérienne	Mail	-	-	-	Araignées, Carabes	-
Marc Villar	INRA	Mail	-	-	-	-	-
Frederic Lagarde	PNR Millevaches en Limousin	Mail	-	-	-	Araignées, Carabes	-
Auréli Soissons	CEN Allier	Mail	-	-	-	-	-
Etienne Lorio	ASFRA	Mail	Mail	OUI	-	Araignées	Données chilopodes
Marcel-Raymond Cruveiller	ASFRA	Mail	Mail	OUI	-	Araignées	Bassin versant de la Vienne mais pas lit majeur
Autres Membres de l'ASFRA	ASFRA	Mail	-	-	-	Araignées	-

Traitement des données

Sectorisation de la Loire

Afin de faciliter le traitement des données réparties tout au long du fleuve, il a été décidé de segmenter la Loire en 4 secteurs et 8 unités (Malavoi, 2002). L'entité la plus grande, après le cours d'eau lui-même, est appelée secteur. Les secteurs sont fondés sur des critères de discrimination globaux : le relief, la géologie et l'hydrologie générale. L'entité géomorphologique suivante correspond à l'unité. Elle est essentiellement basée sur les mêmes critères physiques que les secteurs mais permettent une subdivision plus précise. D'autres entités de taille inférieure peuvent également être utilisées en fonction de la gestion désirée, c'est le cas du tronçon, sous-tronçons jusqu'au micro-habitat. Pour cette étude, le secteur Loire Amont étant largement sous représenté, il a été choisi de regrouper les secteurs II et III sous le nom de secteur « Amont ». De plus, une 9^{ème} unité a été utilisée, elle est appelée Unité 0 et correspond aux tourbières de tête de bassin de la Vienne. N'étant pas prévue dans la sectorisation précédente (Malavoi, 2002) qui ne traite que la Loire et l'Allier, il a fallu la créer afin de ne pas confondre les données venant de la Vienne à celles venant de la source de la Loire. Cependant cette unité reste rattachée au secteur I renommé ici « Tête de Bassin ».

Analyse discontinue

Une analyse multivariée a été réalisée à partir des données Araneae et Coléoptères carabiques afin de mettre en évidence la présence de groupes de relevés, de méthodes ou d'espèces distinguant les différentes unités de sectorisation de la Loire. La représentation spécifique de l'ACM a été préférée pour faciliter l'interprétation. Il est donc représenté, variable par variable, la modalité prise par chaque individu sur un même plan factoriel et une ellipse permet de résumer la dispersion des points (Dufour & Clot, 2012). Les coefficients de corrélation (variant de 0 à 1) entre les variables et les axes choisis au départ de l'ACM ont également été calculés et représentés graphiquement sous le logiciel R. Une approche secteur a également été étudiée pour mettre en évidence les espèces halophiles, fluviatiles, tyrophiles ou ubiquistes. Pour cela, les répartitions des espèces au sein de chaque secteur ont été comptabilisées, faisant ainsi ressortir les espèces spécialistes d'un secteur, ou bien communes à plusieurs secteurs. Ces secteurs ont ensuite pu être caractérisés grâce à l'écologie de certaines espèces. Cet aspect sectorisation a pu être enrichi par une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) basée sur l'indice de Jaccard à partir des différentes unités de la Loire. L'indice de Jaccard permet d'identifier la similarité entre des objets d'attributs binaires. Cette CAH a été ensuite complétée par le recensement des différentes distributions d'espèces qui ont pu être répertoriées. Elles comprennent les espèces exclusives à une unité ou communes à plusieurs et la proportion d'espèce pour chacune des distributions. L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée à partir d'un tableau de présence/absence des espèces par unités afin de mettre en évidence la présence de groupes de relevés/d'espèces distinguant les différentes unités. Pour l'AFC, les données de l'unité 1 du groupe des Araneae ont été omises. En effet ces données proviennent d'une observation ponctuelle sur une seule commune et à une seule date donnée, elles ne permettent donc d'identifier que 6 espèces pour un relevé. Ceci est donc trop faible en comparaison aux autres unités de la Loire. Il en est de même pour le groupe des coléoptères carabiques où ce sont les données de l'unité 4 qui ont dû être retirées pour effectuer l'AFC et la CAH.

Analyse continue

L'analyse continue a pour objectif de mettre en évidence une corrélation entre les assemblages d'espèces et le gradient de salinité. Cette analyse a été effectuée sur le groupe des Araneae puisque c'est le groupe dont la base de données macro-arthropodes terrestres est la plus riche à l'heure actuelle. De plus cette analyse n'a été réalisée que sur les données obtenues dans les unités 6, 7 et 8 de la Loire sous influence saline (estimée par la distance à la mer), il n'était donc pas nécessaire de remonter à plus de 200km de l'estuaire. Différents paramètres ont été calculés tels que la richesse spécifique totale, la richesse spécifique en espèce halophiles, la proportion d'espèces halophiles. Une régression linéaire a ensuite pu être calculée sur les paramètres cités précédemment en fonction de la distance à la mer (facteur permettant de conclure sur l'influence saline du site). La régression a pu être menée sous R après avoir testé la normalité des données avec un test de Shapiro-Wilk, et un test t de Student pour vérifier l'homogénéité des variances. Cette analyse continue a ensuite été complétée par le recensement des différentes distributions des espèces qui ont pu être répertoriées. Elles comprennent les espèces exclusives à une classe de distance à la mer ou communes à plusieurs et la proportion d'espèce pour chacune des distributions. Les classes de distance à la mer mesurent 60km puisque le front de salinité remonte jusqu'à 60km après l'estuaire.

Résultats Araignées

Description des données

7189 données concernent les araignées, regroupant au total 536 espèces d'araignées qui ont pu être identifiées pour l'ensemble du lit majeur de la Loire. Les relevés fournis s'étalent sur une période de temps d'environ 20 ans. En effet, les premières observations fournies date de 1992 jusqu'aux dernières données datant de 2012. Cependant la majeure partie des données datent du début des années 2000. Les données transmises par les différents organismes ou particuliers ne se distribuent pas régulièrement tout au long du lit majeur de la Loire (Figure 31). Certains secteurs sont très bien prospectés, c'est le cas des Pays de la Loire, du PNR de Millevaches en Limousin ou de la RNR de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin. Cependant d'autres unités de la Loire ne sont pas ou peu représentées sur cette carte.

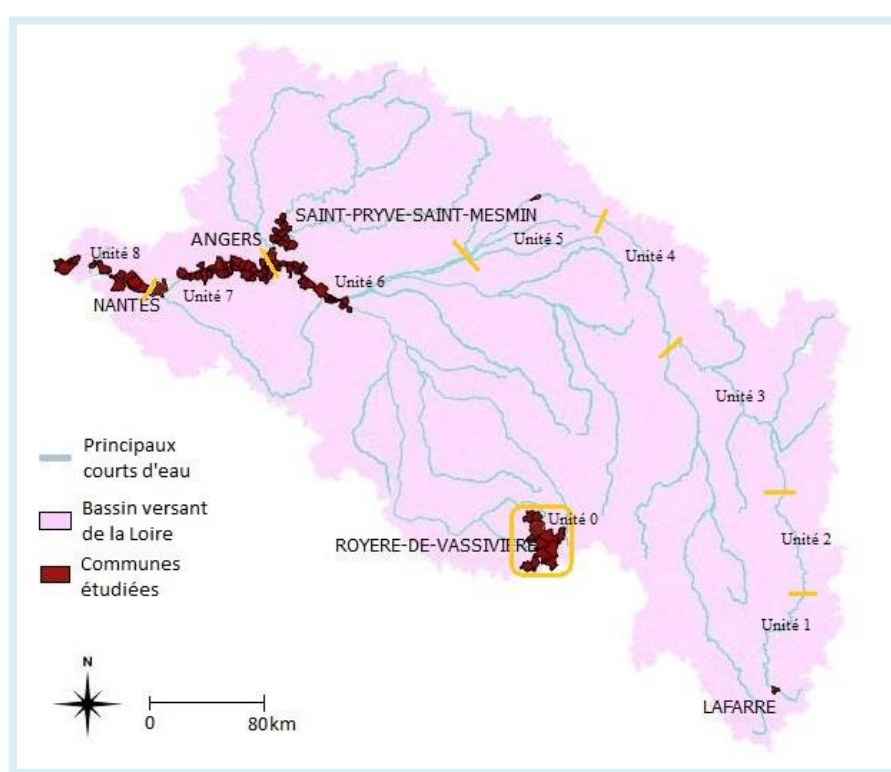


Figure 31 : Répartition des données Araneae en fonction des communes du bassin versant de la Loire

L'unité 1 située à la source du fleuve Loire est l'unité la moins prospectée, elle ne contribue qu'à 6 données sur la base de données Araneae totale. Viennent ensuite les unités 5 et 8 qui contribuent à elles deux à près de 20% de la base de données. L'unité 6 est l'unité de la Loire la mieux renseignée.

Analyse discontinue

Dans le premier encadré de la représentation spécifique de l'analyse des correspondances multiples (Figure 32), les ellipses mettent en évidence plusieurs ensembles de relevés correspondant aux différentes unités caractérisant la Loire. Ces mêmes ensembles de relevés sont ensuite regroupés dans l'encadré suivant en secteurs. Les unités 0 et 1 caractérisent le secteur de tête de bassin versant (TB), les unités 5 et 6 correspondent au secteur dit amont, les deux dernières unités (7 et 8) définissent le secteur aval de la Loire. Les relevés forment des ensembles qui mettent en évidence la

méthodologie employée. Il apparaît que la méthode du piège Barber (PB) s'oppose aux autres méthodes de récolte, du battage (PJ) à la chasse à vue (CV), qui se regroupent sur l'ACM. Les contributions à l'inertie des modalités au sein de chaque variable pour chaque axe confirment également ces regroupements. Par exemple pour la variable méthode, la modalité PB correspondant au piège Barber caractérise essentiellement l'axe 1 tandis que les autres modalités contribuent plutôt à l'axe 3. La classification hiérarchique ascendante selon l'indice de Jaccard confirme les ensembles formés dans l'ACM. En effet l'analyse de similarité montre que les unités 6 et 7 sont les plus similaires tandis que les autres unités se différencient entre elles. LA CAH montre également la dissimilarité entre l'unité 1 et le reste des unités de la Loire. Cela peut s'expliquer ici par le fait que l'unité 1 est la moins prospectée des unités présentes (c'est d'ailleurs pour cela que l'unité 1 n'apparaît pas dans l'AFC car cette analyse est sensible aux faibles effectifs). Concernant l'approche secteur, les espèces communes à plusieurs secteurs ou spécifiques à une zone ont été comptabilisées. La grande majorité des espèces est commune à deux voire trois secteurs. En effet, 141 espèces au total sont communes entre l'amont et l'aval de la Loire, c'est-à-dire que ces espèces ont été identifiées aussi bien dans la région angevine que près de l'estuaire. Ensuite, 138 espèces sont communes aux trois secteurs de la Loire, elles se retrouvent donc aussi bien en tête de bassin versant que dans les plaines du lit majeur de la Loire. On peut aussi souligner le fait que près de 200 espèces sur les 536 au total sont spécifiques à un seul secteur.

Il en est de même avec la distribution des espèces selon les différentes unités de la Loire. Tout d'abord, il faut noter que l'unité 1 a de nouveau été retirée de la distribution puisque trop peu d'espèces y ont été identifiées.

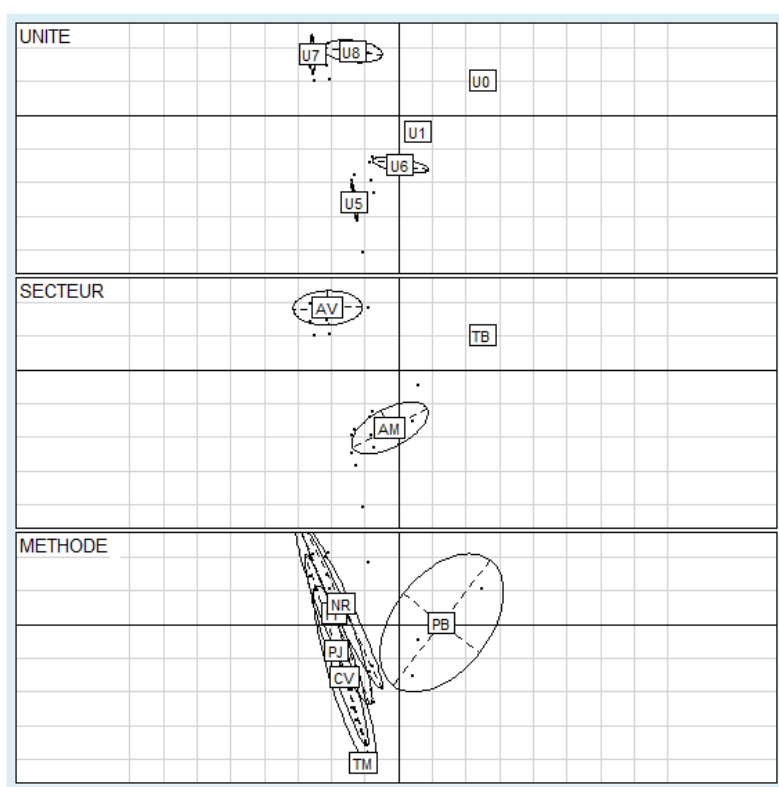


Figure 32 :Analyse en composantes multiples selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=38%) de l'ensemble des données Araneae

L'information donnée par cette analyse va dans le même sens que celle de la Figure 32, près de 200 espèces ne se distribuant que sur une unité de la Loire. A l'inverse, il n'existe que peu d'espèces (41) capables trouvées aussi bien sur l'Unité 0 caractérisée par les tourbières du PNR de Millevaches en

Limousin que sur l'Unité 8 au plus près de l'Océan Atlantique. Il existe au total 35 distributions d'araignées le long des unités de la Loire. Cependant les distributions prenant en compte l'Unité 1 n'apparaissent pas pour faciliter l'interprétation. La distribution la plus représentée correspond à 67 espèces. Cette distribution correspond aux espèces spécifiques des tourbières du PNR de Millevaches en Limousin. Ensuite vient la distribution M (53 espèces) qui caractérise les espèces communes aux unités 6 et 7 qui, comme le montre la CAH, sont deux unités qui semblent définies par les mêmes assemblages d'espèces. La distribution AE contient les 41 espèces qui pourraient être qualifiées d'ubiquistes car elles se retrouvent tout au long du lit majeur.

Il semblerait que les unités 6 et 7 ne fassent qu'un ensemble contrairement aux autres unités qui se différencient entre elles. Plusieurs espèces semblent également être communes aux différentes unités de la Loire et se retrouvent au centre du graphique. Les contributions à l'inertie des modalités pour chaque axe, confirme ces regroupements. Par exemple pour la modalité Unité 0 (notée U0), les inerties relatives montrent qu'elle contribue principalement à l'axe 1. L'Unité 5 (U5) contribue essentiellement à l'axe 3, l'Unité 8 (U8) contribue majoritairement à l'axe 2 tandis que les unités 6 et 7 (notées U6, U7) contribuent toutes deux à l'axe 4.

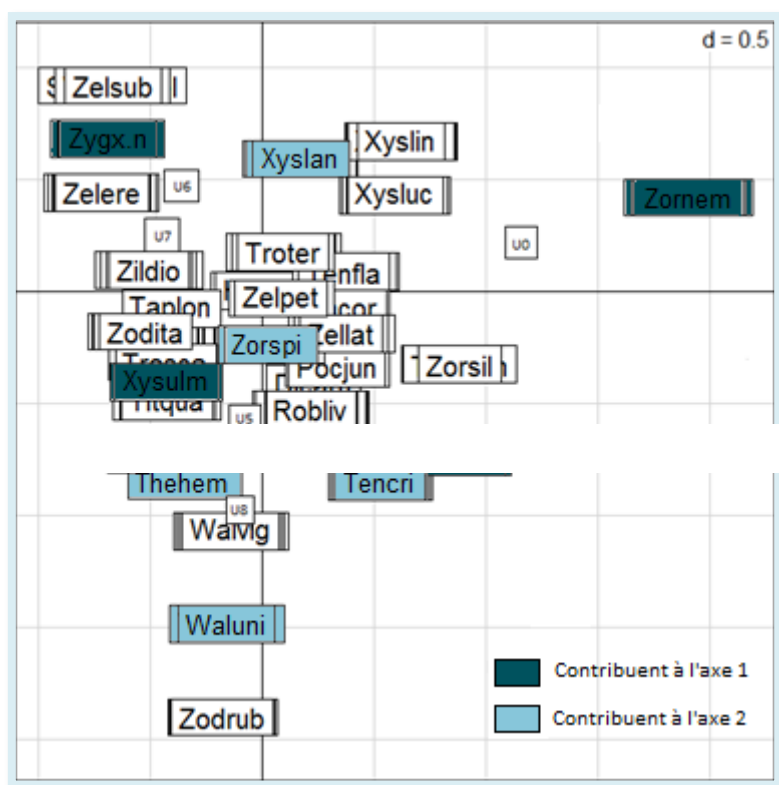


Figure 33 : Analyse Factorielle des Correspondances selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=59,3%) de l'ensemble des espèces

Plusieurs ensembles d'espèces se distinguent pour les unités de la Loire. Les espèces telles que *Zora nemoralis*, *Heliophanus dampfi*, *Dolomedes fimbriatus*, *Oedothorax gibbosus*, *Pardosa sphagnicola* ou *Sitticus caricis* contribuent le plus à l'axe 1. Or ces espèces sont aussi celles qui caractérisent l'unité 0. Les espèces *Theridion hemerobium*, *Tenuiphantes cristatus*, *Walckenaeria universalis*, *Zora spinimana* et *Xysticus lanio* contribuent majoritairement à l'axe 2.

Analyse continue

La richesse spécifique totale tend à décroître de l'aval vers l'amont (Figure 34). Néanmoins, cette tendance n'est pas significative ($p\text{-value} = 0.12$). La richesse spécifique en halophile décroît significativement de l'amont vers l'aval (Figure 35).

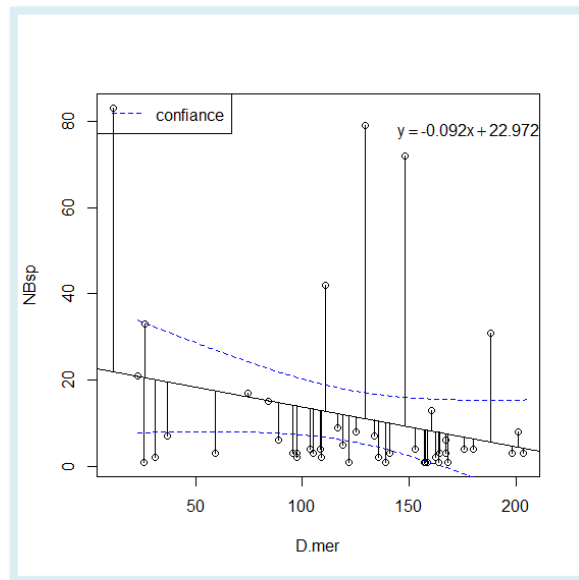


Figure 34: Régression linéaire de la richesse spécifique totale par site en fonction de la distance à la mer

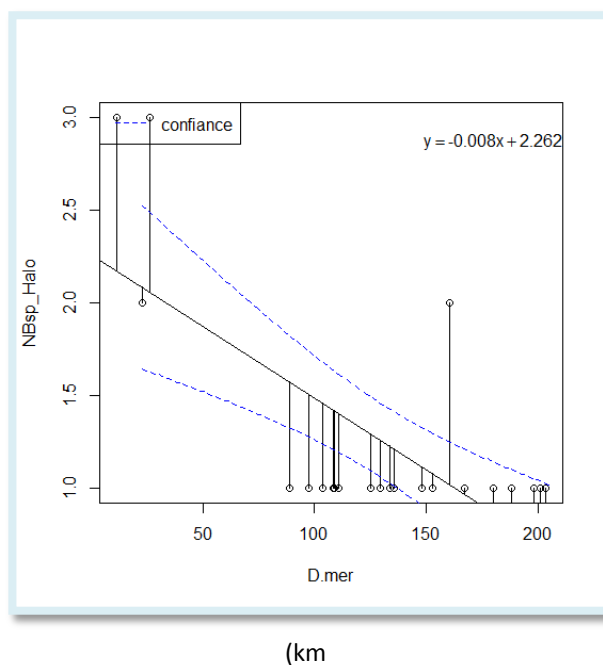


Figure 35 : Régression linéaire du nombre total d'espèces halophiles par sites en fonction de la distance à la mer

Résultats Coléoptères Carabidae

Description des données

2601 données, soit au total 285 espèces de carabiques (Annexe 3), ont pu être identifiées dans le lit majeur du fleuve. Les relevés fournis s'étalent sur une période de temps d'environ 10 ans. En effet, les premières observations fournies datent de 2001 jusqu'aux dernières données de 2012. Comme pour les araignées, les données transmises par les différents organismes ou particuliers ne se disposent pas régulièrement tout au long du lit majeur de la Loire. Certains secteurs sont très bien prospectés, c'est le cas du PNR de Millevaches en Limousin ou de la RNR de Saint-Pryvé-Saint-Mesmin. L'unité 5 est généralement bien prospectée (données MNHN) Cependant d'autres unités de la Loire ne sont pas ou peu représentées sur cette carte. L'unité 4 située à la source du fleuve Loire est l'unité la moins prospectée, elle ne contribue qu'à 3 données sur la base de données carabiques totale. Ensuite viennent les unités 1, 7 et 8 qui contribuent à elles trois à seulement 5% de la base de données. Les unités 0 et 6 sont déjà plus étudiées mais l'unité 5 reste l'unité de la Loire la mieux renseignée au niveau des coléoptères carabiques.

Analyse discontinue

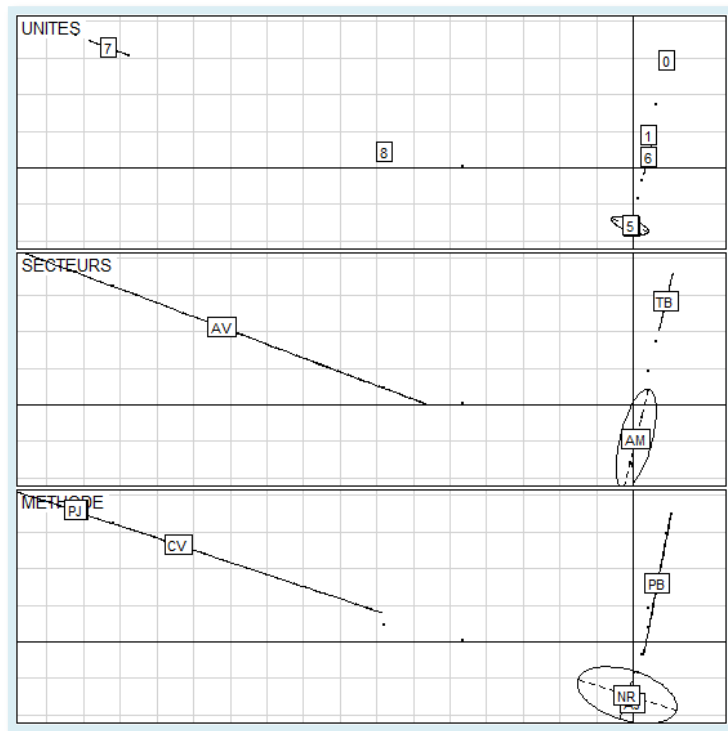


Figure 36 : Analyse en composantes multiples selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=39,8%) des données Carabidae

Dans le premier encadré de la représentation spécifique de l'analyse des correspondances multiples (Figure 36), les ellipses mettent en évidence plusieurs ensembles de relevés correspondant aux différentes unités caractérisant la Loire. Ces mêmes ensembles de relevés sont ensuite regroupés dans l'encadré suivant en secteurs. Les unités 0 et 1 caractérisent le secteur de tête de bassin versant (TB), les unités 4, 5 et 6 correspondent au secteur dits amont, les deux dernières unités (7 et 8) définissent le secteur aval de la Loire. Dans le dernier encadré, les relevés forment des ensembles qui mettent en évidence la méthodologie employée. Il apparaît que la méthode du piège Barber (PB) s'oppose aux autres méthodes de récolte que sont le battage (PJ), le fauchage (FF) et la chasse à vue (CV), qui se recoupent sur l'ACM. Un troisième ensemble se distingue sur l'ACM, il est composé des relevés dont la méthode n'est pas renseignée (NR) et des pièges attractifs par assiette jaune (AJ). L'ACM montre également que les variables sites et méthodes sont confondues. Il existe donc une corrélation entre ces variables. En étudiant les rapports de corrélations des différentes variables pour chaque facteur retenu, il apparaît que chaque variable contribue presque autant aux deux axes. Néanmoins, il semblerait que la variable unité soit celle qui contribue le plus aux axes.

La classification hiérarchique ascendante selon l'indice de Jaccard confirme les ensembles formés dans l'ACM. En effet l'analyse de similarité montre que les unités sont proches deux à deux. L'unité 0 et la 1 sont proches et forment donc le secteur « Tête de Bassin ». Les unités 5 et 6 sont proches et forment le secteur « Amont » de la Loire. Les deux dernières unités forment le secteur « Aval ». L'unité 4 est absente du fait d'un trop faible nombre de données.

Concernant l'approche par secteur, les espèces communes à plusieurs secteurs ou spécifiques à un seul ont été comptabilisées. La grande majorité des espèces (168) est exclusive du secteur « Amont ». Peu d'espèces sont exclusives à la tête de bassin versant ou à l'estuaire. Tandis que 73 espèces sont communes à deux secteurs de la Loire, seulement 15 espèces sont communes aux trois secteurs de la Loire. Il en est de même avec la distribution des espèces selon les différentes unités de la Loire, en notant que l'unité 4 a de nouveau été retirée de la distribution puisque trop peu d'espèces y ont été identifiées. L'information donnée par cette analyse va dans le même sens que celle de la figure précédente. En effet 163 espèces ne se distribuent que sur une unité de la Loire. A l'inverse, il n'existe que peu d'espèces (58) capables de vivre sur plus de deux unités. La majorité des espèces de carabiques est donc exclusive d'une zone. Il existe au total 34 distributions différentes des coléoptères carabiques le long des unités de la Loire, cependant les distributions prenant en compte l'Unité 4 n'apparaissent pas afin de faciliter l'interprétation. La distribution la plus représentée correspond à la distribution de 130 espèces, correspondant aux espèces typiques de la Loire « moyenne » (région d'Orléans). Ensuite vient la distribution de 34 espèces qui caractérisent les espèces de l'unité 6. La 3^{ème} distribution la mieux représentée (30 espèces) correspond aux espèces communes aux unités 5 et 6. La dernière distribution contient la seule espèce qui se retrouve tout au long du lit majeur.

Plusieurs ensembles se distinguent pour les modalités unités de la Loire (Figure 37). Il semblerait que les unités 0 et 1 ne fassent qu'un ensemble contrairement aux autres unités qui se différencient entre elles. Les regroupements visibles sur l'ACM et la CAH ne le sont plus sur ce graphique tenant compte des axes 1 et 2 de l'AFC. De plus, un grand nombre d'espèces semblent être communes aux différentes unités de la Loire et se retrouvent au centre du graphique.

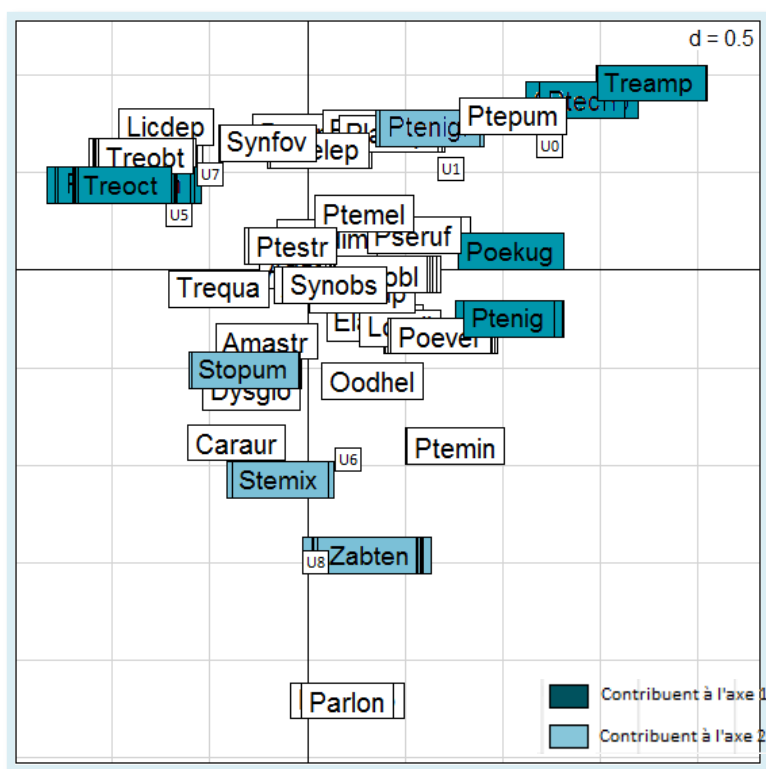


Figure 37 : Analyse Factorielle des Correspondances selon les axes 1 et 2 (variance expliquée=47,5%) de l'ensemble des espèces

Les contributions des variables aux axes indiquent que chacune des unités contribue à un axe différent de l'AFC (Figure 37). Ainsi l'unité 0 contribue positivement à l'axe 1 ; l'unité 1 contribue à l'axe 5, l'unité 5 contribue négativement à l'axe 1, l'unité 6 contribue à l'axe 2, l'unité 7 à l'axe 3 et l'unité 8 à l'axe 4. Plusieurs ensembles d'espèces se distingue pour les unités de la Loire. Les espèces telles que *Trechus amplicollis*, *Pterostichus cristatus*, *Pterostichus niger* et *Poecilus kugelanni* contribuent positivement à l'axe 1. Or ces espèces sont aussi celles qui caractérisent l'unité 0. *Trepanes octomaculatus*, *Cicindela hybrida* et *Amara fulva*, entre autres, contribuent négativement à l'axe 1. Ces espèces se distribuent exclusivement sur l'unité 5. Les espèces contribuant positivement à l'axe 2 sont, entre autres, *Carabus nemoralis* et *Pterostichus nigristus*. Ce sont des espèces communes à plusieurs unités en amont de la Loire. *Stomis pumicatus*, *Stenolophus mixtus* et *Zabrus tenebroides* contribuent négativement à l'axe 2. Or ces espèces caractérisent l'unité 6.

Discussion

Analyse discontinue

Quelque soit le groupe taxonomique étudié, l'analyse discontinue a pu mettre en évidence la présence de plusieurs ensembles de relevés, chacun de ces ensembles correspondant à une unité de sectorisation de la Loire (Malavoi, 2002). Ces mêmes unités se regroupant afin de former les trois secteurs de la Loire. A chacun des ensembles de relevés mis en évidence semble correspondre un cortège d'espèces, avec à la fois des espèces exclusives à une zone donnée et des espèces communes aux différentes unités. Ces résultats vont dans le même sens que le River Continuum Concept

(Vannote et al, 1980) qui souligne la dimension longitudinale de l'écosystème d'un cours d'eau et prédit une succession de groupes fonctionnels le long des cours d'eau de zones tempérées. Les hypothèses d'une sectorisation de la Loire pour les macro-arthropodes terrestres et d'une succession d'assemblages le long du fleuve sont donc validées.

