

**Programme « STORI »**  
Suivi Temporel des Oiseaux nicheurs en Rivière

**Etude de la Loire et de l'Allier sur l'ensemble de leur cours**  
(2009 – 2012)

**1. Eléments de bibliographie**  
**sur l'écologie des communautés d'oiseaux**  
**nichant le long des cours d'eau**

**Octobre 2010**

Université de Bourgogne  
UMR/CNRS Biogéosciences  
UFR des Sciences de la Terre  
et de l'Environnement  
6 Boulevard Gabriel  
21000 Dijon

Jean E. Roché  
Consultant en environnement  
53 rue de l'école  
Le Sambuc  
13 200 Arles  
jea.roche@wanadoo.fr



## **Le programme « STORI » Suivi Temporel des Oiseaux nicheurs en Rivière**

Etude de la Loire et de l'Allier sur l'ensemble de leur cours  
(2009 – 2012)

\* \* \*

Ce travail bibliographique constitue la première étape du projet de recherche « Suivi quantitatif de l'avifaune reproductrice de la Loire et de l'Allier sur l'ensemble de leur cours » proposé dans le cadre du Plan Loire Grandeur nature 2007 – 2013 et mené par le laboratoire d'écologie de l'Université de Bourgogne (UMR CNRS Biogéosciences, faculté des sciences de Dijon) sous la direction de Bruno Faivre. Il fait l'objet d'un cofinancement par l'Union européenne (FEDER), la DREAL de la région Centre et l'Etablissement Public Loire (EPL). Il constitue le prolongement de travaux antérieurs réalisés le long de divers cours d'eau à partir de 1982 et dont la Loire fut l'objet à partir de 1989.

Un grand merci à Bernard Frochot qui a apporté son expérience à ce travail ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué à en enrichir le contenu :

Aude Beauger  
Xavier Bourrain  
(Agence de l'Eau Loire-Bretagne)  
Renaud Colin  
(Etablissement Public Loire)  
Jacqueline Crivelli  
(Tour du Valat, Arles)  
Pierre-André Dejaifve  
(Réserve naturelle du val d'Allier)  
Marie des Neiges de Bellefroid  
(Loiret Nature)  
Marie-Christine Eybert  
(Université de Rennes)  
Dierdre Flanagan  
(Institute of Development Studies,  
Brighton, GB)  
Emmanuèle Gautier  
(Laboratoire de Géographie physique,  
Meudon)  
Jean-Noël Gautier  
(Plan Loire Grandeur Nature)  
Jean-Claude Gazeau  
(DREAL Centre)

Carlos Godinho et Joao Rabaça  
(Université d'Evora, Portugal)  
Stéphane Grivel  
(Université d'Orléans)  
Pascal Daneels, Stéphanie Hudin, Julien  
Levrat et Agnès Rayssaguiet (FCEN)  
Jean Joachim (INRA Toulouse)  
Ludovic Journaux (ENESAD, Dijon)  
Jean-René Malavoi (consultant)  
Ana Mendes  
(Institut Supérieur d'Agronomie,  
Lisbonne)  
Pierre Nicolau-Guillaumet (SEOF)  
Franck Noël (LPO Anjou)  
Steve Ormerod  
(Université de Cardiff, GB)  
Jean Luc Peiry  
(Université de Clermont Ferrand)  
Philippe Royer (ENESAD Dijon)  
Annik Schnitzler (Université de Metz)  
Aurélie Van Den Eede (Frapna Isère)  
Thibault Vigneron (ONEMA)  
Marc Villar (INRA)



# SOMMAIRE

\* \* \*

<b>Introduction</b>	7
---------------------	---

## - Première partie - Biodiversité des communautés d'oiseaux nicheurs en rivière

1. Les oiseaux, communautés oubliées de l'écologie des fleuves	9
<i>1.1 Une bonne connaissance des espèces</i>	9
<i>1.2 De multiples théories pour une interprétation du fonctionnement longitudinal des cours d'eau</i>	11
<i>1.3 Les inondations et l'importance d'une approche transversale</i>	13
2. Les oiseaux d'eau à l'épreuve de la zonation des eaux courantes	15
<i>2.1 Zonation géomorphologique</i>	16
<i>2.2 Zonation phytoécologique</i>	17
<i>2.3 Zonation faunistiques</i>	17
3. Facteurs de la diversité des communautés	18
<i>3.1 A l'échelle biogéographique</i>	18
. La région	18
. L'altitude	18
<i>3.2 A l'échelle du paysage</i>	20
. Le taux de boisement	20
. L'exploitation agricole et la complexité du paysage	21
. L'urbanisation	21
4. Suivi de la biodiversité des communautés et des populations	23
<i>4.1 L'échelle de temps</i>	23
<i>4.2 L'échelle d'espace</i>	24

**- Seconde partie -**  
**La ripisylve, habitat majeur des communautés d'oiseaux riverains**

1. Diversité structurelle, horizontale et verticale, de la végétation	27
2. Largeur de la ripisylve	28
3. Dynamique fluviale et stades successionnels	29
4. Artificialisation	30
5. Composition floristique	30

**- Troisième partie -**  
**Les indicateurs de la qualité écologique des rivières et vallées**

1. Les oiseaux des cours d'eau, indicateurs de quoi ?	33
<i>1.1 Pollution et acidification des eaux</i>	33
<i>1.2 Dégradation des habitats du lit mineur</i>	33
<i>1.3 Dynamique fluviale</i>	34
<i>1.4 Intensification agricole des plaines alluviales</i>	34
<i>1.5 Eutrophisation des eaux</i>	34
<i>1.6 Création de milieux neufs</i>	34
<i>1.7 Multiplication des mesures de protection</i>	35
2. A la recherche d'indices ornithologiques	35
<i>2.1 Indices de valeur</i>	35
<i>2.2 Indice d'intégrité</i>	35
<i>2.3 Indice de qualité</i>	36
<i>2.4 Indice « multicritères »</i>	36
3. Indices ornithologiques et autres indices biologiques : quelle convergence ?	37
<i>3.1 Les indices de biodiversité terrestre ne sont pas convergents</i>	37
<i>3.2 Les indices hydrobiologiques ne sont pas convergents</i>	38
<i>3.3 L'évaluation ornithologique : convergence ou complémentarité ?</i>	38
<b>Conclusion</b>	41
<b>Bibliographie</b>	43

# Introduction

\* \* \*

Ce programme d'étude vient à la suite de trois campagnes de recensements des oiseaux nicheurs de la Loire et de l'Allier sur l'ensemble de leur cours menées précédemment (1989/90, 1995/96, 2001/2002 pour la Loire, 1991, 1995 et 2005/2006 pour l'Allier). Sur la période 2009 – 2012, il s'est donné trois objectifs :

1. Poursuivre le suivi de la biodiversité ligérienne en référence aux campagnes antérieures.
2. Evaluer la dynamique des ripisylves à partir plus particulièrement de l'analyse de l'évolution des communautés d'oiseaux forestiers.
3. Evaluer l'état de santé de ces deux cours d'eau sur la base de l'ensemble des communautés d'oiseaux, celles du lit et celles de la vallée.

Afin d'intégrer notre étude dans le contexte des recherches récentes, cette bibliographie essaie de rassembler les principaux travaux – d'ornithologie mais aussi d'écologie – menés au cours des deux dernières décennies, c'est-à-dire à partir de la fin des années 1980, 1989 étant le début de la première campagne d'inventaire des oiseaux nicheurs de la Loire (Roché et al. 1993). Les informations privilégiées ont été celles susceptibles d'apporter des éléments à la connaissance et à l'interprétation de la structure des communautés d'oiseaux nichant le long des cours d'eau ainsi qu'à leur évolution. Face au nombre élevé de travaux ornithologiques sur certaines questions d'écologie (fragmentation, effets de lisières...), ceux menés en milieu alluvial ont été privilégiés.

Les travaux à caractère ornithologique ont été recherchés dans les synthèses publiées annuellement par la base de données AVES. Les volumes de 1989 à 2008 ont été consultés avec pour mots clés : river, riparian habitat, community structure, monitoring, flooding, flood plain habitat. Les bases de données bibliographiques de certains éditeurs scientifiques (springerlink.com, interscience.wiley.com ...) ont aussi été interrogées en ligne avec pour mots clés « birds and river » ainsi que « birds and landscape ». Les principaux travaux consacrés aux oiseaux de la Loire ont été extraits de la synthèse bibliographique réalisée par la LPO dans le cadre du précédent Plan Loire (2001 – 2006).

Les travaux concernant l'écologie des fleuves proviennent :

- . Sur la Loire et l'Allier : de la bibliothèque du centre de ressources du Plan Loire Grandeur Nature (Orléans), de l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et de nombreux chercheurs qui nous ont fait part de leurs travaux.
- . Sur d'autres bassins versants : de recherches effectuées dans la bibliothèque du centre de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes de la Tour du Valat (Arles).

Le présent rapport est organisé en trois parties correspondant aux trois objectifs du programme « STORI ». Chacune fait d'abord le point des travaux menés hors bassin de la Loire. Suit à chaque fois une synthèse des travaux concernant le bassin lui-même puis un encadré où sont rappelés les apports attendus du présent programme.



## - Première partie -

\* \* \*

### **Biodiversité des communautés d'oiseaux nicheurs en rivière**

Les communautés d'oiseaux les plus variés de nos régions tempérées se trouvent dans les vallées et le long des cours d'eau. Il est donc important dans le cadre de ce programme d'en apprécier et d'en suivre le niveau de diversité. Cette approche se justifie en outre par l'intérêt croissant porté aujourd'hui à la biodiversité dans les problématiques de conservation de la nature.

#### **1. Les oiseaux, communautés oubliées de l'écologie des fleuves**

La perception du cours d'eau par les chercheurs et les gestionnaires s'est progressivement élargie au cours des dernières décennies. Elle est passée de l'image d'un conduit où circule de l'eau à celle de la qualité de cette eau, puis à celle du lit et des berges, puis du val inondable et enfin de tout le bassin versant. Il est donc naturel que s'élargisse en parallèle la diversité des groupes biologiques considérés qui sont à la fois des constituants et des indicateurs de ce milieu lotique. La prise en compte des communautés d'oiseaux nicheurs n'est que récente.

##### *1.1 Une bonne connaissance des espèces*

La profusion des travaux consacrés à la biologie des espèces nichant le long des cours d'eau contraste avec l'indigence de ceux dévolus aux communautés. La littérature abonde de publication sur les espèces du cours supérieur des rivières (cinclon plongeur *Cinclus cinclus*, bergeronnette des ruisseaux *Motacilla cinerea* et chevalier guignette *Actitis hypoleucos* dans une moindre mesure) ou moyen (martin pêcheur *Alcedo atthis*, sternes, gravelots...). Les recherches menées sur les cours inférieurs, portent moins sur les espèces aquatiques nichant dans le lit et davantage sur celles inféodées aux milieux alluviaux, essentiellement celles des prairies inondables (passereaux, râle des genêts *Crex crex*, courlis cendré *Numenius arquata*...) et des forêts alluviales (passereaux, pics...). L'approche ornithologique des cours d'eau et vallées privilégie donc l'espèce ou la guildes. Les principales questions abordées à cette échelle taxonomique ont progressivement évolué au cours du XX<sup>ème</sup> siècle comme le montre l'analyse des publications extrêmement nombreuses consacrées à une espèce très caractéristique des torrents, le Cinclon plongeur (Roché & D'Andurain 1995). Elles touchent essentiellement à l'éthologie dans la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle, à la biologie de la reproduction dans les années 1930-1960, à l'écologie, aux habitats et au dénombrement dans les années 1970-1980 et depuis à la dynamique et à la génétique des populations.

Quand elles existent, les descriptions de communautés sont souvent :

. sectorielles : beaucoup concernent quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres de rivière seulement dans des régions bioclimatiques fort diverses : continentales dans la basse vallée du Danube en Roumanie (Papadopol 1989) ou le cours supérieur de la Vistule en Pologne (Wasilewski 1973), méditerranéennes au Portugal (Godinho et al.

2009) ou en France (Dhermain 1992, Patrimonio et Roux 1991), atlantiques en Ecosse (Clatworthy 1990, Henty 1991) ou montagnardes au Népal (Tyler et Ormerod 1993) par exemple. Les difficultés de circulation le long des cours d'eau, la lourdeur de certaines méthodes parfois (dénombrements exhaustifs de type « quadrats ») expliquent sans doute cette situation. Certains font valoir l'intérêt des dénombrements aériens d'oiseaux d'eau du fait qu'ils permettent avec une bonne fiabilité et un coût inférieur aux études au sol de renseigner sur l'état des populations de nombreuses espèces le long des rivières et dans leur vallée à l'échelle de bassins versants entiers (Kingsford 1999).

. limitées aux seuls oiseaux d'eau : c'est le cas des recensements effectués dans le cadre du Waterway Bird Survey en Grande-Bretagne (Marchant & Hyde 1980)

. peu accessibles : de nombreux travaux menés dans les vallées des pays de l'Est notamment sont mal diffusés, non traduits et peu disposent d'un résumé anglais (Luniak 1971, Gorski 1982).

A l'échelle mondiale, la principale synthèse à ce jour est celle de Buckton & Ormerod (2002) qui ont tenté de dresser le patron de diversité des oiseaux spécialistes des rivières. Leurs conclusions soulignent qu'environ 60 espèces (selon leur classification des « oiseaux de rivière ») sont concernées appartenant à 16 familles. L'Europe est mal pourvue avec seulement 4 espèces (cinclé, bergeronnette des ruisseaux, martin pêcheur et garrot arlequin *Histrionicus histrionicus* sont seuls retenus dans leur classification) contre 28 par exemple en Asie. Avec une typologie plus large non limitée aux spécialistes des rivières, celle des oiseaux d'eau (au sens le plus large de Duffy 1999), les recherches menées dans le bassin de la Saône révèlent des communautés atteignant une vingtaine d'espèces nicheuses (Roché 1989) voire 25 à 30 dans les vallées de Poméranie en Pologne (Gorski 1982) et 35 à 40 dans le Danube inférieur (Papadopol 1963, Papadopol 1989). Ces niveaux de richesse comparés à ceux identifiés par Buckton & Ormerod rappellent que les peuplements d'oiseaux aquatiques des rivières et vallées en Europe sont pour l'essentiel composés d'espèces non spécialistes des eaux courantes.

### → Panorama des recherches ornithologiques menées sur la Loire et l'Allier

La compilation des études consacrées aux oiseaux des cours d'eau du bassin de la Loire réalisées par la LPO comprend plus de 650 références (LPO 2007). Cette profusion témoigne de l'intérêt ornithologique porté à la Loire et à son bassin versant. En revanche, le nombre très restreint de publications scientifiques ou de rapport d'importance nationale traduisent l'effort de naturalistes ou d'associations locales dont les travaux consistent généralement en recensement, description de la distribution ou de l'habitat de quelques espèces remarquables sur une partie du cours. En outre, la plupart concernent les cours moyens et inférieurs de la Loire (Pratz et al. 1996, Binard 2003 et bien d'autres) ou de l'Allier et peu les secteurs amont (Roché et D'Andurain 1995). L'intérêt s'est très nettement porté sur les oiseaux des grèves (Laridés et Limicoles) qui totalisent 42 % des publications dont la moitié consacrée aux sternes. Les Passereaux notamment ne représentent que 12 % des titres (Figure 1).

Les publications traitant ici des oiseaux du bassin de la Loire sont marquées d'une astérisque en bibliographie.

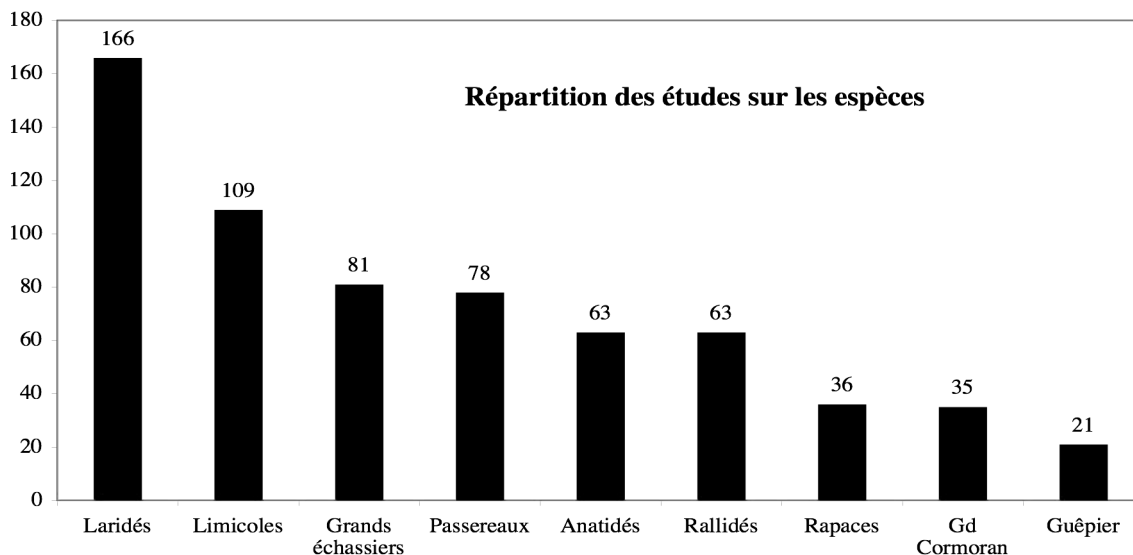


Figure 1 : Répartition par taxons du nombre des études consacrées aux oiseaux des cours d'eau du bassin de la Loire (d'après LPO 2007).

#### Intérêts du programme Loire 2009 - 2012

Dans le contexte actuel de préservation de la biodiversité, l'étude à venir :

- . Prend en compte la biodiversité des peuplements d'oiseaux nicheurs dans son ensemble.
- . Touche tous les compartiments de l'hydrosystème, terrestre et aquatique, amont et aval.

#### 1.2 De multiples théories pour une interprétation du fonctionnement longitudinal des cours d'eau

L'hydrobiologie s'est développée par l'étude des lacs et des ruisseaux. « L'écologie des fleuves » n'émerge qu'à partir des années 1980 (Décamps & Naiman 1989). Cette approche globale suscite diverses théories pour expliquer le fonctionnement des hydrosystèmes. Les recherches sur lesquelles celles-ci s'appuient concernent essentiellement la dynamique des sédiments, le cycle de la matière organique, la structure des communautés d'invertébrés aquatiques et de poissons. Les traités d'écologie des fleuves qui vont en émerger ignorent le plus souvent les communautés d'oiseaux (Callow et Petts 1992, Amoros et Petts 1993, Allan 1995,...). La raison de ce désintérêt est que même les oiseaux les plus étroitement associés aux rivières sont des animaux semi-aquatiques et sont donc sensibles à quantités de paramètres sortant du cadre de l'hydrobiologie, notamment la structure du paysage alluvial. Une question reste cependant posée : Peut-on trouver dans ces modèles la matière à quelques hypothèses sur la structure des communautés d'oiseaux et notamment à leur biodiversité le long des cours d'eau ? Les travaux récents sur l'avifaune des grands cours d'eau sont rares notamment au regard de la diversité des recherches dont ils ont, par ailleurs, fait l'objet. En France, on compte quelques publications pour la Garonne (Décamps et al 1987), le haut Rhône (Bournaud et al. 1994), la Seine (Ernoul et al. 2006), le Rhin (Denis et al. 2006, Dronneau 2007).

Un rapide aperçu des concepts élaborés jusqu'ici permettra donc de mieux appréhender si les oiseaux peuvent contribuer à une meilleure connaissance des systèmes lotiques.

. Le « River Continuum Concept » (R.C.C.)(Vannote et al 1980) : il postule, entre autres, que la diversité biologique est maximale dans le cours moyen des rivières en relation avec une variabilité plus grande du milieu physique (Figure 2).

. Le « Serial Discontinuity Concept » (S.D.C.)(Ward & Stanford 1983a) : il s'inscrit comme une approche théorique complémentaire du R.C.C. soulignant le rôle important des barrages dans l'altération du gradient longitudinal des rivières. La diversité reste maximale dans les cours moyens des rivières mais peut y être profondément diminuée par l'implantation de barrages.

. L' « Intermediate Disturbance Hypothesis » (I.D.H.) (Ward & Stanford 1983b) : cette hypothèse pose que la diversité des communautés est maximale dans les milieux où les perturbations sont modérées. L'hypothèse de Statzner et Higler (1986) sur l'importance des facteurs hydrauliques dans la répartition des invertébrés benthiques le long des cours d'eau va dans le même sens. Ces auteurs en déduisent que la richesse doit être maximale dans les zones de transition où les communautés appartenant à différents styles fluviaux peuvent cohabiter.

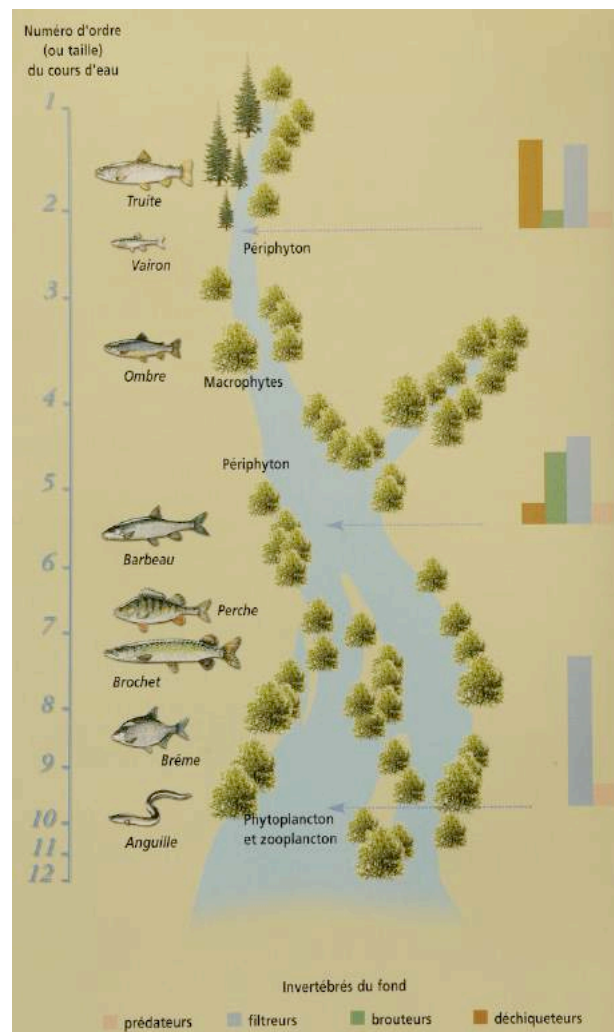


Figure 2 : Représentation du fonctionnement longitudinal d'un cours d'eau selon le River Continuum Concept (Décamps 2002, d'après Vannote et al. 1980)

On dispose, en Europe, de très peu de descriptions de communautés d'oiseaux nicheurs qui soient à la fois standardisées et s'étendent de la source à la mer (Binard 2002) ou sur un vaste gradient longitudinal (Roché 1986). En outre, le cadre de ces théories fondées sur l'examen de communautés d'invertébrés et de poissons accroît encore la difficulté à y intégrer les oiseaux. Il reste cependant que les hypothèses sur la diversité des communautés et ses liens avec la stabilité du milieu physique méritent d'être testées avec le groupe des oiseaux. Une étude toute récente (Larsen et al. 2010) menée sur les communautés d'oiseaux riverains dans la région de Rome (Italie) montre ainsi que la diversité des communautés d'oiseaux nicheurs est maximale dans les paysages modérément anthropisés ce qui, en milieu terrestre, vient corroborer la théorie de l'« Intermediate Disturbance Hypothesis ».

### 1.3 Les inondations et l'importance d'une approche transversale

Malgré la multiplication des publications autour de ces concepts, l'état des recherches fait apparaître au début des années 1990, des lacunes concernant les grands cours d'eau. Le développement de telles recherches se justifie pour deux raisons au moins : 1/ leur dimension et leurs interactions avec les plaines alluviales peuvent faire émerger de nouvelles perceptions du fonctionnement des hydrosystèmes, 2/ le fonctionnement des grands cours d'eau est en général perturbé depuis très longtemps par les activités humaines (Johnson et al. 1995).

Certains auteurs, avec le « Flood Pulse Concept », ont alors souligné l'importance des inondations dans le fonctionnement des plaines alluviales (Junk et al. 1989). Ils pensent que les inondations, en dépit du stress qu'elles occasionnent, contribuent à diversifier les habitats, à stimuler leur dynamique, à accroître la productivité du milieu et finalement à enrichir les communautés des plaines alluviales. Ils apportent ainsi une dimension transversale au fonctionnement des hydrosystèmes jusque-là perçus essentiellement de manière longitudinale. Tome (2002) a montré que plusieurs espèces d'oiseaux nicheurs des prairies humides de Ljubljansko (Slovénie) possédaient des abondances supérieures dans les secteurs soumis régulièrement aux inondations (caille des blés *Coturnix coturnix*, râle des genêts, vanneau *Vanellus vanellus*, alouette des champs *Alauda arvensis*, traquet tairier *Saxicola rubetra*, bruant proyer *Miliaria calandra*...). Un bel exemple de cette influence des inondations sur le milieu et les communautés d'oiseaux est celui de la restauration d'un régime d'inondation sur 1400 ha d'une réserve naturelle de la vallée du Rhin en Allemagne. Kreuziger (1998) observe que plus du tiers des espèces nicheuses accroît son abondance contre 10 % seulement qui la voit se réduire. La richesse totale de la communauté augmente par ailleurs de 4 espèces. L'auteur attribue cette évolution à une amélioration des ressources alimentaires et à une diversification des sites de nidification due au développement d'une végétation arbustive.

Ward & Stanford (1995) ont cherché à intégrer cette dimension transversale dans leur théorie de la discontinuité (SDC) et postulé que, contrairement à leur premier modèle, la diversité maximale - si l'on devait intégrer la plaine alluviale et ses multiples habitats lenticques et lotiques - se situait dans le cours inférieur à méandres et non dans les zones moyennes de tressage où, malgré un environnement particulièrement hétérogène, l'instabilité des chenaux est trop contraignante. Ce point de vue paraît plus conforme à certains travaux consacrés notamment aux communautés de poissons (Balon et al. 1986,

Oberdorff et al. 1993, Belliard et al. 1997) ou d'oiseaux (Roché 1898b) qui décrivent un accroissement de la richesse vers l'aval, ou même d'invertébrés - Trichoptères et Coléoptères de la Loire - chez lesquels le nombre d'espèces est minimum dans le cours moyen (Ivol et al. 1997).

Reste la question de l'altération des hydrosystèmes par les activités humaines. Le lit de la Loire et de l'Allier sont peu aménagés bien que leur hydrologie soit en partie modifiée par des barrages en amont. En revanche leurs plaines alluviales ont été largement façonnées par l'agriculture. L'impact de cette transformation sera discuté plus loin dans le cadre des concepts de l'écologie du paysage.

### → Les études de communautés ornithologiques dans le bassin de la Loire

Les précédentes campagnes d'études ont permis de décrire la succession des communautés d'oiseaux nicheurs sur l'ensemble du cours de la Loire (Roché et al. 1993) et de l'Allier (Roché et al. 1995) et de les comparer (Faivre et al. 1997). En outre, sur l'Allier, le lien entre la structure du paysage et le peuplement a fait l'objet d'une première analyse testant l'utilisation de descripteurs de terrain et de données Corine Land Cover (Faivre et al. 1998). La comparaison des campagnes précédentes a permis une analyse de l'évolution des communautés au fil du temps (Frochot et al. 1996, 2003).

Des campagnes d'inventaires, localisées à quelques kilomètres ou dizaines de kilomètres de cours ont aussi été menées sur la Loire et l'Allier (Bolnot et al. 1987, Guélin 1989, Lallemand 1999, 2002, Hergibo 2005, Roché 1998, 1999b) parfois dans le cadre d'un suivi (Dejaifve et Duvaut 2004).

Par ailleurs, divers travaux récents ont été menés sur plusieurs petits cours d'eau du bassin versant qui peuvent fournir des éléments de comparaisons avec les communautés décrites le long des deux axes Loire et Allier. Ils concernent généralement plusieurs dizaines de kilomètres de cours le long du Thouet (Noël 1999), de la Faye, de la Trambouze et de la Coise (Roché 1999a), de la Cisse (Perthuis et Roché 1994), de la Brenne, de la Vègre, et de la Vaudelle (Noël 1998) ainsi que de l'Indre (non publié).

#### *Intérêts du programme Loire 2009 - 2012*

. Il vient à la suite de trois campagnes précédentes ce qui devrait permettre de mieux interpréter les fluctuations longitudinales de la richesse des communautés d'oiseaux dans le contexte des hypothèses évoquées ci-dessus.

. Il concerne les communautés de la vallée en même temps que celles de la rivière et apporte une dimension transversale à l'approche longitudinale.

## 2. Les oiseaux d'eau à l'épreuve de la zonation des eaux courantes

L'une des questions les plus débattues dans la description des communautés des cours d'eau est celle de leur organisation dans l'espace : répond-elle à un continuum amont-aval ou à une zonation plus ou moins marquée laquelle laisserait entendre un fonctionnement écologique plus ou moins autonome de chaque zone ? Ce problème a été discuté par de très nombreux spécialistes. Les grandes approches développées depuis un demi-siècle ont fait l'objet d'une revue critique par Wasson (1989), notamment la zonation piscicole de Huet (1949), la zonation par les macro-invertébrés d'Illies et Botosaneanu (1963) ou encore le contrôle de la structure des communautés par l'hydraulique du cours d'eau (Statzner & Higlér 1986) (Figure 3) ou par sa végétation (Cummins 1984). Au-delà des affrontements entre théoriciens de l'écologie des cours d'eau, un fait se dégage : les communautés d'oiseaux d'eau ne sont pas prises en compte dans la zonation des systèmes fluviaux. La synthèse de Buckton et Ormerod (2002) montre qu'ils peuvent cependant y contribuer, les oiseaux spécialistes des rivières dans le monde montrant une spécialisation alimentaire le long du gradient, les insectivores dominant dans les zones torrentielles, les piscivores dans les zones moyennes, les herbivores dans les cours inférieurs. Quelques travaux ont par ailleurs décrit le gradient ornithologique des cours d'eau (Roché 1987, Roché 1989b) et proposé une zonation ornithologique (Roché 1989a, Roché 1993, Roché & Frochot 1993). Son application à quelques rivières de Roumanie a été testée par Papadopol et Petrescu (1992).

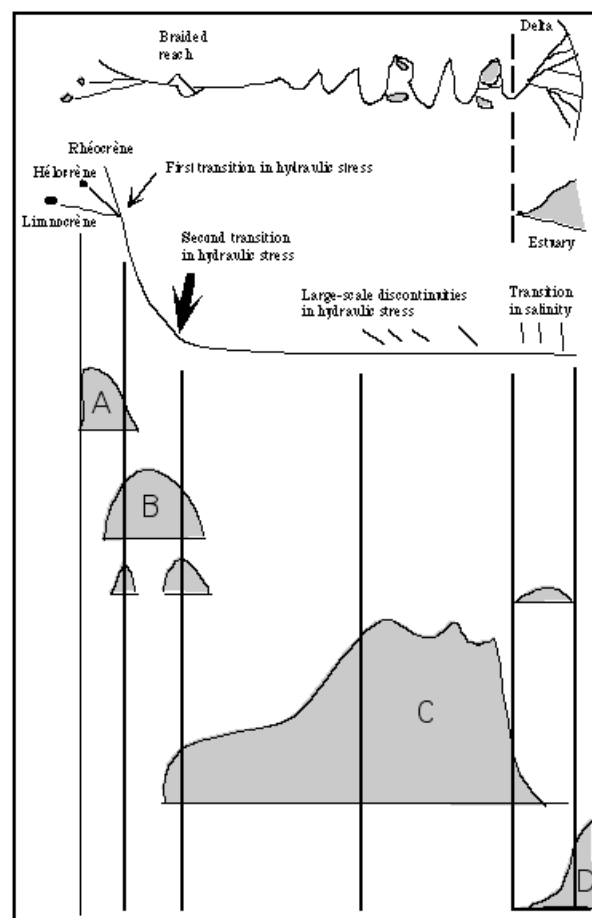


Figure 3 : Proposition de zonation faunistique des cours d'eau basée sur l'importance des facteurs hydrauliques (d'après Statzner et Higlér 1986).

## → Recherches sur les zonations écologiques de la Loire

S'il manque une zonation de la Loire par les communautés d'oiseaux, il existe des travaux dans divers autres domaines décrivant l'évolution longitudinale du lit et de certaines communautés.

### *2.1 Zonation géomorphologique*

Sur la base de critères essentiellement géomorphologiques (relief, géologie, hydrologie, pente de la vallée, style fluvial), Malavoi (2002) propose une sectorisation de l'ensemble du cours de la Loire sur le principe des unités « emboîtées » de Frissell et al. (1986) représentant chacune une échelle de perception du fleuve : le secteur (centaine de km), l'unité (une centaine de km), le tronçon (plusieurs dizaines de km), le sous-tronçon (une dizaine de km), le segment (quelques km), la séquence de faciès (plusieurs centaines de m), le faciès (une centaine de m), le sous-faciès (quelques dizaines de m), le micro-habitat (quelques m). Avec un échantillonnage de la Loire et de l'Allier constitué de points d'écoute espacés de 5 km en moyenne, notre étude se place donc à l'échelle du segment de rivière et plutôt du sous-tronçon quand les données de 3 stations sont groupées.

Cette classification définie, l'auteur divise le cours de la Loire en 4 secteurs :

. la Loire supérieure, des sources au barrage de Villerest (Km 0 – 251) : elle est découpée en deux unités par le barrage de Grangent, l'une de gorges à l'amont, l'autre de la plaine (Forez) à l'aval.

. la Loire amont, de Villerest au Bec d'Allier (Km 251 – 445) : zone de large plaine où le méandrage est actif bien que parfois contraint par des contreforts naturels (Morvan) et par l'endiguement.

. la Loire moyenne, du Bec d'Allier au Bec de Maine (Km 445 – 875) : cette Loire circule dans un val endigué large de 500 à 800 m où elle développe un style fluvial intermédiaire du type « tressage-anastomose ». Elle se découpe en 3 unités : la traversée Nord-Sud d'un substrat calcaire (du Bec d'Allier à Bonny/Loire, 81 km), la traversée des sables de Sologne (de Bonny à la confluence du Beuvron, 166 km), puis une nouvelle traversée de calcaires influencée dès la confluence de la Vienne par les structures armoricaines (du Beuvron aux ponts de Cé, 152 km). Malavoi et al. (1999) la divise en 12 tronçons (Figure 4) et fournit pour chacun les principales caractéristiques hydromorphologiques pour l'année 1993 (largeur de la vallée, de l'enveloppe hydraulique, de la bande active, des îles, nombre de chenaux et pente de la vallée). Un lien avec les communautés d'oiseaux d'eau est à analyser sur cette Loire moyenne dont les paysages du lit mineur révèlent de multiples nuances.

. la Loire aval, du Bec de Maine à la mer (140 km) : elle est divisée en une première unité encore essentiellement fluviale (des Ponts de Cé au Coueron, 100 km), et une partie estuarienne (environ 50 km).