Analyse continue le long de la Loire Aval

Concernant la richesse spécifique totale le long du gradient Amont-Aval, elle tend à croître vers l'aval. Ceci va à l'encontre de l'hypothèse selon laquelle la richesse spécifique en aval est moins importante, du fait d'un gradient de salinité, tel que cela a pu être mis en évidence pour l'Escaut en Belgique (Hendrickx *et al.*, 1997). Cependant, il faut noter que les premiers relevés (à Donges notamment) se situent déjà à une dizaine de kilomètre de l'estuaire, donc l'influence de la salinité y est déjà diminuée. En outre, un grand nombre des relevés compris dans cette analyse ont été réalisés par fauchage ; or le filet fauchoir ne permet pas de récolter les espèces actives au sol susceptibles d'être le plus exposées à la salinité du sol. D'autre part, cette richesse spécifique élevée en aval pourrait s'expliquer par le fait que les sites étudiés se situeraient en fait dans une zone plutôt intermédiaire où les espèces de conditions salées et non salées sont présentes (Desender & Maelfait, 1999). De plus la salinité n'est qu'un des facteurs pouvant influencer sur la structure des communautés chez les Araneae, il faut noter aussi le gradient d'inondation (Pétillon *et al.*, 2008), la durée et la fréquence des crues (Bell *et al.*, 1999) la micro-topographie locale (Bonn *et al.* 2002) et la densité de végétation (Lambeets 2009). L'hypothèse d'une diminution de la richesse spécifique de l'amont vers l'aval n'est donc pas validée par cette étude.

Les espèces halophiles, *Arctosa fulvolineata*, *Argenna patula*, *Enoplognata mordax*, *Erigone longipalpis* et *Silometopus ambiguus*, bien que présentes de manière significative plus en aval qu'en amont ne sont représentées que par un très faible nombre d'espèces (5 espèces sur 80 récoltées à Donges). Ce pourcentage très faible d'espèces halophiles peut également s'expliquer par une proximité des sites à la mer non suffisante et/ou une méthode de récolte non appropriée. En effet, des études réalisées en zones de marais salés dans la Baie du Mont Saint-Michel n'ont permis d'observer qu'un très faible pourcentage d'espèces halophiles pour les araignées (Pétillon *et al.*, 2005). L'hypothèse d'une augmentation des proportions d'espèces halophiles entre l'amont et l'aval n'est donc vérifiée qu'en partie.

Conclusion

Au vu de la répartition des données pour les deux groupes taxonomiques, il existe un grand manque de connaissance des espèces sur les secteurs « moyens » de la Loire. En effet, les unités 1, 2, 3 et 4 n'ont été que peu ou pas du tout prospectées. Ce manque de connaissance s'explique d'une part par un manque cruel d'études sur les arthropodes terrestres, et d'autre part par un faible taux de réponse aux demandes de transmission de données. En effet, un grand nombre de structures pouvant posséder des données entomologiques a été contacté mais seul un faible nombre a répondu positivement à notre requête. Cela veut dire que beaucoup de données, potentiellement sur ces unités manquantes, n'ont pas encore transmises. Il faut également compter sur les données des PNR ou Conservatoires d'Espaces Naturels qui seront transmises à l'OBLA après signature des conventions. Néanmoins, il faut noter que certaines unités sont tout de même généralement mieux prospectées que d'autres en raison d'un grand nombre d'espaces naturels protégés, or ces sites sont souvent très bien inventoriés par rapport à d'autres sites le long de la Loire. En plus d'un manque de connaissance sur certains secteurs, un problème de standardisation des données doit également être souligné. En effet, certaines unités ont plus été prospectées que d'autres, mais au sein même de ces

unités certains sites ont fait l'objet de suivis, d'inventaires ou seulement de quelques observations ponctuelles. Pour une standardisation des données et afin de mieux décrire les assemblages d'espèces le long du fleuve, il est nécessaire de trouver un équilibre entre suivi et observations ponctuelles.

Les données récoltées mettent en évidence une grande disparité entre les différents tronçons de la Loire et un manque considérable d'étude sur des groupes à systématique et écologie pourtant relativement bien connus. Un problème de standardisation des données a également pu être mis en évidence notamment concernant la méthode de récolte employée. Il reste donc un travail encore important de suivi et de synthèse de données afin que la base de données de l'OBLA serve au plus grand nombre. Malgré ce manque de connaissance, cette étude a permis de mettre en évidence une succession d'assemblages différents le long du fleuve qui accrédite une possible sectorisation de la Loire. Néanmoins, ces différences de communautés ne peuvent être attribuées avec certitude au gradient de salinité, dans la mesure où l'on ne dispose que de la distance à la mer pour estimer ce paramètre et que toutes les espèces ne sont pas susceptibles de répondre à la salinité (Desender & Maelfait, 1999). De plus, la salinité n'est qu'un des nombreux facteurs de variations des assemblages d'arthropodes le long du fleuve. Selon des études similaires sur d'autres grands fleuves d'Europe, il existe encore bien d'autres facteurs influant sur les communautés d'arthropodes terrestres riverains, tels que les durées et fréquences d'inondation (Bell *et al.*, 1999, Lambeets, 2009,), la micro-topographie locale (Bonn *et al.*, 2002) ou encore le mode de gestion du site prospecté (Pétillon *et al.*, 2007 ; Lafage *et al.* 2013) . C'est pourquoi il serait intéressant, après plusieurs suivis, de renouveler ces analyses, en testant d'autres facteurs que la salinité (Pétillon *et al.*, 2011), afin de déterminer quel facteur est le plus important dans les variations d'assemblage d'arthropodes le long d'un cours d'eau.

Perspectives

Afin de compléter la base de données de l'OBLA, des champs communs seront à remplir pour chaque relevé. Ces champs devront tenir compte de plusieurs aspects :

- **Informations relatives à l'espèce** : Famille, Genre, Espèce, en supplément pourront être indiqué l'auteur, l'effectif et le sexe des individus récoltés et le statut de l'espèce.
- **Informations relatives au relevé** : Lieu, Date, Protocole, et Récoltant
- **Informations relatives à l'habitat** : grands types d'habitat, Code Corine Biotope.

En supplément pourront être ajoutées les informations relatives à l'environnement de chaque piège telles que : l'altitude, la température du sol, la salinité, la fréquence et durée d'inondation du site. Si possible, la richesse spécifique botanique, l'occupation du sol, la hauteur de végétation et l'épaisseur de litière pourront être renseignés. Il pourra également être indiquées les informations relatives à la fiabilité des données comprenant, par exemple, l'identificateur, la fiabilité, la validation de la donnée si il y a lieu.

A plus long terme, nous aimerions caractériser les variations spatio-temporelles de deux groupes majeurs de macro-arthropodes terrestres (araignées et carabiques) et d'évaluer les conséquences fonctionnelles de ces variations (traits d'histoire de vie et réseaux trophiques, cf. Lambeets *et al.* 2009 ; Gerisch *et al.* 2012) à différentes échelles (depuis l'habitat jusqu'à l'échelle du fleuve). Une évaluation des signatures isotopiques des principaux niveaux trophiques dans les lits mineur et majeur est également envisagée afin de caractériser les flux de matière entre ces compartiments (Paetzold *et al.* 2005). Cette partie s'intègre donc particulièrement bien avec les compartiments 'végétation' (caractérisation des habitats d'espèces et variables explicatives) et 'benthos' (caractérisation des flux lit mineur-lit majeur).

Comme cette étude a pu le montrer, la méthode de récolte influe énormément sur le nombre d'espèces identifiées sur un site. Ainsi semble être la méthode la mieux appropriée pour la récolte des macro-arthropodes terrestres. En effet, que l'on considère les Araneae ou les Coléoptères Carabidae, la richesse spécifique obtenue par piège Barber est largement supérieure à celle des autres méthodes dans la majorité des relevés (de l'ordre de 8 fois supérieure pour les araignées et 4 fois supérieure pour les carabiques). Le piège à fosse (type Barber) permet un échantillonnage facile à mettre en œuvre, dont les résultats sont rapides (Houseweart *et al.*, 1979), importants en nombre d'individus récoltés et permettant une normalisation des données. Cette méthode présente donc le meilleur compromis coût/bénéfice pour l'étude des assemblages d'arthropodes terrestres. De plus, cette méthode étant passive, elle limite l'influence de l'expérimentateur. Cependant cette méthode a également ses limites ; plusieurs facteurs pouvant engendrer des biais dans les résultats. Il s'agit notamment du piège lui-même, son diamètre (Brennan *et al.*, 2005), sa couleur (Buchholz *et al.*, 2010), ou bien encore le liquide conservateur utilisé. De plus cette méthode est dépendante des micro-habitats, le gradient de complexité du micro-habitat constituant une barrière pour certaines espèces et un milieu favorable pour d'autres (Thomas *et al.*, 2006), ce facteur influence l'écologie des espèces et le déplacement des individus.

Pour le protocole standardisé du suivi des arthropodes terrestres, il est donc proposé d'utiliser la méthode de piège à fosse type « Barber ». Il sera constitué d'un piège d'au moins 100mm de hauteur et 100mm de diamètre (Brennan *et al.*, 2005), d'un pot de collecte type pilulier et d'un entonnoir. Le piège devra être protégé d'un « chapeau » (type assiette plastique ou planche de bois) afin de le protéger des aléas météorologiques (Porter, 2005). L'éthylène-glycol dilué dans de l'eau est préconisé comme liquide collecteur pour ce type de piégeage car il ne s'évapore pas à la différence de l'alcool et ne joue pas de rôle attracteur sur les espèces récoltées (Schmidt *et al.*, 2006). Les périodes de prospection pourront s'étendre de mi-avril à mi-juin, période où la récolte est susceptible de rapporter la majorité des espèces d'araignées et de carabiques (Varet, 2006).

Nous proposerons donc l'emploi de deux méthodes d'échantillonnage complémentaires (piège d'interception et aspirateur thermique ou quadrat d'épuisement) sur le lit majeur des sites retenus (habitats envisagés : prairies inondables, grèves, voire forêts alluviales – hypothèse : 15 sites). Deux sessions de piégeage d'un mois sont prévues sur 2 ans, l'une au printemps (deux relevés de deux semaines entre mi-mai et mi-juin, dates à ajuster en fonction du niveau de la Loire), l'autre à l'automne (deux relevés de deux semaines entre mi-septembre et mi-octobre). Lors du premier relevé des pièges, une campagne d'échantillonnage par aspirateur ou quadrat sera menée. Etant donnée l'amplitude spatiale, l'effort est donc limité dans le temps, mais maximisé dans l'espèce avec pour chacun des 15 sites, 2-3 habitats*3 stations*3 échantillons, soit (sur la base maximale de trois habitats sur 2 ans) : 3240 échantillons issus de pièges Barber et 1620 échantillons issus d'aspiration thermique.

Structures impliquées :

Université de Rennes 1

Conservatoire Régional des rives de la Loire et ses affluents

Irstea, UR EFNO, Cemagref de Nogent-sur-Vernisson

Références bibliographiques

- Bell D., Petts G.E. & Sadler J.-P., 1999. The distribution of spiders in the wooded riparian zone of three rivers in western Europe. *Regulated Rivers: Research & Management* 15: 141-158.
- Bonn A., Hagen K., & Wohlgemuth-von Reiche D., 2002. The significance of flood regimes for carabid beetle and spider communities in riparian habitats: a comparison of three major rivers in Germany, *River Research and Applications* 18: 43-64.
- Desender K. & Maelfait J.-P., 1999. Diversity and conservation of terrestrial arthropods in tidal marshes along the River Schelde: a gradient analysis. *Biological Conservation* 87: 221-229.
- Hendrickx F., Maelfait J.-P., Muylaert W., Hoffman M., 1997. Spider distribution patterns along the tidal River Scheldt (Belgium). In *Proceedings of the 17th European Colloquium of Arachnology*, Edinburgh, 285-291.
- Lafage D. & Pétillon J. 2014. Impact of cutting date on carabids and spiders in a wet meadow. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185: 1-8.
- Lafage D., Secondi J., Georges A., Bouzillé J.-B. & Pétillon J. 2014. Satellite-derived vegetation indices as surrogate of species richness and abundance of ground beetles in temperate floodplains. *Insect Conservation and Diversity*, sous presse. DOI: 10.1111/icad.12056
- Lambeets K., 2009. The effects of flooding disturbance on the distribution and behaviour of riparian arthropods along a lowland gravel river. Thèse de Doctorat en Biologie, Université de Gand.
- Luff M.L., Eyre M.D. & Rushton S.P. 1992: Classification and prediction of grassland habitats using ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Journal of Environmental Management* 35: 301-305.
- Malavoi J.R. 2002. In: (Bauchardy C.) *La Loire : vallées et vals du grand fleuve sauvage*, Delachaux et Niestlé, la Bibliothèque du naturaliste, pp. 86-97.
- Marc P., Canard A. & Ysnel F. 1999. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 229-273.
- Pétillon J., Ysnel F., Canard A. & Lefeuvre J.-C. 2005. Impact of an invasive plant (*Elymus athericus*) on the conservation value of tidal salt marshes in Western France and implications for management: Responses of spiders populations. *Biological Conservation* 126: 103-117.
- Pétillon J., Georges A., Canard A., Lefeuvre J.-C., Bakker J.P. & Ysnel F. 2008. Influence of abiotic factors on spider and ground beetle communities in different salt-marsh systems. *Basic and Applied Ecology* 9: 743-751.
- Pétillon J., Lambeets K., Ract-Madoux B., Vernon P. & Renault D. 2011. Saline stress tolerance partly matches with habitat preference in ground-living wolf spiders. *Physiological Entomology*, 36: 165-172.
- Pétillon J., Georges A., Canard A. & Ysnel F. 2007. Impact of cutting and sheep grazing on ground-active spiders and carabids in intertidal salt marshes (Western France). *Animal Biodiversity and Conservation* 30: 201-209
- Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R. & Cushing C.E., 1980. The River Continuum Concept. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 37: 130-137.

Groupe taxonomique : Oiseaux

Jean Secondi, GECCO, Université d'Angers (coordinateur)

Bruno Faivre, UMR CNRS 5561 BioGéoSciences, Université de Bourgogne, Dijon

Jean Roché, Consultant en environnement, Arles

Benoit Marchadour, LPO Anjou

Etat des lieux des données disponibles

Pour les oiseaux, 312 espèces dont 5 espèces récemment introduites (1.6 %) ont été recensées. Il est plus difficile d'établir une liste des espèces présentes sur les lits majeurs de la Loire et de ses affluents principaux. D'autre part, les acteurs présents sur le Bassin qui traitent de ce groupe sont nombreux. Les données sont donc distribuées de façon fragmentée. Les protocoles employés et les échelles de temps, les emprises spatiales et les conditions d'accès aux données sont variables. Partant de ce constat, nous avons identifié trois programmes de suivi de l'avifaune. Ceux-ci concernent l'ensemble de la Loire et de l'Allier ou une grande section du bassin. Ils offrent par ailleurs un recul dans le temps avec des jeux de données standardisés et comparables entre eux. De tels programmes semblent à même d'évaluer les effets des changements climatiques, hydrologiques, sédimentologiques ou sociaux sur la Biodiversité à l'échelle du Bassin. Les 3 programmes sont complémentaires car ils abordent des compartiments différents (lit mineur, lit majeur par exemple) et des forçages différents (géomorphologie, pratiques agricoles entres autres). Un seul programme ne peut aborder l'ensemble des questions. Les caractéristiques de ces 3 programmes sont les suivantes.

L'observatoire de l'avifaune nicheuse des grèves sur le bassin de la Loire

Ce programme consiste en un suivi des oiseaux nicheurs sur les grèves de Loire sur la majeure partie du cours de la Loire et de l'Allier dans les régions Pays de la Loire, Centre, Bourgogne et Auvergne. Certaines espèces sont exclusivement dépendantes de cet habitat et constituent des indicateurs du fonctionnement des cours d'eau. Les données permettent d'obtenir un indice de la taille des populations qui exploitent les grèves. Le potentiel d'accueil est déterminé par la disponibilité en grèves acceptables par les oiseaux et la ressource trophique. Le programme vise donc à donner des informations sur la réponse de ces espèces aux changements géomorphologiques, climatiques et de qualité générale de l'eau du bassin.

Des jeux de données exploitables pour les années 2006, 2011, 2012 et 2013 sont disponibles. La précision des données est haute (géoréférencement GPS des colonies nicheuses) et leur fiabilité est bonne. Les études ont lieu lors de deux passages fin mai et début juin. Un décalage des comptages est réalisé en cas de crue qui est coordonnée entre les acteurs. Un suivi annuel ou bisannuel est envisagé pour déterminer les tendances démographiques de ces espèces et l'évolution de leur distribution géographique.

Le programme STORI suivi temporel des oiseaux nicheurs en rivière

Le programme dénombre les oiseaux tous les 5 kilomètres sur l'ensemble du cours de la Loire et de l'Allier. La méthode utilisée est celle des indices ponctuels d'abondance (IPA) qui est une méthode standardisée et largement utilisée en France. Toutes les espèces d'oiseaux contactées sont dénombrées. Ainsi, une analyse globale ou par groupes fonctionnels (oiseaux aquatiques, forestiers, prairiaux,...) peut être réalisée à l'échelle du bassin. A noter que les IPA donnent des informations

beaucoup moins précises sur l'évolution du compartiment « grève » que le programme précédent. Elle est toutefois complémentaire car elle permet d'enregistrer les réponses de l'avifaune aux changements géomorphologiques et écologiques opérant sur les berges. Les oiseaux répondent notamment rapidement au développement ou la régression des boisements riverains, éléments majeurs du paysage.

Des jeux de données exploitables sont disponibles pour l'ensemble du cours de la Loire (1990, 1996, 2002 et 2011) et de l'Allier (1991, 1997, 2006, 2012). La précision des données est haute (géoréférencement des points de comptage) et leur fiabilité est bonne. Les études ont lieu lors de deux passages (mars-avril et mai-juin). Un suivi quinquennal est envisagé pour mettre en évidence les grandes tendances d'évolution du peuplement. Le pas de temps semble suffisant pour permettre aux populations de s'ajuster aux modifications de leur environnement.

Les études de l'avifaune prairiale

L'écosystème prairial est une composante majeure du lit majeur sur une grande partie du bassin. Dans la partie basse du Bassin (depuis la vallée de la Vienne), les prairies dominent et sont souvent situées dans les zones d'expansion des crues. Ces habitats font l'objet à l'échelle nationale de l'Observatoire National de l'Ecosystème Prairie de Fauche (ONEFP) coordonnée par l'ONCFS. D'autres acteurs comme la LPO Anjou, 44 ou l'Université d'Angers ont réalisé des études ou des suivis sur ce groupe. Toutefois, les méthodes, les zones d'études et les périodes couvertes diffèrent. Une coordination des efforts permettrait d'apporter des données sur la réponse des oiseaux aux changements hydrologiques, climatiques et des pratiques. Ces trois facteurs sont étroitement liés dans ces systèmes. Les données permettraient également d'évaluer le succès des politiques environnementales déclinées sous la forme de mesures agri-environnementales.

Les dénombrements sont réalisés depuis 2001 par l'ONCFS. La localisation des données est bonne. La fiabilité est encore à évaluer. Un protocole basé sur la méthode des IPA pourrait être généralisé pour couvrir l'ensemble de la zone d'étude. Elle est déjà employée dans le cadre de l'ONEFP. L'étude est complémentaire du programme STORI car elle inclut les vallées d'affluents non considérés par ce dernier. D'autre part, la stratégie d'échantillonnage est différente. Les points sont dispersés à l'intérieur du lit majeur en fonction de la distribution des ensembles prairiaux et du paysage et non le long du cours d'eau.

Méthodes d'analyse des données

Les données récoltées dans les différents volets sont de différentes natures : indices ponctuels d'abondance (STORI, oiseaux prairiaux) et suivis de colonies (oiseaux des grèves). Le pas de temps entre session diffère également. S'il est souhaitable de garder un pas de temps court pour les oiseaux des grèves ou prairiaux (1 ou 2 ans), un pas de temps de 5 ans semble adéquat pour STORI. L'analyse des données doit mettre en évidence les tendances « numériques » mais doit permettre d'évaluer l'effet des différents forçages identifiés. La présence de données déjà existante doit permettre de conduire cette analyse. Celle-ci est déjà conduite dans le cadre de chacun des volets identifiés.

Résultats et discussion

Habitats concernés

Les programmes sur les oiseaux portent potentiellement sur tous les habitats présents dans le lit majeur. La couverture géographique est large. L'ensemble des gradients écologiques sur la Loire et l'Allier est donc couvert.

Dynamiques éventuelles

Les données les plus anciennes remontent à 1991 pour le programme STORI et permettent donc déjà d'analyser des tendances. Celui-ci a permis de mettre en évidence des modifications des peuplements aviaires, notamment un accroissement des espèces forestières et un déclin des espèces des fourrés qui tend à montrer un développement de la ripisylve. Ce phénomène peut indiquer des modifications du fonctionnement hydrologique et géomorphologique du fleuve. Des modifications des pratiques de gestion sont aussi probablement en cause. Le recul temporel pour les oiseaux des grèves est encore trop limité pour dégager des tendances. Comme indiqué précédemment les différents programmes permettent de mettre en évidence la réponse du peuplement aviaire à différents facteurs. Les principaux forçages de l'hydrosystème identifiés sont les changements hydro-climatiques, géomorphologiques et les pratiques de gestion. Ces forçages ne sont pas des facteurs indépendants. Par exemple, la fréquence des crues et la période dans l'année à laquelle les crues ont lieu déterminent largement l'occupation du sol et les pratiques pour une occupation du sol donnée.

Lacunes identifiées

Le facteur limitant pour ces différents programmes est d'avoir accès aux prédicteurs environnementaux susceptibles d'expliquer les modifications des peuplements. L'occupation du sol, l'évolution des régimes de crue, ou la cartographie des mesures agri-environnementales sur l'ensemble des cours d'eau sont des données indispensables mais elles sont longues ou coûteuses à acquérir. En l'état actuel, l'OBLA a permis de faire l'état des lieux pour ce qui concerne le niveau de connaissance pour le groupe des oiseaux. Les travaux déjà engagés sur chaque programme ont montré le potentiel en termes de compréhension sur le fonctionnement global de l'écosystème. Il existe un lien clair entre recherche et gestionnaires. Un des programmes d'ailleurs est coordonné par une association naturaliste.

Un problème majeur lié à l'acquisition des données, hors les programmes détaillés ci-dessus, est la fragmentation des données et leur disponibilité. De nombreuses associations ont des bases de données alimentées par les observations des naturalistes locaux et des programmes spécifiques plus ou moins ponctuels suivant des protocoles plus ou moins standardisés. Il est donc difficile d'agréger ces données selon un format unique. Même si des progrès peuvent être fait en ce sens, l'accès aux données naturalistes est compliqué en France en partie en raison des droits de propriétés et en partie en raison d'habitudes prises de longue date. La seule mise en réseau pour constituer une base de métadonnées semble une tâche très lourde et sans garantie de succès. Les questionnaires envoyés aux gestionnaires n'ont donné lieu qu'à deux réponses. Ces freins structurels ont orienté la stratégie vers le développement et le prolongement de programmes de suivis sur le long terme avec des acteurs bien identifiés et pour lesquels des données sont déjà disponibles. En ce sens, les travaux réalisés au sein de l'OBLA ont permis de définir les potentialités réellement opérationnelles pour le groupe des oiseaux sur le bassin de la Loire.

Perspectives

Une perspective est de pouvoir prolonger les différents volets pour constituer des suivis sur le long terme. C'est un pré-requis pour comprendre les changements qui opèrent sur le bassin de la Loire et

hiérarchiser les facteurs par ordre d'importance pour les peuplements. Les programmes STORI et oiseaux des grèves semblent prioritaires car ils ont déjà établi des jeux de données sur plusieurs années et couvrent une grande partie du bassin. En outre, leurs approches sont complémentaires. Ce sont des données originales et peut être uniques à l'échelle européenne ou mondiale pour ce qui concerne le programme STORI. Cela apparaît comme un point fort possible de l'OBLA. Clairement, l'évolution des peuplements d'oiseaux est à mettre en relation avec la végétation terrestre (ripisylve, strates herbacées et buissonnantes) et avec les ressources trophiques, piscicoles notamment, pour les oiseaux aquatiques.

Conclusion action 1.2

Des trois objectifs fixés pour la synthèse des données en début du projet, c'est essentiellement le premier, l'établissement d'une liste d'espèces présentes à l'échelle de la Loire, de l'Allier et de la Vienne qui a pu être réalisé. A part pour le phytoplancton, pour lequel un suivi à protocole constant existe depuis une vingtaine d'années, il n'était pas possible d'étudier des dynamiques des taxons sur la base de données existantes. Ceci souligne la nécessité d'un suivi à long terme pour pouvoir évaluer l'état de la biodiversité.

Néanmoins, pour la période la plus récente, depuis les années 2000 environ, le nombre de données facilement accessibles a fortement augmenté pour presque tous les groupes taxonomiques. Ceci est en grande partie dû aux directives européennes en environnement telle la directive cadre sur l'eau ou la directive faune-flore-habitat qui demandent aux états des données précises concernant l'état des milieux naturels et de la biodiversité. Ainsi, le nombre d'observations va en grandissant pour certains groupes taxonomiques considérés comme indicateurs, ou certains milieux particulièrement étudiés (les milieux aquatiques, e.g.). Une interprétation et mise en contexte des données ainsi accumulées semble cependant indispensable pour comprendre et évaluer les processus qui se déroulent dans les écosystèmes. Ceci nécessitera notamment un croisement des données et une co-analyse avec des paramètres environnementaux mesurés à une échelle pertinente.

Un tel croisement, bien que prévu dans les objectifs du projet OBLA, n'a pas encore pu être réalisé, à cause, d'une part, de la qualité insuffisante des données de biodiversité disponibles, et d'autre part à cause des processus très lents pour avoir accès à certaines données. Ainsi, le conventionnement pour avoir accès à des données naturalistes ou à un large jeu de données météorologiques est un processus long, et nous venons seulement en fin de projet recevoir un certain nombre de données complémentaires qui n'ont donc pas pu être intégrées dans l'analyse. Elles entreront par contre dans la base de données OBLA prévu pour fin 2014 et pourront donc être exploitées ultérieurement.

Action 1.3 : Suivi à long terme des communautés/espèces et des principaux paramètres environnementaux sur un réseau de sites.

L'objectif de cette action était d'élaborer des protocoles de suivi faune-flore-habitat qui incluent les différents groupes taxonomiques pris en compte dans l'action 1.2. L'action cherchait également à identifier un réseau de sites de suivi potentiels, représentatifs des habitats de la plaine inondable sur un gradient amont-aval sur la Loire, La Vienne et l'Allier, en favorisant, si disponible, des sites déjà compris dans des dispositifs de recherche et/ou de suivi. Cette action a donc comporté les étapes suivantes :

1. Définitions des objectifs du suivi et des questions scientifiques
2. Réflexions sur l'échelle spatio-temporelle d'un protocole de suivi
3. Elaboration d'un protocole de suivi pour chaque type d'habitat et chaque groupe taxonomique concerné
4. Mise en commun des protocoles et validation du protocole global
5. Inventaire des sites déjà inclus dans des suivis scientifiques et identification de sites potentiels de suivi à long terme
6. Estimation du coût d'un suivi scientifique.

Définitions des objectifs du suivi et des questions scientifiques

Objectif général du réseau OBLA est l'Observation des habitats du lit majeur (plaine inondable) de la Loire et de ses affluents. Les données récoltées lors d'un suivi doivent permettre de documenter et de comprendre notamment **comment les changements globaux affectent les écosystèmes alluviaux de ligériens, les interactions entre les différents compartiments de ces écosystèmes, et comment cet impact se traduit en termes de biodiversité.**

Ceci nécessite un suivi à long terme (> 10 ans) de la biocénose et des paramètres mésologiques majeurs susceptibles de structurer les habitats et communautés du chenal et de la plaine alluviale (variables de forçage ou *drivers*), ainsi que des paramètres documentant les changements globaux afin d'étudier l'impact des changements globaux sur ces variables de forçage. Le suivi permettra (i) de comprendre les interrelations entre organismes et facteurs mésologiques en prenant en compte l'ensemble du réseau trophique, (ii) d'établir des causalités pour les trajectoires dynamiques des habitats et de la biocénose, (iii) de documenter des connectivités longitudinale et transversale entre habitats (iv) de suivre l'impact des changements globaux à l'échelle locale des habitats fluviaux et périfluviaux. Ce suivi permettra par ailleurs disposer d'une base de données permettant d'étudier a posteriori, à l'échelle du corridor fluvial, des phénomènes qui ne sont pas forcément prévisibles aujourd'hui.

Un travail collectif des chercheurs du réseau a identifié une série de questions scientifiques comme prioritaires, ce qui a guidé le choix des paramètres à suivre dans les protocoles propres à chaque groupe taxonomique (

Encadré 1). En termes de paramètres abiotiques seront suivis les principaux paramètres susceptibles d'être affectés par (i) le changement climatique (augmentation des températures-> modification des régimes de précipitation -> modification des régimes hydrologiques -> modification des régimes de transport de sédiments -> éventuellement modifications géomorphologiques -> modification de la répartition des différents types d'habitats de la plaine alluviale)(Tableau 16 : Grands enjeux,

processus et paramètres à mesurer/suivre. **En gras*** : à inclure dans suivi à long terme (fréquence annuelle) ; *en italique* : étude ponctuelle ou à pas de temps long) et (ii) par les pollutions provoquant une eutrophisation des milieux aquatiques. D'autres composantes des changements globaux, par exemple d'autres types de pollutions (perturbateurs endocriniens, métaux lourds, pollutions organiques...) ou l'occupation du sol dans le bassin versant ne seront pas inclus dans le suivi de manière régulière, mais pourront être associés ou étudiés plus ponctuellement. Les habitats seront classifiés selon le système EUNIS (European Nature Information System ; <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>), avec une passerelle vers la typologie simplifiée des communautés végétales du lit endigué de la Loire (Cornier, 1998), utilisée par le Système d'Information et d'Evolution du Lit de la Loire et de ses principaux affluents (SIEL) (<http://www2.centre.ecologie.gouv.fr/SIEL/index-0.htm>).

Seront distingués :

1 Les milieux aquatiques

1a : courants toute l'année (chenal vif) (habitats EUNIS C2.2, C2.3 (niveau inf. à définir))

1b : périodiquement courants (annexes hydrauliques) EUNIS C2.5

2 Les milieux « écotones », i.e. fréquemment inondés (inondation si débit > ou = module -> lit mineur)

2a : les grèves (végétation éparse, dominance strate herbacé (< 1m) (EUNIS C3.5, C3.6)

2b : les peupleraies/saulaies arbustives (dominance strate arbustive < 8m) (C3.55 ou G1.111)

2c : la forêt à bois tendre (EUNIS G1.111)

2d : formations herbacées denses (mégaphorbiaies, prairies à chiendent basses) (EUNIS E5.41....)

3 Les milieux terrestres inondables (inondation > module => lit majeur)

3a : boisements à bois dur/en transition (EUNIS G1.221)

3b : prairies (EUNIS E3.4, E3.5)

Les principales variables de forçage sont :

1. L'hydrologie/le régime hydrologique, en particulier l'alternance inondation –assec (durée, fréquence, timing) et le courant/les forces agissant sur l'habitat et les organismes
2. Le climat (températures, pluviométrie) et répartitions annuelles de ces paramètres
3. Les caractéristiques sédimentaires (textures, dynamiques)
4. Les pratiques de gestion (dates de fauchage, amendements prairies, enlèvement de ligneux dans le lit mineur...)
5. Les espèces invasives

Réflexions sur l'échelle spatio-temporelle d'un protocole de suivi

Le réseau OBLA suivra les principales variables de forçage (« drivers ») en lien avec la dynamique de l'écosystème alluvial ainsi que de la biodiversité des habitats majeurs la plaine alluviale représentée par certains groupes taxonomiques. Ces variables de forçage ne prennent pas forcément la même importance dans les différents types d'habitats de la plaine inondable (Tableau 17). Par ailleurs, les cycles de vie des organismes ne se déroulent pas tous sur la même échelle spatio-temporelle (Figure 38). Les protocoles de suivi, en particulier les fréquences d'échantillonnage doivent donc se situer à une échelle pertinente pour le groupe taxonomique considéré. Dans le cadre du suivi à long terme, l'objectif n'est cependant pas de suivre un groupe taxonomique sur l'ensemble de son cycle et dans l'ensemble des habitats qu'il fréquente (et qui peuvent se situer en dehors de la plaine alluviale, cas des oiseaux notamment), mais la focale est sur le suivi des *habitats* de la plaine alluviale, auxquels est associé une certaine biodiversité.

Encadré 1 :: Questions scientifiques auxquelles doit répondre le protocole de suivi

A : Suivi régulier :

Q1 : Quelles sont les biocénoses caractéristiques pour chaque type d'habitat ?

- ➔ quelles sont les espèces associées à chaque type d'habitat au sein de chaque groupe taxonomique et à quelle abondance ?
- ➔ quels sont les groupes fonctionnels associés à chaque type d'habitat au sein de chaque groupe taxonomique et à quelle abondance ?

Q2 : Quelles sont, au sein de chaque habitat, les groupes fonctionnels/espèces ayant le plus fort impact sur la dynamique de l'habitat (dans le sens progression de la succession et dans le sens régression de la succession -> espèces ingénieurs, espèces clés de voute) ?

- ➔ impacts sur/corrélations avec la biocénose (groupes fonctionnels/espèces)
- ➔ impacts sur/corrélations avec les différents paramètres mésologiques

Q3 : Quels flux d'organismes entre les différents habitats alluviaux ? (via la connectivité hydrologique ou par les déplacements de faune terrestre ->piégeage)

Q4 : Comment les changements globaux affectent ces relations ?

B : Questions pouvant être travaillées ponctuellement (= hors suivi à long terme l'ensemble les sites p.ex. action 1.4) :

Q5 : Quelle est l'importance des milieux alluviaux dans l'habitat d'un groupe d'organismes/d'une espèce particulière ? (par exemple : importance des habitats alluviaux parmi d'autres habitats humides pour l'avifaune)

Q6 : Quels flux de matière entre les différents habitats alluviaux ? (via la connectivité hydrologique ou par les déplacements de faune terrestre)

Tableau 16 : Grands enjeux, processus et paramètres à mesurer/suivre. **En gras*** : à inclure dans suivi à long terme (fréquence annuelle) ; *en italique* : étude ponctuelle ou à pas de temps long

Grand enjeu	Processus/facteurs affectés	Paramètres à suivre/mesurer	Habitats affectés	Groupes d'organismes directement affectés
Changement climatique	Hydrologie* Température*	Durée, fréquence, timing inondations Débit ->Forces tractrices=> résultats sur géomorphologie, granulométrie substrat <i>Phénologie organismes</i> Mesures température (eau, air, évent. sol)	Tous surtout lit mineur Tous	
Pollutions	Nutriments* <i>Pesticides</i> <i>Perturbateurs endocriniens</i> Métaux lourds	Teneurs NO3, NH4, PO4, dans eau, sol* <i>Pesticides majeurs dans eau/sol ? lesquels ?</i> Occupation sol BV <i>Dosages dans l'eau (lesquels ?)</i> Cf travaux OSLA	Surtout habitats aquatiques Surtout habitats aquatiques Surtout habitats aquatiques ? Surtout habitats aquatiques ?	Filtreurs, vertébrés
Occupation du sol -> Fragmentation habitats	<i>Dynamiques des populations</i>	<i>Génétique de populations cibles</i> <i>Indices de fragmentation des habitats</i>		Surtout faune habitats terrestres ou eaux stagnantes

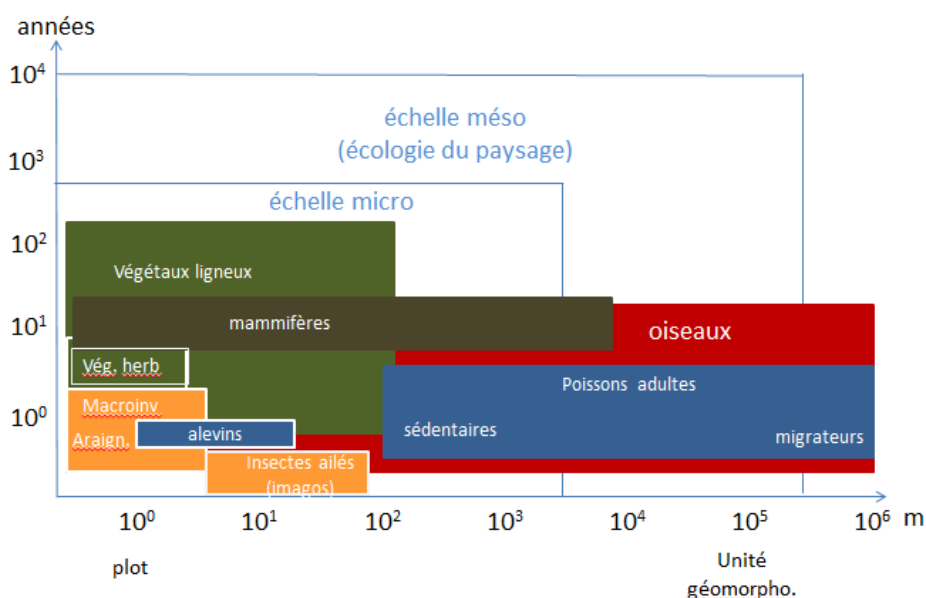


Figure 38 : Echelles spatiales et temporelles sur lesquelles se situe l'essentiel du cycle de vie des organismes appartenant aux différents groupes taxonomiques en années et longueur de tronçon de cours d'eau. Echelles selon Delcourt & Delcourt (1988) (hypothèse : largeur de la plaine inondable= 500 m)

Tableau 17 : Principales variables de forçage pour la biodiversité des différents types d'habitats de la plaine inondable ligérienne

Habitat	hydro-climat	qualité de l'eau	sédimentologie	espèces invasives	pratiques
aquatique	phytoplancton / macrophytes /poissons / zooplancton/oiseaux herbacées/ ligneux/arthropodes/ois eaux	phytoplancton / macrophytes /poissons / zooplancton/oiseaux herbacées/ ligneux/arthropodes/ois eaux	phytoplancton / macrophytes /poissons / zooplancton/oiseaux herbacées/ ligneux/arthropodes/oise aux	phytoplancton / macrophytes /poissons / zooplancton/oiseaux herbacées/ ligneux/arthropodes/ oiseaux	phytoplancton / macrophytes /poissons / zooplancton/oiseaux herbacées/ ligneux/arthropodes/ oiseaux
écotone					
Terrestre inondable					
prairie	herbacées/arthropodes /oiseaux	NA	herbacées/arthropodes/ oiseaux	NA	herbacées/arthropodes/ oiseaux
boisement	ligneux/arthropodes/ oiseaux	NA	ligneux/arthropodes/ oiseaux	ligneux	ligneux/arthropodes/ oiseaux

Tableau 18 : Degré d'importance des variables de forçage dans les différents types d'habitat (2 effet prioritaire sur 1)

	hydro-climat	qualité de l'eau	sédimentologie	espèces invasives	pratiques
aquatique	2	2	2	2	1
écotone	2	1	2	1	1
Terrestre inondable	2	NA	1	1	2
	6	3	5	4	4

Les protocoles de suivi par groupe taxonomique

Ces protocoles ont été élaborés par les différents groupes de travail taxonomiques et sont site-centrés pour la plupart des groupes taxonomiques. Un travail d'analyse spatiale à partir de photos aériennes sur six sites de suivi potentiels (sites abritant déjà plusieurs études de biodiversité et étant régulièrement distribués le long de la Loire, L'Allier et la Vienne) a révélé qu'une bonne représentation des différents types habitats est assurée sur des tronçons de cours d'eau + plaine inondable de 750 m à 1,5 km de long selon les cas (Bigot, 2014). Nous retenons alors la longueur de tronçon de 1,5 km comme longueur pour un site de suivi OBLA (petite échelle). Chaque site devrait être cartographié avant le début du suivi afin de pouvoir choisir l'emplacement des quadrats d'échantillonnage de la biodiversité des habitats écotones et terrestres.

Un certain nombre d'autres informations devraient être récoltés à l'échelle du site, par des enregistreurs en continu:

- Les fluctuations de la nappe phréatique -> l'installation d'un ou plusieurs piézomètres par site est nécessaire
- Les températures par type habitat -> installation d'un enregistreur par type d'habitat
- Les données météorologiques (températures à l'abri, pluviométrie) de la station météo la plus proche.
- Les débits à la station de mesure la plus proche.

Pour chaque protocole est indiqué l'échelle spatiale de l'unité d'échantillonnage et la fréquence du suivi. Les protocoles sont résumés dans le Tableau 19. Le détail des fiches par groupe taxonomique sont

Tableau 19 : Synthèses des protocoles de suivi pour les différents groupes taxonomiques

Groupe taxo	Habitats	Infos sur	Fréquence suivi	Paramètres abiotiques	Paramètres biotiques	Estimation temps par passage en hommes * heures	Estimation coût par passage	Temps total/an (hommes heures)	Coût total/an
Phytoplancton	C 2.2/2.3	Etat trophique ; propriétés physiques ; chaîne alimentaire aquatique ; richesse floristique microscopique	Mars – nov ; Bimensuelle hiver ; hebdomadaire l'été	Température de l'eau (°C); Oxygène dissous (mgO ₂ /L et %); Conductivité (µS/cm); pH; Turbidité ? Luminosité ? <u>Si possible :</u> Transparence Secchi (m) ; Profondeur de colonne d'eau (m)	liste espèces; abondances en algues/ml	0,5	50 €	13	1 300 €
Phytoplancton	C 3.4, 3.4, 3.5, 3.6	Etat trophique ; propriétés physiques ; inocula ; ensemencement ; richesse floristique microscopique	Juin-Août : 1 fois /an plus si possible			3	200 €	6	400 €
Macroinvertébrés benthiques									13 000 €
Arthropodes terrestres	Terrestres inondables et écotone : grèves, forêts, prairie inondables E3.4, C3.5, C3.6 G4.1,	Indication biodiversité ; écosystème ; conservation des espèces; caractéristiques des habitats ; services écosystémiques majeurs	Bisannuelle (mi-mai à mi-juin ; automne)			14	750 €	18	1 500 €
Végétation vasculaire/macrophytes	tous	Caractérisation habitats ; avancement succession ; fine ; producteurs primaires ; support et abris faune ; stabilisation habitats ; fixation forme sédimentaire	Un passage par an	Chenal vif (EUNIS C2.2, C2.3) : A chaque point contact : - la profondeur (en m) - le substrat (estimation texture) - la turbidité (en m) - la vitesse du courant en surface (classes de vitesse)	Chenal vif (EUNIS C2.2, C2.3) : A chaque point contact : - Liste d'espèces - Indice d'abondance par espèce (1 à 5)	60 (+ 20)	60	60	1 800 €

				Annexes hydrauliques (EUNIS C2.5) : - le substrat (estimation texture) - la turbidité (en m) - la conductivité - la température Milieux terrestres (C3.5, C3.6, C3.55, G1.111, G1.221 ; E3.4, E3.5) - le substrat superficiel (estimation texture) - Le substrat à 20 cm de profondeur - L'épaisseur d'humus - la température (+ heure de mesure) au sol et au centre de la placette	Annexes hydrauliques (C2.5) et milieux terrestres (C3.5, C3.6, C3.55, G1.111, G1.221 ; E3.4, E3.5) : Végétation herbacée : - Liste des espèces - Indice d'abondance (compris entre 0 et 4) Ligneux : - Liste des espèces A l'échelle de la placette unitaire : - Indice d'abondance (compris entre 0 et 4) - Nombre d'individus par classe de taille Indice de présence d'herbivores sauvages (type et abondance (4 classes)) - Indices d'usages humains (type et présence) A l'échelle élargie (forêt) : - Nombre d'individus par classe de taille - Indice de présence d'herbivores sauvages (type et abondance (4 classes)) - Indices d'usages humains (type et présence)				
Poissons	C2.2, C2.3 (chenal vif) C2.6 (annexes)	Evolution peuplement ; composition taxonomique ; évolution fonctionnelle ; évolution habitats	annuel	Durée de pêche Surface pêchée (m²) ou linéaire (m) Température de l'eau (°C) Nature et granularité du substrat Hauteur d'eau (m) Vitesse de courant (m/s)	Liste des espèces de poissons Densité (nbre ind/100m²) Biomasse (g/100m²) Age (année) Taille (cm) Distribution des macrophytes, espèces Encombres	32	4 400 €	32	4 400 €
107 18000									
Oiseaux	Tous habitats d'écotone et terrestres, de la grève au champ cultivé	Fonctionnement hydroclimatique, changement du paysage et des pratiques	Annuel à Quinquennal, selon volet (grèves, nicheuses, prairies)				STORI : 350-450 €/station (tt inclus y compris analyse des données)		119200

consultables en Annexe 4. Les protocoles proposés se basent sur une cartographie des habitats présents sur le site de suivi. Cette cartographie sera réalisée au préalable à partir de photographies aériennes (campagnes SIEL), les différents habitats unitaires sont déterminés *a priori*. Cette classification est vérifiée sur le terrain. Sera ensuite créée une carte des habitats unitaires pour chaque site de suivi. Elle sera le document de base pour l'ensemble des suivis pour les différents groupes taxonomiques. Les cartes des habitats unitaires seront révisées tous les 5 ans. Des ajustements concernant des modifications observées lors de visites de terrain intermédiaires seront possibles. Les protocoles pour certains groupes taxonomiques reprennent des éléments d'autres protocoles déjà existants à l'échelle du bassin versant, ce qui rend les résultats facilement comparables avec ceux récoltés dans le cadre d'autres réseaux. Ainsi, le protocole pour le suivi de la végétation vasculaire reprend pour la végétation macrophytique du chenal des éléments du protocole de l'Indice Macrophytique en Rivière (IBMR, NF T90-395 (2003-10-01)). Qualité de l'eau - Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR)) et pour les forêts alluviales des éléments du « Protocole commun de description et de suivi des forêts alluviales du bassin de la Loire » (Dupieux, 2004).

Proposition d'un réseau de sites de suivi et estimation financière

Comme présenté dans les paragraphes précédents, le protocole de suivi OBLA correspond pour la plupart des groupes taxonomiques à un échantillonnage de la biodiversité dans les habitats présents sur un tronçon de la plaine inondable et chenal de 1,5 km de long (« site de suivi »). Afin de rendre compte du gradient amont-aval de la répartition des organismes, et du fonctionnement hydrologique et géomorphologique, une répartition régulière des sites de suivi le long des axes fluviaux est souhaitable. Selon les groupes taxonomiques, les échantillonnages sont plus ou moins demandeurs en temps et nécessitent des compromis entre ce qui est souhaitable et ce qui peut être réalisable. Ainsi, pour le phytoplancton, organismes de petite taille à cycle de vie rapide et dispersés rapidement d'amont en aval avec le courant, il est préférable de privilégier la fréquence de l'échantillonnage par rapport au nombre de sites de suivi. Pour les arthropodes terrestres, pour lesquels les résultats de la partie « synthèse des données (1.2) » ont démontré l'existence d'une structuration des communautés en gradient amont-aval, le principe inverse peut être invoqué. Le temps d'échantillonnage pour ces deux groupes est relativement rapide sur le terrain, le travail le plus chronophage consiste en la détermination des organismes au laboratoire à l'issue de l'échantillonnage. Pour le cas de la végétation, c'est au contraire la phase d'échantillonnage sur le terrain qui est la plus demandeuse en temps.

Suite à ces contraintes de nature diverse, nous proposons un réseau de 4 à 6 sites le long de la Loire et de 2 sites sur l'Allier (Figure 39). L'objectif initial d'inclure également la Vienne n'a pas été retenu dans cette proposition à cause des caractéristiques très différentes de ce cours d'eau par rapport aux deux autres et qui pourraient nécessiter des adaptations du protocole. Quant aux organismes davantage intégrateurs (oiseaux notamment), l'échelle du site n'est pas pertinente à cause de la grande mobilité des organismes et du caractère relativement aléatoire des observations lors d'un passage. Un nombre de points d'observations plus grands pour décrire un secteur s'impose. Les observations de l'avifaune pourront néanmoins profiter des enregistrements détaillés sur des conditions abiotiques réalisés sur les sites de suivi OBLA. Une augmentation du nombre des points d'échantillonnage pour le groupe des arthropodes terrestres peut être envisagée.

Les sites proposés intègrent deux critères : (i) d'être régulièrement répartis le long de la Loire ou de l'Allier (environ tous les 150 à 250 km), (ii) d'être déjà investis par des recherches en biodiversité et donc disposés des données déjà existantes. Ils étalent pour la Loire entre la Loire supérieure (site de l'Ecopôle du Forez) et la Loire aval (Varades), hors zone d'influence des marées. La plupart des sites proposés correspondent aux deux critères, les sites de Digoin (où environs) et de Limons (ou environs) sont proposés principalement pour leur localisation entre deux sites d'études distants, et

pour le cas de Limons, l'existence d'une station du réseau de contrôle et de surveillance des cours d'eau (RCS).



Figure 39 : Sites de suivi proposés

Concernant le coût d'un suivi, il s'approche de 18 000 euros par site et par an (hors protocoles oiseaux), auxquels s'ajoutent des frais de déplacement, des salaires (notamment d'un ingénieur d'études SIG/base de données à mi-temps, de stagiaires), des frais de déplacement entre sites, du matériel récurrent. Sur l'hypothèse de six sites de suivi, le coût annuel total s'élèverait à près de 28000 euros/site, et le coût total du programme peut être estimé à environ 165 000 euros / an, auquel s'ajouterait un investissement d'environ 40 000 euros en matériel au début de programme. L'intégration du protocole « Suivi quantitatif des oiseaux nicheurs de la Loire et de l'Allier (STORI) » (Roché, Faivre, Frochot) représenterait environ 120 000 euros tous les 5 ans ou 24 000 /an (lissage sur 5 ans) supplémentaires.

Perspectives

Le réseau OBLA souhaite mettre en place le protocole de suivi qui a été élaboré dans le présent projet. Il est actuellement à la recherche d'un financement qui permet ce suivi dans la longue durée (perspective > 10 ans).

Aux Etats-Unis, de tels suivis ont été mis en place depuis les années 1980 dans le cadre du *Long Term Ecological Research* (LTER) (<http://www.lternet.edu/>). Ils sont (co)-financés de manière récurrente par la National Science Foundation via des contrats reconductibles de six ans. Ces suivis se révèlent de première importance dans la compréhension de l'impact de phénomènes comme les changements globaux qui ne sont que difficilement appréhendables sans l'existence de chroniques longues de données documentant des facteurs clés du fonctionnement des écosystèmes (Magurran

et al. 2010). Il en résulte des publications récentes de tout premier rang (e.g. Adair et al. 2011, Bryant et al. 2014, Hallet et al. 2014), documentant l'intérêt et l'importance de tels suivis qui les acteurs scientifiques et politiques appellent par ailleurs de plus en plus souvent par leurs vœux.

Afin de mettre en place un suivi de type LTER pour les habitats alluviaux et de la biodiversité ligérienne, les étapes suivantes sont encore à réaliser :

1. Choix définitif des sites de suivi après étude des habitats présents sur les sites déjà investis, l'analyse de leur localisation et représentativité par rapport à l'ensemble des tronçons de la Loire et de ses affluents.
2. Mise en place d'appareillages de mesure sur le terrain (enregistreurs automatiques de température, de luminosité...).
3. Séances de travail commun sur le terrain des différents opérateurs des relevés pour l'intercalibration des méthodes de relevés.
4. Relevés de routine
5. Saisie et analyse des données
6. Publication régulière des données et de leur synthèse + analyses

Le réseau OBLA attache une grande importance à la compatibilité et complémentarité de ses données avec celles des divers dispositifs existants à l'échelle régionale, nationale et internationale. A l'échelle régionale, où plus largement à l'échelle du bassin versant, des échanges sont en cours ou ont eu lieu avec notamment l'observatoire régional de la biodiversité (entretien téléphonique avec C. Bertrand le 17 juin), le forum des marais atlantiques, le CEN Centre dans le cadre d'un futur observatoire de suivi de l'état des zones humides sur le bassin de la Loire et la Fédération des Conservatoires des espaces Naturels notamment au sujet du protocole Odonates, et des suivis menés par les gestionnaires des milieux naturels.

A l'échelle nationale et internationale, le réseau OBLA souhaite que ses données puissent intégrer les systèmes d'observation nationaux et internationaux sur la biodiversité. Ainsi, le réseau s'est engagé dans le cadre du projet CARMEN (**CAR**tographie du **M**inistère de l'**E**nvironnement) de fournir régulièrement des données d'observation dans le format du *Système d'Information sur la Nature et les Paysages (SNIP)* qui les transmettra ensuite au Système Mondial d'Information sur la Biodiversité (*Global Biodiversity Information Facility* ; www.gbif.fr). Concernant les métadonnées, le réseau fournit et fournira la description de ses données en mode « découverte » via le réseau des zones ateliers dans un format compatible avec la directive INSPIRE. S. Greulich, porteur du projet OBLA, a par ailleurs participé à un atelier organisé par le SOERE ECOSCOPE en début avril 2014 (<http://www.fondationbiodiversite.fr/programmes-phares/ecoscope>) pour définir le profil des métadonnées souhaitables en mode « expert » pour des dispositifs de recherche en écologie l'échelle nationale.

Le réseau OBLA a ainsi pu créer des interfaces avec de nombreux dispositifs afin de développer des approches en commun. D'autres liens sont encore à établir ou à renforcer, notamment avec le GIP estuaire et les observatoires régionaux de la biodiversité d'autres régions.

Références bibliographiques

Adair, C., Reich, P., Trost, J., Hobbie, S. 2011. Elevated CO₂ stimulates grassland soil respiration by increasing carbon inputs rather than by enhancing soil moisture. 2011. *Global Change Biology* 17:3546.

Bigot, M. 2014. Etude des habitats de la Vienne, de la Loire et de l'Allier : cartographie et analyse spatiale des habitats présents. Projet personnel Master 2 IMACOF, Université François Rabelais, Tours. 21 pp + Annexes.

Bryant, J.P., K. Joly. D. DeAngelis, F.S. Chapin, III, and K. Kielland. 2014. Can antibrowsing defense regulate the spread of woody vegetation in arctic tundra? *Ecography* 37:204-211

Delcourt & Delcourt. 1988. Quaternary landscape ecology: Relevant scales in time and space. *Landscape Ecology* 2(1):23-44.

Dupieux, N. 2004. Un protocole commun de description et de suivi des forêts alluviales du bassin de la Loire. Fédération des Conservatoires d'espaces naturels Orléans, 41p.

Hallett, L. M., J. S. Hsu, E. E. Cleland, S. L. Collins, T. L. Dickson, E. C. Farrer, L. A. Gherardi, K. L. Gross, R. J. Hobbs, L. Turnbull, and K. N. Suding. 2014. Biotic mechanisms of ecosystem stability change with precipitation variability. *Ecology* 95:1693-1700

Magurran AE, Baillie SR, Buckland ST, Dick JMcP, Elston DA, Scott EM, Smith RI, Somerfield PJ, Watt A. 2010. Long-term data sets in biodiversity research and monitoring: assessing change in ecological communities through time. *Trends Ecol Evol* 25: 574–582.

NF T90-395 (2003-10-01). Qualité de l'eau - Détermination de l'indice biologique macrophytique en rivière (IBMR)

Action transversale : base de données, contacts avec d'autres dispositifs

Ce volet a été réalisé principalement par des ingénieures d'études recrutées pour le projet, Aurélie Batany du 17 septembre 2012 au 09 juillet 2013 et Séverine Airaud à partir du 1^{er} novembre 2014.

Base de données

Objectifs

L'OBLA souhaite se doter d'une base de données spatialisée afin de stocker ses données ou celles de ses partenaires, de les partager, de les visualiser (tableaux, cartes, requêtes), et de les diffuser. Cette base de données est censée être complémentaire aux bases de données existantes et d'appliquer des standards de données permettant des échanges faciles avec d'autres bases de données

Cet outil devra également devenir un véritable outil de travail pour les chercheurs et les partenaires de l'OBLA, permettant de croiser des données de nature différentes (attributaires, spatiales) et de compartiments variés (taxonomiques, environnementales...).

Cette base de données devra également offrir la possibilité aux petits organismes et aux associations travaillant en écologie sur le territoire du bassin-versant de la Loire et ne disposant pas de visibilité, de stocker, partager et diffuser leurs données. Elle devra en plus être complémentaire aux différents dispositifs existants sur le bassin versant de la Loire et travailler avec des standards de formats qui permettent l'échange des données avec des bases de données nationales et internationales.

Ce travail a nécessité les étapes suivantes :

Actions 1.2 et 1.3 : Construction de la base de données de l'OBLA :

- Le bilan sur les données existantes a été réalisé par Aurélie Batany de septembre à juin 2013
- La conception de la base de données, incluant un état de l'art des solutions existantes et des normes à respecter³ a été effectué par A. Batany et S. Airaud.

³

Les Métadonnées

Les jeux de données qui intégreront la base de données OBLA seront décrits, conformément à la directive INSPIRE, sous forme de métadonnées, c'est-à-dire des informations sur ces jeux de données et leurs producteurs communiquées et visible partout dans le monde via des bases de métadonnées. Pour la saisie des données, qui sera réalisable sur l'interface graphique de la base de données OBLA, le formulaire de saisie développé par le réseau des zones ateliers sera utilisé. Il est aux normes ISO 19115, et ISO 19139. Il intègre les informations minimales demandées par la directive INSPIRE (métadonnées d'exploration/de découverte ». Des champs supplémentaires de métadonnées (« métadonnées expert ») pourront ultérieurement être complétés via le portail de SOERE ECOSCOPE, en cours de développement, auquel le réseau OBLA est associé.

La seconde contrainte se situe elle au niveau des métadonnées qui sont associées aux données produites par le Réseau OBLA, nous devons pouvoir fournir un outil aux chercheurs permettant de rechercher des métadonnées, donc d'aller moissonner des métadonnées d'autres catalogues de métadonnées dans d'autres sites web, mais aussi capable de produire des métadonnées, c'est pourquoi il a été décidé d'inclure à la base de données de l'OBLA un catalogue de métadonnées. La seconde contrainte se situe elle au niveau des métadonnées qui sont associées aux données produites par le Réseau OBLA, nous devons pouvoir fournir un outil aux chercheurs permettant de rechercher des métadonnées, donc d'aller moissonner des métadonnées d'autres catalogues de métadonnées dans d'autres sites web, mais aussi capable de produire des métadonnées, c'est pourquoi il a été décidé d'inclure à la base de données de l'OBLA un catalogue de métadonnées.

Les métadonnées doivent respecter la Directive INSPIRE. Pour ce faire deux logiciels open-source ont été déployés sur le portail web de la Zone Atelier Loire : Geosource et Geoserver. Geosource respecte la norme INSPIRE et permet de stocker, produire et diffuser des métadonnées. Geoserver, quant à lui permet d'afficher les données spatiales, rattachées à une

- La construction de la base de données : le choix de la plateforme d'accueil de la base (Portail de la Zone Atelier Loire), choix de l'outil Sterne (base de données libre de droits, commandité par le PNR LAT, déposée sur une forge), choix des outils pour la création, le stockage et la diffusion des métadonnées, connexion du portail web, des géocatalogues et de la base de données aux serveurs, modification des modules de Sterne, et lien des serveurs des géocatalogues et de la base de données avec le serveur du portail web.

-Intégration des données dans la base : les données ont été collectées et le travail de vérification des données et d'intégrations dans la base restent encore à faire.

-Mise en ligne restreinte du portail web de la Zone Atelier Loire (accès restreint à une connexion sur le réseau de l'Université) tant que la base de données ne sera pas finalisée.

La Base de données de l'OBLA :

La base de données intégrera trois schémas de données :

- Un premier schéma pour les données de synthèse (actions 1.1 et 1.2) qui pourront ainsi être archivées consultées et requêtées.
- Un second schéma pour les données acquises dans le cadre des différents protocoles, auquel pour chaque lot de données devra être jointe une fiche de métadonnées.
- Un troisième schéma concernera les données exclusivement réservées au SINP et au GBIF, dont les formulaires sont adaptés aux standards de données demandées par ces organismes.

La base de données sera hébergée à la faculté des Sciences de l'université de Tours (www.zal.sciences.univ-tours.fr). Si nécessaire, elle pourra migrer ultérieurement vers un autre hébergeur.

Le portail de données

L'entrée à la base de données se fera via le portail de données de la Zone Atelier Loire. Ce portail a été développé dans le cadre d'un projet d'étude en quatrième année du cycle d'ingénieur en informatique de l'Ecole Universitaire Polytechnique de Tours (encadrant : Nicolas Ragot), en collaboration étroite avec l'Ingénieure d'études OBLA. Ce portail a été finalisé en juin 2014 (adresse : www.zal.sciences.univ-tours.fr).

Le type de base de données

Le type de base de données choisi pour le réseau OBLA et celui d'un Web SIG, c'est-à-dire une base qui permet à l'utilisateur de visualiser les données spatiales sur fond cartographique, de créer et d'importer des cartes. Pour cela sera utilisée une solution WebSig « clefs en mains » et open-source : CARMEN, gérée par le BRGM, et émanant du Ministère de l'Écologie et du Développement durable.

Carmen permet en effet en plus de disposer d'un portail web cartographique dans lequel pourront être intégrées les données du réseau OBLA, et grâce auquel l'OBLA disposera, via des flux WMS /WFS, de très nombreuses données spatialisées, notamment de données concernant la sphère écologie (MNHN (SINP : de nombreuses cartes concernant la biodiversité en Métropole) ; LPO Pays de la Loire ; Forum des Marais Atlantiques...). De très nombreux organismes sont désormais adhérents à Carmen, comme les DREAL, l'ONCFS, le MNHN... et fournissent des cartes en ligne.

Le réseau OBLA, via l'Université de Tours, a déposé une demande d'adhésion à Carmen auprès de Yannick Lebeau du SINP en février 2014.

fiche de métadonnées dans le visualiseur de Geosource. Geoserver respecte aussi les normes de l'OGC (Open Geospatial Consortium), qui promeut des standards ouverts pour l'interopérabilité des données en géomatique.

Compatibilité du format des données OBLA

L'adhésion à CARMEN inclut également une adhésion au SINP.