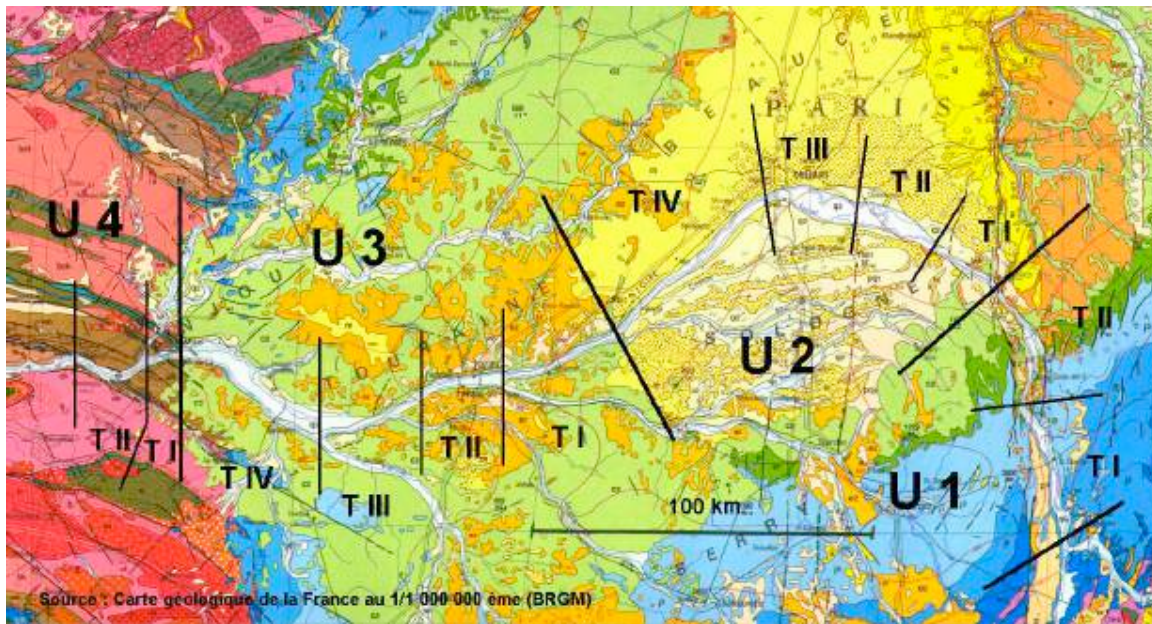


Figure 4 : Découpage géomorphologique de la Loire entre le bec d'Allier et le bec de Maine en unités (U) et tronçons (T) (Malavoi et al. 1999).

## 2.2 Zonation phytoécologique

L'étude sur la distribution des saulaies riveraines des sources à l'embouchure (Gehu & Gehu 1980) est sans doute l'une des premières publications à l'échelle du cours entier du fleuve. Elle précise en particulier les limites altitudinales de répartition à partir desquelles les différentes espèces de saules deviennent véritablement abondantes en aval : *Salix purpurea* en dessous de 1250 m, *Salix triandra* de 800 m, *Salix fragilis* de 700 m, *Salix alba* de 600 m et *Salix viminalis* en dessous de 300 m. Ces données, même s'ils elles n'apportent aucune précision sur l'étendue des formations sur le terrain, mériteront d'être croisées avec la distribution de certaines espèces d'oiseaux pionnières des fourrés. En effet, elles traduisent pour partie, des limites climatiques et des styles fluviaux auxquels les oiseaux sont également sensibles.

## 2.3 Zonations faunistiques

La distribution des invertébrés est restée longtemps mal connue sur la Loire et l'Allier. Celle des Trichoptères (Guinand et al. 1996) en association avec celle des Coléoptères (Ivol et al. 1997) a été étudiée sur environ 850 km (de la source à l'aval d'Angers) à l'aide de 38 stations réparties dans tous les styles du fleuve. La richesse de ces communautés diminue vers l'aval, et leur composition est marquée par trois zones de ruptures entre les km 50 – 100, 400 – 470 et 800 – 810 d'où une division du cours en 4 zones écologiques.

La distribution des poissons le long de la Loire s'accorde avec la zonation piscicole de l'Europe de l'Ouest (Arrignon 1988). Elle reste cependant très sommairement décrite. Ce groupe est riche de 58 espèces ce qui le place au niveau de celui du Rhône (Souchon 2002) et nettement devant ceux de l'Adour (43), de la Dordogne (44), de la Garonne

(44), de la Meuse (52) par exemple (Descy 2008, Oudin et al. 2008) ou encore de la Seine (45) (Belliard et al. 1997)....

Souchon (2002) distingue schématiquement les zones piscicoles à truite, ombre, barbeau et éperlan.

#### *Intérêts du programme Loire 2009 - 2012*

. La Loire et l'Allier peuvent contribuer à tester la validité d'une zonation ornithologique complète des eaux courantes en Europe, de la montagne à la mer.

### **3. Facteurs de la diversité des communautés**

La question de la diversité des communautés rencontrées le long des cours d'eau est complexe car elle met en jeu des facteurs historiques, biogéographiques, écologiques et anthropiques intervenant à des échelles différentes.

#### *3.1 A l'échelle biogéographique*

Les fleuves s'étendent généralement sur de grandes distances et peuvent traverser plusieurs provinces climatiques. Au gradient longitudinal, se surimpose souvent l'influence de deux facteurs principaux, la latitude et l'altitude. L'interprétation des variations spatiales de la richesse des communautés riveraines des cours d'eau nécessite donc de séparer d'abord l'influence des facteurs régionaux avant d'envisager celles des facteurs locaux (paysages, habitats).

##### *. La région*

Miller et al. (2004) ont rencontré ce problème en étudiant les communautés d'oiseaux nicheurs le long de 380 km de la Wisconsin River (USA). La structure et la richesse de l'avifaune y sont déterminées principalement par des facteurs géographiques (latitude, distance à la confluence du Mississippi) avec lesquels interfèrent les paramètres de structure de l'habitat local (recouvrement des différentes strates...) et, à une échelle intermédiaire, les paramètres paysagers (distances aux haies, surface des taches boisées...). Ils soulignent ainsi que les facteurs régionaux l'emportent sur les autres tout en faisant remarquer que la situation serait différente sur une même longueur du haut Mississippi plus homogène. En France, l'axe rhodanien, en pénétrant dans le domaine méditerranéen, est aussi le siège d'un appauvrissement des communautés d'oiseaux des ripisylves (Blondel 2003, Pont 1987, Roché 1986).

##### *. L'altitude*

Ce facteur l'emporte sur tous les autres du fait que, dans le lit des rivières comme dans leur vallée, quantités de paramètres décrivant le gradient longitudinal lui sont corrélées. Etudiant les communautés d'oiseaux du lit de 180 rivières de l'Himalaya, Manel et al. (2000) se heurtent à cette difficulté. Dans ce massif, le plus riche en oiseaux de rivières

au monde, la distribution des espèces est déterminée en premier lieu par l'altitude. L'influence d'une agriculture en terrasse – dont les intrants accroissent pourtant l'abondance totale des invertébrés aquatiques dans les rivières - ne peut y être mise en évidence que pour une seule des 17 espèces rencontrées (la bergeronnette des ruisseaux), la présence des bassins versants cultivés étant corrélées aux basses altitudes. De même, le long des rivières du bassin de la Saône, le premier facteur explicatif de la distribution des oiseaux (la distance à la source exceptée) est l'altitude à laquelle de nombreux autres facteurs du milieu sont corrélés (Roché 1989b). A l'échelle mondiale, le nombre des oiseaux spécialistes des rivières présente un pic vers 1300 – 1400 m (Buckton et Ormerod 2002). En Europe, le nombre de ces espèces (4) est trop faible pour mettre en évidence une telle tendance, en revanche la richesse en oiseaux d'eau augmente aux altitudes inférieures en relation notamment avec la diversification des habitats aquatiques.

En milieu terrestre, les communautés d'oiseaux s'enrichissent de même. Ainsi sur 58 quadrats de 100 km<sup>2</sup> dans les Alpes, la richesse de l'avifaune passe en moyenne d'une quarantaine d'espèces à 2500 m d'altitude à plus de 100 à 500 m soit un taux assez constant d'environ 3,5 espèces supplémentaires tous les 100 m (Sergio & Pedrini 2007). L'analyse de la richesse des mailles (10 km x 10 km) de l'atlas des oiseaux nicheurs de la région Rhône-Alpes permet à Reboud et Frochot (1998) de calculer, sur une amplitude de plus de 4000 m, un accroissement un peu plus faible de 8 espèces par tranche de 300 m. Lebreton (2005) souligne cependant le caractère très variable des profils de richesse des peuplements avec l'altitude, qui non seulement semblent rarement linéaires, mais prennent des courbes caractéristiques des régions (Pyrénées, Alpes du Nord, Alpes du Sud, Maroc...).

Ces mesures de l'accroissement de la richesse des communautés vers les basses altitudes permettent en tout cas de relativiser l'enrichissement observé le long des cours d'eau et notamment de l'envisager comme la résultante d'une part due à des facteurs géographiques (climatiques,...) et d'une autre due à des facteurs paysagers.

### → Données biogéographiques sur le bassin de la Loire

S'étendant sur plus de 117 000 km<sup>2</sup>, le bassin de la Loire s'est prêté à diverses tentatives de régionalisation.

L'habitat aquatique a fait l'objet d'une régionalisation à l'échelle du bassin versant (Souchon et al. 2000) fondée sur un échantillon de plusieurs centaines de tronçons de cours d'eau. L'analyse des caractéristiques géologiques du bassin et de paramètres morphologiques et hydrologiques révèle l'existence de 5 hydro-écorégions : Massif Central « bassin Loire et Allier », Massif central « Dépressions sédimentaires », Tables calcaires, Massif armoricain et Vallées alluviales. Cette typologie qui s'appuie toutefois sur les seuls cours d'eau d'ordre 2 à 5 exclus donc les vals de Loire et d'Allier et ne paraît pas a priori exploitable ici. Elle pourrait en revanche se révéler utile dans le cadre d'une étude plus vaste des communautés d'oiseaux intégrant les affluents de la Loire et de l'Allier. Ces hydro-écorégions sont par ailleurs assez semblables aux cinq agrozones définies par Blanchard (2007). ce qui n'est pas surprenant, la morphologie et l'hydrologie des cours d'eau dépendant en partie de l'agriculture environnante, tous les deux étant par ailleurs déterminés par la géologie et la géomorphologie du bassin versant.

### 3.2 A l'échelle du paysage

Au fil de l'eau, les rivières développent différents styles fluviaux (torrents, tresses, anastomoses, méandres, estuaires ou deltas) et un environnement d'une grande complexité notamment dans les plaines alluviales. Dans les cours inférieurs, l'altitude n'influence plus la distribution des oiseaux et celle-ci dépend essentiellement de l'architecture et de l'hétérogénéité du paysage. La richesse des peuplements est alors plus que jamais déterminée par l'échelle d'observation. Une première approche peut consister à distinguer les peuplements du lit de ceux de la vallée.

Dans le lit des cours d'eau, la distribution de nombreuses espèces aquatiques s'expliquent grandement par les caractéristiques hydromorphologiques telles que la pente du lit (Marchant & Hyde 1980), celle des berges, l'étendue des grèves, la vitesse du courant, le développement de végétation aquatique... (Round & Moss 1984, Roché 1989c, Rushton et al. 1994, Buckton & Ormerod 1997). Cependant, en Grande-Bretagne, une analyse conjointe des recensements ornithologiques du Waterway Bird Survey (W.B.S.) et de la description des rivières par le River Habitat Survey, (R.H.S.) a récemment montré que les liens espèces / milieux sont surtout bien établis avec les espèces des secteurs torrentiels et des roselières. Il semble en revanche que les variables enregistrées par le R.H.S. soient insuffisantes pour expliquer la distribution des limicoles notamment celles concernant l'utilisation du sol (présence/absence dans une bande de 50 m de prairies artificielles, terres cultivées, zones humides, milieu urbain et landes) (Vaughan et al. 2007).

Dans la vallée, la structure des communautés d'oiseaux doit s'analyser à la lumière des concepts de l'écologie du paysage (Baudry et Burel 1999, Décamps & Décamps 2004). D'un côté, la fragmentation appauvrit l'avifaune dans les petites taches d'habitats du fait que le turn-over des espèces sensibles à la fragmentation y est plus élevé que dans les grandes et soumet donc en permanence les communautés aux aléas de la colonisation (Boulinier et al. 2001). De l'autre, les effets de lisières enrichissent les communautés et ceux de corridors entre habitats facilitent la colonisation (CSPNB 2008). La diversité résultant de ce compromis à l'échelle du paysage a été assez peu étudiée, les auteurs se plaçant généralement à l'échelle des taches d'habitat et non du paysage (Fahrig 2003). Il semble qu'une bonne interprétation de la distribution des oiseaux nécessite de faire appel à des variables mesurées à la fois à l'échelle locale et à celle du paysage comme l'ont montré, pour les oiseaux prairiaux, Saveraid et al. (2001) puis Cunningham et Johnson (2006).

#### *. Le taux de boisement*

S'intéressant à l'avifaune nicheuse de 24 échantillons de 100 km<sup>2</sup> pris dans des paysages formant un gradient de couverture forestière, Radford et al. (2005) montrent que le taux de boisement du paysage explique entre 55 % et 60 % des variations de richesse des communautés alors que son architecture et notamment la forme et l'agrégation des taches d'habitats ne comptent au total que pour 10 %. Dans une région peu forestière de 2100 km<sup>2</sup>, Bennett et al. (2004), qui ont étudié 88 petits bois, expliquent la richesse des communautés pour 70 % avec un modèle incluant d'abord la superficie de ceux-ci et, dans un rayon d'un kilomètre, la longueur de haies et la superficie boisée. Le long de 18 tronçons de cours d'eau boisés du Nebraska, Perkins et al. (2003) concluent également à l'influence majeure de la couverture forestière dans les variations de richesse des

communautés d'oiseaux forestiers, mais pas dans celles des oiseaux de lisière. Dans nos régions tempérées où l'avifaune puise l'essentiel de sa richesse dans le pool des espèces forestières d'Europe continentale (Blondel & Farré 1988), l'importance du taux de boisement paraît déterminante, le nombre d'espèce croissant, selon la théorie de l'insularité, avec la superficie du milieu présente.

#### *. L'exploitation agricole et la complexité du paysage*

Le contexte agricole est la source d'une hétérogénéité qui détermine le niveau de diversité mais influence aussi celle des taches d'habitats. Ainsi, sur un échantillon de 57 bois le long de la Snake River (USA), Saab (1999) trouve que les variations de la richesse s'expliquent à 71 % par la présence d'un paysage naturel et hétérogène associé à la taille des bois, la proximité d'autres bois et une certaine ouverture de la canopée. C'est aussi le cas dans le Queensland (Australie) où la richesse de l'avifaune des forêts d'Eucalyptus diminue de moitié en bord de rivière quand l'exploitation agricole de l'environnement s'intensifie (forêt non pâturée, forêt pâturée, prairies naturelles, cultures) (Martin et al. 2006). Dans ce cas, 50 % des espèces sont sensibles au seul contexte paysager. En Europe, une étude menée dans 7 pays, sur 25 paysages agraires échantillon de 16 km<sup>2</sup> a permis de quantifier le lien entre biodiversité (celle des oiseaux notamment) et intensité de l'exploitation agricole. Les résultats montrent que la richesse en oiseaux nicheurs est corrélée à la proportion de milieux semi-naturels (herbacés et forestiers) qui en explique 25 % des variations tandis que cette richesse décroît avec la quantité d'intrants (azote) introduits dans ces paysages (Billeter et al. 2008). L'intensification de l'exploitation de l'espace rural a aussi été étudiée sur les coteaux de la Garonne par Balent et Courtiade (1992). Ces auteurs ont montré que la richesse des communautés ne décroît pas régulièrement avec la simplification du paysage. Dans un gradient de complexité et d'ouverture, passant de la forêt à l'openfield, la richesse reste assez constante des stations forestières à celles du bocage et ne chute que dans les paysages agricoles très ouverts et surtout ceux intensivement cultivés. Ce résultat semble rejoindre l'une des hypothèses de l'écologie du paysage qui postule qu'au-dessous d'une certaine proportion - assez faible (10 à 30 %) - toute réduction de l'habitat est plus qu'une simple perte de milieux et le déclin accéléré des populations conduit à des problèmes de colonisation et de survie dans les taches d'habitat (in Décamps & Décamps 2004).

#### *. L'urbanisation*

Outre l'évolution des pratiques agricoles, les paysages alluviaux connaissent une urbanisation croissante. Le long de la Snake river (USA), Smith & Wachob (2006), qui ont étudié un gradient d'urbanisation, ont montré que la richesse totale de l'avifaune diminue quand le développement résidentiel augmente bien qu'il soit difficile de séparer complètement l'effet résidence d'autres altérations de l'habitat. Rodewald et Backerman (2006) expliquent la quasi-totalité des variations de l'avifaune (94%) dans de larges ripisylves de l'Ohio (Etats-Unis) par l'effet d'un gradient environnant allant du paysage agricole au paysage urbanisé et observent une diminution du nombre de migrants néotropicaux corrélée à l'urbanisation du paysage. Le long d'un gradient semblable dans quatre vallées du Colorado, Miller et al. (2003) effectuent le même constat : la richesse de la plupart des guildes d'oiseaux riverains est affectée par le gradient d'urbanisation et le nombre de bâtiments par hectare sur des transects de 1500 m explique généralement plus de 70 % de la baisse du nombre d'espèces. Toutes les guildes ne sont pas affectées cependant. Lussier et al. (2006) ont montré par exemple que si la richesse totale de

l'avifaune diminue effectivement avec la proportion de l'espace utilisé à des fins résidentielles, cela concerne essentiellement la guildes des oiseaux forestiers, celle des oiseaux de lisières s'enrichissant au contraire le long de ce gradient d'urbanisation. Rottenborn (1999) observe que, dans les ripisylves de la Santa Clara valley (USA), 49 % de la richesse en oiseaux forestiers est déterminée par la proximité de ponts et 77 % si l'on inclut dans le modèle le volume de la végétation naturelle, la distance au premier bâtiment et la largeur de la ripisylve. Le long du cours de la Saône, nous avons montré que la distance au village le plus proche était le second gradient structurant les peuplements après le gradient longitudinal (Roché 1986).