En tant qu'adhérent au SINP, le réseau OBLA doit fournir une à deux fois par an des données dans le format demandé par le SINP, qui les transformera alors en DEE (Données élémentaires d'échanges), qui sont versées dans la base nationale du SINP. A partir de là, elles pourront aussi être versées dans la base du GBIF. Le GBIF (Global Biodiversity Information Facility) est un système mondial d'information sur la biodiversité. Le GBIF, consortium international fondé à l'initiative de l'OCDE, est un programme qui tente de rassembler toutes ces données et de les mettre en commun à la disposition des chercheurs et du grand public. Ainsi la biodiversité sera mieux connue, mieux étudiée, et mieux utilisée. Les collections seront aussi plus visibles et mieux mises en valeur, et les régions mieux connues. Enfin, il sera plus facile aux chercheurs étudiant la biodiversité de préparer leurs recherches, de les comparer et de les mettre en relation avec les travaux antérieurs⁴. Pour ce faire, le GBIF offre un moteur de recherche portant sur des bases de données connectées au GBIF de manière standardisée. Les possesseurs de données peuvent connecter tout ou partie de leurs ressources au GBIF, afin de les rendre visibles et interopérables, mais restent maîtres de leurs données, qu'ils continuent à héberger et à utiliser dans le cadre de leur travail.

Les données GBIF étant compatibles avec d'autres bases internationales comme BIOFRESH (Biofresh est un projet international financé par l'Union Européenne dont le but est de créer une plateforme d'information mondiale pour les scientifiques et les gestionnaires des écosystèmes)⁵. Les données publiques du réseau OBLA seront donc par ce moyen mises à disposition des principales bases de données nationales et internationales dans le domaine de la biodiversité.

La base de données OBLA est en cours de développement à partir de modules open-source et libres de droit de la base de données STERNE 1 du Parc Naturel Régional Loire-Anjou-Touraine, développé par ALKANTE Nantes et disponible sur une forge. Cette base dispose de modules de saisie, de recherche et de visualisation de données de biodiversité (occurrences de taxons notamment), collectées selon des protocoles variés.

Le développement se fait sous PostgreSQL (version 8.1).

Les données récoltées auprès de tiers :

Certaines des données que nous avons collectées ont fait et feront l'objet d'une convention : les données du PNR LAT, les données de Météo France, les données du GIP Loire Estuaire, celles du site de la Biodiversité en Région Centre, et celles de la Région Rhône-Alpes.

Communication : Création d'un logo pour l'OBLA :

Un prestataire a été choisi afin de réaliser un logo pour l'identité visuelle du Réseau OBLA. C'est la figure du Castor, emblématique du bassin-versant de la Loire, qui a été retenue. D'une part pour son côté attrayant pour le grand public. D'autre part pour l'image positive que la présence de ce mammifère sur le bassin-versant de la Loire représente (réintroduction de l'espèce qui a été concluante).

⁴ www.gbif.fr

⁵ <http://www.freshwaterbiodiversity.eu>

Travail à réaliser :

A-Les données de l'OBLA :

Il faudra vérifier les données de l'OBLA déjà collectées, les intégrer dans la base de données, et collecter les nouvelles données respectant les protocoles des différents groupes taxonomiques, et elles aussi les intégrer dans la base de données.

B -Les données des partenaires de l'OBLA :

Des conventions doivent être finalisées et certaines données encore collectées. Il reste à vérifier les données des partenaires de l'OBLA, et les intégrer dans la base de données.

C-Développements informatique :

Quelques développements en informatique restent à faire afin de finaliser la base de données, en particulier du design web, et des développements sur le module cartographique.

Les formulaires de notre base doivent être revus et adaptés à nos problématiques et à nos données, la sécurité de la base modifiée, un module permettant l'export direct de nos données au GBIF installé.

La nouvelle base devra subir quelques tests avant d'être mise en service, mais ils seront minimes car c'est une base dont les bugs ont déjà été résolus. Elle est stable.

D -Les Géocatalogues :

Les géocatalogues Geosource et Geoserver devront être configurés, alimentés et administrés.

Le travail de préparation et de développement de la base de données sera finalisé dans le cadre du projet BD_Biodiv pour fin 2014.

E -Gestion et administration de la base :

La base de données de l'OBLA, et dans une moindre mesure le site SIULRUS, devront être administrés : collecte, intégration, vérifications des données, gestion des utilisateurs.

Dans l'avenir la base de données de l'OBLA devra pouvoir migrer en temps voulu sur des systèmes plus modernes, pour assurer sa compatibilité avec les autres systèmes informatique et sa longévité.

F-Le Réseau OBLA :

L'animation du réseau lui aussi devra pouvoir se pérenniser afin d'assurer une bonne communication entre les membres du réseau, de permettre une dynamique de groupe, d'échanger des données et des métadonnées, de mutualiser des connaissances et des moyens, de synchroniser les actions entreprises, d'assurer la veille scientifique...

Valorisation des travaux du réseau OBLA

Rapports d'études

Bigot, M. 2014. Etude des habitats de la Vienne, de la Loire et de l'Allier : cartographie et analyse spatiale des habitats présents. Projet personnel Master 2 IMACOF, Université François Rabelais, Tours. 21 pp + Annexes.

Carbonell A. 2013. Réseau d'observation de la biodiversité ligérienne d'avifaune, amphibiens et reptiles du Bassin versant de la Loire. Rapport Master 42 p.

Faivre B, Roché J (2013) Programme « STORI » Suivi Temporel des Oiseaux nicheurs en Rivière. 3. Résultats - Suivi quantitatif de l'avifaune nicheuse le long de la Loire et de l'Allier de 1990 à 2012. Rapport 106 p.

Lefebvre G. 2013. Répartitions des macro-arthropodes terrestres ligériens : synthèse des données existantes et analyses écologiques. Rapport de Master 2 Ecologie-Environnement Zones humides continentales et littorales, Université d'Angers, 40 p.

Mangenot A. 2013. Répartition des macro-invertébrés terrestres ligériens : comparaison de peuplements prairiaux d'araignées entre zones fluviale et estuarienne. Rapport de Master 1 Biologie-Ecologie-Environnement PNB, Université de Rennes 1, 16 p.

Articles dans des revues internationales avec comité de lecture

Besnard AG, Secondi J (2014) Hedgerows diminish the value of meadows for grassland birds: potential conflicts for agri-environment schemes. *Agriculture Ecosystem & Environment* 189 : 21-27.

Besnard AG, La Jeunesse I, Pays, O, Secondi J. (2013) Topographic wetness index predicts the occurrence of bird species in floodplains. *Diversity and Distributions* 19 : 955-963.

Wantzen KM et al. (2014) Sandy rivers: a review on general ecohydrological patterns of benthic invertebrate assemblages across continents. *International Journal of River Basin Management*:1-12 (online).

Abonyi, A., M. Leitao, I. Stanković, G. Borics, G. Varbiro & J. Padisak, 2014. A large river survey (River Loire, France) to compare phytoplankton functional classifications. Do they display river zones in similar ways? *Ecological Indicators* doi: 10.1016/j.ecolind.2014.05.038

Abonyi, A., M. Leitao, A. M. Lançon & J. Padisak, 2012. Phytoplankton functional groups as indicators of human impacts along the River Loire (France). *Hydrobiologia* 698(1):233-249 doi:10.1007/s10750-012-1130-0.

Communications scientifiques dans des congrès internationaux

Besnard AG, Secondi J. How do agri-environmental schemes fare in stochastic ecosystems? Spring flood causes the decoupling between the time schedules of breeding birds and conservation measures, Conference European Ornithological Union, Norwich, Angleterre, Août 2013, poster

Besnard AG, Secondi J. Conservation conflicts at the landscape scale - Insights from grassland passerines in large floodplains. European Congress of Conservation Biology, Glasgow, Août 2012, poster

Communications scientifiques dans des congrès nationaux

Abonyi, A., F. Moatar, M. Leitaó & J. Padisak. Functional groups of river phytoplankton are reflecting longitudinal processes along the River Loire (France). In: Toth, V., Z. Heiszler & R. Hohol (eds) 32nd Congress of the International Society of Limnology (SIL), Budapest, Hungary, 4-9 August 2013. Balaton Limnological Institute, Hungarian Academy of Sciences, Centre for Ecological Research, p 96. (oral presentation)

Abonyi, A., M. Leitaó & J. Padisak. Phytoplankton functional properties along the River Loire continuum (France). In: Bengtsson, M., et al. (eds) Fresh Blood for Fresh Water, Young Aquatic Science, WasserCluster, Lunz am See, Austria, February 27th - March 1st 2013. p 24. (poster)

Abonyi, A., M. Leitaó, I. Stanković, G. Borics, G. Varbiro & J. Padisak. Comparing phytoplankton functional classifications along the River Loire. In: Meyer, E. (ed) 8th Symposium for European Freshwater Sciences, Munster, Germany, 1-5 July 2013. (poster)

Besnard A., Secondi J. Modélisation d'habitat des oiseaux prairiaux en plaine alluviale. Séminaire Modelisad INRA, Paris, novembre 2012 Pétillon J., Lafage D., Leroy B., François A., Georges A., Nougues D., de Flores M., Canard A., Ysnel F. & Le Viol I. (présentation). Impact of different management practices on ground-dwelling arthropods (Western France). Open Landscapes 2013 - Ecology, Management and Nature Conservation -, Hildesheim (Allemagne), 29 septembre – 3 octobre 2013.

Leitaó, M., A. Abonyi & A.M. Lançon. The phytoplankton monitoring of the river Loire (France). In: Ortega, P. M., F. F. Pinas, E. P. Urizar, R. R. Garcia, E. G. Calvo & S. S. Cortes (eds) Use of Algae for Monitoring Rivers, Alcalá de Henares, 2012. Madrid, p 35. (oral presentation)

Leitaó, M., A. Abonyi, U. Mischke, G. Borics & G. Varbiro. Applying phytoplankton indices along the River Loire (France). In: Meyer, E. (ed) 8th Symposium for European Freshwater Sciences, Munster, Germany, 1-5 July 2013. (oral presentation)

Pétillon J., Lafage D., Leroy B., François A., Georges A., Nougues D., de Flores M., Canard A., Ysnel F. & Le Viol I. (présentation). Impact of different management practices on ground-dwelling arthropods (Western France). Open Landscapes 2013 - Ecology, Management and Nature Conservation -, Hildesheim (Allemagne), 29 septembre – 3 octobre 2013.

Secondi J, Besnard A, Fourcade Y, Maugenest S. Le Rôle des genêts et la conservation des oiseaux prairiaux dans les plaines alluviales 2ème journée scientifique, CVFSE/Oniris, Nantes, 22 Novembre 2013, comm. orale

A venir :

Articles dans des revues internationales avec comité de lecture

Descy, J.-P., A. Abonyi, M. Leitaó, C. Minaudo, F. Moatar. Long-term changes in phytoplankton of a temperate river (River Loire, France): Did cyanobacteria increase in the past decades?

Lafage D., Bouzillé J.-B., Maugenest S. & Pétillon J. Disentangling the influence of local and landscape factors on components of biodiversity in meadows. A soumettre à *Oecologia*.

Lafage D., Lefebvre G., Mangenot A., Papin C. & Pétillon J. Diversity of terrestrial arthropods along the Loire. En préparation.

Sarmiento, H., A. Abonyi, S. Jati, A.-M. Lançon, M. Leitaó, L. C. Rodrigues, S. Train. A comparative study of potamoplankton community and size structure in large temporal and geographical scales: The tropical river Parana (Brazil) and the temperate river Loire (France).

Articles dans des ouvrages scientifiques

En préparation: Wantzen, K. M. et al (2014): Les invertébrés aquatiques du corridor fluvial de la Loire. In : Moatar, F. (ed). le système fluvio-estuarien de la Loire. Hermès, Paris (invited review, manuscript)

ANNEXES

Annexe 1 : : liste des macroinvertébrés de la Loire actualisée à la date du 31/12/13. (complétée d'après Chovet et Lecureuil, 2008 et Engles 2011)

CLASSE / ORDRE	FAMILLE	SOUS FAMILLE	ESPECE
SPONGIAIRES	<i>Spongillidae</i>		
CNIDAIRES	<i>Clavidae</i>		<i>Cordylophora caspia</i> (Pallas, 1771)
	<i>Hydridae</i>		<i>Hydra</i> sp.
TRICLADES	<i>Dendrocoelidae</i>		<i>Dendrocoehim</i> sp
	<i>Dugesiidae</i>		<i>Dugesia tigrina</i> (Girard, 1850)
	<i>Planariidae</i>		<i>Polycelis</i> sp.
NEMATHELMINTHES	<i>Mermithidae</i>		
NEMERTIENS			<i>Prostoma graecenses</i>
BRYOZOAIRES	<i>Paludicellidae</i>		<i>Paludicella articulata</i> (Ehrenberg, 1831)
	<i>Fredericellidae</i>		<i>Fredericella sultana</i> (Blumenbach, 1779)
	<i>Plumatellidae</i>		<i>Plumatella</i> sp.
	<i>Cristatellidae</i>		<i>Cristatella mucedo</i> (Cuvier, 1798)
	<i>Pectinatellidae</i>		<i>Pectinatella magnifica</i> (Leydi, 1851)
OLIGOCHETES	<i>Naïdidae</i>		<i>Stylaria</i> sp.
	<i>Tubificidae</i>		<i>Branchiura sowerbvi</i> (Beddard, 1892)
ACHETES	<i>Erpobdellidae</i>		<i>Dina</i> sp.
			<i>Erpobdella</i> sp.
			<i>Trocheta</i> sp.
	<i>Glossiphoniidae</i>		<i>Glossiphonia</i> sp.
			<i>Helobdella</i> sp.
			<i>Hemiclepsis</i> sp.
	<i>Piscicolidae</i>		<i>Piscicola geometra</i> (Linnaeus, 1758)
GASTEROPODES	<i>Ancylidae</i>		<i>Ancylus fluviatilis</i> (Müller, 1774)
			<i>Ferrissia wauteri</i> (Mirolli, 1960)
	<i>Bithyniidae</i>		<i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Hydrobiidae</i>		<i>Hydrobius</i> sp.
			<i>Lithoglyphus</i> sp.
			<i>Potamopyrgus antipodarum</i> (Gray, 1843)
	<i>Lymnaeidae</i>		<i>Galba</i> sp.
			<i>Lymnaea</i> sp.
			<i>Radix auricularia</i> (Linnaeus, 1758)
			<i>Radix peregra</i> (Müller, 1774)
	<i>Neritidae</i>		<i>Theodoxus fluviatilis</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Physidae</i>		<i>Physa fontinalis</i> (Linnaeus, 1758)

		<i>Physella acuta</i> (Draparnaud, 1805)
	<i>Planorbidae</i>	<i>Anisus</i> sp.
		<i>Gyraulus albus</i> (Müller, 1774)
		<i>Menetus dilatatus</i> (Gould, 1841)
	<i>Valvatidae</i>	<i>Valvata piscinalis</i> (Müller, 1774)
	<i>Viviparidae</i>	<i>Viviparus viviparus</i> (Linnaeus, 1758)
BIVALVES	<i>Corbiculidae</i>	<i>Corbicula</i> sp.
	<i>Dreissenidae</i>	<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)
	<i>Sphaeriidae</i>	<i>Pisidium</i> sp.
		<i>Sphaerium</i> sp.
	<i>Unionidae</i>	<i>Anodonta anatina</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)
CRUSTACES	<i>Argulidae</i>	<i>Argulus</i> sp.
	<i>Asellidae</i>	<i>Asellus aquaticus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Crangonyctidae</i>	<i>Crangonyx pseudogracilis</i> (Bousfield, 1958)
	<i>Corophiidae</i>	<i>Chelocorophium curvispinum</i> (Sars, 1895)
	<i>Gammaridae</i>	<i>Dikergammarus villosus</i> (Sowinski, 1894)
		<i>Echinogammarus berrilloni</i> (Catta, 1878)
		<i>Echinogammarus spinulicornis</i> (Pinkster & Stock, 1971)
		<i>Gammarus fossarum</i> (Koch 1835)
		<i>Gammarus lacustris</i> (Sars, 1863)
		<i>Gammarus orinos</i> (Pinkster & Schol, 1984)
		<i>Gammarus pulex pulex</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Gammarus roesei</i> (Gervais, 1835)
		<i>Gammarus triginus</i> (Sexton 1939)
	<i>Mysidae</i>	<i>Hemimysis anomala</i> (Sars, 1907)
	<i>Atyidae</i>	<i>Atyaephyra desmaresti</i> (Millet, 1831)
	<i>Cambaridae</i>	<i>Orconectes limosus</i> (Rafmesque, 1817)
	<i>Astacidae</i>	<i>Pacifastacus leniusculus</i> (Dana, 1852)
HYDRACARIENS		
EPHEMEROPTERES	<i>Ametropodidae</i>	<i>Ametropus fragilis</i> (Albarda, 1878)
	<i>Potamanthidae</i>	<i>Potamanthus luteus</i> (Linnaeus, 1767)
	<i>Polymitarcyidae</i>	<i>Ephoron virgo</i> (Olivier, 1791)
	<i>Caenidae</i>	<i>Brachycercus europaeus</i> (Kluge, 1991)
		<i>Brachycercus harrisellus</i> (Curtis, 1834)
		<i>Caenis horaria</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Caenis luctuosa</i> (Burmeister, 1839)
		<i>Caenis macrura</i> (Stephens, 1836)
		<i>Caenis moesta</i> (Bengtsson, 1917)
		<i>Caenis pseudorivutorum</i> (Keffermiüller, 1960)
		<i>Caenis pusilla</i> (Navàs, 1913)

		<i>Caenis rivulorum</i> (Eaton, 1884)
		<i>Caenis robusta</i> (Eaton, 1884)
		<i>Cercobrachys minutus</i> (Tshernova, 1952)
		<i>Eurycaenis harisella</i> (Curtis, 1834)
	<i>Ephemerellidae</i>	<i>Ephemerella notata</i> (Eaton, 1887)
		<i>Serratella ignita</i> (Poda, 1761)
		<i>Serratella mesoleuca</i> (Brauer, 1857)
	<i>Baetidae</i>	<i>Acentrella cf. sinaica</i> (Bogoescu, 1931)
		<i>Baetis alpinus</i> (Pictet, 1843)
		<i>Baetis buceratus</i> (Eaton, 1870)
		<i>Baetis fuscatus</i> (Linnaeus, 1761)
		<i>Baetis lutheri</i> (Miiller-Liebenau, 1967)
		<i>Baetis rhodani</i> (Pictet, 1845)
		<i>Baetis vernus</i> (Curtis, 1834)
		<i>Baetopus tenellus</i> (Albarda 1878)
		<i>Baetopus wartensis</i> (Keffermiiller 1960)
		<i>Centroptilum luteolum</i> (Miiller, 1776)
		<i>Cloeon dipterum</i> (Linnaeus, 1761)
		<i>Cloeon simile</i> (Eaton, 1870)
		<i>Labiobaetis atrebatinus</i> (Eaton, 1870)
		<i>Labiobaetis tricolor</i> (Tshernova, 1928)
		<i>Procloeon pennulatum</i> (Eaton, 1870)
		<i>Procloeon bifidum</i> (Bengtsson, 1912)
		<i>Procloeon pulchrum</i> (Eaton, 1885)
	<i>Siphonuridae</i>	<i>Siphonurus aestivalis</i> (Eaton, 1903)
		<i>Siphonurus lacustris</i> (Eaton, 1870)
	<i>Oligoneuriidae</i>	<i>Oligoneuriella pallida</i> (Hagen, 1855)
		<i>Oligoneuriella rhenana</i> (Imhoff, 1852)
	<i>Isonychiidae</i>	<i>Isonychia ignota</i> (Walker, 1853)
	<i>Heptageniidae</i>	<i>Dacnogenia coeruleans</i> (Rostock, 1878)
		<i>Ecdyonurus insignis</i> (Eaton. 1870)
		<i>Ecdyonurus venosus</i> (Fabricius, 1775)
		<i>Electrogena quadrilineata</i> (Landa, 1970)
		<i>Electrogena affinis</i> (Landa, 1970)
		<i>Electrogena lateralis</i> (Curtis, 1834)
		<i>Epeorus sp.</i>
		<i>Heptagenia flava</i> (Rostock, 1878)
		<i>Heptagenia longicauda</i> (Stephens, 1836)
		<i>Heptagenia sulphurea</i> (Müller, 1776)
		<i>Kageronia fuscogrisea</i> (Retzius, 1783)
		<i>Rhithrogena beskidensis</i> (Alba Tercedor & Sowa, 1987)
	<i>Leptophlebiidae</i>	<i>Choroterpes picteti</i> (Eaton, 1871)
		<i>Habrophlebia fusca</i> (Curtis, 1834)
		<i>Habrophlebia lauta</i> (Eaton, 1884)
		<i>Leptophlebia marginata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Ephemeridae</i>	<i>Ephemera danica</i> (Müller, 1764)

		<i>Ephemera lineata</i> (Eaton, 1869)
PLECOPTERES	<i>Perlodidae</i>	<i>Dyctyogenus</i> sp. <i>Isogenus nubeculum</i> (Newman, 1833) <i>Isoperla grammatica</i> (Poda, 1761) <i>Isoperla obscura</i> (Zettersfeldt, 1840) <i>Perlodes</i> sp.
	<i>Perlidae</i>	<i>Dinocras</i> sp.
	<i>Perlidae</i> (suite)	<i>Perla</i> sp.
	<i>Capniidae</i>	Gen. Sp.
	<i>Chloroperlidae</i>	<i>Chloroperla</i> sp. <i>Siphonoperla</i> sp. <i>Xanthoperla apicalis apicalis</i> (Newman, 1836)
	<i>Taeniopterygidae</i>	<i>Brachyptera</i> sp. <i>Rhabdiopteryx</i> sp. <i>Taeniopteryx nebulosa</i> (Linnaeus, 1758) <i>Taeniopteryx schoenemundi</i> (Mertens, 1923)
	<i>Leuctridae</i>	<i>Leuctra geniculata</i> (Stephens, 1836)
	<i>Nemouridae</i>	<i>Amphinemoura</i> sp. <i>Nemoura</i> sp. <i>Protonemoura</i> sp.
ODONATES	<i>Calopterygidae</i>	<i>Agrion</i> (<i>Calopteryx</i>) <i>splendens</i> (Harris, 1776)
	<i>Coenagrionidae</i>	<i>Cercion lindenii</i> (Sélys, 1840) <i>Coenagrion puella</i> (Linné, 1758) <i>Erythromma najas</i> (Hansemann, 1823) <i>Ischnura elegans</i> (Van der Linden, 1820)
	<i>Corduliidae</i>	<i>Macromia splendens</i> (Pictet, 1843)
	<i>Lestidae</i>	<i>Chalcolestes viridis</i> (Van der Linden, 1825)
	<i>Platycnemididae</i>	<i>Platycnemis pennipes</i> (Pallas, 1771)
	<i>Aeschnidae</i>	<i>Aeschna cyanea</i> (Müller, 1764) <i>Anax</i> sp. <i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1838)
	<i>Gomphidae</i>	<i>Gomphus flavipes</i> (Charpentier, 1825) <i>Gomphus vulgatissimus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Onychogomphus forcipatus</i> (Linnaeus, 1758) <i>Ophiogomphus cecilia</i> (Geoffroy in Fourcroy, 1785)
	<i>Libellulidae</i>	<i>Orthetrum cancellatum</i> (Linnaeus, 1758) <i>Sympetrum sanguineum</i> (Müller, 1764)
HETEROPTERES	<i>Aphelocheiridae</i>	<i>Aphelocheirus aestivalis</i> (Fabricius, 1794)
	<i>Corixidae</i>	
		<i>Corixinae</i>
		<i>Micronectinae</i> <i>Micronecta</i> sp.
	<i>Gerridae</i>	<i>Gerris</i> sp.
	<i>Hydrometridae</i>	<i>Hydrometra</i> sp.

	<i>Mesoveliidae</i>	<i>Mesovelia</i>
	<i>Naucoridae</i>	<i>Naucoris</i> sp.
	<i>Nepidae</i>	<i>Nepa cinerea</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Notonectidae</i>	<i>Notonecta</i> sp.
	<i>Veliidae</i>	Gen. sp.
MEGALOPTERES	<i>Sialidae</i>	<i>Sialis</i> sp.
PLANIPENNES	<i>Sisyridae</i>	<i>Sisyra</i> sp.
LEPIDOPTERES	<i>Crambidae</i>	
COLEOPTERES	<i>Dryopidae</i>	<i>Dryops</i> sp.
		<i>Helichus</i> sp.
		<i>Pomatinus</i> sp.
	<i>Scirtidae</i>	<i>Cyphon</i> sp.
		<i>Hydrocyphon</i> sp.
		<i>Scirtes</i> sp.
	<i>Dytiscidae</i>	<i>Acilius</i> sp.
		<i>Agabus</i> sp.
		<i>Bidessus</i> sp.
		<i>Coelambus</i> sp.
		<i>Dysticus</i> sp.
		<i>Guignatus</i> sp.
		<i>Hydaticus</i> sp.
		<i>Hydroporus</i> sp.
		<i>Hydrotus versicolor</i> (Schaller, 1783)
		<i>Hyphydrus</i> sp.
		<i>Laccophilus hyalinus</i> (De Geer, 1774)
		<i>Oreodytes sanmarkii</i> (Sahlberg, 1826)
		<i>Platambus maculatus</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Platambus</i> sp.
		<i>Porhydrus</i> sp.
	<i>Dytiscidae</i> (suite)	<i>Potamonectes</i> sp.
		<i>Scarodytes</i> sp.
		<i>Stictotarsus</i> sp.
		<i>Yola</i> sp.
	<i>Colymbetidae</i>	<i>Colymbetes</i> sp.
	<i>Chrysomelidae</i>	Gen. Sp.
	<i>Curculionidae</i>	Gen. Sp.
	<i>Elmidae</i>	<i>Dupophilus brevis</i> (Mulsant & Rey, 1872)
		<i>Elmis aenea</i> (Müller, 1806)
		<i>Elmis maugetii</i> (Latreille, 1798)
		<i>Elmis rioloides</i> (Kuwert, 1890)
		<i>Elmis</i> sp.
		<i>Esolus angustatus</i> (Muller, 1821)

		<i>Esolus parallelepipedus</i> (Müller, 1806)
		<i>Esolus pygmaeus</i> (Müller, 1806)
		<i>Esolus</i> sp.
		<i>Limnius muelleri</i> (Erichson, 1847)
		<i>Limnius opacus</i> (Müller, 1806)
		<i>Limnius perrisi</i> (Dufour, 1843)
		<i>Limnius</i> sp.
		<i>Limnius volckmañ</i> (Panzer)
		<i>Macronychus quadrituberculatus</i> (Müller, 1806)
		<i>Normandia nitens</i> (Müller, 1817)
		<i>Oulimnius</i> sp.
		<i>Oulimnius troglodytes</i> (Gyllenhal, 1827)
		<i>Oulimnius tuberculatus</i> (Müller, 1806)
		<i>Potamophilus acuminatus</i> (Fabricius, 1792)
		<i>Riolus</i> sp.
		<i>Stenelmis canaliculata</i> (Gyllenhal, 1808)
		<i>Stenelmis</i> sp.
	Gyrinidae	<i>Gyrinus</i> sp.
		<i>Orectochilus villosus</i> (Müller, 1776)
	Noteridae	<i>Notenis</i> sp.
	Haliplidae	<i>Brychius</i> sp.
		<i>Haliplus fluviatilis</i> (De Geer, 1774)
		<i>Peltodytes caesus</i> (Duftschmid, 1805)
	Helophoridae	<i>Helophorus</i> sp.
	Hydraenidae	<i>Hydraena bicuspidata</i> (Ganglbauer, 1901)
		<i>Hydraena riparia</i> (Kugellan, 1794)
		<i>Hydraena</i> sp.
		<i>Limnebius</i> sp.
		<i>Ochthebius</i> sp.
	Hydrochidae	<i>Hydrochus</i> sp.
	Hydrophilidae	<i>Anacaena</i> sp.
		<i>Berosus signaticollis</i> (Charpentier, 1825)
		<i>Helochaeres lividus</i> (Forster, 1771)
		<i>Hydrophilus</i> sp.
		<i>Hydrophilus</i> sp.
		<i>Laccobius</i> sp.
		<i>Spercheus</i> sp.
	Hygrobiidae	<i>Cymbiodyta</i> sp.
		<i>Hydrobius</i> sp.
		<i>Hygrobia tarda</i> (Herbst, 1779)
TRICHOPTERES	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche lepida</i> (Pictet, 1834)
		<i>Hydropsyche angustipennis</i> (Curtis, 1834)
		<i>Hydropsyche bulgaromanorum</i> (Malicky, 1977)
		<i>Hydropsyche contubernalis</i> (McLachlan, 1865)
		<i>Hydropsyche dinarica</i> (Marinkovic, 1979)
		<i>Hydropsyche exocellata</i> (Dufour, 1841)

	<i>Hydropsyche</i> gr. <i>Pellucidula</i> (Curtis, 1834)
	<i>Hydropsyche ornatula</i> (McLachlan, 1878)
	<i>Hydropsyche sitalai</i> (Doehler, 1963)
<i>Ecnomidae</i>	<i>Ecnomus deceptor</i> (McLachlan, 1884)
	<i>Ecnomus tenellus</i> (Rambur, 1842)
<i>Beraeidae</i>	<i>Beraeodes minutus</i> (Linnaeus, 1761)
<i>Philopotamidae</i>	<i>Chimarra marginata</i> (Linnaeus, 1767)
	<i>Philopotamus montanus</i> (Donovan, 1813)
	<i>Wormaldia</i> sp.
<i>Polycentropodidae</i>	<i>Cyrnus trimaculatus</i> (Curtis, 1834)
<i>Polycentropodidae</i> (suite)	<i>Holocentropus dubius</i> (Rambur, 1842)
	<i>Neureclipsis bimaculata</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Plectrocnemia geniculata</i> (MacLachlan, 1871)
	<i>Polycentropus flavomaculatus</i> (Pictet, 1834)
	<i>Polycentropus</i> sp.
<i>Psychomyiidae</i>	<i>Lype phaeopa</i> (Stephens, 1836)
	<i>Lype reducta</i> (Hagen, 1868)
	<i>Metalype</i> sp.
	<i>Psychomyia pusilla</i> (Fabricius, 1781)
	<i>Tinodes waeneri</i> (Linnaeus, 1758)
<i>Rhyacophilidae</i>	<i>Rhyacophila</i> cf. <i>praemorsa</i> (McLachlan, 1879)
	<i>Rhyacophila dorsalis</i> (Curtis, 1834)
<i>Brachycentridae</i>	<i>Brachycentrus subnubilus</i> (Curtis, 1834)
	<i>Micrasema longulum</i> (MacLachlan, 1876)
	<i>Micrasema morosum</i> (McLachlan, 1868)
	<i>Oligoplectrum maculatum</i> (Fourcroy, 1785)
<i>Goeridae</i>	<i>Goera pilosa</i> (Fabricius, 1775)
	<i>Silo</i> sp.
<i>Glossosomatidae</i>	<i>Agapetus delicatulus</i> (MacLachlan, 1884)
	<i>Glossosoma conformis</i> (Neboiss, 1963)
<i>Hydroptilidae</i>	<i>Agravlea sexmaculata</i> (Curtis, 1834)
	<i>Allotrichia</i> sp.
	<i>Hydroptila angulata</i> (Mosely, 1922)
	<i>Hydroptila simulans</i> (Mosely, 1920)
	<i>Hydroptila sparsa</i> (Curtis, 1834)
	<i>Hydroptila vectis</i> (Curtis, 1834)
	<i>Ithytrichia</i> sp.
	<i>Orthotrichia angustella</i> (McLachlan, 1865)
	<i>Oxyethira flavicornis</i> (Pictet, 1834)
<i>Leptoceridae</i>	<i>Adicella</i> sp.
	<i>Athripsodes bilineatus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Athripsodes cinereus</i> (Curtis, 1834)
	<i>Athripsodes commutatus</i> (Rostock, 1874)
	<i>Ceraclea annulicornis</i> (Stephens, 1836)
	<i>Ceraclea dissimilis</i> (Stephens, 1836)

		<i>Cereclea nigronervosa</i> (Retzius, 1783)
		<i>Leptocerus</i> sp.
		<i>Mystacides longicornis</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Mystacides azurea</i> (Linnaeus, 1761)
		<i>Oecetis lacustris</i> (Pictet, 1834)
		<i>Oecetis notata</i> (Rambur, 1842)
		<i>Oecetis ochracea</i> (Curtis, 1825)
		<i>Oecetis tripunctata</i> (Fabricius, 1793)
		<i>Setodes argentipunctellus</i> (MacLachlan, 1877)
		<i>Setodes punctatus</i> (Fabricius, 1793)
		<i>Trianodes</i> sp.
		<i>Ylodes</i> sp.
	<i>Limnephilidae</i>	<i>Allogamus auricollis</i> (Pictet, 1834)
		<i>Anabolia nervosa</i> (Curtis, 1834)
		<i>Apatania muliebris</i> (McLachlan, 1866)
		<i>Chaeopteryx</i> sp.
		<i>Drusus biguttatus</i> (Pictet, 1834)
		<i>Drusus brunneus</i> (Klapalek, 1890)
		<i>Halesus</i> sp.
		<i>Limnephilus borealis</i> (Zetterstedt, 1840)
		<i>Potamophylax</i> sp.
		<i>Stenophilacini</i> sp.
	<i>Uenoidae /</i>	<i>Thremma gallicum</i> (McLachlan, 1880)
	<i>Thremmatidae</i>	
	<i>Phyganeidae</i>	Gen. sp.
	<i>Odontoceridae</i>	<i>Odontocerum albicorne</i> (Scopoli, 1763)
	<i>Lepidostomatidae</i>	<i>Crunoecia</i> sp.
		<i>Lepidostoma hirtum</i> (Fabricius, 1775)
	<i>Sericostomatidae</i>	<i>Sericostoma</i> sp.