### → Etudes et données sur les paysages du bassin de la Loire

A l'échelle du bassin versant, on dispose d'un SIG lancé au début des années 1990 qui a déjà permis de produire des cartes thématiques (occupation du sol, diversité paysagère, taux de boisement communal...) avec un grain de 10 km de côté (Wasson et al. 1993). L'information s'y est considérablement diversifiée ces dernières années de sorte que l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne dispose désormais d'un visualiseur des données du SIG (MAGDALENA, Choubrac. 2009). Manipulable sous ArcExplorer, ce visualiseur conçu par GEO-HYD donne quantité de renseignements à l'échelle du bassin versant : infrastructures, occupation du sol Corine Land Cover, qualité des eaux, urbanisation, population....

A l'échelle plus réduite des cours de la Loire, de l'Allier mais aussi de la Vienne et de la Creuse, le Système d'Information sur l'Evolution du lit de la Loire (le SIEL piloté par la DREAL Centre) offre une description extrêmement précise (au 1/10 000) de la morphologie fluviale et du couvert végétal de l'Allier (entre Brioude et Nevers) et de la Loire (de Villerest à Ancenis). La première campagne de photos aériennes, base de cette description, a été réalisée de 1999 à 2002 et concorde dans le temps avec la troisième campagne de notre suivi avifaunistique de la Loire (2001-2002). La seconde campagne du SIEL, en cours d'exploitation à partir de clichés aériens pris en 2005, coïncide avec la troisième campagne de suivi de l'Allier (2005-2006) et devrait être disponible en 2011-2012. L'échelle et les périodes auxquelles sont relevées ces données, et la typologie de l'occupation du sol prise en compte (axée sur les principales formations végétales) en font a priori un outil particulièrement bien adapté à l'interprétation de la structure des communautés d'oiseaux nicheurs tant au niveau local qu'à celui de tronçons de plusieurs dizaines de kilomètres. Le SIEL a déjà donné lieu à diverses exploitations dont certaines consacrées à la distribution des milieux ouverts alluviaux (Lemoine 2004) qui aideront certainement à une meilleure compréhension de la distribution du cortège d'oiseaux associé aux milieux herbacés.

Plus localement encore, au confluent de la Loire et de l'Allier, Gautier et al (2000) ont croisé géomorphologie et phytoécologie. L'échelle, particulièrement fine, de ce travail (tronçons de 500 m) a permis de mettre en évidence une corrélation entre la largeur du corridor naturel (bande du fleuve échappant aux activités agricoles) et la complexité du paysage mesurée par divers indices (Figure 5). Sur ce site, voire à plus large échelle, des corrélations entre ces paramètres de la vallée et l'avifaune seraient à tester car on sait déjà que la largeur de la vallée (notion certes plus large que celle du corridor fluvial) est l'un des principaux facteurs expliquant les variations de la richesse des peuplements dans certaines plaines alluviales (Roché 1986) et le long des petits cours d'eau du bassin de la Loire (Roché 1999d).

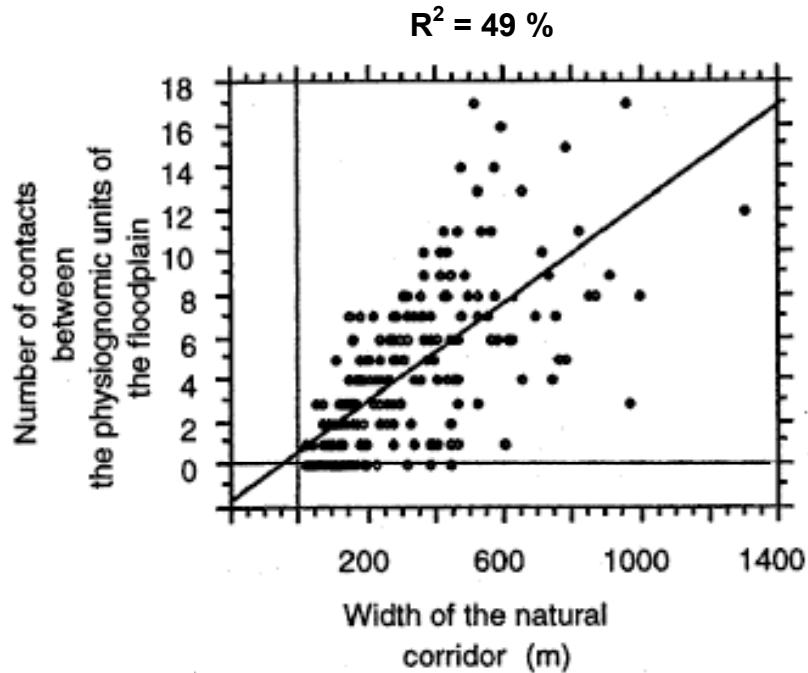


Figure 5 : Relation entre la largeur du corridor naturel et le nombre d'interfaces entre les unités physiognomiques de la plaine alluviale (Gautier et al. 2000)

On voit à travers l'accumulation de ces corpus de données que le croisement des approches physiques, phyto-écologiques et ornithologiques mérite d'être exploré le long de la Loire et de l'Allier.

#### 4. Suivi de la biodiversité des communautés et des populations

Le suivi de la biodiversité des communautés, comme celui des populations, est très dépendant de l'échelle considérée : échelle de temps et échelle d'espace.

##### 4.1 L'échelle de temps

L'un des objectifs du présent suivi est de mettre en relation l'évolution des communautés d'oiseaux avec les changements de l'environnement ligérien à l'échelle des décennies, changements qui concernent la dynamique du fleuve dans le lit, l'occupation du sol dans la vallée et le climat. Cet objectif ne peut être atteint par un suivi annuel compte tenu de la longueur des cours d'eau étudiés (environ 1000 km sur la Loire et 500 sur l'Allier). Le pas de temps retenu (environ 6 ans) conduit à une estimation des tendances à moyen terme basée sur un petit nombre d'années.

La validité de suivis à court terme pour lesquels on est tenté de déterminer des tendances à partir d'un nombre limité d'années a été testée par Thogmartin et al. (2007). Leur analyse est pratiquée sur 8 espèces d'oiseaux, dénombrées par points d'écoute durant 3 années consécutives, et appartenant à différents milieux alluviaux du cours inférieur du Missouri (prairies, jeune forêt, vieille forêt). Elle révèle que les tendances sont

statistiquement valides pour toutes les espèces dès que celles-ci excèdent 5% avec un échantillon d'au moins 30 points. On peut donc penser que le suivi de l'avifaune de la Loire et de l'Allier par 198 et 91 points respectivement et qui entre dans sa quatrième campagne peut fournir des données statistiquement exploitables d'autant plus que la méthode utilisée est aussi une méthode de points d'écoute. Son intérêt pour le suivi des populations d'oiseaux a par ailleurs été déjà discuté (Frochot et Roché 1990, Frochot 1997). Il faudra toutefois garder à l'esprit la nécessité d'analyser un échantillon de taille suffisant lors de comparaisons à l'échelle de secteurs de cours d'eau.

Par ailleurs, le suivi ornithologique pratiqué ici est intermittent (pas d'environ 6 ans), et cela pose la question de la validité de tendances déterminées à partir de dates espacées dans le temps, validité qui dépend de la possibilité de distinguer ces fluctuations à moyen terme de fluctuations aléatoires à court terme. En analysant un suivi d'avifaune sur 25 ans réalisé par points d'écoute dans les garrigues montpelliéraines, Sirami (2006) a montré que la variabilité interannuelle n'engendrait pas de biais dans l'évaluation d'une tendance à long terme mesurée à des dates espacées.

La question la plus délicate des suivis à long terme vient sans doute du temps de réaction des populations aux changements du milieu, temps qui dépend de nombreux facteurs dont la fidélité au site de reproduction, la longévité des espèces, la dynamique de la population et indirectement de la vitesse d'évolution de la végétation (Wiens 1989). Dans le bassin de la Seine, Ernoult et al. (2006) ont montré par exemple que les mesures de biodiversité avienne actuelle pouvaient être bien expliquée par la structure de paysages passés.

#### *4.2 L'échelle d'espace*

Turnhout et al. (2007), comparant deux atlas nationaux (1973-77 et 1998-2000), ont montré que la richesse de l'avifaune nicheuse des Pays-Bas avait augmenté au cours de ces 25 années mais que cette évolution ne valait que pour les régions les plus basses - et les plus pauvres en oiseaux - de l'Ouest, d'autres régions plus riches de l'Est connaissant une évolution inverse. Ils soulignent ainsi la nécessité d'une approche régionale en matière de conservation. En France, depuis le lancement, en 1989, des recensements normalisés d'oiseaux communs (STOC), on peut mesurer les tendances nationales de certaines populations. Ainsi, les communautés d'oiseaux associées aux milieux agricoles, forestiers et bâtis régressent aujourd'hui alors que les généralistes sont en progression (Julliard et Jiguet 2005). Pour autant, à l'échelle régionale, les enquêtes de divers auteurs montrent que les communautés d'oiseaux nicheurs depuis un siècle tendent à s'enrichir, par exemple en Bourgogne (Frochot et Godreau 2008) ou en Camargue (Barbraud et al. 2004).

A l'échelle de l'Europe, les suivis ornithologiques montrent que les oiseaux d'eau tendent à augmenter et ceux de plaine à régresser, les oiseaux des milieux forestiers restant globalement stables (Figure 6).

Ces différentes sources d'informations sont d'un grand intérêt car elles aideront à séparer les fluctuations nationales des fluctuations strictement régionales et, le cas échéant, à mettre en évidence des tendances spécifiques aux milieux fluviaux.



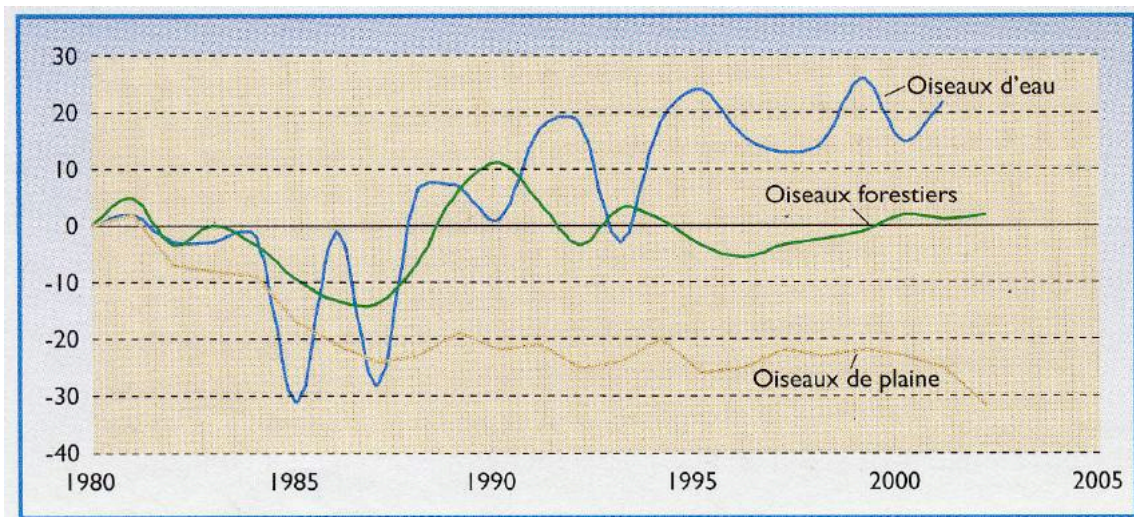


Figure 6 : Evolution l'indice d'abondance de trois catégories d'oiseaux nicheurs à l'échelle de l'Europe (Pan european wild bird index. Lettre Natura 2000, 2004)

#### → Suivis existants sur la Loire et l'Allier

Les évolutions de la dynamique fluviale de la Loire et de l'Allier sont généralement décrites à l'échelle séculaire en s'appuyant sur les ressources cartographiques anciennes. Certains de ces travaux intègrent néanmoins les dernières décennies : du milieu du XXème siècle aux années 1990 dans la plaine du Forez (Delorme 1994), de 1949 à 1998 au bec d'Allier (Gautier et al. 2004), de 1930 à 2002 au bec d'Allier ainsi que dans la réserve naturelle du val de Loire et dans les méandres de Guilly (Grivel 2008), de 1969 à 1993 entre St Satur et Meung sur Loire (Asselineau 1994), de 1956 à 2001 à l'Est de Tours (Yengué 2003). Ces mutations de la dynamique fluviale au cours du dernier demi-siècle, et avec elle celles du paysage, bien que fondées sur un petit nombre de cartographies, décrivent des tendances qui ne seront sans doute pas sans intérêt pour l'interprétation de l'évolution locale des communautés à l'échelle des 20 années de notre suivi ornithologique.

Les mutations de l'occupation du sol peuvent aussi être abordées grâce au SIEL mais sur une période plus récente et avec un pas de temps de l'ordre de 5 ans (première campagne de photo aérienne en 1999 – 2002, seconde campagne en 2005).

On dispose par ailleurs d'un suivi de la température de l'eau de la Loire de 1949 à 2003 montrant un réchauffement moyen sur la période 1980 – 2003 de 1,85°C à l'amont de la centrale de Dampierre en Burly et de 2°C à celle de Belleville (Gosse et al 2008) qui pourrait être confronté à la productivité piscicole du fleuve et à l'évolution des peuplements d'oiseaux piscivores. Sur une période plus courte de 10 ans, Lair & Sargos (1993) ont analysé les changements hydrologiques sur quatre sites du cours moyen de la Loire. Existe-t-il une analyse des changements de l'hydrologie à plus long terme notamment dans le cadre du changement climatique ?

Concernant les peuplements d'oiseaux, il existe un suivi de quelques espèces dites remarquables sur l'ensemble du cours comme les Laridés (LPO 2006). Par ailleurs, un

suivi en canoë de 21 espèces nicheuses a été réalisé de 1995 à 2004 sur les 50 km de la réserve du val d'Allier (Dejaifve et Duraud 2004).

*Intérêts du programme Loire 2009 - 2012*

. Le suivi à long terme des populations le long de deux grands cours d'eau comparé à celui des populations au niveau national sur une période équivalente peut permettre de dégager l'existence éventuelle de tendances spécifiques à la Loire et à l'Allier voire plus généralement aux systèmes fluviaux.

. L'existence d'une cartographie du lit de la Loire et de l'Allier devrait permettre de mieux interpréter l'évolution de l'avifaune : changement dans la distribution de certaines espèces en fonction des changements d'habitats et changements de la structure des peuplements avec celle du paysage.

## - Seconde partie -

\* \* \*

### **La ripisylve, habitat majeur des communautés d'oiseaux riverains**

Dans nos régions, l'avifaune nicheuse est pour une large majorité constituée d'espèces d'origine forestière. En outre, les cours d'eau à lit mobile comme la Loire et l'Allier, entretiennent par leur hydrologie contrastée des successions forestières allant des jeunes saulaies colonisatrices des grèves nues du lit mineur jusqu'aux vieilles forêts de bois durs des terrasses alluviales (Chevallier 1996, Cornier 2002, Cornier & Maman 2003). Analyser les communautés d'oiseaux des ripisylves est donc non seulement le moyen d'évaluer un compartiment important de la biodiversité avienne des rivières et vallées mais aussi d'apprécier l'évolution de la dynamique fluviale.

Selon les études, les communautés d'oiseaux nicheurs des forêts riveraines des cours d'eau apparaissent, comme plus pauvres que celles des forêts sèches des pentes voisines (McGarigal & McComb 1992), de richesse égale (Pearson et Manuwal 2001) ou plus riches (Gates et Giffen 1991). En France, c'est ce dernier cas qui est observé le long de la Garonne (Décamps et al. 1987) et du Vidourle en région méditerranéenne (Roché 2008). Plusieurs facteurs permettent d'interpréter ces disparités et la richesse des communautés d'oiseaux des ripisylves.

#### **1. Diversité structurelle, horizontale et verticale, de la végétation**

Dans la ripisylve mûre, le premier facteur auquel est sensible l'avifaune forestière est la stratification verticale de la végétation qui en se diversifiant multiplie les niches offertes aux oiseaux (Blondel et al. 1973). Dans les ripisylves d'un secteur de 240 km du haut Missouri par exemple, Scott et al. (2003) lui attribuent 70 % des variations de la richesse de l'avifaune (mesurée sur des transects de 100 m). Ils soulignent d'un côté l'importance positive de la dynamique fluviale dans le maintien des successions forestières - et, par là, de la diversité et de l'abondance des communautés - de l'autre l'impact négatif d'un pâturage à long terme qui conduit à la simplification des strates de végétation. Dans la ripisylve du Rhin français, Dronneau (2007) interprète les richesses et densités de l'avifaune - exceptionnellement élevées - par la coexistence dans les stades mûres de deux strates de végétation, celle des buissons et celle de la canopée. La diversité des strates augmente aussi avec la hauteur du toit de la végétation. C'est pourquoi ce dernier explique 64 % des variations de la richesse de l'avifaune forestière le long du Vidourle (Roché 2008) et 67 % le long du Grand Rhône (Roché non publié) et constitue la première cause de variation. La diversité structurelle des ripisylves tient en fait à causes : une hétérogénéité interne et un double effet de lisière, d'un côté avec la rivière de l'autre avec la plaine alluviale exploitée (Figure 7).