DIPTERES	Anthomyidae	
	Athericidae	
	Ceratopogonidae	
	Chironomidae	
	Tanypodinae	<i>Ablabesmyia monilis</i> (Linnaeus, 1758)
		<i>Hayesomyia tripunctata</i> (Goetghebuer, 1922)
		<i>Procladius choreus</i> (Meigen, 1830 ?)
		<i>Procladius sagittalis</i> (Kieffer, 1909)
		<i>Rheopelopia ornata</i> (Meigen, 1838)
		<i>Telopelopia fascigera</i> (Verneaux, 1970)
	Diamesinae	<i>Potthastia longimanus</i> (Kieffer, 1922)
		<i>Potthastia Pel</i> (Langton, 1991)
	Prodiamesinae	<i>Prodiamesa olivacea</i> (Meigen, 1818)
	Orthoclaadiinae	<i>Brillia flavifrons</i> (Johannsen, 1905)
		<i>Bryophaenocladus subvernalis</i> (Edwards, 1929)
		<i>Cardiocladius fuscus</i> (Kieffer, 1924)
		<i>Corynoneura lobata</i> (Edwards, 1924)
		<i>Cricotopus annulator</i> (Goetghebuer, 1927)
		<i>Cricotopus bicinctus</i> (Meigen, 1818)
		<i>Cricotopus curtus</i> (Hirvenoja, 1973)
		<i>Cricotopus fuscus</i> (Kieffer, 1909)
		<i>Cricotopus similis</i> (Goetghebuer, 1921)
		<i>Cricotopus sylvestris</i> (Fabricius, 1794)
		<i>Cricotopus triannulatus</i> (Macquart, 1826)
		<i>Cricotopus trifascia</i> (Edwards, 1929)
		<i>Cricotopus vierriensis</i> (Goetghebuer, 1935)
		<i>Diplocladius cultriger</i> (Kieffer, 1908)
		<i>Eukiefferiella claripennis</i> (Lundbeck)
		<i>Eukiefferiella gracei</i> (Edwards, 1929 ?)
		<i>Eukiefferiella lobifera</i> (Goetghebuer, 1934)
		<i>Limnophyes punctipennis</i> (Goetghebuer, 1932)
		<i>Limnophyes Pe 1a</i> (Langton, 1991)
		<i>Limnophyes sp.</i>
		<i>Nanocladius bicolour</i> (Zetterstedt, 1838)
		<i>Nanocladius rectinervis</i> (Kieffer, 1911)
		<i>Orthocladus ashei</i> (Soptonis, 1990)
		<i>Orthocladus carlatus</i> (Roback, 1957)
		<i>Orthocladus glabripennis</i> (Goetghebuer, 1921)
		<i>Orthocladus oblidens</i> (Walker, 1856)
		<i>Orthocladus pedestris</i> (Kieffer, 1909)
		<i>Orthocladus rivicola</i> (Kieffer, 1911)
		<i>Orthocladus rivinus</i> (Kieffer, 1915)
		<i>Orthocladus rubicundus</i> (Meigen 1818)
		<i>Paracladius conversus</i> (Walker, 1856)
		<i>Paracricotopus niger</i> (Kieffer 1913)

	<i>Parakiefferiella bathophila</i> (Kieffer, 1912)
	<i>Parakiefferiella smolandica</i> (Brundin, 1947)
	<i>Parametriocnemus stylatus</i> (Kieffer, 1924)
	<i>Paratrichocladius rufiventris</i> (Meigen, 1830)
	<i>Psectrocladius oxyura</i> (Langton, 1984)
	<i>Psectrocladius sordidellus</i> (Zetterstedt, 1838)
	<i>Pseudosmittia oxoniana</i> (Edwards, 1922)
	<i>Pseudosmittia recta</i> (Edwards, 1929)
	<i>Pseudosmittia</i> Pe2 (Langton, 1991)
	<i>Rheocricotopus atripes</i> (Kieffer, 1913).
	<i>Rheocricotopus chalybeatus</i> (Edwards, 1929)
	<i>Rheocricotopus fuscipes</i> (Kieffer, 1909)
	<i>Synorthocladius semivirens</i> (Kieffer, 1909)
	<i>Thienemanniella</i> Pe2a (in Langton, 1991)
	<i>Thienemanniella</i> Pe2a _{ii} (in Langton, 1991)
	<i>Thienemanniella</i> Pe2b (in Langton, 1991)
	<i>Thienemanniella vittata</i> (Edwards, 1924)
	<i>Tvetenia calvescens</i> (Edwards, 1929)
Chironominae - Chironomini	<i>Chironomus anthracinus</i> (Zetterstedt, 1860)
	<i>Chironomus bernensis</i> (Wülker & Klötzli, 1973)
	<i>Chironomus commutatus</i> (Keyl, 1960)
	<i>Chironomus</i> Pe17 (Langton; 1995)
	<i>Chironomus</i> Pe18 (Langton, 1995)
	<i>Chironomus</i> Pe4 (Langton, 1995)
	<i>Chironomus</i> Pe23 (Langton, 1995)
	<i>Cladopelma virescens</i> (Meigen, 1818)
	<i>Cryptochironomus rostratus</i> (Kieffer, 1921)
	<i>Cryptotendipes usmaensis</i> (Pagast, 1931)
	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeger)
	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen, 1830)
	<i>Glyptotendipes pallens</i> (Meigen, 1804)
	<i>Glyptotendipes paripés</i> (Edwards, 1929)
	<i>Harnischia fuscimana</i> (Kieffer, 1921)
	<i>Kiefferulus tendipediformis</i> (Goetghebuer, 1921)
	<i>Lipinella</i> sp.
	<i>Microtendipes britteni</i> (Edwards, 1929)
	<i>Microtendipes chloris</i> (Meigen, 1818)
	<i>Parachironomus arcuatus</i> (Goetghebuer, 1919)
	<i>Parachironomus frequens</i> (Johannsen, 1905)
	<i>Phaenopsectra flavipes</i> (Meigen, 1818)
	<i>Polypedilum acifer</i> (Townes, 1945)
	<i>Polypedilum cultellatum</i> (Goetghebuer, 1931)
	<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen, 1804)
	<i>Polypedilum pedestre</i> (Meigen, 1830)
	<i>Polypedilum pullum</i> (Zetterstedt, 1838)

		<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schränk, 1803)
		<i>Polypedilum uncinatum</i> (Goetghebuer, 1921)
		<i>Robackia demeijeri</i> ((Krusemann, 1933)
		<i>Saetheria reissi</i> (Jackson, 1977)
		<i>Stenochironomus gibbus</i> (Fabricius, 1794)
		<i>Stenochironomus</i> Pe3 (Langton, 1991)
		<i>Stictochironomus histrio</i> (Fabricius, 1794)
		<i>Zavreliella</i> sp.
	Chironominae - Tanytarsini	<i>Cladotanytarsus conversus</i> (Johannsen, 1932)
		<i>Cladotanytarsus mancus</i> (Walker 1856)
		<i>Cladotanytarsus pseudomancus</i> (Goetghebuer, 1934)
		<i>Cladotanytarsus vanderwulpi</i> (Edwards 1929)
		<i>Micropsectra atrofasciata</i> (Kieffer, 1911)
		<i>Micropsectra contracta</i> (Reiss, 1965)
		<i>Micropsectra lacustris</i> (Sawedal, 1975)
		<i>Paratanytarsus dissimilis</i> (Johannsen, 1905)
		<i>Paratanytarsus inopertus</i> (Walker, 1856)
		<i>Paratanytarsus lauterborni</i> (Kieffer, 1909)
		<i>Rheotanytarsus muscicola</i> (Kieffer, 1911)
		<i>Rheotanytarsus curtistylus</i> (Goetghebuer 1921)
		<i>Rheotanytarsus rhenanus</i> (Klink, 1983)
		<i>Stempellina almi</i> (Brundin, 1947)
		<i>Tanytarsus brundini</i> (Lindeberg, 1963)
		<i>Tanytarsus ejuncidus</i> (Walker, 1856)
		<i>Tanytarsus eminulus</i> (Walker, 1856)
		<i>Tanytarsus heusdensis</i> (Goetghebuer, 1923)
		<i>Tanytarsus lestagei-aggregate</i> (Lindeberg 1967)
		<i>Tanytarsus mendax</i> (Kieffer, 1925)
		<i>Tanytarsus pallidicornis</i> (Walker 1856)
		<i>Tanytarsus</i> sp.
	Culicidae	Gen. sp.
	Dolichopodidae	Gen. sp.
	Empididae	Gen. sp.
	Ephydriidae	Gen. sp.
	Limoniidae	Hexatoma sp.
		Gen. sp.
	Psychodidae	Gen. sp.
	Scatophagidae	Gen. sp.
	Sciomyzidae	Gen. sp.
	Simuliidae	Gen. sp.
	Stratiomyidae	Gen. sp.
	Tabanidae	Gen. sp.
	Tipulidae	Gen. sp.

Annexe 2 Liste de l'ensemble des espèces d'Araneae présentes dans la base de données)

Famille	Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Agelenidae	Agelena	labyrinthica	Agelab	(Clerck, 1757)
	Allagelena	gracilis	Allgra	(C. L. Koch, 1841)
	Coelotes	atropos	Coetr	(Walckenaer, 1830)
	Coelotes	terrestris	Coetr	(Wider, 1834)
	Inermocoelotes	inermis	Ineine	(L. Koch, 1855)
	Malthonica	pagana	Malpag	(C. L. Koch, 1840)
	Malthonica	picta	Malpic	(Simon, 1870)
	Malthonica	silvestris	Malsil	(L. Koch, 1872)
	Tegenaria	agrestis	Tegagr	(Walckenaer, 1802)
	Tegenaria	duellia	Tegdue	Simon, 1875
Amaurobiidae	Tegenaria	parietina	Tegpar	(Fourcroy, 1785)
	Tegenaria	saeva	Tegsae	(Walckenaer, 1844)
	Tegenaria	silvestris	Tegsil	(L. Koch, 1872)
	Amaurobius	erberi	Amaerb	(Keyserling, 1863)
	Amaurobius	ferox	Amafer	(Walckenaer, 1830)
	Amaurobius	similis	Amasim	(Blackwall, 1861)
	Anyphaena	accentuata	Anyacc	(Walckenaer, 1802)
	Aculepeira	ceropgeia	Acucer	(Walckenaer, 1802)
	Agelenateia	redii	Agared	(Scopoli, 1763)
	Araneus	angulatus	Arang	Clerck, 1757
Araneidae	Araneus	diadematus	Aradia	Clerck, 1757
	Araneus	sturmi	Arastu	(Hahn, 1831)
	Araneus	triguttatus	Aratri	(Fabricius, 1793)
	Araniella	cucurbitina	Aracuc	(Clerck, 1757)
	Araniella	opisthographa	Araopi	(Kulczyn'ski, 1905)
	Argiope	bruennichi	Argbru	(Scopoli, 1772)
	Cercidia	prominens	Cerpro	(Westring, 1851)
	Cyclosa	conica	Cycon	(Pallas, 1772)
	Gibbaranea	bituberculata	Gibbit	(Walckenaer, 1802)
	Gibbaranea	gibbosa	Gigbib	(Walckenaer, 1802)
Ctenidae	Hyposinga	albovitata	Hypalb	(Westring, 1851)
	Hyposinga	heri	Hypher	(Hahn, 1831)
	Hyposinga	pygmaea	Hyppyg	(Sundevall, 1831)
	Hyposinga	sanguinea	Hypsan	(C. L. Koch, 1844)
	Larinia	bonneti	Larbon	Spassky, 1939
	Larinioides	cornutus	Larcor	(Clerck, 1757)
	Larinioides	patagiatus	Larpat	(Clerck, 1757)
	Larinioides	sclopetarius	Larscl	(Clerck, 1757)
	Manorga	acalypha	Manaca	(Walckenaer, 1802)
	Neoscona	adlanta	Neoadi	(Walckenaer, 1802)
Theridiidae	Nuctenea	umbratica	Nucumb	(Clerck, 1757)
	Singa	hamata	Sinham	(Clerck, 1757)
	Singa	hamata melanocephala	Sinhammel	(C. L. Koch, 1836)
	Singa	nitidula	Sinnit	(C. L. Koch, 1844)
	Zilla	diodia	Zildio	(Walckenaer, 1802)
	Zygella	x-notata	Zygnx	(Clerck, 1757)
	Atypus	affinis	Atyaff	(Eichwald, 1830)
	Atypus	piceus	Atypic	(Sulzer, 1776)
	Clubiona	brevis	Clubre	(Blackwall, 1841)
	Clubiona	comta	Clucom	(C. L. Koch, 1839)
Ctenidae	Clubiona	corticalis	Clucor	(Walckenaer, 1802)
	Clubiona	diversa	Cludiv	(O. P.-Cambridge, 1862)
	Clubiona	genevensis	Clugen	(L. Koch, 1866)
	Clubiona	juvenis	Clujuv	Simon, 1878
	Clubiona	lutescens	Clulut	Westring, 1851
	Clubiona	neglecta	Cluneg	(O. P.-Cambridge, 1862)
	Clubiona	pallidula	Clupal	(Clerck, 1757)
	Clubiona	phragmitis	Cluphr	(C. L. Koch, 1843)
	Clubiona	pseudoneglecta	Clupse	Wunderlich, 1994
	Clubiona	reclusa	Clurec	(O. P.-Cambridge, 1863)
Ctenidae	Clubiona	similis	Clusim	(L. Koch, 1867)
	Clubiona	stagnatilis	Clusta	Kulczyn'ski, 1897
	Clubiona	subtilis	Clusub	(L. Koch, 1867)
	Clubiona	terrestris	Cluter	Westring, 1851
	Clubiona	trivialis	Clutri	(C. L. Koch, 1843)
	Phrurolithus	festivus	Phrfes	(C. L. Koch, 1835)
	Phrurolithus	minimus	Phrmin	(C. L. Koch, 1839)
	Archaeodictyna	consecuta	Arcon	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Argenna	patula	Argpat	(Simon, 1874)
	Argenna	subnigra	Argsub	(O. P.-Cambridge, 1861)
Dictynidae	Cicurina	cicur	Cicic	(Fabricius, 1793)
	Dictyna	aurundinacea	Dicaru	(Linnaeus, 1758)
	Dictyna	latens	Diclat	(Fabricius, 1775)
	Dictyna	major	Dicmaj	Menge, 1869
	Dictyna	uncinata	Dicunc	Thorelli, 1856
	Lathys	humilis	Lathum	(Blackwall, 1855)
	Lathys	sepusculata	Lathse	(Simon, 1878)
	Marilynia	bicolor	Marbic	(Simon, 1870)
	Nigma	flavescens	Nigfla	(Walckenaer, 1830)
	Nigma	puella	Nigpu	(Simon, 1870)
Dysderkidae	Nigma	walckenaeri	Nigwal	(Boerwer, 1951)
	Dysdera	crocata	Dyscro	(C. L. Koch, 1838)
	Dysdera	erythrina	Dysery	(Walckenaer, 1802)
	Harpactea	hombergi	Harhom	(Scopoli, 1763)
	Eresus	kolari	Erekol	Rossi, 1846
	Aphantaulax	trifasciata	Aphtri	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Aphantaulax	trifasciata trimaculata	Aphtrim	Simon, 1878
	Callilepis	nocturna	Calnoc	(Linnaeus, 1758)
	Callilepis	schuszeri	Calchs	(Herman, 1879)
	Drassodes	cupreus	Dracup	(Blackwall, 1834)
Gnaphosidae	Drassodes	lapidus	Dralap	(Walckenaer, 1802)
	Drassodes	pubescens	Drapub	(Thorelli, 1856)
	Drassylus	lutetianus	Dralut	(L. Koch, 1866)
	Drassylus	praeficus	Drapra	(L. Koch, 1866)
	Drassylus	pusillus	Drapus	(C. L. Koch, 1833)
	Drassylus	villius	Dravil	(Thorelli, 1875)
	Gnaphosa	bicolor	Gnabic	(Hahn, 1833)
	Gnaphosa	lugubris	Gnalg	(C. L. Koch, 1839)
	Gnaphosa	nigerrima	Gnang	(L. Koch, 1877)
	Haplodassus	dalmatensis	Hapdal	(L. Koch, 1866)
Haplodassidae	Haplodassus	minor	Hapmin	(O. P.-Cambridge, 1879)
	Haplodassus	signifer	Hapsig	(C. L. Koch, 1839)
	Haplodassus	silvestris	Hapsil	(Blackwall, 1833)
	Haplodassus	umbratilis	Hapumb	(L. Koch, 1866)

Famille	Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Hylphantes	Hylphantes	graminicola	Hylgra	(Sundevall, 1830)
	Hylphantes	nigritus	Hylnig	(Simon, 1881)
	Hypomma	bituberculatum	Hypbit	(Wider, 1834)
	Hypomma	cornutum	Hypcor	(Blackwall, 1833)
	Hypomma	fulvum	Hypful	(Bosenberg, 1902)
	Jacksonella	falconeri	Jacfal	(Jackson, 1908)
	Kaestneria	dorsalis	Kaedor	(Wider, 1834)
	Kaestneria	pullata	Kaupul	(O. P.-Cambridge, 1863)
	Lasiargus	hirsutus	Lashir	(Menge, 1869)
	Lepthyphantes	leprosus	Leplep	(Ohlert, 1865)
Lepthyphantes	Lepthyphantes	minutus	Lepmin	(Blackwall, 1833)
	Lesertia	denticchis	Lesda	(Simon, 1884)
	Linyphia	hortensis	Linhor	Sundevall, 1830
	Linyphia	triangularis	Lintr	(Clerck, 1757)
	Lophomma	punctatum	Loppun	(Blackwall, 1841)
	Macragmus	rufus	Macruf	(Wider, 1834)
	Maro	minutus	Marm	(O. P.-Cambridge, 1906)
	Maso	gallius	Maagal	Simon, 1894
	Maso	sundevalli	Massun	(Westring, 1851)
	Mecopisthes	peusi	Mecpeu	Wunderlich, 1972
Meioneta	Meioneta	affinis	Meiaff	(Kulczyn'ski, 1898)
	Meioneta	gulos	Meigul	(L. Koch, 1869)
	Meioneta	mollis	Meimol	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Meioneta	saxatilis	Meisax	(Blackwall, 1844)
	Metopobactrus	prominulus	Metpro	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Micragmus	apertus	Micape	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Micragmus	herbrigadus	Micher	(Blackwall, 1854)
	Micragmus	subaequalis	Micub	(Westring, 1851)
	Microlinthia	impigra	Micimp	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Microlinthia	pusilla	Micpus	(Sundevall, 1830)
Microlinthia	Microcineta	viaria	Micvia	(Blackwall, 1841)
	Minicia	marginella	Minmar	(Wider, 1834)
	Minyriolus	pusillus	Minpus	(Wider, 1834)
	Moebelia	penicillata	Moepen	(Westring, 1851)
	Monoccephalus	fuscipes	Monfus	(Blackwall, 1836)
	Nerieine	clathrata	Nercla	(Sundevall, 1830)
	Nerieine	furtiva	Nerfur	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Nerieine	montana	Nermon	(Clerck, 1757)
	Nerieine	pellata	Nerpel	(Wider, 1834)
	Nerieine	radiata	Nerrad	(Walckenaer, 1841)
Nerieine	Notioscopus	sarcinatus	Notsar	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Oedothorax	agrestis	Oedagr	(Blackwall, 1853)
	Oedothorax	apicatus	Oedapi	(Blackwall, 1850)
	Oedothorax	fuscus	Oedfus	(Blackwall, 1834)
	Oedothorax	gibbosus	Oedgib	(Blackwall, 1841)
	Oedothorax	retusus	Oedret	(Westring, 1851)
	Oryphantus	angulatus	Oryang	(O. P.-Cambridge, 1881)
	Ostearius	melaenopygius	Ostmel	(O. P.-Cambridge, 1879)
	Palliduphantes	ericaeus	Paleri	(Blackwall, 1853)
	Palliduphantes	inignis	Palin	(O. P.-Cambridge, 1913)
Palliduphantes	Palliduphantes	pallidus	Palpal	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Panamomops	sulcifrons	Pansul	(Wider, 1834)
	Parapelecopsis	memoralis	Parnem	(Blackwall, 1841)
	Pelecopis	mengei	Pelmen	(Simon, 1884)
	Pelecopis	parallata	Pelpar	(Wider, 1834)
	Peponocranium	ludicum	Peplud	(O. P.-Cambridge, 1861)
	Pipinthes	pinicola	Pipin	(Simon, 1884)
	Pityophantes	phrygianus	Pitphr	(C. L. Koch, 1836)
	Pocadicnemis	juncus	Pocjun	Locket & Millidge, 1953
	Pocadicnemis	pumila	Pocpum	(Blackwall, 1841)
Pocadicnemis	Porrhomma	convexum	Porcon	(Westring, 1851)
	Porrhomma	egeria	Porege	Simon, 1884
	Porrhomma	microcephalum	Pormic	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Porrhomma	oblitum	Porobl	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Porrhomma	pygmaeum	Porpyg	(Blackwall, 1834)
	Prinerigone	vagans	Privag	(Audouin, 1826)
	Saariotia	abnormis	Saaban	(Blackwall, 1841)
	Satlatas	brittani	Satbri	(Jackson, 1913)
	Savignia	frontata	Savfro	Blackwall, 1833
	Silometopus	ambiguus	Silamb	(O. P.-Cambridge, 1905)
Silometopus	Silometopus	elegans	Silele	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Silometopus	reussi	Silreu	(Thorelli, 1871)
	Sintula	corniger	Sincor	(Blackwall, 1856)
	Sintula	retroversus	Sinret	(O. P.-Cambridge, 1875)
	Stemonyphantes	lineatus	Stein	(Linnaeus, 1758)
	Styloctetor	romanus	Styrom	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Styloctetor	stativus	Stysia	(Simon, 1881)
	Tallusia	experta	Talexp	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Tapinocyba	pallens	Tappal	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Tapinocyba	praecox	Tappra	(O. P.-Cambridge, 1873)
Tapinocyba	Tapinocyboides	pygmaeus	Tappyg	(Menge, 1869)
	Tapinocyba	longidens	Taplon	(Wider, 1834)
	Taraxacrus	setosus	Tarsset	(O. P.-Cambridge, 1863)
	Tenuiphantes	cristatus	Tencris	(Menge, 1866)
	Tenuiphantes	flavipes	Tenfla	(Blackwall, 1854)
	Tenuiphantes	mengei	Tenmen	(Kulczyn'ski, 1887)
	Tenuiphantes	tenebricola	Tenteb	(Wider, 1834)
	Tenuiphantes	tenuis	Tenten	(Blackwall, 1852)
	Tenuiphantes	zimmermanni	Tenzim	(Bertkau, 1890)
	Theonina	cornix	Thecor	(Simon, 1881)
Theonina	Tiso	vagans	Tisvag	(Blackwall, 1834)
	Trichoncus	hackmani	Trihac	Millidge, 1955
	Trassylus	helveticus	Trihel	Denis, 1965
	Trichoncus	saxicola	Trisax	(O. P.-Cambridge, 1861)
	Trichopterna	cito	Tricit	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Trichopternoides	thorelli	Trithr	(Westring, 1851)
	Trochopus	scabriculus	Troscra	(Westring, 1861)
	Walckenaeria	acuminata	Walacu	(Blackwall, 1833)
	Walckenaeria	alticeps	Walalt	(Denis, 1952)
	Walckenaeria	antica	Walant	(Wider, 1834)
Walckenaeria	Walckenaeria	atrotrialis	Walatr	(O. P.-Cambridge, 1878)
	Walckenaeria	capito	Walcap	(Westring, 1861)
	Walckenaeria	corniculans	Wakor	(O. P.-Cambridge, 1875)
	Walckenaeria	culicula	Walcul	(C. L. Koch, 1836)

Famille	Genre	Espèce	Abréviation	Auteur	
Nesticidae	Nesticus	cellularius	Nescel	(Clerck, 1757)	
	Oxyopes	heterophthalmus	Oxyhet	(Latreille, 1804)	
		lineatus	Oxylin	(Latreille, 1806)	
		ramosus	Oxyram	(Martini & Goetze, 1778)	
		Philodromus	albidus	Phialb	Kulczyn'ski, 1911
		Philodromus	aureolus	Phiaur	(Clerck, 1757)
	Philodromus	buxi	Phibux	Simon, 1884	
	Philodromus	cespitum	Phices	(Walckenaer, 1802)	
	Philodromus	collinus	Phicol	(C. L. Koch, 1835)	
	Philodromus	dispar	Phidis	(Walckenaer, 1826)	
Phidomidae	Philodromus	emarginatus	Phiem	(Schrank, 1803)	
	Philodromus	longipalpis	Philon	Simon, 1870	
	Philodromus	margaritatus	Phimar	(Clerck, 1757)	
	Philodromus	praedatus	Phipra	O. P.-Cambridge, 1871	
	Philodromus	pulchellus	Phipul	Lucas, 1846	
	Philodromus	rufus	Phiruf	Walckenaer, 1826	
	Thanatus	arenarius	Thaare	(L. Koch, 1872)	
	Thanatus	formicinus	Thafor	(Clerck, 1757)	
	Thanatus	sabulosus	Thasab	(Menge, 1875)	
	Thanatus	striatus	Thastr	C. L. Koch, 1845	
Phidomidae	Tibellus	maritimus	Tibmar	(Menge, 1875)	
	Tibellus	oblongus	Tibobl	(Walckenaer, 1802)	
Phaidraeidae	Pholcus	phalangoides	Phopha	(Fuesslin, 1775)	
	Dolomedes	fimbriatus	Dofim	(Clerck, 1757)	
	Dolomedes	plantarius	Dopla	(Clerck, 1757)	
	Pisaura	mirabilis	Pisimr	(Clerck, 1757)	
	Amblyulus	v-insignitus	Aelv-i	(Clerck, 1757)	
	Ballus	chalybeius	Bach	(Walckenaer, 1802)	
	Carrothus	xanthogramma	Carxan	(Latreille, 1819)	
	Chalcoscirtus	infimus	Chainf	(Simon, 1868)	
	Dendryphantus	rufus	Dennruf	(Sundevall, 1833)	
	Eucyphus	frontalis	Eufro	(Walckenaer, 1802)	
Phaidraeidae	Eucyphus	herbigrada	Euoher	(Simon, 1871)	
	Evarcha	arcuata	Evarc	(Clerck, 1757)	
	Evarcha	falcata	Evalfal	(Clerck, 1757)	
	Evarcha	laetabunda	Evalae	(C. L. Koch, 1846)	
	Heliophanus	aureatus	Helaur	(C. L. Koch, 1835)	
	Heliophanus	cupreus	Helcup	(Walckenaer, 1802)	
	Heliophanus	dampfi	Heldam	Schenkel, 1923	
	Heliophanus	flavipes	Hella	(Hahn, 1832)	
	Heliophanus	kochi	Helkoc	Simon, 1868	
	Heliophanus	patagiatus	Helpat	Thorell, 1875	
Salticidae	Heliophanus	tribulosus	Heltri	Simon, 1868	
	Icius	subniernis	Icsub	Simon, 1937	
	Macaroneis	ridiculous	Macrid	(Walckenaer, 1802)	
	Marpissa	muscosa	Marmus	(Clerck, 1757)	
	Marpissa	nivoyi	Marniv	(Lucas, 1846)	
	Marpissa	radiata	Marrad	(Grube, 1859)	
	Myrmarchae	formicaria	Myrfor	(De Geer, 1778)	
	Neon	reticulatus	Neoret	(Blackwall, 1853)	
	Neon	valentulus	Neoval	Falconer, 1912	
	Pellenes	tripunctatus	Petri	(Walckenaer, 1802)	
Salticidae	Philaeus	chrysope	Phiche	(Poda, 1761)	
	Philegra	bresenieri	Phibre	(Lucas, 1846)	
	Philegra	fasciata	Phifas	(Hahn, 1832)	
	Pseudocyphophis	erratica	Paeerr	(Walckenaer, 1826)	
	Pseudocyphophis	langeri	Paelan	(Simon, 1871)	
	Pseudocyphophis	obsoleta	Paeob	(Simon, 1868)	
	Saltia	cingulatus	Salcin	(Simon, 1868)	
	Salticus	modicus	Salmod	(Panzer, 1797)	
	Salticus	mutabilis	Salmut	(Simon, 1875)	
	Salticus	senilis	Salsen	(Lucas, 1846)	
Salticidae	Salticus	zabrenus	Salzab	(C. L. Koch, 1837)	
	Silbanor	aureicornis	Silaur	(Othert, 1865)	
	Sitticus	arcticus	Silarc	(Westring, 1853)	
	Sitticus	distingueundus	Sitdis	(Simon, 1868)	
	Sitticus	floricola	Sitflo	(C. L. Koch, 1837)	
	Sitticus	rupicola	Sitrup	(C. L. Koch, 1837)	
	Syrageles	hilarulus	Synhil	(C. L. Koch, 1846)	
	Syrageles	venator	Synven	(Lucas, 1836)	
	Talavera	aquipes	Talaeq	(O. P.-Cambridge, 1871)	
	Talavera	aperta	Talape	(Miller, 1971)	
Salticidae	Yllenus	univittatus	Ylluni	(Simon, 1871)	
	Salticidae	Scytodes	thoracica	Schyth	(Latreille, 1802)
Salticidae		Segestrina	bavarica	Segbav	C. L. Koch, 1843
	Segestrina	florentina	Segflo	(Rossi, 1790)	
Salticidae	Segestrina	seculata	Segsen	(Linnaeus, 1758)	
	Micrommata	ligurina	Miclig	(C. L. Koch, 1845)	
Salticidae	Micrommata	virescens	Micvir	(Clerck, 1757)	
	Salticidae	Meta	bournei	Metbou	Simon, 1922
Metellina		menegi	Metmen	(Blackwall, 1870)	
Salticidae	Metellina	merianae	Metmer	(Scopoli, 1763)	
	Metellina	segmentata	Metseg	(Clerck, 1757)	
Salticidae	Pachygnatha	clercki	Paccle	Sundevall, 1823	
	Pachygnatha	degeeri	Pacdeg	Sundevall, 1830	
Salticidae	Tetragnatha	decarmata	Tetdec	(Thorell, 1873)	
	Tetragnatha	extensa	Tetext	(Linnaeus, 1758)	
Salticidae	Tetragnatha	isidis	Tetisi	(Simon, 1880)	
	Tetragnatha	montana	Tetmon	Simon, 1874	
Salticidae	Tetragnatha	nigrita	Tetnig	Lendl, 1886	
	Tetragnatha	obtusata	Tetobt	C. L. Koch, 1837	
Salticidae	Tetragnatha	pinicola	Tetpin	L. Koch, 1870	
	Salticidae	Anelosimus	vittatus	Anelit	(C. L. Koch, 1836)
Asagena		phalerata	Asapha	(Panzer, 1801)	
Salticidae	Crustulina	guttata	Crugut	(Wider, 1834)	
	Diplocephala	sticta	Dicstic	(O. P.-Cambridge, 1861)	
Salticidae	Diplocephala	coracina	Diccor	(C. L. Koch, 1837)	
	Diplocephala	melanogaster	Dipmel	(C. L. Koch, 1837)	
Salticidae	Enoplognatha	afrodite	Enoaf	Hippa & Oksala, 1983	
	Enoplognatha	latimana	Enolat	Hippa & Oksala, 1982	
Salticidae	Enoplognatha	mandibularis	Enolat	(Lucas, 1846)	
	Enoplognatha	mordax	Enomor	(Thorell, 1875)	
Salticidae	Enoplognatha	otelandica	Enooel	(Thorell, 1875)	

(Contient la liste des abréviations pour les espèces)

Family	Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Gryllidae	Micaria	albivittata	Micrb	(Lucas, 1846)
	Micaria	formicaria	Micfor	(Sundevall, 1831)
	Micaria	guttulata	Micgut	(C. L. Koch, 1839)
	Micaria	pulicaria	Micpul	(Sundevall, 1831)
	Nomisia	exornata	Nomexo	(C. L. Koch, 1839)
	Phaeoecodes	bracatus	Phabra	(L. Koch, 1866)
	Poecilochroa	variana	Poevar	(C. L. Koch, 1839)
	Scotaphaeus	blackwalli	Scobla	(Thorell, 1871)
	Scotaphaeus	scutellatus	Scoscu	(L. Koch, 1866)
	Trachyzelotes	pedestris	Traped	(C. L. Koch, 1837)
	Zelotes	apricornus	Zelapr	(L. Koch, 1876)
	Zelotes	atrocaeruleus	Zelatr	(Simon, 1878)
	Zelotes	civicus	Zelciv	(Simon, 1878)
	Zelotes	cynascens	Zelcya	Simon, 1914
	Zelotes	electus	Zelege	(C. L. Koch, 1839)
	Zelotes	erebicus	Zelere	(Thorell, 1871)
	Zelotes	gallicus	Zelgal	Simon, 1914
	Zelotes	latreillei	Zellat	(Simon, 1878)
	Zelotes	longipalps	Zellon	(L. Koch, 1866)
	Zelotes	petrensis	Zelpet	(C. L. Koch, 1839)
Zelotes	subterraneus	Zelsub	(C. L. Koch, 1833)	
Zelotes	tenuis	Zelten	(L. Koch, 1866)	
Hemipterae	Antisteia	elegans	Antele	(Blackwall, 1841)
	Hahnia	candida	Hahcan	Simon, 1875
	Hahnia	hebeola	Hahhel	Simon, 1875
	Hahnia	montana	Hahmon	(Blackwall, 1841)
	Hahnia	nava	Hahnnav	(Blackwall, 1841)
	Hahnia	onionidum	Hahono	Simon, 1875
	Hahnia	pusilla	Hahpau	C. L. Koch, 1841
	Agnyeta	cauta	Agycau	(O. P.-Cambridge, 1902)
	Agnyeta	ramosa	Agyram	Jackson, 1912
Agnyeta	subtilis	Agyrub	(O. P.-Cambridge, 1863)	
Allomengea	vidua	Allvid	(L. Koch, 1879)	
Lygaeidae	Araeoncus	crassiceps	Aracra	(Westring, 1861)
	Araeoncus	humilis	Araham	(Blackwall, 1841)
	Baryphyma	pratense	Barpra	(Blackwall, 1861)
	Bathypenthes	approximatus	Batapp	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Bathypenthes	gracilis	Baigra	(Blackwall, 1841)
	Bathypenthes	nigrinus	Batnig	(Westring, 1851)
	Bathypenthes	parvulus	Batpar	(Westring, 1851)
	Centromerus	dilutus	Cendil	(O. P.-Cambridge, 1875)
	Centromerus	levitarsis	Cenlev	(Simon, 1884)
	Centromerus	serratus	Censer	(O. P.-Cambridge, 1875)
	Centromerus	sylvaticus	Censyl	(Blackwall, 1841)
	Ceratinella	brevipes	Cerbrep	(Westring, 1851)
	Ceratinella	brevis	Cerbre	(Wider, 1834)
	Ceratinella	scabrosa	Cersca	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Cnephallocotes	obscurus	Cneobs	(Blackwall, 1834)
	Collisia	distincta	Coldis	(Simon, 1884)
	Collisia	inerrans	Coline	(O. P.-Cambridge, 1885)
	Dicymbium	nigrum	Dicnig	(Blackwall, 1834)
	Dicymbium	tibiale	Dictib	(Blackwall, 1836)
	Diplocephalus	cristatus	Dipcri	(Blackwall, 1833)
	Diplocephalus	gracius	Dipgra	(O. P.-Cambridge, 1872)
	Diplocephalus	permixtus	Dipper	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Diplocephalus	pictus	Dippic	(Blackwall, 1841)
	Diplostyla	concolor	Dipcon	(Wider, 1834)
	Dismodicus	bifrons	Dsobf	(Blackwall, 1841)
	Donacochara	speciosa	Donspe	(Thorell, 1875)
	Entelecara	flavipes	Entfla	(Blackwall, 1834)
	Entelecara	omissa	Entomi	O. P.-Cambridge, 1902
	Erigone	atra	Erlatr	Blackwall, 1833
	Erigone	longipalpis	Erlon	(Sundevall, 1830)
Erigoneilla	hiemalis	Erlhie	(Blackwall, 1841)	
Floriona	bucculenta	Flubuc	(Clerck, 1757)	
Frontinellina	frutetorum	Frufro	(C. L. Koch, 1834)	
Gnathonarium	dentatum	Gnaden	(Wider, 1834)	
Gonatium	rubellum	Gonrubm	(Blackwall, 1841)	
Gonatium	rubens	Gonrub	(Blackwall, 1833)	
Gongyliidellum	lateribicola	Gonlat	(O. P.-Cambridge, 1871)	
Gongyliidellum	murcidum	Gonmur	Simon, 1884	
Gongyliidellum	vivum	Gonviv	(O. P.-Cambridge, 1875)	
Gongyliidum	rufipes	Gonruf	(Linnaeus, 1758)	

Family	Genre	Egipse	Abbréviation	Auteur
Lynxidae	Walcenaeria	cupidata	Walcut	Blackwall, 1833
	Walcenaeria	dyseroides	Walduy	(Wider, 1834)
	Walcenaeria	furcillata	Walfru	(Menge, 1869)
	Walcenaeria	incisa	Walinc	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Walcenaeria	monoceros	Walmon	(Wider, 1834)
	Walcenaeria	nudipalpis	Walnu	(Westring, 1851)
	Walcenaeria	obtus	Walob	Blackwall, 1836
	Walcenaeria	unicornis	Waluni	O. P.-Cambridge, 1861
	Walcenaeria	vigilax	Walvig	(Blackwall, 1853)
	Wielheia	calcarifera	Wielcal	(Simon, 1884)
Erigone	dentipalpis	Eriden	(Wider, 1834)	
Meioneta	nurestris	Meiur	(C. L. Koch, 1836)	
Loricariidae	Agroeca	brunnea	Agbrnu	(Blackwall, 1833)
	Agroeca	inopina	Agriuo	(O. P.-Cambridge, 1886)
	Agroeca	proxima	Agpro	(Latreille, 1817)
	Locranaeca	striata	Liostr	(Kulczyn'ski, 1882)
	Scotina	celans	Scocel	(Blackwall, 1841)
	Scotina	palliardii	Scopal	(L. Koch, 1881)
	Allopecosa	accutata	Alloacc	(Latreille, 1817)
	Allopecosa	albofasciata	Alloalb	(Brüel, 1832)
	Allopecosa	barbipes	Allobar	(Sundevall, 1833)
	Allopecosa	cuneata	Allocun	(Clerck, 1757)
Allopecosa	fabrilis	Allofab	(Clerck, 1757)	
Allopecosa	inquilina	Alloinq	(Clerck, 1757)	
Allopecosa	pulverulenta	Allopul	(Clerck, 1757)	
Allopecosa	trabalis	Alotra	(Clerck, 1757)	
Arctosa	cinerea	Arccin	(Fabricius, 1777)	
Arctosa	fulvolineata	Arccul	(Lucas, 1846)	
Arctosa	leopardus	Arclleo	(Sundevall, 1833)	
Arctosa	lutetiana	Arclut	(Simon, 1876)	
Arctosa	perita	Arclper	(Latreille, 1799)	
Arctosa	variana	Arclvar	C. L. Koch, 1847	
Auloniidae	Aulonina	albimana	Aulalb	(Walcenaeria, 1805)
	Hogna	radiata	Hograd	(Latreille, 1817)
	Hygrolycosa	rubrofasciata	Hygrub	(Ollert, 1865)
	Pardosa	agrestis	Paragr	(Westring, 1861)
	Pardosa	agricola	Paragri	(Thorell, 1856)
	Pardosa	amentata	Parame	(Clerck, 1757)
	Pardosa	bifasciata	Parbif	(C. L. Koch, 1834)
	Pardosa	hortensis	Parhur	(Thorell, 1872)
	Pardosa	lugubris	Parlug	(Walcenaeria, 1802)
	Pardosa	monticola	Parmon	(Clerck, 1757)
Pardosiidae	Pardosa	nigripes	Parnig	(Thorell, 1856)
	Pardosa	paludicola	Parpal	(Clerck, 1757)
	Pardosa	palustris	Parpal	(Linnaeus, 1758)
	Pardosa	prativaga	Parpra	(L. Koch, 1847)
	Pardosa	proxima	Parpro	(C. L. Koch, 1870)
	Pardosa	pullata	Parpul	(Clerck, 1757)
	Pardosa	saltans	Parpal	Töpler-Hofmann, 2000
	Pardosa	sphagnicola	Parasp	(Dahl, 1908)
	Pardosa	vittata	Parvit	(Keyserling, 1863)
	Pirata	piraticus	Pirpir	(Clerck, 1757)
Pirata	Pirata	piscatorius	Pirpis	(Clerck, 1757)
	Pirata	tenutarius	Pirten	Simon, 1876
	Pirata	uliginosus	Pirul	(Thorell, 1856)
	Piratula	hygrophila	Phyhy	(Thorell, 1872)
	Piratula	littans	Pirlat	(Blackwall, 1841)
	Trochosa	robusta	Torrob	(Simon, 1876)
	Trochosa	ruricola	Torur	(De Geer, 1778)
	Trochosa	spinipalpis	Trospi	(F. O. P.-Cambridge, 1895)
	Trochosa	terricola	Trotter	Thorell, 1856
	Xerolycosa	miniata	Xermin	(C. L. Koch, 1834)
Xerolycosa	memoralis	Xermem	(Westring, 1861)	
	Ero	aphana	Eroaph	(Walcenaeria, 1802)
	Ero	cambridgei	Erocam	Kulczyn'ski, 1911
	Ero	furcata	Erofur	(Villers, 1789)
Mimetidae	Ero	tuberculata	Erotub	(De Geer, 1778)
	Cheiracanthium	elegans	Cheele	Thorell, 1875
	Cheiracanthium	erraticum	Cheerr	(Walcenaeria, 1802)
	Cheiracanthium	mildei	Chemil	L. Koch, 1864
Mimetidae	Cheiracanthium	pennyl	Chepen	O. P.-Cambridge, 1873
	Cheiracanthium	puncturion	Chepun	(Villers, 1789)
	Cheiracanthium	virescens	Chevie	(Sundevall, 1833)

Family	Genus	Espèce	Abréviation	Auteur
Theridiidae	Enoplognatha	ovata	Enoova	(Clerck, 1757)
	Enoplognatha	thoracica	Enotho	(Hahn, 1833)
	Episius	truncatus	Eptru	Latreille, 1809
	Euryopsis	flavomaculata	Eurffa	(C. L. Koch, 1836)
	Kochiura	aulica	Kocaul	(C. L. Koch, 1838)
	Neottiara	bimaculata	Neobim	(Linnaeus, 1767)
	Neottiara	suaeleonis	Neosua	(Simon, 1879)
	Paldicora	pallens	Paipal	(Blackwall, 1834)
	Parasteatoda	simulans	Parisim	(Thorell, 1875)
	Parasteatoda	lunata	Parlun	(Clerck, 1757)
	Parasteatoda	tepidiorum	Partep	(C. L. Koch, 1841)
	Pholcomma	gibbum	Phogib	(Westring, 1851)
	Phoroncidia	paradoxa	Phopar	(Lucas, 1846)
	Phycosoma	nympha	Phonyo	(O. P.-Cambridge, 1861)
	Phylloneta	impresa	Phyimp	(L. Koch, 1881)
	Platicnickia	tricincta	Platin	(Walckenaer, 1802)
	Robertus	arundineti	Robaru	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Robertus	Ividius	Robliv	(Blackwall, 1836)
	Robertus	scoticus	Robesco	Jackson, 1914
	Rugathodes	instabilis	Ruginis	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Sardinidion	blackwalli	Sarbia	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Simitidion	simile	Simsin	(C. L. Koch, 1836)
	Steatoda	bipunctata	Stebip	(Linnaeus, 1758)
	Steatoda	grossa	Stegro	(C. L. Koch, 1838)
	Steatoda	paykulliana	Stepay	(Walckenaer, 1805)
	Steatoda	triangulosa	Stetri	(Walckenaer, 1802)
	Theonoe	minutissima	Themin	(O. P.-Cambridge, 1879)
	Theridion	heremبولum	Thahe	Simon, 1914
	Theridion	melanurum	Themel	Hahn, 1831
	Theridion	mystaceum	Themys	L. Koch, 1870
Theridion	pinastri	Thopin	L. Koch, 1872	
Theridion	varians	Thavar	Hahn, 1833	
Theridiosomatidae				
Theridiosoma	gemmosum	Thegem	(L. Koch, 1877)	
Thomisidae	Cozystilla	blackwalli	Cozbla	(Simon, 1875)
	Diaea	dorsata	Diador	(Fabricius, 1777)
	Ebrechtella	tricuspidata	Ebtudi	(Fabricius, 1775)
	Heriaraus	mellothetiae	Hermel	Simon, 1886
	Mismenus	vatia	Mivat	(Clerck, 1757)
	Ozyptilla	atomaria	Ozato	(Panzer, 1801)
	Ozyptilla	brevipes	Ozbre	(Hahn, 1826)
	Ozyptilla	clavata	Ozcly	(Walckenaer, 1837)
	Ozyptilla	pratensis	Ozpra	(C. L. Koch, 1837)
	Ozyptilla	rauda	Ozraya	Simon, 1875
	Ozyptilla	sanctuaris	Ozayan	(O. P.-Cambridge, 1871)
	Ozyptilla	simplex	Ozysim	(O. P.-Cambridge, 1862)
	Ozyptilla	trux	Oztryu	(Blackwall, 1846)
	Pistius	truncatus	Pistru	(Pallas, 1772)
	Runcinia	grammica	Rungra	(C. L. Koch, 1837)
	Synema	globosum	Synglo	(Fabricius, 1775)
	Thomisus	onustus	Thoonu	Walckenaer, 1805
	Tmarus	piger	Tmapig	(Walckenaer, 1802)
	Tmarus	stellio	Tmastie	Simon, 1875
	Xysticus	acerbos	Xysace	Thorell, 1872
	Xysticus	audax	Xysaud	(Schrank, 1803)
	Xysticus	bifasciatus	Xysbif	C. L. Koch, 1837
	Xysticus	cristatus	Xyscri	(Clerck, 1757)
	Xysticus	erraticus	Xyserr	(Blackwall, 1834)
	Xysticus	kempeleni	Xyskem	Thorell, 1872
	Xysticus	kochi	Xyskol	Thorell, 1872
	Xysticus	lanio	Xyslan	C. L. Koch, 1835
	Xysticus	lineatus	Xyslin	(Westring, 1851)
	Xysticus	lucutor	Xyslucr	L. Koch, 1870
	Xysticus	luctuosus	Xysluc	(Blackwall, 1836)
Xysticus	ninnii	Xysin	Thorell, 1872	
Xysticus	robustus	Xysrob	(Hahn, 1832)	
Xysticus	ulmi	Xysulm	(Hahn, 1831)	
Zodariidae				
Titanoclea	quadriguttata	Titqua	(Hahn, 1833)	
Titanoclea	tristis	Tittri	L. Koch, 1872	
Uloboridae				
Hypiptotes	paradoxus	Hyppar	(C. L. Koch, 1834)	
Uloborus	walckenaerius	Uluwal	Latreille, 1806	
Zodarium	italicum	Zodita	(Caenestrini, 1868)	
Zodarium	rubidum	Zodrubi	Simon, 1914	
Zoridae				
Zora	armillata	Zoram	Simon, 1878	
Zora	manicata	Zorman	Simon, 1878	
Zora	memoralis	Zorme	(Blackwall, 1861)	
Zora	parallela	Zorpap	Simon, 1878	
Zora	silvestris	Zorsil	Kulczynski, 1897	
Zora	spinimana	Zorspi	(Sundevall, 1833)	

Annexe 3 :: Liste de l'ensemble des espèces de Coléoptères Carabidae présentes dans la base de données
(contient la liste des abréviations pour les espèces)

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Abax	<i>carinatus</i>	<i>Abacar</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>ovalis</i>	<i>Abaova</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>parallelepipedus</i>	<i>Abaparp</i>	(Piller & Mitterpacher, 1783)
	<i>parallelus</i>	<i>Abapar</i>	(Duftschmid, 1812)
Acupalpus	<i>brunnipes</i>	<i>Acubru</i>	(Sturm, 1825)
	<i>dubius</i>	<i>Acudub</i>	Schilsky, 1888
	<i>exiguus</i>	<i>Acuxei</i>	Dejean, 1829
	<i>luteatus</i>	<i>Aculut</i>	(Duftschmid, 1812)
Acupalpus	<i>maculatus</i>	<i>Acumac</i>	(Schaum, 1860)
	<i>meridianus</i>	<i>Acumer</i>	(Linnaeus, 1761)
Agonum	<i>fuliginosum</i>	<i>Agoful</i>	(Panzer, 1809)
	<i>micans</i>	<i>Agomic</i>	(Nicolai, 1822)
	<i>muelleri</i>	<i>Agomue</i>	(Herbst, 1784)
	<i>piceum</i>	<i>Agopic</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>scitulum</i>	<i>Agosci</i>	Dejean, 1828
	<i>afum</i>	<i>Agofr</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>ericeti</i>	<i>Agoceri</i>	(Panzer, 1809)
	<i>gracile</i>	<i>Agogra</i>	Sturm, 1824
	<i>lugens</i>	<i>Agolug</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>marginatum</i>	<i>Agomus</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>nigrum</i>	<i>Agonig</i>	Dejean, 1828
	<i>permoestum</i>	<i>Agoper</i>	Puel, 1938
Agonum	<i>sexpunctatum</i>	<i>Agosex</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>thoreyi</i>	<i>Agotho</i>	Dejean, 1828
	<i>viduum</i>	<i>Agovid</i>	(Panzer, 1796)
	<i>viridicupreum</i>	<i>Agovir</i>	(Goeze, 1777)
	<i>aenea</i>	<i>Amaoen</i>	(De Geer, 1774)
	<i>anthobia</i>	<i>Amaant</i>	A. Villa & G.B. Villa, 1833
	<i>apricaria</i>	<i>Amaapr</i>	(Paykull, 1790)
	<i>aulica</i>	<i>Amaaul</i>	(Panzer, 1797)
	<i>bifrons</i>	<i>Amabif</i>	(Gyllenhal, 1810)
	<i>communis</i>	<i>Amacom</i>	(Panzer, 1797)
	<i>concinna</i>	<i>Amacon</i>	Zimmermann, 1832
	<i>consularis</i>	<i>Amaconl</i>	(Duftschmid, 1812)
Amara	<i>convexior</i>	<i>Amaconv</i>	Stephens, 1828
	<i>curta</i>	<i>Amacur</i>	Dejean, 1828
	<i>equestris</i>	<i>Amaequ</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>erythrocnema</i>	<i>Amoery</i>	Dejean, 1828
	<i>famelica</i>	<i>Amafamc</i>	Zimmermann, 1832
	<i>floralis</i>	<i>Amaflo</i>	Gaubil, 1844
	<i>fulva</i>	<i>Amaful</i>	(O.F. Müller, 1776)
	<i>fulvipes</i>	<i>Amafulp</i>	(Audinet-Serville, 1821)
	<i>kulti</i>	<i>Amakul</i>	Fassati, 1947
	<i>littorea</i>	<i>Amalit</i>	C.G. Thomson, 1857
	<i>lunicollis</i>	<i>Amalun</i>	Schödte, 1837
	<i>majuscula</i>	<i>Amamaj</i>	(Chaudoir, 1850)
Amara	<i>montivaga</i>	<i>Amamon</i>	Sturm, 1825
	<i>nigricornis</i>	<i>Amanig</i>	C.G. Thomson, 1857
	<i>plebeja</i>	<i>Amople</i>	(Gyllenhal, 1810)
	<i>rufipes</i>	<i>Amaruf</i>	Dejean, 1828
	<i>tricuspidata</i>	<i>Amatri</i>	Dejean, 1831
	<i>eurynota</i>	<i>Amoeur</i>	(Panzer, 1797)
	<i>familiaris</i>	<i>Amafam</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>fusca</i>	<i>Amafus</i>	Dejean, 1828

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Carabus	<i>arcensis</i>	<i>Cararc</i>	Herbst, 1784
	<i>auratus</i>	<i>Caraur</i>	Linnaeus, 1761
	<i>auronitens</i>	<i>Caraura</i>	Fabricius, 1792
	<i>cancellatus</i>	<i>Carcan</i>	Illiger, 1798
Carabus	<i>convexus</i>	<i>Carcon</i>	Fabricius, 1775
	<i>granulatus</i>	<i>Cargra</i>	Linnaeus, 1758
	<i>monilis</i>	<i>Carmon</i>	Fabricius, 1792
	<i>nemoralis</i>	<i>Carnem</i>	O.F. Müller, 1764
Carabus	<i>problematicus</i>	<i>Carpro</i>	Herbst, 1786
	<i>fulvipes</i>	<i>Carful</i>	(Latreille, 1817)
Carrerus	<i>nigricornis</i>	<i>Chnig</i>	(Fabricius, 1787)
	<i>nitidulus</i>	<i>Chnrit</i>	(Schrank, 1781)
	<i>olivieri</i>	<i>Chloli</i>	(Crotch, 1871)
	<i>tibialis</i>	<i>Chltrib</i>	Dejean, 1826
Chlaenius	<i>tristis</i>	<i>Chltri</i>	(Schaller, 1783)
	<i>vestitus</i>	<i>Chlves</i>	(Paykull, 1790)
	<i>chrysocephalus</i>	<i>Chlchr</i>	(P. Rossi, 1790)
	<i>spoliatus</i>	<i>Chlspo</i>	(P. Rossi, 1792)
Chlaenius	<i>velutinus</i>	<i>Chlvel</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>campestris</i>	<i>Ciccam</i>	Linnaeus, 1758
	<i>hybrida</i>	<i>Cichyb</i>	Linnaeus, 1758
	<i>collaris</i>	<i>Ciccol</i>	(Herbst, 1784)
Chlaenius	<i>fossor</i>	<i>Cilfos</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>melancholicus</i>	<i>Crymel</i>	(Dejean, 1829)
	<i>tenebrarius</i>	<i>Cryten</i>	(Dejean, 1829)
Cydnus	<i>attenuatus</i>	<i>Cycatt</i>	(Fabricius, 1792)
	<i>caraboides</i>	<i>Cyccar</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>imperialis</i>	<i>Demimp</i>	(Germar, 1824)
	<i>atricapillus</i>	<i>Dematr</i>	(Linnaeus, 1758)
Demetrius	<i>monastigma</i>	<i>Dermon</i>	Samouelle, 1819
	<i>germanus</i>	<i>Diager</i>	(Linnaeus, 1758)
Dromius	<i>quadrimaculatus</i>	<i>Droqua</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>dentata</i>	<i>Dryden</i>	(P. Rossi, 1790)
	<i>aeneus aeneus</i>	<i>Dysaen</i>	(Dejean, 1825)
	<i>agnatus</i>	<i>Dysagn</i>	(Motschulsky, 1844)
Dyschirius	<i>globosus</i>	<i>Dysglo</i>	(Herbst, 1783)
	<i>tristis</i>	<i>Dystri</i>	(Stephens, 1827)
	<i>angustatus</i>	<i>Dysang</i>	(Ahrens, 1830)
	<i>chalcus</i>	<i>Dyscha</i>	(Erichson, 1837)
Dyschirius	<i>aureus</i>	<i>Elaaur</i>	P. Müller, 1821
	<i>cupreus</i>	<i>Elaup</i>	Duftschmid, 1812
	<i>riparius</i>	<i>Elarip</i>	(Linnaeus, 1758)
Elaphus	<i>azurescens</i>	<i>Empazu</i>	(Dalla Torre, 1877)
	<i>secalis</i>	<i>Epasec</i>	(Paykull, 1790)
	<i>etruscus</i>	<i>Gynetr</i>	(Quensel in Schönherr, 1806)
	<i>laevipes</i>	<i>Harlae</i>	Zetterstedt, 1828
Elaphus	<i>melancholicus</i>	<i>Harmel</i>	Dejean, 1829
	<i>pumilus</i>	<i>Harpum</i>	Sturm, 1818
	<i>affinis</i>	<i>Haraff</i>	(Schrank, 1781)
	<i>anxius</i>	<i>Haranx</i>	(Duftschmid, 1812)
Elaphus	<i>atrotus</i>	<i>Haratr</i>	Latreille, 1804
	<i>attenuatus</i>	<i>Haratt</i>	Stephens, 1828
	<i>cupreus</i>	<i>Harcup</i>	Dejean, 1829
	<i>dimidiatus</i>	<i>Hardim</i>	(P. Rossi, 1790)

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Oxytelus	<i>coeruleus</i>	<i>Ocycae</i>	(Audinet-Serville, 1821)
	<i>cruciatulus</i>	<i>Ocyru</i>	(Dejean, 1831)
	<i>dalmatinus</i>	<i>Ocydal</i>	(Dejean, 1831)
	<i>deletus deletus</i>	<i>Ocydadel</i>	(Audinet-Serville, 1821)
Oxytelus	<i>femoratus femoratus</i>	<i>Ocyfemfem</i>	(Sturm, 1825)
	<i>testaceus testaceus</i>	<i>Ocytestes</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>tetracolum tetracolum</i>	<i>Ocytettet</i>	(Say, 1823)
	<i>tetragrammus genei</i>	<i>Ocytetgen</i>	(Küster, 1847)
Oxytelus	<i>harpaloides</i>	<i>Ocyhar</i>	(Audinet-Serville, 1821)
	<i>striatum</i>	<i>Odostr</i>	(Fabricius, 1792)
	<i>velox</i>	<i>Odovel</i>	(Linnaeus, 1761)
Oxytelus	<i>rotundatus</i>	<i>Olirot</i>	(Paykull, 1798)
	<i>limbatum</i>	<i>Omolim</i>	(Fabricius, 1776)
Oxytelus	<i>gracilis</i>	<i>Oodgra</i>	A. Villa & G.B. Villa, 1833
	<i>helopioides</i>	<i>Oadhel</i>	(Fabricius, 1792)
	<i>ardosiacus</i>	<i>Ophard</i>	(Lutshnik, 1922)
	<i>azureus</i>	<i>Ophazu</i>	(Fabricius, 1775)
Oxytelus	<i>brevicollis</i>	<i>Ophbre</i>	(Audinet-Serville, 1821)
	<i>cordatus</i>	<i>Ophcar</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>laticollis</i>	<i>Ophlat</i>	Mannerheim, 1825
	<i>melletii</i>	<i>Ophmel</i>	(Heer, 1837)
Oxytelus	<i>opacus</i>	<i>Ophopa</i>	(Dejean, 1829)
	<i>puncticeps</i>	<i>Ophpump</i>	Stephens, 1828
	<i>puncticollis</i>	<i>Ophpun</i>	(Paykull, 1798)
	<i>subulicola</i>	<i>Ophsab</i>	(Panzer, 1796)
Oxytelus	<i>obscurus</i>	<i>Oxyobs</i>	(Herbst, 1784)
	<i>cruxmajor</i>	<i>Pancru</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>bipustulatus</i>	<i>Panbip</i>	(Fabricius, 1775)
	<i>linearis</i>	<i>Parlin</i>	(Olivier, 1795)
Parandromus	<i>longiceps</i>	<i>Parlon</i>	(Dejean, 1826)
	<i>albipes</i>	<i>Paralb</i>	(Fabricius, 1796)
Parandromus	<i>bistriatus</i>	<i>Parbis</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>maculicornis</i>	<i>Parmac</i>	(Duftschmid, 1812)
	<i>mendax</i>	<i>Parmen</i>	(P. Rossi, 1790)
	<i>atrorufus</i>	<i>Patatr</i>	(Stroem, 1768)
Perileptus	<i>areolatus</i>	<i>Perare</i>	(Creutzer, 1799)
	<i>biguttatus</i>	<i>Phibig</i>	(Fabricius, 1779)
	<i>guttula</i>	<i>Phigut</i>	(Fabricius, 1792)
	<i>lunulatus</i>	<i>Philon</i>	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)
Phicodius	<i>iricolor</i>	<i>Phiiri</i>	(Bedel, 1879)
	<i>mannerheimii</i>	<i>Phiman</i>	(C.R. Sahlberg, 1827)
	<i>melanoccephalus</i>	<i>Phimel</i>	(Dejean, 1825)
	<i>obtusa</i>	<i>Phyobt</i>	(Audinet-Serville, 1821)
Phylodius	<i>depressus</i>	<i>Pladep</i>	(Audinet-Serville, 1821)
	<i>livens</i>	<i>Plaliv</i>	(Gyllenhal, 1810)
	<i>kugelanni</i>	<i>Poekug</i>	(Panzer, 1797)
	<i>purpurascens</i>	<i>Poepur</i>	(Dejean, 1828)
Phylodius	<i>cupreus</i>	<i>Poecup</i>	(Linnaeus, 1758)
	<i>lepidus</i>	<i>Poelep</i>	(Leske, 1785)
	<i>sericeus</i>	<i>Poeser</i>	Fischer von Waldheim, 1824
	<i>versicolor</i>	<i>Poever</i>	(Sturm, 1824)
Phylodius	<i>chalcus</i>	<i>Pogcha</i>	(Marsham, 1802)
	<i>connexus</i>	<i>Polcon</i>	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)
	<i>punctulatum punctulatum</i>	<i>Pripunpun</i>	(Drapiez, 1821)
	<i>punctulatum punctulatum</i>	<i>Pripunpun</i>	(Drapiez, 1821)