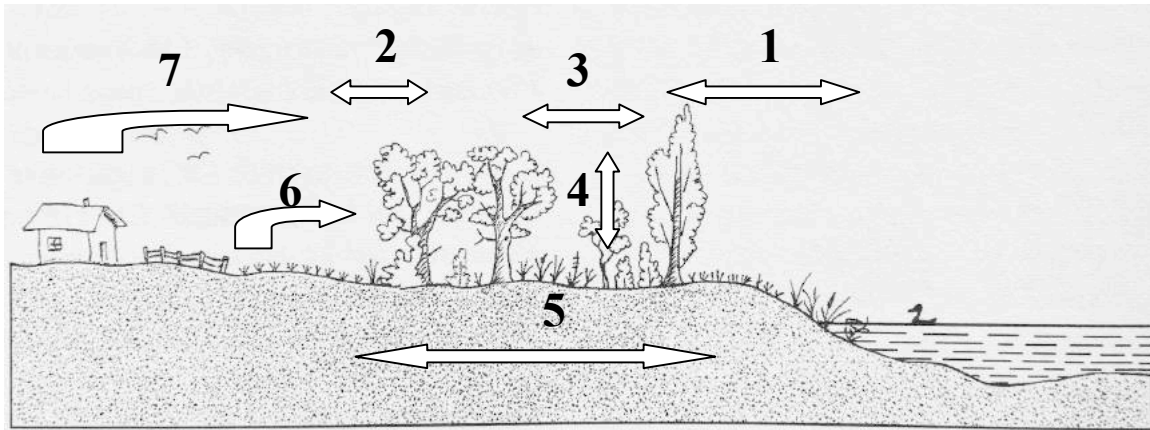


Figure 7 : Hétérogénéité transversale des ripisylves contribuant à la diversité de leurs peuplements d'oiseaux nicheurs. 1 Effet de lisière ripisylve - eau. 2 Effet de lisière ripisylve – vallée. 3 Hétérogénéité interne. 4 Stratification de la végétation. 5 Largeur du boisement. 6 Contexte alluvial. 7. Contexte hors vallée (terrasses, coteaux) (d'après Frochet et al. 2003 modifié).

## 2. Largeur de la ripisylve

Formant d'étroits corridors, les ripisylves peuvent apparaître contraignantes pour les oiseaux forestiers. De nombreux auteurs se sont intéressés à cette question dans une perspective de conservation de l'avifaune (Wenger 1999). Certains montrent que la richesse augmente avec la largeur (Kilgo et al. 1998) mais parfois seulement celles des migrateurs néotropicaux, celle des résidents n'étant pas modifiée (Keller et al. 1993). Certaines espèces seraient plus abondantes dans les ripisylves larges (Groom & Grubb 2002, Hagar 1999) et celles, sensibles à une superficie minimum pour s'installer, seraient éliminées des ripisylves trop étroites (Smith & Schaffer 1992, Keller et al. 1993, Kilgo et al. 1998). L'influence de la largeur doit cependant être distingué de celui de la superficie. Le long de la Garonne, Décamps et al. (1987) ne relèvent pas d'appauvrissement marquée dans les ripisylves de petite superficie. La largeur de la ripisylve intervient donc sans doute indirectement, des ripisylves étroites mais longues ne permettant pas aux espèces à grand domaine de disposer d'un habitat suffisamment étendu à l'échelle de leur territoire. La diminution du nombre d'espèces engendré par l'étroitesse du milieu pourrait tenir à des problèmes de colonisation, le turn-over des communautés étant plus élevé dans les ripisylves étroites (Pearson & Manuwal 2001, Shirley & Smith 2005).

Par ailleurs, l'influence de la largeur ne semble pas linéaire. La densité totale de l'avifaune croît avec la largeur de la ripisylve (Dickson et al. 1995, Kinley & Newhouse 1997) mais dans certaines limites, jusqu'à une centaine de mètres selon Hogdes & Krementz (1996). L'accroissement de la richesse peut marquer aussi un palier à partir d'une cinquantaine de mètres (Roché 2008). Les préconisations de largeur minimale pour la conservation des communautés d'oiseaux varient d'ailleurs selon les auteurs : au moins 40-45 m pour certains (Hagar 1999, Pearson & Manuwal 2001), 60 m pour d'autres (Darveau et al. 1995) voire 100 m (Keller et al. 1993, Shirley & Smith 2005) et même 500 m (Kilgo et al. 1998). Elles dépendent probablement des contextes étudiés. Enfin divers auteurs soulignent l'importance des ripisylves étroites pour les espèces des lisières (Dickson et al. 1995, Shirley & Smith 2005,...).

Bien que jouant le rôle de corridors entre massifs boisés, les ripisylves, semblent fonctionner, par la richesse, le turn-over et la composition de leurs communautés, comme des milieux fragmentés.

### 3. Dynamique fluviale et stades successionnels

Sur les berges et dans le lit des cours d'eau, particulièrement ceux à fonds mobile, la stratification de la ripisylve ainsi que son étendue sont conditionnés par la dynamique érosive et sédimentaire du fleuve. Celle-ci détermine en effet le développement de successions forestières allant de jeunes stades de fourrés bas jusqu'aux vieilles forêts mûres arborées de bois durs à multiples strates (Figure 8). L'avifaune s'en trouve particulièrement enrichie pour deux raisons. La première est que l'avifaune change d'un stade à l'autre comme dans les séries d'une futaie exploitée (Ferry & Frochot 1970, Frochot et al. 2003), celle des vieilles ripisylves de bois durs tendant à ressembler à celle des vieux taillis-sous-futaie (Roché 1986). La seconde, beaucoup moins étudiée, est qu'à l'échelle de tronçons de rivières, tous les stades de ces successions peuvent être représentés, la mosaïque de ces stades offrant une grande diversité d'habitat donc d'avifaune. Cette structure en mosaïque détermine aussi une dynamique particulière du peuplement. En effet, sous l'influence des crues, elle est sans cesse remaniée dans l'espace ce qui exige une certaine mobilité spatiale des populations particulièrement de celles exploitant les stades jeunes les plus prompts à se reformer ici quand ils ont été bouleversés là. En un point de la rivière, le turn-over du peuplement d'oiseaux forestiers est donc déterminé non seulement par les caractéristiques physique du milieu à un instant donné (comme la largeur de la ripisylve ou le nombre de ses strates) mais en partie aussi par ses caractéristiques fonctionnelles et notamment sa dynamique érosive au cours du temps.

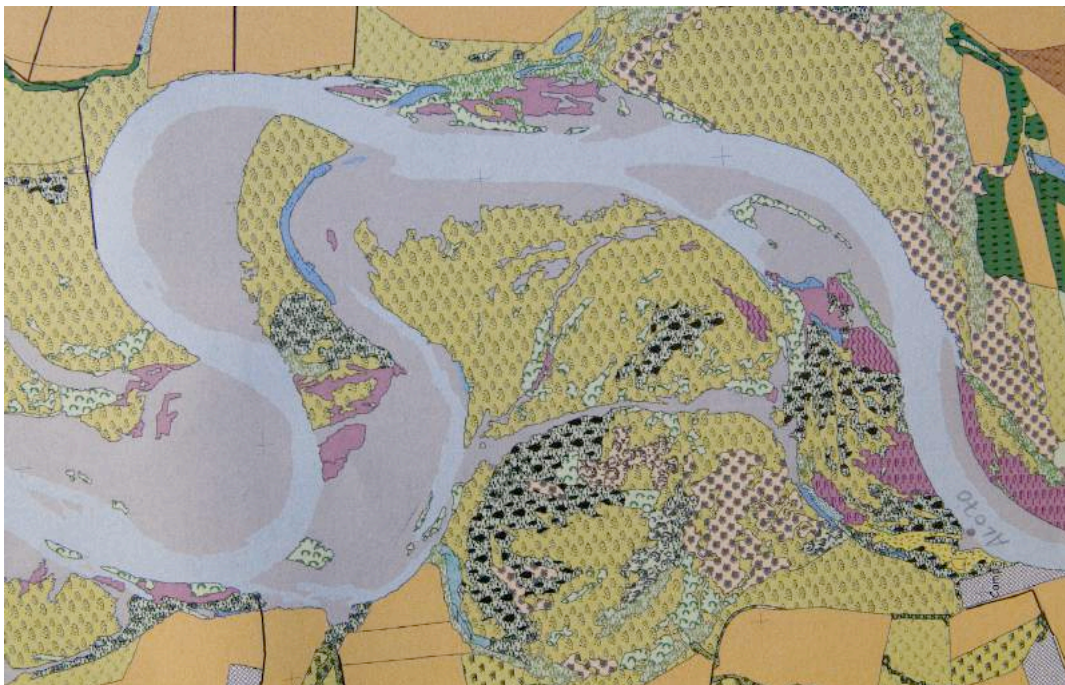


Figure 8 : Diversité, en plan, des stades successionnels sur un tronçon du cours moyen de l'Allier depuis les grèves couvertes de formations herbeuses (violet) jusqu'aux vieilles ripisylves de bois durs à l'écart du lit (vert sombre taché de noir) (données SIEL/DIREN Centre 2002) .

#### 4. Artificialisation

Dans la plupart des vallées, les ripisylves originelles ont été considérablement réduite au profit de l'agriculture. Un mode de production développé depuis quelques décennies consiste à replanter en peupliers les prairies humides gagnées autrefois sur la forêt. Ces peupleraies sont-elles perçues par les oiseaux comme de véritables ripisylves ? Divers auteurs ont étudié l'impact de cette reforestation des plaines alluviales.

Dans l'ancien delta du Rhône au bord du Léman, Zollinger & Genoud (1979) ont montré que les peupleraies accueillent des communautés pauvres lorsqu'elles sont pures mais lorsqu'une strate arbustive se développe sous la canopée, leur richesse est pratiquement identique à celle de ripisylves témoins. Dans le cours moyen du Rhône, Pont (1987) comparant l'avifaune nicheuse de ripisylves et de peupleraies à l'aide de points d'écoute, relève une richesse totale assez semblable mais une richesse moyenne inférieure en peupleraie. Il souligne aussi que les 5 espèces les plus abondantes se classent au même rang dans les deux formations (1. Fauvette à tête noire *Sylvia atricapilla*, 2. Rougegorge *Erithacus rubecula*, 3. Troglodyte *Troglodytes troglodytes*, 4. Merle noire *Turdus merula*, 5. Pinson des arbres *Fringilla coelebs*), et que les espèces disparaissant dans les peupleraies se recrutent parmi les espèces rares en ripisylve.

Dans le Val de Saône, Godreau (1998) relève aussi une convergence entre l'avifaune des vieilles peupleraies et celles des ripisylves avec toutefois un déficit d'espèces cavernicoles et une persistance de la guildes des oiseaux de fourrés (voir aussi Schmitz 1986) liée à un double effet de lisière, externe (faible superficie) et interne au boisement (espacement des arbres). Il montre aussi que, ces boisements dépassant rarement quelques hectares, la richesse de l'avifaune s'explique à 48 % par un modèle intégrant la superficie de la peupleraie et la distance au boisement le plus proche.

#### 5. Composition floristique

Bien que les oiseaux sélectionnent essentiellement leur habitat sur sa structure paysagère, la composition floristique du milieu peut entrer en ligne de compte. Ainsi, la meilleure corrélation entre les richesses de 6 taxons dans la réserve de Dadia en Grèce est-elle obtenue entre le nombre d'essences ligneuses des placettes étudiées (25 m x 25 m) et le nombre d'espèces d'oiseaux relevées par point d'écoute (Kati et al. 2002). Une diversité d'essences entretiendrait une diversité de ressources alimentaires. Dans les forêts alluviales de l'Illinois (USA), Gabbe et al. (2002) relèvent que douze des treize espèces se nourrissant dans la canopée sélectionnent leurs essences, les espèces les moins communes paraissant être les plus sélectives. En milieu herbacé, Rotenberry (1985) explique ainsi pourquoi 55% de la composition de l'avifaune dépend de la composition floristique de ces milieux et seulement 35 % de leur physionomie.

#### → Etudes sur les ripisylves de la Loire et de l'Allier

Guélin (1989) a finement décrit, par point d'écoute, les communautés d'oiseaux nicheurs d'un tronçon de 5 km du cours moyen de l'Allier et leur relation avec la dynamique des successions forestières. Il relève un enrichissement de l'avifaune depuis les stades nus de grèves (6,1 espèces en moyenne par station) jusqu'aux vieilles ripisylves à peuplier noir plus ou moins pénétrées de frênes, ormes voire chênes pédonculés (près de 13,7 espèces

en moyenne) en passant par la steppe sableuse (5,1 espèces), les jeunes saulaies pourpres (7,2 espèces), les vieilles saulaies pourpres (10,4), les fruticées (11,6), les jeunes saulaies-peupleraies (11,2). Ici comme ailleurs, la diversification des strates de végétation est la principale source d'enrichissement de l'avifaune. Elle opère également une sélection des espèces dont certaines ne sont présentes que dans un seul stade (pipit rousseline *Anthus campestris* et traquet motteux *Oenanthe oenanthe* dans les steppes sableuses, caille dans les jeunes landes à saules pourpre *Salix purpurea*, Hibou moyen duc *Asio otus* dans les landes à prunelliers, Pigeon colombin *Columba oenas* dans les vieilles ripisylves). Au bec d'Allier, Chambaud et al. (2001) ont montré que la diversité des strates de végétation est aussi la principale source de structuration des paysages en unités fonctionnelles, avec l'hydromorphie du sol.

Il existe par ailleurs une étude sur la distribution des forêts alluviales à l'échelle du bassin versant (Dossou 2004) qui pourrait aider à mieux interpréter celle des oiseaux forestiers le long de la Loire et de l'Allier. La cartographie en cours des formations de peupliers noirs le long du fleuve (Levrat comm.pers.) pourrait y contribuer également.

Des inventaires de la richesse floristique de différents points de la Loire moyenne ayant été réalisés (Schnitzler 1996), on peut envisager aussi de tester localement la concordance entre la richesse floristique (en essence ligneuse par exemple) et la richesse de l'avifaune.

Les données concernant l'impact des activités humaines sur les communautés d'oiseaux sont rares et limitées à quelques secteurs. Elles essaient d'évaluer l'impact des travaux d'entretien des berges (coupe d'éclaircies) sur les hauts cours de la Loire et de l'Allier et tendent à montrer que les éclaircies pratiquées dans les ripisylves sur la berge favorisent les oiseaux des fourrés (par ouverture du milieu) et défavorisent les oiseaux strictement arboricoles (par enlèvement des bois morts) (Roché 1999c).

#### *Intérêts du programme Loire 2009 - 2012*

- . Les relations avifaune-ripisylve le long de la Loire et de l'Allier permettront de tester l'importance des facteurs du milieu mis en évidence dans d'autres ripisylves.
- . L'évolution de l'avifaune des ripisylves devrait renseigner sur la dynamique des successions végétales et la dynamique fluviale de la Loire et de l'Allier.





## - Troisième partie -

\* \* \*

### Les indicateurs de la qualité écologique des rivières et vallées

Ces dernières décennies, les recherches sur les indicateurs biologiques se sont multipliées du fait de la dégradation croissante de l'environnement et du besoin d'appréhender les impacts de nos activités. A partir de taxons variés, animaux ou végétaux, elles conduisent souvent à la définition d'indices fondés sur l'abondance de certaines espèces, genres, familles ou guildes (voir dans Beauger 2008 une synthèse qui rend compte de la prolifération de ces indices dans divers pays du monde pour les seuls macro-invertébrés). Dans le cas des oiseaux, ce sont généralement les espèces qui sont prises comme indicatrices. Leur valeur dans ce domaine a été largement discutée (Furness et Greenwood 1993).

#### 1. Les oiseaux des cours d'eau, indicateurs de quoi ?

En milieu fluvial, les oiseaux peuvent apporter une information dans des domaines variés.

##### 1.1 Pollution et acidification des eaux

Le cincle est incontestablement l'espèce ayant donné lieu à la plus grande variété de recherches dans ce domaine. Cet oiseau étroitement inféodé au milieu aquatique s'est révélé être un bon indicateur de la qualité des eaux courantes (Ormerod et Tyler 1993) notamment en ce qui concerne leur acidification (Ormerod et al. 1991) ou leur contamination par des pesticides (Ormerod et Tyler 1990). Ormerod a notamment montré que dans les rivières acides la densité des populations et le succès de la reproduction sont plus faibles qu'ailleurs.

##### 1.2 Dégradation des habitats du lit mineur

Exploitant essentiellement l'interface terre – eau, les oiseaux sont pris, depuis longtemps, comme témoins de la simplification des habitats riverains qui accompagne généralement les travaux de lutte contre les inondations. Curages et rectification des cours entraînent une chute des effectifs chez les espèces nichant dans la végétation aquatique comme la poule d'eau *Gallinula chloropus* (Taylor 1984), la rousserolle effarvate *Acrocephalus scirpaceus* et le phragmite des joncs *Acrocephalus schoenbaenus* ou forant leur nid dans les berges comme le martin-pêcheur et l'hirondelle de rivage *Riparia riparia* (Williamson 1971, Smith 1975). Plus récemment, Campbell (1988) a montré que le curage de la rivière Ouse (Grande-Bretagne) avait fait chuté l'abondance totale des oiseaux nicheurs de plus de 70 % principalement en raison de la forte réduction des habitats de nidification. La rectification des grands fleuves d'Europe comme le Rhin (Dister et al. 1990) et le Rhône (Fruget 1992) a même conduit à la disparition complète des populations d'oiseaux nichant sur les grèves, sternes et oedicnèmes *Burhinus oedicnemus* et petit gravelot notamment.