Annexe 3 (suite) : Liste de l'ensemble des espèces de Coléoptères Carabidae présentes dans la base de données (contient la liste des abréviations pour les espèces)

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Amara	lucida	Amaluc	(Duftschmid, 1812)
	nitida	Amanit	Sturm, 1825
	similata	Amasim	(Gyllenhal, 1810)
	spretta	Amaspr	Dejean, 1831
	strenua	Amastr	Zimmermann, 1832
Ambystomus	tibialis	Amatib	(Paykull, 1798)
	niger	Ambnig	(Heer, 1841)
Anachanetus	dorsalis	Ancdor	(Pontoppidan, 1763)
Anisodactylus	binotatus	Anibin	(Fabricius, 1787)
	poeciloides	Anipoe	(Stephens, 1828)
	signatus	Anisig	(Panzer, 1796)
Anthracus	consputus	Antcon	(Duftschmid, 1812)
Apisius	europaeus	Apreur	Mateu, 1980
Asaphidion	curtum	Asacur	(Heyden, 1870)
Atraneus	ruficollis	Atrruf	(Gautier des Cottés, 1857)
Badister	collaris	Badcol	Motschulsky, 1844
	dilatatus	Baddil	Chaudoir, 1837
	sodalis	Badsod	(Duftschmid, 1812)
	bullatus	Badbul	(Schrank, 1798)
	lacertus	Badlac	Sturm, 1815
	meridionalis	Badmer	Puel, 1925
	unipustulatus	Baduni	Bonelli, 1813
Bembidion	quadrinaculatum	Bemquam	(Linnaeus, 1761)
	quadrupustulatum	Bemqua	Audinet-Serville, 1821
	lateralis	Bemlat	Samouelle, 1819
Brachinus	crepitans	Bracre	(Linnaeus, 1758)
	elegans	Braele	Chaudoir, 1842
	explodens	Braexp	Duftschmid, 1812
	psophia	Brapso	Audinet-Serville, 1821
	sclopetta	Brascl	(Fabricius, 1792)
Bradycellus	harpalinus	Brahar	(Audinet-Serville, 1821)
	ruficollis	Braruf	(Stephens, 1828)
	verbasci	Braver	(Duftschmid, 1812)
Calathus	fuscipes graecus	Calfusgra	Dejean, 1831
	cinctus	Calcin	Motschulsky, 1850
	erratus	Calerr	(C.R. Sahlberg, 1827)
	fuscipes	Calfus	(Goeze, 1777)
	melanocephalus	Calmel	(Linnaeus, 1758)
Calodromius	rotundicollis	Calrot	Dejean, 1828
	bifasciatus	Calbif	(Dejean, 1825)
	spilotus	Calspi	(Illiger, 1798)

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Harpalus	dispar	Hardis	Dejean, 1829
	distinguendus	Hardist	(Duftschmid, 1812)
	latus	Harlat	(Linnaeus, 1758)
	luteicornis	Harlut	(Duftschmid, 1812)
	modestus	Harmod	Dejean, 1829
	oblitus	Harobl	Dejean, 1829
	picipennis	Harpic	(Duftschmid, 1812)
	rubripes	Harrub	(Duftschmid, 1812)
	rufipalpis	Harruf	Sturm, 1818
	serripes	Harser	(Quensel in Schönherr, 1806)
Lampyris	smaragdinus	Harsma	(Duftschmid, 1812)
	subcylindricus	Harsub	Dejean, 1829
	tardus	Hartar	(Panzer, 1797)
Lebia	chlorocephalus	Lamchl	(J.J. Hoffmann, 1803)
	cyanacephalus	Lamcy	(Linnaeus, 1758)
Leius	cruxminar	Lebcru	(Linnaeus, 1758)
	marginata	Lebmar	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)
	ferrugineus	Leifer	(Linnaeus, 1758)
	fulvibarbis	Leifur	Dejean, 1826
	spinibarbis	Leispi	(Fabricius, 1775)
Lichus	depressus	Licdep	(Paykull, 1790)
Lichus	hoffmanseggii	Lichof	(Panzer, 1803)
Limodromus	assimilis	Limass	(Paykull, 1790)
Lionychus	quadrillum	Lioqua	(Duftschmid, 1812)
Loricera	pilicornis	Lorpil	(Fabricius, 1775)
Macareus	wetterhallii	Moswet	(Gyllenhal, 1813)
Metalina	lampros	Metlam	(Herbst, 1784)
	properans	Metpro	(Stephens, 1828)
	maurus	Micmau	(Sturm, 1827)
Microlestes	minutulus	Micmin	(Goeze, 1777)
Nebria	brevicollis	Nebbre	(Fabricius, 1792)
	salina	Nebsal	Fairmaire & Laboulbène, 1854
Notaphus	dentellus	Notden	(Thunberg, 1787)
	semipunctatus	Notsem	(Donovan, 1806)
	varius	Notvar	(Olivier, 1795)
Notaphilus	biguttatus	Notbig	(Fabricius, 1779)
	germinyi	Notger	Fauvel in Grenier, 1863
	palustris	Notpal	(Duftschmid, 1812)
	quadripunctatus	Notqua	Dejean, 1826
	rufipes	Notruf	Curtis, 1829
	substriatus	Notsub	C.R. Waterhouse, 1833

Genre	Espèce	Abréviation	Auteur
Pseudophonus	rufipes	Pseruf	(De Geer, 1774)
	griseus	Psegri	(Panzer, 1796)
	anthracinus	Pteant	(Illiger, 1798)
	diligens	Ptedil	(Sturm, 1824)
	gracilis	Ptegra	(Dejean, 1828)
Pterostichus	melanarius	Ptemel	(Illiger, 1798)
	ovoideus	Pteovo	(Sturm, 1824)
	quadrifoveolatus	Ptequa	Letzner, 1852
	arvensis	Ptearv	(Jeannel, 1937)
	crispatus	Ptecri	(L. Dufour, 1820)
	cursor	Ptecur	(Dejean, 1828)
	leonisi	Pteleo	Apfelbeck 1904
	macer	Ptemac	(Marsham, 1802)
	modicus	Ptemad	(Fabricius, 1775)
	minor	Ptemin	(Gyllenhal, 1827)
Semiaphonus	niger	Ptenig	(Schaller, 1783)
	nigrita	Ptenigr	(Paykull, 1790)
	oblongopunctatus	Pteobl	(Fabricius, 1787)
	pumilio	Ptepum	(Dejean, 1828)
	strenuus	Ptestr	(Panzer, 1797)
	vernalis	Ptever	(Panzer, 1796)
	signaticornis	Semsig	(Duftschmid, 1812)
Sinuchostictus	decoratus	Sindec	(Duftschmid, 1812)
Stenobothrus	mixtus	Stemix	(Herbst, 1784)
	skrimshirani	Steskr	Stephens, 1828
	teutonius	Steteu	(Schrank, 1781)
Stomis	pumicatus	Stopum	(Panzer, 1796)
Synchostictus	ruficornis	Synruf	Sturm, 1825
Synthonus	foveatus	Synfov	(Geoffroy in Fourcroy, 1785)
Synthonus	obscuroguttatus	Synobs	(Duftschmid, 1812)
Synuchus	vivalis	Synviv	(Illiger, 1798)
Tachya	nana	Tacnan	(Gyllenhal, 1810)
Tachyura	parvula	Tacpar	(Dejean, 1831)
Trechobius	micros	Tremic	(Herbst, 1784)
Trechus	amplicollis	Treamp	Fairmaire, 1859
	obtus	Treobt	Erichson, 1837
	quadristriatus	Trequa	(Schrank, 1781)
Trepas	assimilis	Treass	(Gyllenhal, 1810)
Trepas	gilvipes	Tregil	(Sturm, 1825)
	octomaculatus	Treoct	(Goeze, 1777)
Zabrus	tenebrioides	Zabten	(Goeze, 1777)

Annexe 4: Systématique des Araneae et des Coléoptères Carabidae

(The World Spider Catalog by Platnick N.I. Version 14.0, TAXREF Version 4.0)

Systématique des Araneae		
Ancien nom synonyme	Auteur	Nom Valide
Agelena gracilens	C.L. Koch, 1841	Allagelena gracilens
Coelotes inermis	(L. Koch, 1855)	Inermocoelotes inermis
Tegenaria pagana	C.L. Koch, 1840	Malthonica pagana
Tegenaria picta	Simon, 1870	Malthonica picta
Tegenaria silvestris	L. Koch, 1872	Malthonica silvestris
Atea triguttata	(Fabricius, 1757)	Araneus triguttatus
Clubiona stagnatalis	Roberts, 1995	Clubiona stagnatilis
Eresus cinnaberius	(Olivier, 1789)	Eresus kollari
Zelotes lutetianus	(L. Koch, 1866)	Drassylus lutetianus
Zelotes pedestris	(C. L. Koch, 1837)	Trachyzelotes pedestris
Zelotes praeficus	(L. Koch, 1866)	Drassylus praeficus
Zelotes pusillus	(C. L. Koch, 1833)	Drassylus pusillus
Zelotes silvicola	Denis, 1962	Zelotes cyanescens
Zelotes villicus	(Thorell, 1875)	Drassylus villicus
Micaria romana	L. Koch, 1866	Micaria albivittata
Allomengea warburtoni	(O. P.-Cambridge, 1889)	Allomengea vidua
Araeoncus crassipes	Heimer & Nentwig, 1991	Araeoncus crassiceps
Ceratinopsis stativa	(Simon, 1881)	Styloctetor stativus
Erigone vagans	Audouin, 1826	Primerigone vagans
Lepthyphantes angulatus	(O. P.-Cambridge, 1881)	Oryphantes angulatus
Lepthyphantes ericaceus	Palmgren, 1975	Palliduphantes ericaceus
Lepthyphantes cristatus	(Menge, 1866)	Tenuiphantes cristatus
Lepthyphantes flavipes	(Blackwall, 1854)	Tenuiphantes flavipes
Lepthyphantes insignis	O. P.-Cambridge, 1913	Palliduphantes insignis
Lepthyphantes mengei	Kulczynski, 1887	Tenuiphantes mengei
Lepthyphantes pallidus	(O. P.-Cambridge, 1871)	Palliduphantes pallidus
Lepthyphantes tenuis	(Blackwall, 1852)	Tenuiphantes tenuis
Lepthyphantes zimmermani	Bertkau, 1890	Tenuiphantes zimmermani
Meioneta beata	(O. P.-Cambridge, 1906)	Meioneta affinis
Milleriana inerrans	(O. P.-Cambridge, 1885)	Collisia inerrans
Pelecopsis nemoralis	(Blackwall, 1841)	Parapelecopsis nemoralis
Sintula cornigera	(Blackwall, 1856)	Sintula corniger
Trichopterna thorelli	(Westring, 1861)	Thricopternoides thorelli
Lepthyphantes pinicola	Simon, 1884	Piniphantes pinicola
Pirata hygrophilus	Thorell, 1872	Piratula hygrophila
Pirata latitans	(Blackwall, 1841)	Piratula latitans
Tricca lutetiana	(Simon 1876)	Arctosa lutetiana
Pardosa pallitans	Simon, 1876	Pardosa vittata
Bianor aurocinctus	(Ohlert, 1865)	Sibianor aurocinctus
Dendryphantes nidicolens	(Walckenaer, 1802)	Macaroeis nidicolens
Euophrys aequipes	(O. P.-Cambridge, 1871)	Talavera aequipes
Evophrys sp.	*	Euophrys sp.
Euophrys browningi	Millidge & Locket, 1955	Pseudeuophrys obsoleta
Micrommata ligurinum	Levy, 1989	Micrommata ligurina
Meta mengei	(Blackwall, 1869)	Metellina mengei
Meta segmentata	(Clerck, 1757)	Metellina segmentata
Pachygnata clerckii	Sundevall, 1823	Pachygnata clercki
Achaeearanea lunata	(Clerck, 1758)	Parasteotoda lunata
Achaeearanea simulans	(Thorell, 1875)	Parasteotoda simulans
Achaeearanea tepidarium	(C.L. Koch, 1841)	Parasteotoda tepidarium
Anelosimus aulicus	(C. L. Koch, 1838)	Kochiura aulica
Keija tincta	Yoshida, 2001	Platnickina tincta
Steatoda phalerata	(Panzer, 1801)	Asagena phalerata
Theridion bimaculatum	(Linnaeus, 1767)	Neottiura bimaculata
Theridion blackwalli	O. P.-Cambridge, 1871	Sardinidion blackwalli
Theridion impressum	L. Koch, 1881	Phylloneta impressa
Theridion tinctum	Walckenaer, 1805	Platnickina tincta
Theridium pallens	Blackwall, 1834	Paidiscura pallens
Theridium sp.	Leach, 1824	Theridion sp.
Misumenops tricuspidatus	(Fabricius, 1775)	Ebrechtella tricuspidata
Oxyptila sp.	*	Ozyptila sp.
Ozyptila blackwalli	Simon, 1875	Cozyptila blackwalli
Xysticus kempelini	Bosmans & Janssen, 1982	Xysticus kempelini

* Rectification injustifiée

Systématique des Coléoptères Carabidae		
Ancien nom synonyme	Auteur	Nom Valide
Agonum assimile	(Paykull, 1798)	Limodromus assimilis
Agonum emarginatum	Gyllenhal, 1827	Agonum afrum
Amara aulicus	(Panzer, 1797)	Amara aulica
Amara fulvus	(Müller, 1776)	Amara fulva
Amara ovata	Motschulsky, 1844	Amara littorea
Batenus livens	(Gyllenhal, 1810)	Platynus livens
Baudia anomala	(Perris, 1866)	Badister collaris
Bembidion articulatum	(Panzer, 1795)	Sinechostictus decoratus
Bembidion assimilis	Gyllenhal	Trepas assimilis
Bembidion azurescens	(Dalla Torre, 1877)	Emphanes azurescens
Bembidion bicolor	(Bonniard De Saludo, 1970)	Philochthus biguttatus
Bembidion biguttatum	(Fabricius, 1779)	Philochthus biguttatus
Bembidion biguttatus	(Fabricius, 1779)	Notiophilus biguttatus
Bembidion biguttatus	(Fabricius, 1779)	Philochthus iricolor
Bembidion coeruleum	Audinet-Serville, 1821	Ocydromus coeruleus
Bembidion cruciatus	(Dejean, 1831)	Ocydromus cruciatus
Bembidion dalmatinum	Dejean 1831	Ocydromus dalmatinum
Bembidion dentellum	(Thunberg, 1837)	Notaphus dentellus
Bembidion elongatum	Dejean, 1831	Paratachys bistriatus
Bembidion femoratum	Sturm, 1825	Ocydromus femoratus femoratus
Bembidion genei	Kuster, 1847	Ocydromus tetragrammus genei
Bembidion gilvipes	Sturm, 1825	Trepas gilvipes
Bembidion guttula	(Fabricius, 1792)	Philochthus guttula
Bembidion haemorrhous	Stephens	Philochthus mannerheimii
Bembidion lampros	(Herbst, 1784)	Metalina lampros
Bembidion lateralis	Samouelle, 1819	Bembidion (Cilienus) lateralis
Bembidion lunulatum	(Geoffroy in Fourcroy 1785)	Philochthus lunulatus
Bembidion nitidulum	(Marsham, 1802)	Ocydromus deletus deletus
Bembidion obtusum	Audinet-Serville 1821	Phyla obtusa
Bembidion octomaculatum	(Goeze, 1777)	Trepas octomaculatus
Bembidion properans	(Stephens, 1827)	Metalina properans
Bembidion punctulatum	Drapiez 1820	Principium punctulatum punctulatum
Bembidion semipunctatum	(Donovan, 1806)	Notaphus semipunctatus
Bembidion striatum	(Fabricius, 1792)	Odontium striatum
Bembidion testaceum	(Duftschmid, 1812)	Ocydromus testaceus testaceus
Bembidion tetracolum	Say, 1823	Ocydromus tetracolum tetracolum
Bembidion varium	(Olivier, 1795)	Notaphus varius
Bembidion velox	(Linnaeus, 1761)	Odontium velox
Brachynus sp.	*	Brachinus sp.
Calathus piceus	Marsham, 1802	Calathus rotundicollis
Calodromius quadrimaculatus	(Panzer, 1801)	Calodromius spilotus
Carabus arvensis	Herbst, 1784	Carabus arcensis
Carabus purpurascens	(Fabricius, 1798)	Poecilus purpurascens
Chlaenius nigricornis	(Fabricius, 1787)	Chlaenius nigricornis
Chlaenius nitidulus	(Schrank, 1781)	Chlaenius nitidulus
Chlaenius tibialis	Dejean, 1826	Chlaenius tibialis
Chlaenius tristis	(Schaller, 1783)	Chlaenius tristis
Chlaenius variegatus	(Fourcroy, 1785)	Chlaenius olivieri
Chlaenius vestitus	(Paykull, 1790)	Chlaenius vestitus
Clivina contracta	(Fourcroy, 1785)	Clivina collaris
Dyschirius aeneus	(Dejean, 1825)	Dyschirius aeneus aeneus
Dyschirius globosus	(Herbst, 1783)	Dyschirius globosus
Dyschirius lucidus	Putzeys, 1866	Dyschirius agnatus
Dyschirius luedersi	H. Wagner, 1915	Dyschirius tristis
Elaphropus parvulus	(Dejean, 1831)	Tachyura parvula
Europhilus fuliginosus	(Panzer, 1809)	Agonum fuliginosum
Europhilus micans	(Nicolai, 1822)	Agonum micans
Europhilus piceus	Linnaeus, 1758	Agonum piceum
Europhilus scitulus	(Dejean, 1828)	Agonum scitulum
Harpalus griseus	(Panzer, 1797)	Pseudoophonus griseus
Harpalus latus	Audinet-Serville, 1821	Calathus fuscipes graecus
Harpalus pumilio	Casey, 1914	Harpalus pumilus
Harpalus quadripunctatus	Dejean, 1829	Harpalus laevipes
Harpalus rufipes	(DeGeer, 1774)	Pseudoophonus rufipes
Harpalus signaticornis	(Duftschmid, 1812)	Semiophonus signaticornis
Harpalus tenebrosus	Dejean, 1829	Cryptophonus tenebrosus
Harpalus vernalis	(Fabricius, 1801)	Harpalus pumilus
Lamprias cyanocephala	(Linnaeus, 1758)	Lamprias cyanocephalus
Lebia chlorocephala	Hoffmannsegg, 1803	Lamprias chlorocephalus
Lebia crux-minor	(Linnaeus, 1758)	Lebia cruxminor
Ophonus melleti	(Heer, 1 837)	Ophonus melletii
Ophonus punctatulus	(Duftschmid, 1812)	Ophonus laticollis
Ophonus rotundicollis	Fairmaire & Laboulbène, 1854	Ophonus ardosiacus
Ophonus rufipes	(DeGeer, 1774)	Pseudoophonus rufipes
Ophonus schaubergerianus	Jeannel, 1942	Ophonus melletii
Panagaeus crux-major	(Linnaeus, 1758)	Panagaeus cruxmajor
Paranchus ruficornis	(De Geer, 1774)	Paranchus albipes
Platyderus ruficollis	Marsham, 1802	Platyderus depressus
Platynus assimile	(Paykull, 1790)	Limodromus assimilis
Platynus assimilis	Paykull, 1790	Limodromus assimilis
Pterostichus angustatus	(Duftschmid, 1812)	Pterostichus quadrifoveolatus
Pterostichus anthracinum	(Illiger, 1798)	Pterostichus anthracinus
Pterostichus cupreus	(Linnaeus, 1758)	Poecilus cupreus
Pterostichus gracile	(Dejean, 1828)	Pterostichus gracilis
Pterostichus minus	Casey	Pterostichus melanarius
Pterostichus nigrinus	(Paykull, 1790)	Pterostichus nigrita
Pterostichus pumicatus	(Panzer, 1796)	Stomis pumicatus
Trechus secalis	(Paykull, 1790)	Epaphius secalis

Annexe 4 : protocoles de suivi par groupe taxonomique et site

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau fin	
Groupe taxonomique : phytoplancton					
Informations sur		L'état trophique du secteur amont Propriétés physiques à différents niveaux Indication sur la chaîne alimentaire aquatique Détermination de la richesse floristique microscopique			
Habitats concernés		C2.2/C2.3 selon tronçon (amont/aval)			
Fréquence du suivi		Mars-Novembre : Bimensuel à défaut Hebdomadaire idéalement en été	Dimension du site de suivi	Milieu d'un pont (5 m) ; cours d'eau homogène	
Paramètres biotiques à relever :			Paramètres abiotiques à relever :		
<u>A titre indicatif :</u> Recouvrement de <u>macrophytes</u> Zooplancton Invertébrés benthiques			<u>Hydro-climat + qualité de l'eau</u> Température de l'eau (°C) Oxygène dissous (mgO ₂ /L) ; % d'oxygène dissous Conductivité (µS/cm) pH Turbidité ? Luminosité ? <u>Si possible :</u> Transparence Secchi (m) Profondeur de colonne d'eau (m)		
Matériel nécessaire :		Sondes pour les paramètres <i>in-situ</i> Flaconnage : 500 <u>mL</u> (phytoplancton) Flaconnage chimie (1 000 <u>mL</u>) Flaconnage brun chlorophylle (1 000 <u>mL</u>) Filet à plancton (Ø 10 µm) Flaconnage pour le concentré filet (250 <u>mL</u>) Seau Disque Secchi ? Formol/ <u>Lugol</u> ? Glacière Étiquettes préparées			
Estimation temps par passage :		1 personne 1/2 heure	Estimation coût par passage :	prélèvement seul : 50 € si BE	
Description protocole					
- 1 fois sur le pont, scruter la veine principale du courant - Lancer 1 seau solide dans le cours d'eau, laisser remplir et remonter - Faire les mesures <i>in situ</i> dans le seau (T° eau, pH...) - Homogénéiser l'eau dans le seau et remplir plusieurs flaconnages - 500 <u>mL</u> d'eau pour le phytoplancton + ajout de <u>Lugol</u> (fiole préparée en quantité adéquate) - 1 L d'eau pour la physico-chimie + 1L d'eau pour la chlorophylle - Après étiquetage, tout déposer dans une glacière					
Remarques :		Déposer les échantillons de chimie dans un labo Stockage échantillons phytoplancton au frais et à l'obscurité Le temps de transport entre les stations n'est pas comptabilisé			
Proposition opérateurs :		Bi-Eau pour la partie intermédiaire/aval de La Loire			

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau : Annexes hydrauliques	
Groupe taxonomique : phytoplancton		Nom du groupe : phytoplancton			
Informations sur		L'état trophique du milieu Propriétés physiques locales/emplacement d'inocula Mécanismes d'ensemencement du fleuve Détermination de la richesse floristique microscopique			
Habitats concernés		C3.1 ; C3.4 ; C3.5 ; C3.6			
Fréquence du suivi		Juin-Août : 2 fois /an plus si possible	Dimension du site de suivi	< 1 km OU 100m² à 10⁴ m²	
Paramètres biotiques à relever :			Paramètres abiotiques à relever :		
<u>À titre indicatif :</u> Recouvrement de macrophytes Zooplancton Invertébrés benthiques			<u>Hydro-climat + qualité de l'eau</u> Température de l'eau (°C) Oxygène dissous (mgO₂/L) ; % d'oxygène dissous Conductivité (µS/cm) pH Turbidité ? Luminosité ? <u>Si possible :</u> Transparence Secchi (m) Profondeur de colonne d'eau (m)		
Matériel nécessaire :		Sondes pour les paramètres <i>in-situ</i> Flaconnage brun chlorophylle (1 000 mL) : 1 flacon /point de la station Seau Disque Secchi ? ; Formol/Lugol Glacière ; Étiquettes préparées			
Estimation temps par passage :		1 personne 3 heures	Estimation coût par passage :	prélèvement seul : 200 € si BE	
Description protocole					
- Choisir 3 à 6 milieux représentatifs sur un transect assez hétérogène de la Loire (3-6 points/station) - Échantillonnage directs (milieux temporaires) - Faire les mesures <i>in situ</i> dans le seau / ou directement dans chaque milieu (T° eau, pH...) - Homogénéiser l'eau dans le seau et remplir plusieurs flacons / ou remplir directement du milieu - 500 mL d'eau pour le phytoplancton + ajout de Lugol (fiole préparée en quantité adéquate) - 1 L d'eau pour la chlorophylle : après étiquetage, tout placer dans une glacière					
Remarques :		Déposer les échantillons de chlorophylle dans un labo Stockage échantillons phytoplancton au frais et à l'obscurité Le temps de transport entre les stations n'est pas comptabilisé			

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau : observation fine	
Groupe taxonomique : végétation vasculaire					
Informations sur		Caractérisation du type d'habitat, état d'avancement de la succession, Fonction : producteurs primaires, support et abri faune, stabilisation de l'habitat, fixation formes sédimentaires			
Habitats concernés		tous			
Fréquence du suivi		Milieux aquatiques et végétation herbacée : annuelle Strates arbustifs et arborés de la forêt alluviale : tous les 5 ans.		Longueur tronçon cours d'eau + plaine : 1 à 5 km ; Placettes de 2 x 2m (végétation herbacée + annexes hydrauliques) Cercles de 600 m² (forêt)	
Paramètres biotiques à relever :		Paramètres abiotiques à relever :			
<i>Chenal vif (EUNIS C2.2, C2.3)</i> A chaque point contact : - Liste d'espèces - Indice d'abondance par espèce : 1 : espèce très peu présente sur le râteau, 2 : espèce présente en petite quantité sur le râteau, 3 : espèce moyennement abondante sur le râteau, 4 : espèce très abondante sur le râteau, 5 : espèce présente sur l'ensemble du râteau en grande quantité. <i>Annexes hydrauliques (C2.5) et milieux terrestres (C3.5, C3.6, C3.55, G1.111, G1.221 ; E3.4, E3.5)</i> <u>Végétation herbacée :</u> - Liste des espèces - Indice d'abondance (compris entre 0 et 4) <u>Ligneux :</u> - Liste des espèces A l'échelle de la placette unitaire : - Indice d'abondance (compris entre 0 et 4) - Nombre d'individus par classe de taille - Indice de présence d'herbivores sauvages (type et abondance (4 classes)) - Indices d'usages humains (type et présence) A l'échelle élargie (forêt) : - Nombre d'individus par classe de taille - Indice de présence d'herbivores sauvages (type et abondance (4 classes)) - Indices d'usages humains (type et présence)		<i>Chenal vif (EUNIS C2.2, C2.3)</i> A chaque point contact : - la profondeur (en m) - le substrat (estimation texture) - la turbidité (en m) - la vitesse du courant en surface. Classes de vitesse : - classe 1 : vitesse inférieure à 25 cm/s, - classe 2 : vitesse comprise entre 25-75 cm/s - classe 3 : vitesse comprise entre 75-150 cm/s - classe 4 : vitesses supérieures à 150 cm/s. <i>Annexes hydrauliques (EUNIS C2.5)</i> - la profondeur (en m) - le substrat (estimation texture) - la turbidité (en m) - la conductivité - la température - le pH <i>Milieux terrestres (C3.5, C3.6, C3.55, G1.111, G1.221 ; E3.4, E3.5)</i> - le substrat superficiel (estimation texture) - Le substrat à 20 cm de profondeur - L'épaisseur d'humus - la température (+ heure de mesure) au sol au centre de la placette			

Matériel nécessaire :	Bateau Râteau double à manche télescopique GPS Disque de Secchi (mesure turbidité) Ruban forestier Thermomètre Cartographie site Liste des placettes unitaires à échantillonner (coordonnées géographiques) Quadrat pliable 2m*2m Règle Appareil photo		
Estimation temps par passage :	Annexes et milieux terrestres : 30 hommes * heure ; + 20 hommes* heures tous les 5 ans (relevés forêt) Chenal vif :	Estimation coût par passage :	Annexes et milieux terrestres : 1200 euros + 700 euros tous les 5 ans (relevés forêt)
Description protocole			
Chenal vif EUNIS C2.2, C2.3			
L'échantillonnage se fera sur 10 transects (profils transversaux) régulièrement espacés le long du tronçon d'étude. Les macrophytes seront échantillonnés par une méthode de point contact au râteau, inspirée par le protocole de l'indice macrophytique en rivière (IBMR). Le premier point contact de chaque profil est placé de manière aléatoire puis l'écartement entre deux points contacts est de 5m dans les zones peu profondes et de 10m dans les zones plus profondes où les macrophytes sont généralement absents dans la Loire. Les différents points sont géolocalisés et pour chaque point contact sont notés. Les prélèvements de macrophytes sont réalisés à l'aide d'un râteau double à manche télescopique permettant d'atteindre les végétaux jusqu'à environ 4 m de profondeur. Le râteau est immergé jusqu'au fond, puis on effectue une rotation de 360° afin de prélever l'ensemble des macrophytes présents sur le point. Le tout est ensuite remonté et les macrophytes sont déterminés à l'espèce, à l'exception des algues. Un indice d'abondance de 1 à 5 est attribué à chaque taxon présent dans l'échantillon prélevé.			
Annexes hydrauliques (EUNIS C2.5) & habitats terrestres ((C3.5, C3.6, C3.55, G1.111, G1.221 ; E3.4, E3.5).			
Strate herbacée et végétation aquatique :			
L'échantillonnage sera réalisé à l'aide de quadrats de 2m x 2m, subdivisés en 4 sous-quadrats d'un m². Les quadrats seront placés aléatoirement dans chaque habitat unitaire. Sera réalisé un relevé floristique en présence-absence dans chacun des sous-quadrats. Pour chaque taxon la valeur relevée sera donc comprise entre 0 et 4 (présence dans chaque sous-quadrat). En cas de forme linéaire de l'habitat unitaire, les quatre sous-quadrats pourront être placées l'un après l'autre. Les <u>ligneux</u> présents sur la surface d'échantillonnage sont comptabilisés par espèce et par classe de taille: nombre d'individus < 7,5 cm DBH (diamètre à hauteur poitrine, i.e. à 1,30m), nombre d'individus à DBH compris entre 7,5 et 15 cm ; nombre d'individus à DBH compris entre 15 et 30 cm ; nombre d'individus à DBH compris entre 30 et 60 cm ; nombre d'individus à DBH > 60 cm. Les ligneux à forme de croissance de type arbuste seront caractérisés par leur hauteur et leur diamètre (axe le plus long).			
Autres paramètres biotiques ou d'exploitation : Seront également notés			
(i) les indices de présence d'herbivores sauvages : crottes de lapin ; boutis ¹ de sangliers, traces de broutage sur herbacées, ligneux : coupes par castors, frottis ² par chevreuils ou cerfs. Les classes d'abondance pour			

- traces de broutage seront : 0 : absent ; 1 : quelques brins ; 2 : < 50 % des brins ; > 50% des brins. Boutis de sanglier : 0 : absent ; 1 : < 5% de la placette ; 2 : 5 à 50 % de la placette ; 3 : > 50% de la placette
- (ii) les indices d'usages humains : fauche, pâturage, feux de camps, traces de véhicules....