### *1.3 Dynamique fluviale*

D'autres espèces ont également été proposées, non comme indicatrices de l'état d'altération du système fluvial, mais plutôt comme descripteurs de son fonctionnement selon la distinction soulignée par Bournaud et Amoros (1984). Parmi les oiseaux d'eau, on peut mentionner le chevalier guignette (Roché 1989a) et la sterne pierregarin *Sterna hirundo* (Roché 1993), indicateurs respectivement d'une dynamique fluviale en tresses et en anastomoses.

L'avifaune forestière peut renseigner également sur la dynamique fluviale car celle-ci détermine le déroulement des successions forestières sur les dépôts alluviaux et l'on sait combien cette avifaune y est sensible : abondance des fringilles et sylvidés dans les jeunes stades, des paridés, picidés, turdidés dans les stades mûrs (Ferry & Frochot 1970, Frochot et al 2003). On peut donc s'attendre à une évolution de l'avifaune si le fleuve perd de sa dynamique érosive et si, en conséquence, les ripisylves vieillissent. L'un des objectifs de cette étude est d'ailleurs de mettre au point un « indice de fonctionnement ornithologique des ripisylves » permettant d'évaluer « l'âge moyen » d'une station (et son évolution dans le temps) à partir du positionnement, connu dans les successions forestières, des espèces d'oiseaux qu'elle possède.

### *1.4 Intensification agricole des plaines alluviales*

De nombreux travaux ont porté sur l'intensification des pratiques agricoles en milieu alluvial (voir Broyer 1988 en France). Ils concernent plus particulièrement des espèces emblématiques des prairies inondables dont les populations peuvent être considérées comme indicatrices de l'expansion des cultures dans les milieux alluviaux, rôle des genêts (Deceuninck et Broyer 2000) et courlis cendré. Les populations de ces espèces sont dépendantes des superficies disponibles de ces milieux (Godreau et al. 1999) mais aussi de l'intensité de leur exploitation (Jansen & Robertson 2001). Le maintien des populations à long terme dépend en outre d'une cohérence entre calendrier de fauche et calendrier de reproduction des espèces afin d'éviter une mortalité excessive de poussins au moment des foins (Deceuninck et al. 1997).

### *1.5 Eutrophisation des eaux*

L'augmentation d'une grande majorité d'oiseaux d'eau au cours des dernières décennies, spécialement des espèces piscivores, est probablement révélatrice de l'eutrophisation des milieux aquatiques et de l'amélioration des ressources alimentaires (Frochot et al. 2008, Ponsero et al. 2009). Comme d'autres organismes à respiration aérienne, les oiseaux échappent en effet aux conditions d'asphyxie induites par l'eutrophisation.

### *1.6 Création de milieux neufs*

L'exploitation et l'aménagement des vallées ont détruit quantités de zones humides mais ont aussi conduit à l'émergence de nouveaux milieux pour les oiseaux. Les barrages et leur retenue à niveau variable sont propices à l'hivernage ou à la migration de nombreux oiseaux d'eau mais peu à la nidification (Stevens et al. 1997, Nilsson & Dynesius 1994) sauf si ces variations de niveau sont très faibles ce qui peut profiter à la reproduction de diverses espèces de canards (Reitan et Sandvik 1996). Les gravières en eau après exploitation offrent en revanche des milieux assez analogues aux grèves des rivières et sont colonisées par les mêmes espèces au fil des successions végétales (Frochot et

Godreau 1995, Frochot 2010). Les vals de Loire en Forez et d'Allier en Auvergne sont largement exploités pour les granulats ce qui n'est probablement pas sans répercussion sur les peuplements fréquentant ces cours d'eau.

### *1.7 Multiplication des mesures de protection*

La diversification des mesures de protection en France a permis l'expansion de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau. C'est le cas dans les vals de Loire et d'Allier pour les hérons arboricoles (Rimbert 1997, Brugière et Duval 2002), la cigogne blanche *Ciconia ciconia* (Brugière 1994), le balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus* (Pratz 2002), les sternes (Muselet 1987, LPO 2006).

## **2. A la recherche d'indices ornithologiques**

L'utilisation des communautés d'oiseaux comme indicateurs, et son corollaire la définition d'indices, est plus récente.

### *2.1 Indices de valeur*

Dans cette démarche, les espèces ne possèdent pas toutes la même valeur. La distinction s'opère sur la base de listes dressées dans le cadre de diverses politiques de conservation (Listes rouges régionale, nationale ou internationale, Directive oiseau...).

En Europe, Bezzel a attribué à chaque espèce de l'annexe I de la Directive oiseau un « indice de vulnérabilité » fondé sur l'étendue de l'aire de distribution, l'étendue de l'aire occupée, l'abondance de la population et la tendance d'évolution des effectifs (Lafontaine et al. 1989). La valeur de l'indice spécifique découle d'un système de notation dans lequel les points acquis dans ces différentes catégories sont cumulés. On peut en déduire un indice de vulnérabilité de l'avifaune d'une station en sommant ces indices spécifiques voire en les pondérant par l'abondance. Dans le cas de la Loire, cette approche n'apporte guère d'information supplémentaire, la valeur de l'indice de Bezzel étant très corrélée (0,89) avec le nombre d'espèces de la station qui sont inscrites à l'annexe I de la Directive oiseaux (Roché et al. 1993).

En France, Brimont et al. (2008) ont proposé d'évaluer la qualité des zones humides du Nord Pas de Calais par une méthode analogue appliquée à l'échelle régionale. Chaque espèce est affectée d'une valeur synthétisant son abondance, sa distribution géographique et sa démographie (lesquelles sont déterminées à partir de l'Atlas régional des oiseaux nicheurs). L'« indice de valeur patrimoniale » de la zone humide est alors la somme des valeurs affectées aux espèces qui composent son avifaune.

### *2.2 Indice d'intégrité*

L'évaluation de l'intégrité des cours d'eau repose sur le principe d'une comparaison de l'état actuel avec un état de référence très peu ou pas perturbé. Elle est peu développée en Europe où les rivières ayant échappé aux aménagements et ayant conservé un bassin versant et une physionomie originels sont rares. Dans de nombreux pays anglo-saxons cependant, on a mis au point des méthodes de bio-évaluation de l'intégrité à partir des communautés de macro-invertébrés (RIVPACS en Angleterre, AusRivAs en Australie,

BMBM et WSA aux Etats-Unis etc... voir synthèse dans Beauger 2008) mais aussi de poissons (Karr et al. 1986, Bramblett et Fausch 1991, Harris et Silveira 1999, Oberdorff et al. 2002, Fame Consortium 2004, Belliard et Roset 2006). Le principe consiste à décrire le peuplement à l'aide d'un jeu de « métriques » calibrées (nombre d'espèces de tel ou tel type, proportion de la richesse ou de l'abondance due à telle ou telle guildes, proportion d'espèces tolérantes ou intolérantes ...) dont les valeurs sont additionnées pour obtenir l'indice. Concernant les oiseaux, Bryce et al. (2002) ont proposé un indice d'intégrité construit sur le modèle des indices piscicoles américains. A partir d'une étude sur 13 sites de la Williamette Valley (Oregon), ils ont testé 62 métriques descriptives des communautés d'oiseaux nicheurs dont les valeurs s'étendent de 0 à 10. Seuls 13 d'entre elles sont retenues et sommées pour constituer l'indice d'intégrité. Testées sur un gradient d'urbanisation en milieu rural, 10 métriques répondent par une diminution quand l'urbanisation croît et trois voient leur valeur augmenter (celles qui prennent en compte des espèces favorisées par les perturbations humaines tel que les pourcentages d'espèces tolérantes, de granivores et d'espèces s'alimentant au sol).

### 2.3 *Indice de qualité*

Faute de milieux originels de référence, certains auteurs utilisant les oiseaux comme indicateurs se sont orientés vers une mesure de la qualité du milieu qui évalue le degré d'altération du système plus que son intégrité.

Sur la rivière Boise (Idaho, EU), Rich (2002) a proposé un indice ornithologique simple en calculant pour un site donné, le rapport du nombre d'espèces ripariennes nicheuses au nombre d'espèces potentielles, la liste de ces dernières ayant été au préalable validée par des experts.

Dans le val moyen de l'Allier, Pic (1987) effectue le calcul d'un « coefficient de valeur écologique » assez semblable applicable à un site donné, mais où il définit huit types d'habitat ayant chacun un potentiel d'espèces d'oiseaux nicheurs : rivière et berge abrupte (6 espèces), grève dénudée (5), lande herbacée (7), lande arbustive (31), bras mort (14), ripisylve (49), lit majeur (68), certaines espèces pouvant être comptabilisées dans plusieurs habitats. Son coefficient de valeur écologique est la somme des valeurs de chaque habitat, celle-ci étant le rapport du nombre d'espèces effectivement nicheuses au nombre d'espèces potentiellement nicheuse.

### 2.4 *Indice « multicritères »*

Une autre approche consiste à construire un indice à plusieurs composantes calculées chacune sur la base de plusieurs critères. En Grande-Bretagne, elle est en cours de développement (Everard et Noble 2010), les composantes étant les effectifs des communautés d'oiseaux des eaux douces de 4 grandes catégories d'habitats : rivières lentes et eaux calmes, rivières rapides, roselières, prairies humides. En France, cette approche a fait l'objet, pour les oiseaux nicheurs, d'un travail exploratoire dans les bassins de la Saône et de la Loire (Frochot et al. 1999). L'évaluation de l'hydrosystème est divisée en deux, celle du lit mineur et celle de la vallée. Chaque composante est évaluée à l'aide de deux jeux de « métriques » distinctes.

Si la démarche est, en de nombreux points, semblable à celle aboutissant à un indice d'intégrité, elle s'en distingue par la référence qui n'est plus l'état d'un système idéal non perturbé (souvent mal connu) mais, pour chaque métrique, la note maximale que

prendrait le système dans la codification retenue. La valeur, pour la métrique considérée, est le rapport de la note attribuée à cette note maximale et, pour le compartiment de l'hydrosystème considéré, la somme des valeurs des métriques. Cette comparaison d'une valeur potentielle à une valeur réelle rapproche notre méthode de celle proposée pour l'indice « poissons » en France (Oberdorff et al. 2002) et en Europe (Fame Consortium 2004). Elle s'en distingue cependant par le fait que l'écart aux valeurs de référence n'est pas modélisé en fonction de la probabilité de présence des espèces sur la station considérée. Cette ébauche d'indice ornithologique mérite donc d'être améliorée et testée dans le cadre de cette étude.

### **3. Indices ornithologiques et autres indices biologiques : quelle convergence ?**

Les indices ornithologiques sont trop récents et trop peu nombreux pour justifier aujourd'hui une comparaison entre eux. En revanche, divers auteurs ont cherché à comparer les évaluations ornithologiques à celles fournies par d'autres taxons.

Au préalable, une question se pose : les nombreux systèmes proposés aujourd'hui pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau fournissent-ils une indication convergente ? Ce problème s'est révélé particulièrement délicat au moment de la mise en oeuvre en Europe de la Directive Cadre sur l'Eau qui nécessite une évaluation et un suivi de la qualité des « masses d'eau ». Le programme européen STAR (Standardisation of River Classification) a ainsi soutenu de multiples recherches en Europe afin de tester la convergence ou non des évaluations faites en rivière à partir des diatomées, macrophytes, invertébrés, poissons ainsi que des caractéristiques hydromorphologiques (Furse et al. 2006). Par ailleurs, dans le cadre de la Convention de Rio de Janeiro, les politiques de conservation de la biodiversité se sont développées ces deux dernières décennies et ont posé la question de la convergence des mesures de biodiversité effectuées dans différents taxons et à différentes échelles spatiales.

Quelles conclusions se dégagent de ces travaux ?

#### *3.1 Les indices de biodiversité terrestre ne sont pas convergents*

En Grande-Bretagne, Prendergast (1997) a montré à partir des atlas de répartition de divers taxons que les richesses maximales des mailles n'étaient pas souvent bien corrélées d'un taxon à l'autre. Il n'existe par exemple aucune corrélation entre le nombre d'espèces d'oiseaux par carré de 10 km de côté et le nombre d'espèces de papillons. En Grèce, Kati (2004) a testé la même hypothèse à une échelle plus réduite - celles de placettes ou de bandes de quelques hectares dans la réserve naturelle de Dadia - sur six taxons : les plantes ligneuses, l'herpétofaune aquatique et terrestre, les oiseaux terrestres, les orchidées et les Orthoptères. Il n'apparaît que très peu de concordance entre les divers taxons, la meilleure corrélation (0,75) étant obtenue entre le nombre d'espèces ligneuses et le nombre d'espèces d'oiseaux terrestres. Encore ce cas est loin d'être général, Fleishman et al. (2003) soulignant par exemple l'absence de lien entre la richesse floristique et la richesse de l'avifaune nichant le long de la rivière Muddy (Nevada, USA). Un travail approfondi sur 25 paysages agraires de 7 pays d'Europe, montre en fait qu'il n'existe que peu de corrélations entre les richesses de communautés aussi diverses que celles de plantes herbacées, de ligneux, d'oiseaux, d'araignées ou de divers groupes d'insectes ce qui conduit les 40 auteurs de cette vaste étude à conclure qu'aucun groupe

taxonomique ne peut être utilisé comme indicateur de la richesse de l'ensemble des autres (Billetter et al. 2008).

### *3.2 Les indices hydrobiologiques ne sont pas convergents*

La question de l'échelle à laquelle sont calculés ces indices se pose également dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau. Sur 27 sites répartis entre 9 cours d'eau de Lettonie, Springe et al. (2006) n'observent aucune corrélation à l'échelle du secteur de rivière entre les indices de diversité des communautés de diatomées benthiques, de macrophytes, de macro-invertébrés et de poissons. Ils montrent que la variation de toutes les métriques utilisées (indices de diversité, abondance...) pour les 4 groupes taxonomiques est plus élevée à l'échelle du secteur, moindre à celle du cours d'eau et plus faible encore à celle du bassin versant. En Laponie finlandaise, Paavola et al. (2003) ont comparé les communautés de bryophytes, d'invertébrés et de poissons de 32 sites très peu perturbés dans les têtes de cours d'eau du bassin de la rivière Kémijoki. Ils concluent qu'il n'y a pas de concordance entre les classifications des sites obtenues à partir de ces trois groupes d'indicateurs, les bryophytes différenciant 6 groupes de stations, les invertébrés 4 groupes et les poissons 5. La même étude élargie à 101 sites de six bassins versants du pays, fait apparaître des corrélations significatives mais faibles entre les richesses de ces trois taxons : 0.43 entre bryophytes et macro-invertébrés, 0.26 entre macro-invertébrés et poissons, 0.22 entre poissons et bryophytes (Heino et al. 2005). Dans un contexte écologique et biogéographique bien plus large encore, celui de 82 sites appartenant à 14 rivières de différents types (rivières de montagne, de plaine et méditerranéennes) réparties dans toute l'Europe, Pinto et al. (2006) ont montré que les communautés de macrophytes, macro-invertébrés et poissons présentent des maxima de richesse non concordants : les peuplements de macrophytes et de poissons étant les plus riches en rivière de plaine, ceux de macro-invertébrés l'étant en rivière de montagne. Seuls les paramètres d'ordre géographique (longitude, latitude, altitude, surface du bassin versant) expliquent les variations de toutes ces communautés à l'échelle de l'Europe. A une échelle plus réduite (régionale ou locale), les variations s'expliquent davantage par des combinaisons de paramètres propres à chaque taxon qui décrivent le secteur de rivière ou l'habitat.

Pour Hering et al. (2006), le problème est moins de vérifier par le suivi simultané de multiples taxons la convergence des diverses évaluations que de choisir un jeu de taxons bien adaptés au type de cours d'eau (montagne, plaine, méditerranéen...), sensibles au « stress » que l'on souhaite étudier (eutrophisation, pollution, acidification, altérations hydromorphologiques ou de l'occupation du sol...) et réagissant plus ou moins rapidement selon la durée du suivi.

### *3.3 L'évaluation ornithologique : convergence ou complémentarité ?*

Aux Etats-Unis, Stapanian et al. (2004) ont testé les valeurs de l'indice ORAM (Ohio Rapid Assessment Method for Wetlands) qui exclut le groupe des oiseaux. Sur 14 petites zones humides de même physionomie réparties dans l'état d'Ohio, ils ont pu corrélérer le nombre moyen et le nombre total d'espèces d'oiseaux d'eau avec les valeurs de l'ORAM. Ils observent ainsi que cet indice fondé sur les caractéristiques écologiques des zones humides (surface, hydrologie, occupation du sol, végétation, degré d'altération...) peut aussi rendre compte de la diversité ornithologique sans même avoir été conçu pour cela.

Evaluation ornithologique et ORAM sont convergentes. Cette convergence est toutefois établie dans le cadre général de zones humides et non dans celui de systèmes fluviaux.

En Europe, Sorace et al. (1999) ont comparé la qualité de cinq tronçons de petites rivières affluents du Tibre (Italie) très contrastées quant à la qualité de l'environnement (le plus sauvage est forestier, le plus dégradé dans une vallée industrielle). Ils observent une bonne corrélation entre la qualité des cours d'eau évaluée par l'EBI (Extended Biotic Index) et le nombre d'espèces d'oiseaux riverains nicheurs. Les corrélations sont en revanche plus faibles avec la diversité, l'équitabilité, le nombre d'espèces dominantes, l'abondance de l'avifaune ou la fréquence des espèces inféodées à la rivière. Ils notent par ailleurs un accroissement des espèces granivores quand l'EBI diminue. La bonne convergence dans ce cas tient probablement aux groupes d'oiseaux rencontrés : communauté d'oiseaux de cours d'eau rapides dont on connaît les capacités indicatrices en matière de qualité des eaux (Ormerod et Tyler 1993), oiseaux granivores dont la valeur indicatrice à l'égard de l'anthropisation croissante de l'environnement a été signalée précédemment (Bryce et al. 2002). Cette étude a été reprise récemment à partir de 37 points d'écoute répartis sur 5 tronçons de cours d'eau de la région de Rome (Larsen et al. 2010). Elle confirme l'existence d'une corrélation positive entre la diversité de l'avifaune et les valeurs de l'EBI.

En France, nous avons observé, lors d'une étude des communautés d'oiseaux nicheurs des cours d'eau du bassin de la Saône, une bonne concordance entre les zones définies par les macro-invertébrés, les poissons et les oiseaux (Figure 9). Ce constat nous a conduit à proposer d'intégrer les oiseaux d'eau dans les zonations des cours d'eau (Roché et Frochot 1993) et à tester plus largement l'analogie des zones ornithologiques avec les zones piscicoles (Roché 1989a) et hydromorphologiques (Roché 1993).

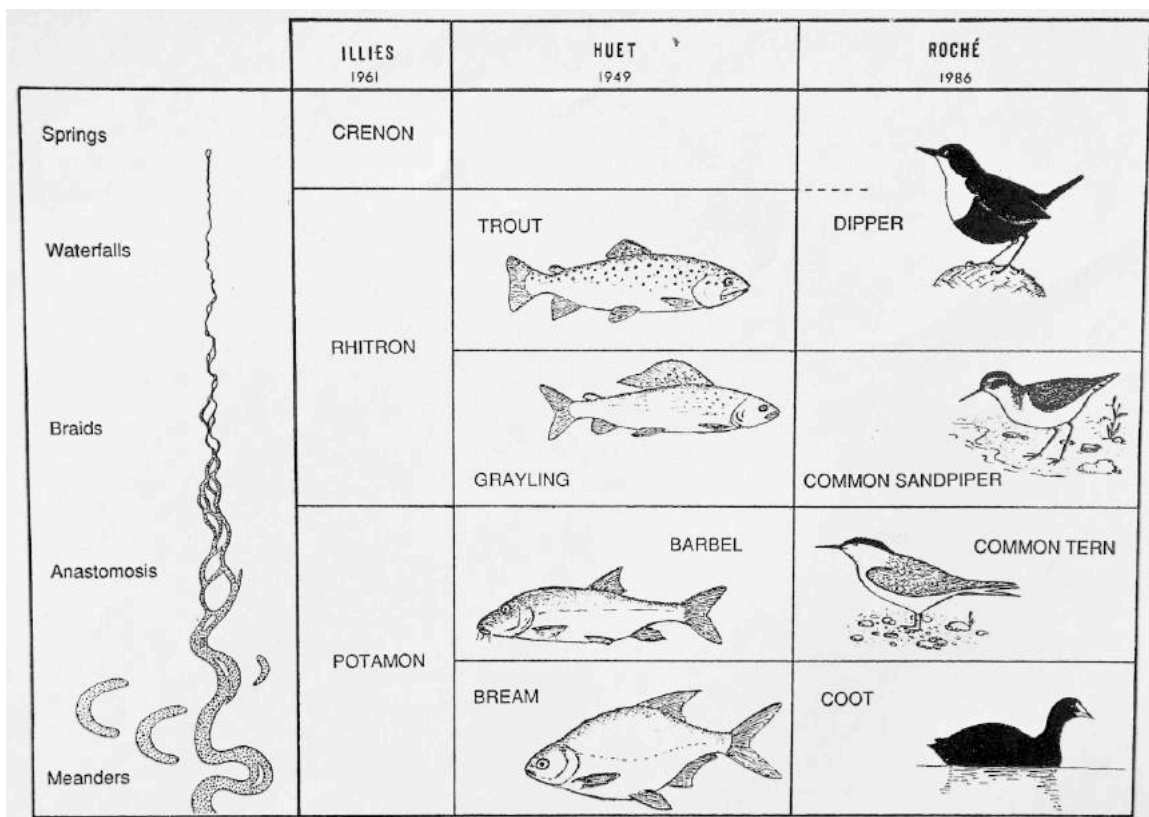


Figure 9 : Proposition de concordance entre zonations écologiques des cours d'eau sur la base de différents groupes taxonomiques (Roché et Frochot 1993).

Les oiseaux, au moins les espèces aquatiques, paraissent donc en mesure de fournir une typologie des cours d'eau en concordance avec celles issues d'autres groupes taxonomiques tout en fournissant une évaluation complémentaire de l'hydrosystème notamment en ce qui concerne la vallée.

→ Les indices disponibles sur la Loire et l'Allier

Le calcul de l'Indice Poisson Rivière (IPR) a été effectué sur de nombreux petits affluents du bassin de la Loire mais plus rarement sur celui des grands affluents. Les pêches électriques sont en effet difficiles à mener dans les rivières larges et sont donc peu nombreuses. Les bases de données IMAGE (de l'ONEMA) et MAGDALENA (de l'Agence de l'eau Loire-Bretagne) fournissent plusieurs stations où cet indice est calculé :

. sur l'Allier : 3 stations dans MAGDALENA et 12 dans IMAGE. Le croisement fournit 12 stations en tout réparties de Chasserades à Villeneuve sur Allier (environ 80 % du cours). Les pêches se répartissent sur la période 2005-2008 (certaines stations étant cependant suivies depuis 2001).

. sur le cours de la Loire : 10 stations dans MAGDALENA et 22 dans IMAGE. Le croisement fournit 28 stations auxquelles s'ajoutent les pêches électriques régulières effectuées à hauteur des centrales nucléaires. On peut donc disposer d'une trentaine de stations décrivant le peuplement piscicole de Ste Eulalie à Montjean-sur-Loire (80 % du cours du fleuve). Les inventaires se répartissent sur la période 2005-2008 (certaines stations étant suivies depuis 2001).

Magdalena fournit par ailleurs les valeurs de l'IBGN pour de nombreuses stations le long de la Loire et de l'Allier.

*Intérêts du programme Loire 2009 - 2012*

. Tester la convergence entre l'indice de qualité ornithologique de la Loire et d'autres indices comme l'indice poissons ou les IBGN.

. Préciser le type d'informations complémentaires apportées en propre par le taxon « oiseau »



# Conclusion

\* \* \*

Ce panorama bibliographique permet de tirer quelques enseignements concernant les trois objectifs du programme de suivi de l'avifaune qu'il n'est pas envisagé de discuter ici mais plutôt de conforter. Ces enseignements concernent les points suivants :

## 1. Sur la biodiversité des communautés

. Réaliser certaines analyses en groupant les stations par trois voir davantage pour se situer à l'échelle des tronçons hydromorphologiques et tamponner les fluctuations trop locales le long du gradient longitudinal.

. Faire ressortir la richesse de la Loire et de l'Allier par une comparaison de leurs communautés avec celles de petits cours d'eau de leur bassin versant déjà étudiées.

. Interpréter les variations de la structure des communautés et celles de l'environnement dans le lit et la vallée à une échelle spatiale cohérente : nature des habitats pour l'analyse station par station, structure du paysage (paramètres hydromorphologiques et indices paysagers) pour les analyses à l'échelle du tronçon (quelques kilomètres), occupation du sol du bassin versant proche pour les analyses à l'échelle du secteur (plusieurs dizaines de km) ou de l'hydro-écorégion.

. Interpréter les fluctuations des populations sur les 20 ans du suivi ornithologique dans le contexte des évolutions paysagère, hydrologique et hydromorphologique du lit de la Loire et de l'Allier au cours des dernières décennies ainsi que dans celui du changement climatique.

. Mieux cerner la vitesse des changements d'avifaune de la Loire et de l'Allier dans le temps et dans l'espace notamment par le calcul du turn-over des communautés sur la période de 20 ans et dans ses variations longitudinales.

## 2. Sur l'étude des communautés des ripisylves

. Effectuer les IPA en distinguant les contacts obtenus dans un rayon de 50 m en vue d'une analyse plus fine des relations entre ripisylve et avifaune

. Prendre en compte de nouvelles variables de milieu (notamment en vue d'une description plus fine des ripisylves) : largeur et hauteur maximale de la ripisylve, largeur de la bande active...

. Faire valider la liste et les attributs des espèces à prendre en compte au moment de mettre au point un « indice de fonctionnement ornithologique des ripisylves » par divers experts spécialistes des communautés d'oiseaux forestiers.

- . Tester l'indice le long des axes Loire et Allier mais aussi le long de petits cours d'eau.
- . Tester l'impact de la richesse en ligneux des ripisylves sur celle des communautés d'oiseaux.

### **3. Sur l'évaluation de la qualité de la Loire et de l'Allier**

- . Tester la concordance des zones piscicoles et ornithologiques
- . Intégrer de nouvelles métriques dans l'indice oiseau : concernant les oiseaux terrestres de la vallée et notamment la proportion d'oiseaux granivores.
- . Comparer les indices de qualité ornithologique, piscicole (indice « poissons » IPR) et biotique (IBGN)

Ces premiers éléments de réflexion sont apportés par l'examen des sources d'information disponibles dans le bassin de la Loire et des publications consacrées aux oiseaux et à l'écologie des fleuves. Un second travail devra consister à sélectionner plus précisément les variables à exploiter, à mettre au point un protocole plus adapté de description des milieux et à préciser l'analyse des données à envisager. L'objectif est de décrire et d'interpréter au mieux l'évolution des communautés d'oiseaux dans le temps et ses relations avec les mutations de l'environnement ligérien.

## Bibliographie

\* \* \*

Les références concernant le bassin de la Loire sont précédées d'un astérisque.

### *Références sur les oiseaux*

Balent G. & Courtiade B. 1992 – Modelling bird communities/landscape patterns in a rural area of South-Western France. *Landscape ecology* 6 (3) : 195 – 211.

Barbraud C., Sadoul N., Kayser Y., Pineau O. & Isenmann P. 2004 – *Evolution du peuplement des oiseaux reproducteurs en Camargue dans les temps récents*, p. 235 - 259. In « *Les oiseaux de Camargue et leurs habitats. Une histoire de 50 ans 1954 – 2004* ». Ed. Buchet-Chastel, 300 p.

Bennett A.F., Hinsley S.A., Bellamy P.E., Swetnam R.D. & Mac Nally R. 2004 - Do regional gradients in land use influence richness, composition and turn-over of bird assemblages in small woods ? *Biological Conservation* 119 : 191 – 206.

Billeter R. et al. 2008 - Indicators for biodiversity in agricultural landscapes : a pan-European study. *Journal of Applied Ecology* 45 : 141-150.

Binard R. 2002 – *Les peuplements d'oiseaux de trois petits fleuves appartenant aux bassins versants de la baie du Mont-Saint-Michel : approche bio-indicatrice*. DEA, Université de Rennes, 50 p.

\* Binard R. 2003 - *Caractérisation de l'habitat de trois espèces d'oiseaux des grèves de la Loire : la Sterne pierregarin (Sterna hirundo), la Sterne naine (Sterna albifrons) et le Petit gravelot (Charadrius dubius) de Montsoreau à Montjean-sur-Loire*. Rapport DESS, CORELA / Université d'Angers.

Blondel J. 2003 - *Forêt méditerranéenne*, 24 : 249-256

Blondel J., Ferry C. et Frochot B. 1973 - Avifaune et végétation : essai d'analyse de la diversité. *Alauda* 41 : 63 - 84.

Blondel J. & Farré H. 1988 – The convergent trajectories of bird communities in European forests. *Oecologia* 75 : 83 – 93.

\* Bolnot Y., Clavier J.-L., Coquillat J.M. 1987 - *Etude du peuplement d'oiseaux du Val de Loire entre la Charité et Les Loges*. Rapport Ministère de l'Environnement/SOBA.

Boulinier T., Nichols J.D., Hines J.E., Sauer J.R., Flather C.H. & Pollock K.H 2001 – Forest fragmentation and bird community dynamics : interference at regional scales. *Ecology* 82 (4) 1159 – 1169.

Bournaud M. 1994 – Theoretical habitat templates, species traits, and species richness : birds in the Upper Rhône river and its floodplain. *Freshwater Biology* 31 : 469 – 485.

Brimont & al. 2008 – *Les oiseaux reflets de la qualité des zones humides. Les cahiers techniques d'Espace Naturels Régionaux*. ENR Nord-Pas de Calais, 40 p.

Broyer J. 1988 – *Dépérissement des populations d'oiseaux nicheurs dans les sites cultivés et prairiaux : les responsabilités de la modernité agricole*. Ministère de l'environnement (SRETIE)/FRAPNA, 192 p.

\* Brugière D. 1994 - Progression de la Cigogne blanche dans le val d'Allier et le moyen val de Loire (Roanne / Decize) et partie adjacente. *Grand Duc* 45 : 1 - 3.

\* Brugière D., Duval J. 2002- Les ardéidés arboricoles du val d'Allier, du moyen val de Loire (amont Nevers-Nièvre), du haut val de Cher (partie bourbonnaise) et du Massif Central. Période 1989-1999- *Nos Oiseaux* 49 : 65-78

Bryce S.A., Hughes R.M. & Kaufmann P.R. 2002 – Development of a bird integrity index : Using bird assemblages as indicators of riparian condition. *Environnemental management* 30 : 294 – 310.

Buckton S. T. & Ormerod S. J. 1997 - Use of a new standardized habitat survey for assessing the habitat preferences and distribution of upland river birds. *Bird Study* 44, 327 -337

Buckton S. T. & Ormerod S. J. 2002 - Global patterns of diversity among the specialist birds of riverine landscapes. *Freshwater biology* (47) 4 : 695-709.

Campbell L.H. 1988. The impact of river engineering on waterbirds on an English lowland river. *Bird Study* 35, (2), 91-96.

Clatworthy J. 1990 - Water birds of the river Yealm, 1977 – 1983. *Devon Birds* 43 : 11 – 17.

Cunningham M.A. & Johnson D.H. 2006 - Proximate and landscape factors influence grassland bird distributions. *Ecological Applications* 16 (3) : 1062-1075.

Darveau M., Beauchesne P., Belanger L., Huot J. & Larue P. 1995 - Riparian forest strips as habitat for breeding birds in boreal forest. *Journal of Wildlife Management* 59 (1) : 67-78.

Décamps H., Joachim J. & Lauga J. 1987 – The importance for birds of the riparian woodlands with the alluvial corridor of the river Garonne, SW France. *Regulated rivers : research and management* 1 : 301 – 316.

Deceuninck, B. & Broyer, J. 2000- Le Rôle des genêts *Crex crex* en France, synthèse de l'enquête nationale 1998. *Ornithos*, 7 (2) : 62-69.

Deceuninck, B., Fantin, P., Jolivet, C., Loir, O., Hermant, D., Morel, F. & Salamolard, M. 1997- Chronologie de la reproduction du Rôle des genêts, *Crex crex* en France - Particularités régionales et évaluation des mesures de conservation. *Alauda*, 65 (1) : 91-104.

\* Dejaifve P.A., Duvaut C. 2004 - *Résultats des suivis (1995-2004) de 21 espèces d'oiseaux nicheurs dans la R.N.N. du Val d'Allier et dans le D.P.F. de Paray-sous-Brailles à Villeneuve-d'Allier-03*. LPO Auvergne/ONF, 30 p.

Denis P., Hohfeld F. & Hauschild R. 2006 – *Avifaune et structure forestière en plaine rhénane du Rhin supérieur*. WSG Baden-Württemberg 10 : 137 – 146.

Dhermain F. 1992 – Richesse avifaunistique de la rivière l'Aille (Var, France). *Faune de Provence* 13 : 15 – 24.

Dickson J. G., Howard W. J., Conner R. N. & Orego B. 1995 - Streamside zones and breeding birds in eastern Texas. *Wildlife Society Bulletin* 23 (4) : 750-755.

Dronneau C. 2007 – Peuplement d'oiseaux nicheurs d'une forêt alluviale du Rhin. *Alauda* 75 (3) : 215-226 et 75 (4) : 373 – 388.

Duffy D.C. 1999 – Waterbirds : Widening the circle. *Waterbirds* 22 (1) : 1-2.

Ernoul A., Tremauville Y., Cellier D., Margerie P., Langlois E. & Allard D. 2006 – Potential landscape drivers of biodiversity components in a flood plain : past or present patterns ? *Biological conservation* 127 : 1 – 17.

Everard M. & Noble D. 2010 – The development of bird indicators for the British freshwaters and wetlands. *Aquatic conservation : marine and freshwater ecosystems* 20 : 117 – 124.

\* Faivre B., Duhautois L., Grossiord F., Deforêt T., Guélin F., Lallemand J.J., Godreau V., Roché J. & Frochot B. 1998 – *Les peuplements d'oiseaux nicheurs des bords de l'Allier : état initial et relations avec le paysage*. IFEN/Université de Bourgogne, 46 p.

\* Faivre B., Roché J., Frochot B. 1997 - Comparaison des peuplements d'oiseaux de l'Allier et de la Loire amont. *Alauda*, 65(1) : 59-61.

Ferry C. & Frochot B. 1970 – L'avifaune d'une forêt de chênes pédonculés en Bourgogne. Etude de deux successions écologiques. *Terre et Vie* 24 : 153 – 251.

Fleishman E., Mc Donal N., Mac Nally R., Murphy D.D., Walters J. & Floyd T. 2003 - Effects of floristics, physiognomy and non-native vegetation on riparian bird communities in a Mojave Desert watershed. *Journal of Animal Ecology* : 2003 72 : 484–490.

Frochot B. 1997 - Conclusions sur l'intérêt des recensements systématiques d'avifaune le long des cours d'eau. *Alauda* 65 (1) : 82 - 89.