Chaque quadrat sera pris en photo (avec indication de l'orientation de la photo).

Nombre de quadrats par habitats unitaire

Ce nombre sera fonction de la surface totale de l'habitat. Il sera au minimum de 3 relevés, situés dans des patches différents/ non continus et distants au moins de 4m (=2x la longueur d'un quadrat -> cas des habitats peu représentés) et au maximum/en règle générale de 5 à 10 % de la surface totale de l'habitat unitaire. NB : Un habitat unitaire avec moins de 12m² et/ou présent par des patches de moins de 4 m² ne sera donc pas pris en compte par le suivi.

Localisation des quadrats d'échantillonnage

La localisation des quadrats d'échantillonnage se fera de manière aléatoire. Pour cela, la carte du site d'étude sera couverte d'une maille de 2m x 2m. Pour chaque habitat unitaire seront tirées au sort celles qui seront échantillonnées (nb de tirage en fonction de la surface totale de l'habitat unitaire). Pour ce tirage au sort, uniquement les mailles couvrant un seul habitat unitaire seront prises en compte.

Strate arbustive et arborée

Elle est échantillonnée sur et autour des quadrats d'échantillonnage de la végétation herbacée. Le centre du quadrat sera le centre d'un cercle d'un rayon de 13,8 m, la surface d'échantillonnage étant ainsi égale à 600 m² (surface utilisée dans le protocole Loire Nature). Typiquement, cette surface peut comprendre au moins 6 à 7 arbres de grande taille.

Paramètres liés à la végétation : seront notés : (i) le recouvrement de chaque strate en dizaines de pourcent (strates herbacées < 50 cm, strate herbacée > 50 cm, strate arbustive < 8m, strate arborée > 8m. (ii) le recouvrement (projection au sol) de chaque espèce des strates arbustives et arborées exprimé en indice d'abondance-dominance de Braun-Blanquet (ref) ; (iii) la hauteur maximale du couvert (estimation), (iv) l'état sanitaire pour chaque espèce (nb d'individus avec même état sanitaire : codes 0 (absence de signes de dépérissement) à 6 (cf. protocole Loire Nature niveau 2)) ; (v) pour les arbres d'un diamètre à hauteur de poitrine supérieur à 7,5, mesure du diamètre à hauteur poitrine (c'est-à-dire à 1,30 m de hauteur) sur les arbres morts et vivants (à préciser).

Autres paramètres biotiques ou d'exploitation (i) les indices de présence d'herbivores sauvages : crottes de lapin ; boutis de sangliers, traces de broutage sur herbacées, ligneux : coupes par castors, frottis par chevreuils ou cerfs. Les classes d'abondance pour traces de broutage seront : 0 : absent ; 1 : quelques brins ; 2 : < 50 % des brins ; > 50% des brins. Boutis de sanglier : 0 : absent ; 1 : < 5% de la placette ; 2 : 5 à 50 % de la placette ; 3 : > 50% de la placette. (ii) les indices d'usages humains : fauche, pâturage, feux de camps, traces de véhicules....

Remarques :

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau : fine	
Groupe taxonomique : Macro-arthropodes terrestres (araignées et carabiques)					
Informations sur		Ces groupes taxonomiques ont été sélectionnés pour leur caractère indicateur de biodiversité et environnemental (Luff <i>et al.</i> , 1992 ; Marc <i>et al.</i> , 1999 ; Ings & Hartley, 1999 ; Bell <i>et al.</i> , 2001 ; Rainio & Niemelä, 2003 ; Pearce & Venier, 2006). Ils sont susceptibles d'abriter des espèces à fort enjeu de conservation ou caractéristiques des habitats s.l. distingués (îles, berges, gravières, prairies inondables) et/ou permettant des services écosystémiques majeurs. Les Araneae comme les Coléoptères Carabidae sont essentiellement prédateurs ; ainsi leurs présences signifient que les acteurs en aval de la chaîne trophique sont également présents. De plus, les araignées et les carabiques constituent des groupes d'invertébrés très représentés (alors même que les invertébrés constituent déjà une grande part de la diversité animale). En effet, les araignées comportent plus de 1500 espèces en France et 1000 espèces pour les carabiques. Ils sont largement utilisés comme indicateurs de réponse dans le monde entier et dans de nombreux écosystèmes.			
Habitats concernés		E3.4 Prairies eutrophes et mésotrophes humides C3.5 Berges périodiquement inondées à végétation pionnière et éphémère C3.6 Berges à végétation clairsemée avec sédiments meubles ou mobiles G1.1 Forêts riveraines et forêts galeries, avec dominance d'Alnus, Populus et Salix			
Fréquence du suivi		Bisannuelle (mi-mai à mi-juin ; automne)	Dimension du site de suivi	Longueur tronçon cours d'eau + plaine : < 1 km ; surface 10 à 100 m²	
Paramètres biotiques à relever :			Paramètres abiotiques à relever :		
Matériel nécessaire :		Matériel Piège (50 * 2 m) Entonnoirs Couvercles Pics pour couvercles Aspirateur thermique Ethanol 70° (16L) Mono-éthylène glycol (6 L) GPS Sonde WET sensor et boîtier HH2 read Tubes hémolyse (350) Flacons (175)			
Estimation temps par passage :		14 homme * heure	Estimation coût par passage :	750 euros	
Description protocole					
Nous utiliserons deux méthodes d'échantillonnage complémentaires (piège d'interception et aspirateur thermique ou quadrat d'épuisement) sur le lit majeur des sites retenus (habitats envisagés : prairies inondables, grèves, voire forêts alluviales). Deux sessions de piégeage d'un mois sont prévues, l'une au printemps (deux relevés de deux semaines entre mi-mai et mi-juin, dates à ajuster en fonction du niveau de la Loire), l'autre à l'automne (deux relevés de deux semaines entre mi-septembre et mi-octobre). Lors du premier relevé des pièges, une campagne d'échantillonnage par aspirateur ou quadrat sera menée. Etant donnée l'amplitude spatiale, l'effort est donc limité dans le temps, mais maximisé dans l'espèce avec pour chaque site, 2-3 habitats*3 stations*3 échantillons.					
Remarques :					

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau : observation fine	
Groupe taxonomique : Poissons			Nom du groupe : Poissons		
Informations sur			Les poissons sont des vertébrés aquatiques sensu stricto qui présentent une grande mobilité spatiale, une longue durée de vie (3 à 6 ans en moyenne, jusqu'à 15 ans pour les silures) et occupent les niveaux trophiques de consommateurs secondaires et tertiaires. Ils exploitent les cours d'eau dans leurs dimensions longitudinale et transversale pour les fonctions de reproduction et d'alimentation. L'évolution de la composition des peuplements dans leurs dimensions taxonomiques et fonctionnelles permet d'appréhender l'évolution des habitats aquatiques. ATTENTION : ces échantillonnages sont soumis à l'obtention de permis de pêche scientifique délivrés par arrêté préfectoral, renouvelable annuellement		
Habitats concernés			1 Les milieux aquatiques 1a : courants toute l'année (chenal vif) habitats EUNIS C2.2, C2.3 1b : périodiquement courants (annexes hydrauliques) EUNIS C1.6		
Fréquence du suivi		annuel	Dimension du site de suivi		Longueur tronçon cours d'eau + plaine : < 1 km ; 100 m ² à 10 ⁶ m ²
Paramètres biotiques à relever :			Paramètres abiotiques à relever :		
Nom paramètre et unité Liste des espèces de poissons Densité (nbre ind/100m ²) Biomasse (g/100m ²) Age (année) Taille (cm) Distribution des macrophytes, espèces Encombres			Nom paramètre et unité (cf tab drivers) Durée de pêche Surface pêchée (m ²) ou linéaire (m) Température de l'eau (°C) Nature et granularité du substrat Hauteur d'eau (m) Vitesse de courant (m/s)		
Matériel nécessaire :			Bateau, Matériel pêche électrique en bateau (à louer ou prestation de service), Matériel pêche électrique portatif (à louer ou prestation de service), chantier de biométrie : 2 poubelles, 20 seaux, 2 balances, 2 mesureurs, 2 épuisettes, table, petit matériel (flacons, sachet d'écailles, scalpel,) Micromoulinet, perche graduée, cône de Berthois, sonde de température permanente (2)		
Estimation temps par passage :		Pêche en bateau dans le lit mineur : 4 hommes jour ou 32 hommes * heure/passage Pêche à pied ou en bateau dans une annexe ou un bras secondaire : 10 homme*heure /passage	Estimation coût par passage :		Pêche en bateau dans le lit mineur : 3200€/ passage Pêche à pied dans une annexe : 800€/ passage Pêche en bateau dans une annexe : 1000€/ passage Frais autre que pêche : 200€ par passage (frais de déplacement non inclus)

OBLA action 1.3		Fiche protocole de suivi		Niveau :	
Groupe taxonomique : Oiseaux			Nom du groupe : Tous peuplements		
Informations sur		Fonctionnement hydroclimatique, changement du paysage et des pratiques			
Habitats concernés		Tous habitats de la grève au champ cultivé			
Fréquence du suivi		Annuel à Quinquennal		Dimension du site de suivi	
				Variable selon volet	
Paramètres biotiques à relever :			Paramètres abiotiques à relever :		
Nom paramètre et unité			Nom paramètre et unité (cf tab drivers) Hydro-climat ; sédimentologie ; pratiques		
Matériel nécessaire :		Liste matériel : paires de jumelles ; tablette électronique ; GPS			
Estimation temps par passage :				Estimation coût par passage :	
				STORI : 350-450 €/station (tt inclus y compris analyse des données)	
Description protocole					
Trois études des peuplements d'oiseaux à large échelle existent. Leurs données apportent des informations complémentaires sur la réponse de la Biodiversité aux variations du fonctionnement hydrologique, climatique et sédimentologique de l'hydrosystème et des pratiques, notamment agricoles, sur le bassin. Un protocole en trois volets est proposé. 1. Suivi des peuplements d'oiseaux sur la Loire et l'Allier (Ensemble du cours principal de la Loire et de l'Allier) Porte sur le dénombrement de l'ensemble des espèces d'oiseaux. La méthodologie peut détecter en théorie les effets des différents forçages exercés sur le bassin. Quatre campagnes ont déjà été réalisées entre 1990 et 2011 qui ont dénombré 174 espèces d'oiseaux - Réponse aux changements hydrologiques et sédimentologiques (berges) du lit mineur, du climat, du paysage et des pratiques. Plus particulièrement sur l'interface entre lit mineur et lit majeur. - Les points sont disposés tous les 5 km le long du cours principal de la Loire et de l'Allier - Relevé des peuplements aviaires par la méthode des indices ponctuels d'abondances (Blondel et al. 1970). La méthode est standardisée et largement appliquée dans les études ornithologiques en France. - Le peuplement peut être analysé par groupe fonctionnel : espèces aquatiques, espèces forestières, espèces des fourrés, espèces des milieux herbacés, espèces rupestres - L'analyse plus fine des facteurs affectant la composition des peuplements peut se faire par des relevés d'habitat sur chaque point ou à plus large échelle à l'aide de cartes, photos aériennes, images satellites, ou tout autre source de données, par exemple données sur la qualité de l'eau issue des stations de mesure réparties sur les cours d'eau. La sélection des variables dépend du groupe fonctionnel analysé. - Un suivi quinquennal est proposé					
Références					

Blondel J, Ferry C, Frochet B (1970): La méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.) ou des relevés d'avifaune par "stations d'écoute". Alauda, 38 : 55-71.

Faivre B, Roché J (2013) Programme « STORI » Suivi Temporel des Oiseaux nicheurs en Rivière. 3. Résultats - Suivi quantitatif de l'avifaune nicheuse le long de la Loire et de l'Allier de 1990 à 2012, 106 p.

2. Suivi des oiseaux nicheurs des grèves (Quasi-totalité du cours de la Loire et de l'Allier)

Porte sur le dénombrement d'espèces nicheuses sur les grèves et donc dépendante des niveaux d'eau et de la ressource trophique. Plusieurs campagnes ont déjà été menées dont 4 ont pu établir un jeu de données cohérent (2006, 2011, 2012 et 2013)

- Réponse aux changements du fonctionnement hydrologique et sédimentologique du lit mineur et de la qualité de l'eau au sens large (ressource trophique, polluants,...). Le couplage avec la géomorphologie est fort.
- Implique un réseau d'associations naturalistes sur l'ensemble du bassin
- 2 passages sont effectués au cours desquels les colonies sont dénombrées à distance
- Les deux passages doivent s'effectuer à la même période sur tout le bassin, au sein des semaines 21 (fin mai) et 23 (début juin), afin d'éviter les doublons résultant par exemple d'un déplacement de colonies.
- En cas de crues tardives, les périodes de passage peuvent être modifiées de manière partagée sous l'égide du coordinateur des suivis. La coordination est indispensable pour un recensement concerté en cas de crue tardive.
- L'unité de comptage est le Site Apparemment Occupé (SAO), généralement défini par un individu observé en position de couveur. Chaque SAO correspond à un couple nicheur
- Un suivi annuel ou biennuel est proposé

Référence

Marchadour B, Potard M. (2012) Observatoire de l'avifaune nicheuse des grèves sur le bassin de la Loire, Bilan des suivis et des actions de protection menées en 2011. Rapport 34 p.

3. Suivi des oiseaux prairiaux (Basse Vallée de la Vienne, Loire de Montsoreau à Saint Nazaire et Basse Vallées angevines)

Porte sur le dénombrement d'espèces d'oiseaux prairiaux et donc dépendante des niveaux d'eau et des pratiques agricoles. Ces dernières sont largement déterminées par les mesures agri-environnementales. Dans les régions Pays de la Loire et Centre la zone concernée couvre environ 250 km de cours sur la Loire et les différentes vallées. Plusieurs acteurs interviennent sur cette thématique (ONCFS, LPO, Université d'Angers). Toutefois, les protocoles diffèrent. Une harmonisation du suivi serait envisageable et utile.

- Réponse aux changements du fonctionnement hydrologique, du climat, des pratiques agricoles et du paysage sur le lit majeur.
- La méthode des IPA déjà utilisée dans le cadre de l'observatoire national des prairies de fauche pourrait

être généralisée.

- Un suivi annuel ou biennuel est proposé

Remarques :

140509_OBLA_protocol d'échantillonnage et d'identification des macroinvertébrés de la Loire et ses principaux affluents

par Nina Richard et Karl M. Wantzen

1. IDENTIFICATION DES SITES DES ETUDES

1.1. Zones biogéographiques de la Loire (Wasson)

1.2. Hydroécorégions (Wasson)

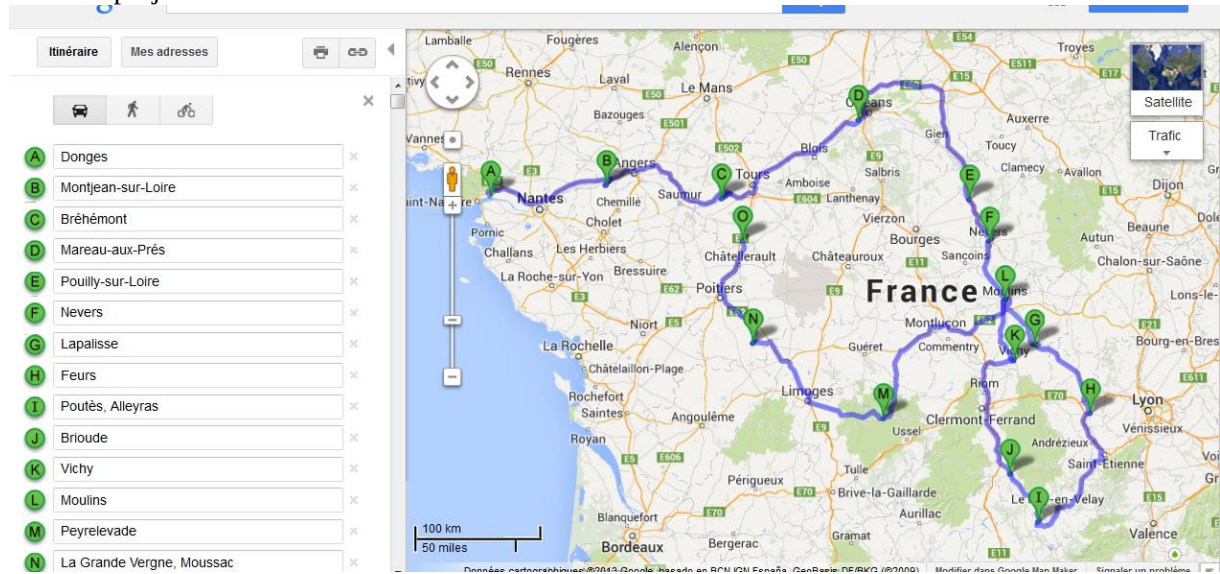
1.3. Réseau de Contrôle et Surveillance (RCS)



1.4. Sites de référence pour l'analyse des macroinvertébrés de chaque zone :

Proposition pour des sites pour OBLA-Macroinvertébrés (le but : mutualiser les données et profiter au maximum des données existantes)

→ voir projet ANR :



2. ECHANTILLONNAGE

2.1. Généralités

Le but est d'échantillonner le maximum des habitats aquatiques disponibles dans la Loire (on sépare les habitats (a) aquatiques du lit principal (b) aquatiques ou semi-aquatiques des annexes hydrauliques et (c) semi-terrestres le long du gradient d'inondation du lit majeur/endigué).

Les thèmes scientifiques/questions à répondre :

- dynamique des peuplements (assemblages) sur le long terme
 - afin de comparer avec les paramètres environnementaux : comme la température, le taux de dioxygène dissous..., l'hydrologie,
 - et d'évaluer l'impact des travaux de restauration ou de connexion entre des BV,....)
- identifier la dynamique et les effets des espèces invasives

2.2. Les habitats aquatiques du lit principal

La méthodologie utilisée est celle établie par l'Université de Tours (Michel Bacchi et le personnel du CETU Elmis Ingénieries) suite aux nombreuses expérimentations de terrain menées sur différents grands cours d'eau. Ce protocole s'appuie sur des prélèvements effectués au sein d'un nombre important d'habitats (couples substrat-vitesse) clairement identifiés en fonction de l'information biologique qu'ils sont susceptibles d'apporter.

2.2.1. Appareillage

Dans les zones peu profondes en faciès lotique ou lentique, les prélèvements sont réalisés à l'aide d'un échantillonneur de type surber, équipé d'un filet d'ouverture de maille 500 μm ayant une surface de base de $1/20^{\text{ème}}$ de m^2 . La base du surber est posée sur le fond du lit, ouverture du filet face au courant de façon à encadrer l'habitat à échantillonner. Le support est ensuite "nettoyé" à la main.

Les substrats meubles sont échantillonnés sur une épaisseur de 3 cm. Lorsque le support présente une surface supérieure à $1/20^{\text{ème}}$ m^2 (par exemple un bloc) et ne peut entrer dans la base du surber, il est préconisé de le broser ou de le couper (cas des végétaux) rapidement devant l'appareil, les organismes étant alors emportés par le courant vers le filet.

Pour la prospection des végétaux immergés ou émergents, on prélève la totalité de la "touffe" qui correspond à une surface de $1/20^{\text{ème}}$ m^2 au niveau de sa base. On veille à ne pas prélever la partie en contact avec le fond, souvent riche en sédiments fins et qui constitue un habitat à part. Dans la pratique, on coupe la partie aérienne des spermaphytes émergents puis on introduit les parties immergées dans le filet et on les coupe.

Les mesures de vitesse sont réalisées à l'aide d'un courantomètre, trois classes de vitesse ont été retenues dans le protocole d'échantillonnage.

Chaque prélèvement est "fixé" sur le terrain par addition d'une solution de formol (concentration finale de 10%). On veille à homogénéiser correctement l'échantillon pour une bonne conservation des organismes, celle-ci étant indispensable à la détermination.

2.2.2. Protocole d'échantillonnage

20 habitats sont prospectés sur la station suivant la grille d'échantillonnage présentée figure ci-après. Les habitats sont prospectés en fonction de leur ordre d'habitabilité (H). Il faut s'arranger pour prospecter le maximum de cases bleues de la grille d'échantillonnage. Si cela n'est pas possible on peut envisager de doubler les habitats majoritairement présents sur la station ou à défaut, de prélever les habitats non prioritaires (en gris).

Localisation du site d'étude : site n°
 Date de prélèvement :
 Conditions météorologiques :

Habitabilité + -	Substrat/Vitesse	V<20cm/s	20<V<80	V>80 cm/s
	Racines			
	Spermaphytes émergents			
	Spermaphytes immergés			
	Bois			
	Débris organiques			
	Blocs			
	Galets seuls ou galets dominants			
	Graviers seuls ou graviers dominants			
	Vase			
	Sable			

Figure 2.2.3. Analyse des données

Au laboratoire, les substrats conditionnés sont stockés et traités individuellement de façon à en extraire la faune. Chaque échantillon à fraction minérale meuble, est vidé dans une cuvette plastique et subit des lavages successifs (10 à 15). Le surnageant contenant la fraction organique et la faune est, après chaque lavage, déversé dans une colonne de deux tamis (le premier de maille 5 mm et le second de 500 µm). La fraction minérale restant dans la cuvette est examinée à la loupe frontale afin d'en extraire les invertébrés tels que les trichoptères à fourreaux plus lourds, les mollusques..., non évacués avec la phase organique flottante.

Les autres substrats sont placés sur la colonne de tamis et lavés par jet d'eau, les éléments grossiers peuvent être lavés individuellement et manuellement (blocs, morceaux de bois, feuilles...) sous un jet d'eau plus important.

Un échantillon peut être fractionné en plusieurs sous-échantillons avant lavage, s'il est riche en algues, en débris végétaux ou en sédiments meubles, afin d'éviter le colmatage des tamis.

La fraction organique (faune et débris organiques) réceptionnée sur le tamis de 500 µm est placée dans une cuvette avec 1 cm d'eau, elle peut être séparée dans plusieurs cuvettes si la densité est trop importante.

On procède à l'extraction des invertébrés sous forme larvaire ou adulte, à la pince et à l'aide d'une loupe frontale. Les fourreaux et coquilles vides ne sont pas pris en compte. Certains taxons tels que les *Chironomidae*, les Oligochètes, les *Corixidae*, les *Gammaridae* ou les *Aselidae* sont souvent en nombre très important dans les relevés. Dans ce cas, un sous-comptage peut être effectué.

2.3. Les habitats aquatiques ou semi-aquatiques des annexes hydrauliques

source : Document de travail pour l'élaboration d'un protocole commun de description et de suivi des Annexes Fluviales du programme Loire nature (http://centrederesources-loirenature.com/mediatheque/Protocoles/Suivi_annexes_fluviales.pdf)

L'étude de la macrofaune benthique consistera à réaliser des inventaires par échantillonnages au sein des différents habitats aquatiques. Trois ou quatre campagnes seront effectuées aux mois de mars-avril, mai, juin et fin juillet de façon à cibler la variabilité et la richesse des peuplements. Il serait intéressant qu'au moins l'une de ces campagnes coïncide avec la caractérisation physico-chimique des eaux afin de préciser les facteurs du milieu susceptibles de structurer le peuplement. L'échantillonnage sera fonction des habitats de l'annexe et nécessitera au minimum huit prélèvements

→ ordination des habitats par rapport la connectivité et la période d'inondation

- Annexes hydrauliques en permanence en eau, en connexion temporelle avec le lit principale
- Annexes hydrauliques temporairement en eau, en connexion temporelle avec le lit principale

Annexes hydrauliques temporairement en eau, *sans* connexion temporelle avec le lit principale

- Boire = Annexes hydrauliques temporairement en eau, *sans* connexion temporelle avec le lit principale, et alimentée par la nappe phréatique

2.3.1. Echantillonnage

Nature des substrats (ordre de prospection)		V < 20 cm/s	20 < V < 80 cm/s	V > 80 cm/s
Observatoires Espaces Naturels	Racines (chevelus)			peu favorable
	Plantes immergées			
	Plantes émergentes			
	Bois mort – encombrés			
	Programme Loire nature, mission scientifique, 52 p			
	Débris organiques (feuilles, brindilles...)			non prospecté
	Blocs			
	Galets seuls ou dominants			
	Graviers seuls ou dominants			
	Vases			
	Sables fins			

Pour chaque campagne, huit prélèvements seront réalisés parmi les dix substrats en respectant l'ordre de prospection. Si des substrats manquent, il faudra doubler par ordre de prospection. A chaque prélèvement, plusieurs informations seront collectées afin de décrire les conditions de prélèvement : date et heure, débit du cours d'eau à la station de mesure la plus proche, conditions météorologiques, température de l'air et de l'eau, pH, conductivité et transparence de l'eau, type de substrat, vitesse du courant, hauteur d'eau, nature du support prélevé. L'échantillonnage des macro-invertébrés benthiques sera réalisé à l'aide d'un échantillonneur de type Surber (1/20ème m², maille de 500 Vm). La possibilité d'utiliser d'autres méthodes peut-être mieux adaptées aux eaux stagnantes et aux substrats fins (filet de type Haveneau) sera discutée. Chaque prélèvement sera fixé sur le terrain au formaldéhyde 4% saturé de carbonate de calcium (préservation des coquilles). Les prélèvements seront stockés dans des flacons identifiés par la date et le lieu du prélèvement, avant d'être triés au laboratoire séparément (par habitat). Les macro-invertébrés seront ensuite déterminés et comptés, la détermination devant être effectuée le plus finement possible (poussée au genre ou à l'espèce dans certains cas).

2.4. Les habitats semi-terrestres le long du gradient d'inondation du lit majeur/endigué

→ ordination des habitats par rapport à sa période d'inondation (=gradient transversal d'inondation)

3. IDENTIFICATION

Les déterminations s'effectuent par l'observation de caractères visibles sous loupe binoculaire, en se référant à divers ouvrages de détermination (cf liste bibliographique). Ces déterminations sont toujours effectuées par la même personne.

3.1. Unités taxonomiques

L'unité taxonomique retenue est :

- L'ordre ou la classe pour les
 - Bryozoaires
 - Oligochètes
- La famille pour les
 - Spongiaires
 - Cnidares
 - Némertiens et Némathelminthes
- Le genre pour les

- Turbellariés
 - Achètes
 - Gastéropodes
 - Coléoptères (??? à discuter)
 - Diptères
 - autres ordres d'insectes
- L'espèce pour les
- Bivalves
 - Crustacés
 - Ephéméroptères
 - Plécoptères
 - Trichoptères
 - Odonates
 - Hétéroptères

Les niveaux taxonomiques « genre et espèce » ont été majoritairement retenus en raison des informations supplémentaires qu'ils apportent par rapport à la famille, d'où une plus grande sensibilité vis à vis de la représentativité de l'échantillonnage.

3.2. Ouvrages d'identification à utiliser

- ✓ Amoros, C. (1984) – 5 Crustacés Caldocères – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 72-143. 63p.
- ✓ Bass, J. (1998) – Last-instar larvae and pupae of the *Simuliidae* of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 55. 101p.
- ✓ Cranston, P.S. (1982) – A key to the larvae of the British *Orthocladiinae* (*Chironomidae*) Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 45. 152p.
- ✓ Dethier, M. (1985-1986) – 6 Hétéroptères aquatiques et ripicoles – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 44p.
- ✓ Dethier, M., Haenni, J.P. (1985-1986) – 7 Planipennes, mégaloptères et lépidoptères à larves aquatiques – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 201-224.
- ✓ Disney, R.H.L. (1999) – British *Dixidae* (meniscus midges) and *Thaumaleidae* (trickle midges), keys with ecological notes. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 56. 129p.

- ✓ Elliott, J.M., Humpesch, U.H. 2010 – Mayfly larvae (ephemeroptera) of Britain and Ireland : keys and a review of their Ecology. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 66. 152p.
- ✓ Elliott, J.M. (2009) – Freshwater Megaloptera and Neuroptera of the Britain en Ireland, keys to adults and larvae, and e review of their ecology. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 65. 71p.
- ✓ Gledhill, T., Sutcliffe, D.W., Williams, W.D. (1993) – British freshwater crustacean malacostraca : a key with ecological notes. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 52. 173p.
- ✓ Heidemann, H., Seidenbusch, R. (2002) – Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse). Société française d'odonatologie, 416p.
- ✓ Henry, J.P., Magniez, G. (1983) – 4 Crustacés Isopodes (principalement Asellotes) – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 319-357. 39p.
- ✓ Lafont, M. (1983) – 3 Annélides oligochètes – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 108-135. 29p.
- ✓ Lubini V., Knispel S., Vinçon G. 2012. Plecoptera Identification et distribution- Fauna Helvetica 27. CSCF&SEG Neuchâtel. 270 p.
- ✓ Nourrisson, M., Thiery, A. (1988) – 9 Crustacés Branchiopodes (anostracés, notostracés, conchostracés) – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 75-135. 53p.
- ✓ Pattée E., Gourbault, N. (1981) – 1 Turbellariés triclades paludicoles – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 279-304. 26p.
- ✓ Piscart C., Bollache L. 2012. Crustacés amphipodes de surface (gammars d'eau douce). Association Française de Limnologie. 113p.
- ✓ Pourriot, R. Francez, A.J. (1986) – 8 Rotifères – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 37p.
- ✓ Reynoldson T.B., Young, J.O. (2000) – A key to the freshwater triclads of Britain and Ireland. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 58. 72p.
- ✓ Richoux, P. (1982) – 2 Coléoptères aquatiques – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 105-304. 56p.
- ✓ Savage, A.A. (1999) – Key to the larvae of *Corixidae*. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 57. 56p.
- ✓ Studemann D., Landolt P., Sartori M., Hefti D., Tomka I. 1992. Ephemeroptera Insecta Helvetica 9 Société entomologique suisse-. 175 p.

- ✓ Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Ussegio-Polatera P. 2010. Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie. CNRS Edition. 607 p.
- ✓ Vergon, J.P., Bourgeois, C. (1993) – 10 Diptères chironomides (larves aquatiques) – Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises.in Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon. Association Française de Limnologie. 101-132. 32p.
- ✓ Waringer J., Graf, W. 2011 – Atlas der mitteleuropäischen köcherfliegenlarven (atlas of the central European trichoptera larvae). Erik Mauch Verlag. 468p.
- ✓ Welter-Schultes F. (2012) – European non marine mollusc, a guide for species identification. Planet Poster Editions 679 p.
- ✓ Wood, T.S., Okamura, B. (2005) – A new key to the freshwater bryozoans of Britain, Ireland and continental Europe, with notes on their ecology. Freshwater Biological Association. Scientific publication no. 63. 113p.