\* Frochot B. et al., 1995 *Etude des peuplements d'oiseaux nicheurs de la Loire bourguignonne*. Université de Bourgogne, C.N.S.B., UE, DIREN et Conseil régional de Bourgogne.

\* Frochot B., Desbrosses R., Faivre B., Hermant D. 1996 - *Approche comparative des peuplements d'oiseaux de la Loire bourguignonne entre 1989 et 1995*. Rapport CSB /

Université de Bourgogne, 32p.

\* Frochot B., Eybert M.-C., Journaux L., Roché J., Faivre B. 2003 - Les oiseaux de la Loire : évolution sur 12 années. *Alauda* 71(2) : 179-190.

Frochot B., Faivre B., Godreau V et Roché J. 2003 - Les oiseaux dans la ripisylve. In : *Les forêts riveraines de cours d'eau. Ecologie, fonctions et gestion*. Piégay H., Pautou G. et Ruffinoni C. éditeurs, IDF Paris : 156-168.

\* Frochot B., Faivre B., Roché J. 1999 - Les peuplements d'oiseaux indicateurs de l'état de santé des écosystèmes d'eau courante- In Lemoalle J., Bergot F., Robert M. - *Etat de santé des écosystèmes aquatiques. De nouveaux indicateurs biologiques*. Cemagref Editions, p.125-151.

Frochot B. & Godreau V. 2008 - L'avifaune bourguignonne depuis un siècle. *Revue Scientifique Bourgogne-Nature* 8 : 49-61.

Frochot B., Godreau V. & Roché J. 2008 – L'expansion récente des oiseaux d'eau. *Alauda* 76 (4) : 279 – 286.

Frochot B. & Roché J. 1990 – Suivi de populations d'oiseaux nicheurs par la méthode des indices ponctuels d'abondance (I.P.A.). *Alauda* 58 (1) : 29 – 35.

Furness R.W. et Greenwood J.J.D. 1993 - *Birds as monitors of environmental changes*. Chapman and Hall, 356 p.

Gabbe A. P., Robinson S. K. & Brawn J. D. 2002 - Tree species preferences of foraging insectivorous birds : implications for floodplain forest restoration. *Conservation biology* 16 (2) : 462-470.

Gates J.E. & Giffen N.R. 1991 – Neotropical birds and edge effects at a forest-stream ecotone. *Wilson Bulletin* 103 (2) : 204 – 217.

Godinho C., Rabaça J. & Seguradio P. 2009 - Breeding bird assemblages in riparian galleries of the Guadiana River basin (Portugal): the effect of spatial structure and habitat variables. *Ecological research*.

Godreau V. 1998 – *Impact des changements d'occupation des sols et de la populiculture sur les peuplements aviens et floristiques en plaine alluviale. Exemple du val de Saône inondable*. Thèse Université de Bourgogne, 61 p.

Godreau V., Bornette G., Frochot B., Amoros C, Castella E., Oertli B., Chambaud F., Oberti D. and Craney E. 1999 - Biodiversity in the floodplain of Saône : a global approach. *Biodiversity and Conservation* 8 (6) : 839 – 864.

Gorski W. 1982 – The breeding avifauna in the valleys of the Pomeranian coast. *Acta Zoologica Cracoviensa* 26 (3) : 95 – 147.

Groom J. D. & Grubb JR. T. C. 2002 - Bird species associated with riparian woodland in fragmented temperate-deciduous forest. *Conservation biology* 16 (3) : 832 - 836.

\* Guélin F. 1989.- Les peuplements d'oiseaux nicheurs du lit moyen de l'Allier. *Grand Duc* 34 : 11 – 44.

Hagar J. C. 1999 - Influence of riparian buffer width on bird assemblages in western Oregon. *Journal of Wildlife Management* 63 (2) : 484 - 496.

Henty C.J. 1991 – Birds of the river Devon surveyed over ten years. *Forth Naturalist and Historian* 14 : 50 – 64.

\* Hergibo A. 2005 - *Observatoire ornithologique des bords de Loire par échantillonnages ponctuels simples. Programme STOC-EPS. Mesures CE2 - CE3 et CE4 dans le département du Loiret. Campagne 2005. Rapport Naturalistes Orléanais*, 16 p.

Hogdes M.F. & Kremetz D.G. 1996 - Neotropical migratory breeding bird communities in riparian forests of different width along the Altamaha River, Georgia. *Wilson Bulletin* 108 (3) : 495 – 506.

Jansen A. & Robertson A.I. 2001 – Riparian bird communities in relation to land management practices in floodplain woodlands of South-eastern Australia. *Biological Conservation* 100 : 173 - 185

Julliard R. & Jiguet F. 2005 – Statut de conservation en 2003 des oiseaux communs nicheurs en France selon 15 ans de programme STOC. *Alauda* 73 (4) : 345 – 356.

Kati V., Devillers P., Dufrêne M., Legakis A., Vokou D. & Lebrun P. 2004 – Testing the value of six taxonomic groups as biodiversity indicators at a local scale. *Conservation biology* 18 (3) : 667 – 675.

Keller C. E., Robbins C. S. & Hatfield J. S. 1993 - Avian communities in riparian forests of different widths in Maryland and Delaware. *Wetlands* 13(2):137 - 144.

Kilgo J. C., Sargent R. A., Chapman B. R. & Miller K. V. 1998 - Effect of stand width and adjacent habitat on breeding bird communities in bottomland hardwoods. *Journal of Wildlife Management* 62 (1) : 72 - 83.

Kingsford R.T. 1999 – Aerial survey of waterbirds on wetlands as a measure of river and floodplain health. *Freshwater Biology* 41 : 425 – 438.

Kinley T. A. & Newhouse N. J. 1997 - Relationship of riparian reserve zone width to bird density and diversity in Southeastern British Columbia. *Northwest Science* 71 (2) : 75-86.

Kreusiger J. 1998 – Effects of large-scale restoration processes on the bird community of a river floodplain. *Vogelwelt* 119 : 65 – 90.

Lafontaine R.M., Van der Elst M.d.N., Beudels R.C. & Devillers P. 1989 – *Calcul actualisé des indices de vulnérabilité proposés par E. Bezzel pour les oiseaux de l'annexe I et espèces équivalentes*. Direction Générale de l'Environnement, CEE.

\* Lallemand J.J. 1999 – Relevés ornithologiques en val d'Allier Brivadois (43). LPO Auvergne, 22 p.

Lallemant J.J. 2002 – Bilan des points d'écoute sur l'avifaune du DPF, mesure val d'Allier « Limagnais ». LPO Auvergne.

Larsen S., Sorace A. & Mancini L. 2010 - Riparian bird communities as indicators of human impacts along mediterranean streams. *Environmental management* 45 : 261–273.

Lebreton P. 2005 - Comment et pourquoi la richesse avifaunistique évolue-t-elle en montagne ? *Alauda* 1 : 91-106.

\* Ligue pour la Protection des Oiseaux 2006 – *Les sternes et Laridés nicheurs du bassin de la Loire. Résultat de l'enquête 2006*. LPO, 35 p.

\* Ligue pour la Protection des Oiseaux 2007 - *L'avifaune du bassin de la Loire : synthèse 2002-2006*. Ed. LPO, 82 p.

Luniak M. 1971 - Birds of the middles reaches of the Vistula. *Acta ornithologica* 13 (2) : 17 – 113.

Lussier S.M., Enser R.W., Dasilva S.N. & Charpentier M. 2006 - Effects of habitat disturbance from residential development on breeding bird communities in riparian corridors. *Environmental management* 38 (3) : 504 – 521.

Manel S., Buckton S.T. & Ormerod S.J. 2000 - Testing large-scale hypotheses using surveys : the effects of land use on the habitats, invertebrates and birds of Himalayan rivers *Journal of Applied Ecology* 37 : 756 - 770

Marchant J.H. & Hyde P.A. 1980 – Aspects of the distribution of riparian birds on waterways in Britain and Ireland. *Bird Study* 27 (3) : 183 – 202.

Martin T.G., McIntyre S., Catterall C. & Possingham H.P. 2006 – Is lanscape context important for riparian conservation ? Birds in grassy woodland. *Biological conservation* 127 : 201 – 214.

McGarigal K. & McComb W.C. 1992 - Streamside versus upslope breeding bird communities in the central Oregon coast range. *Journal of Wildlife Management* 56 (1) : 10 – 23.

Miller J. R., Wiens J.A., Hobbs N.T. & Theobald D.M. 2003 – Effects of human settlement in bird communities in lowland riparian areas of Colorado (USA). *Ecological applications* 13 (4) : 1041 – 1059.

Miller J.R., Dixon M.D. & Turner M.G. 2004 – Response of avian communities in large river flood-plains to environmental variation at multiple scales. *Ecological applications* 14 (5) : 1394 – 1410.

\* Muselet D. 1987- Statut de la Sterne naine (*Sterna albifrons*) en France. Recolonisation des anciens sites de reproduction, conquête nouvelle de nouvelles zones de nidification- *Annales biologiques du Centre* 2 : 13 – 37.



Natura 2000. 2004 –Les oiseaux partie intégrante de la biodiversité. *Natura 2000, Lettre d'information nature*. Commission européenne DG ENV N° 18 : 19.

Nilsson C. & Dynesius M. 1994 - Ecological effects of river regulation on mammals and birds : a review. *Regulated rivers : research and management* 9 : 45 – 53.

\* Noël F. 1998 - Etude comparative de l'avifaune de quatre cours d'eau par IPA. LPO Anjou/Agence de l'Eau Loire Bretagne, 32 p.

\* Noël F. 1999 – Relevé ornithologique par IPA. Rivière le Thouet. LPO Anjou/ Agence de l'Eau Loire Bretagne 45 p.

Ormerod S.J. & Tyler S.J., 1993. *Birds as indicators of changes in water quality. In Birds as monitors of environmental changes*. Ed. by Furness R.W. et Greenwood J.J.D., Chapman and Hall. p. 179 - 216.

Ormerod S.J., O'halloran J., Gribbin S. D. & Tyler S. 1991 - The ecology of Dippers *Cinclus cinclus* in relation to stream acidity in upland Wales : breeding performance, calcium physiology and nestling growth. *Journal of Applied Ecology* 28 : 419 - 433.

Ormerod S.J. & Tyler S. 1990 - Environmental contaminants in eggs of Welsh Dippers *Cinclus cinclus* : monitoring organochlorine in upland rivers. *Bird Study* 37(3) : 171 – 176.

Papadopol A. 1963 – Etude sur les oiseaux de la zone inondable du Danube située entre Giurgiu et Oltenita. *Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa* 4 : 431 – 471.

Papadopol A. 1989 – L'avifaune des cours inférieurs Arges, Dimbovita, Neajlov et de leurs affluents (Roumanie). Dynamique saisonnière et aspects écologiques. *Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa* 30 : 317 – 334.

Papadopol A. & Petrescu A. 1992 – Essai de zonation ornithologique de quelques rivières de Roumanie, en concordance avec la distribution en altitude des oiseaux et avec la zonation ichthyologique. *Travaux du Muséum d'Histoire Naturelle Grigore Antipa* 32 : 459 – 472.

Patrimonio O. & Roux M. 1991 – *Etude ornithologique de l'Argens*. CEEP, 21 p.

Pearson S.F. & Manuwal D.A. 2001 - Breeding bird response to riparian buffer width in managed Pacific Northwest Douglas-fir forests. *Ecological applications* 11 (3) : 840 – 853.

Perkins M. W., Johnson R. J. & Blankenship E. E. 2003 - Response of riparian avifauna to percentage and pattern of woody cover in an agricultural landscape. *Wildlife Society Bulletin* 31 (3) : 642-660.

\* Perthuis A. et Roché J. 1994 - Intérêt écologique et patrimonial des peuplements d'oiseaux nicheurs de la vallée de la Cisse de la source à Chouzy / Cisse. CDPNE de Loir-et-Cher, 23 p.

\* Pic G. 1987 – Méthode d'estimation de la valeur écologique des différentes zones du val d'Allier à l'aide de l'avifaune. *Revue Scientifique du Bourbonnais* : 111 – 116.

Ponsero A., Le Mao P., Yésou P., Allain J. & Vidal J. 2009 – Qualité des écosystèmes et conservation du patrimoine naturel : le cas de l'eutrophisation littorale et l'hivernage de la Bernache cravant *Branta bernicla* en baie de Saint-Brieuc (France). *Revue d'Ecologie (Terre Vie)* 64, pp. 157 - 170.

Pont B. 1987 – Comparaison de l'avifaune nicheuse d'une ripisylve et de peupleraies de la moyenne vallée du Rhône (Ile de la Platière). *Le Bièvre* 9 (1) : 9 – 16.

\* Pratz J.-L., Revel V., Thirioux V. 1996 - *Caractérisation des sites ligériens de nidification des sternes dans le Loiret*. Naturalistes Orléanais, 101 p.

\* Pratz J.-L. 2002- Suivi de 15 années et évolution de la population de Balbuzards pêcheurs *Pandion haliaetus* en région centre : potentialités de développement. *Alauda*, 70(1) : 83 - 91.

Prendergast J.R. 1997 – Species richness covariance in higher taxa : empirical tests of the biodiversity indicator concept. *Ecography* 20 (2) : 210 – 216.

Radford J.Q., Benett A.F. & Cheers G.J. 2005 – Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. *Biological conservation* 124 : 317 – 337.

Reboud C. & Frochot B. 1998 – Gradient d'altitude de la richesse spécifique des oiseaux : utilisation de données partielles du nouvel atlas des oiseaux nicheurs de la région Rhône-Alpes. *Bulletin de la société zoologique de France* 123 (4) : 361 – 372.

Reitan O. & Sandvik J. 1996 - An assessment of retaining dams in hydropower reservoirs for enhancing bird habitat. *Regulated rivers : research and management* 12 (4-5) : 523 – 534.

Rich T.D. 2002 – Using breeding land birds in the assesment of western riparian systems. *Wildlife Society Bulletin* 30 (4) : 1128 – 1139.

\* Rimbert P. 1997- Premier point sur l'évolution de l'effectif nicheur du Héron gardeboeufs *Bubulcus ibis* en plaine du Forez, France- *Nos Oiseaux*, 44 : 241 - 242

Roché J. 1986 – *Les oiseaux nicheurs des cours d'eau du bassin de la Saône. Etude écologique des peuplements le long du gradient amont-aval*. Thèse Université de Bourgogne, 187 p.

Roché J. 1987 – Quelques caractéristiques du gradient ornithologique le long des cours d'eau du bassin de la Saône. *Alauda* 55 (4) : 279 – 285.

Roché J. 1989a – Distribution du chevalier guignette (*Actitis hypoleucos*) et de l'ombre commun (*Thymallus thymallus*), le long des rivières de France et d'Europe. *Bulletin d'écologie* 20 (3) : 231 – 236.

Roché J. 1989b - Un gradient écologique : la succession des oiseaux nicheurs le long des

cours d'eau. *Acta Oecologica/Oecol.Gener.* 10 (1) : 37 - 50.

Roché J. 1989c – Contribution au dénombrement et à l'écologie des sept espèces d'oiseaux aquatiques nicheurs en rivière. *Alauda* 57 (3) : 172 – 183.

Roché J.1993 -The use of historical data in the ecological zonation of rivers : the case of the Tern zone. *Vie et Milieu* 43 (1) : 27 - 41.

\* Roché J. 1998 – *Les peuplements d'oiseaux nicheurs de la Loire. Secteur de Chatillon/Loire à Ousson./Loire.* Plan Loire Grandeur nature, 13 pages.

\* Roché J. 1999a – *Structure et qualité des peuplements d'oiseaux nicheurs de trois petits cours d'eau du haut bassin de la Loire (Coise, Faye, Trambouze).* Agence de l'eau Loire-Bretagne, 17 p.

\* Roché J.1999b – *L'avifaune nicheuse des hauts cours de la Loire et de l'Allier dans le département de la Haute-Loire. Structure et valeur des peuplements.* Agence de l'eau Loire-Bretagne, 26 p.

\* Roché J. 1999c – *Peuplements d'oiseaux nicheurs et qualité des boisements riverains de cours d'eau faisant l'objet de travaux de restauration et d'entretien des rives.* Agence de l'Eau Loire-Bretagne, 40 p.

\* Roché J. 1999d – *Comparaison de l'avifaune nicheuse de huit petits cours d'eau du bassin de la Loire (Brenne, Cisse, Coise, Faye, Vaudelle, Vègre, Trambouze, Thouet). Structure et valeur des peuplements.* Agence de l'eau Loire-Bretagne, 17 p.

Roché J. 2008 – *Etude des communautés d'oiseaux nicheurs le long du Vidourle dans un secteur soumis à l'aménagement des rives (2005 – 2007).* Rapport CEFÉ/CNRS, 44 p.

Roché J. & Frochot B. 1993 - Ornithological contribution to river zonation. *Acta Oecologica* 14 (3) : 415 - 434

\* Roché J., Constant P. Daurat B., Desbrosses R., Eybert M.-C., Faivre B., Godreau V., Perret P. & Frochot B. 1993 - *Diversité et valeur patrimoniale des peuplements d'oiseaux nicheurs de la Loire sur l'ensemble du cours.* Ministère de l'Environnement / Université de Bourgogne, 60p.

\* Roché J. & D'andurain P. 1995 - Ecologie du Cincle plongeur *Cinclus cinclus* et du Chevalier Guignette *Tringa hypoleucos* dans les gorges de la Loire et de l'Allier. *Alauda* 63 (1) : 51 - 66.

\* Roché J., Desbrosses R., Faivre B., Guélin F., Lallemand J.J. & Frochot B. 1995 - *Diversité et valeur patrimoniale des peuplements d'oiseaux nicheurs de l'Allier sur l'ensemble du cours.* Ministère de l'Environnement / Université de Bourgogne, 68p.

Rodewald A.D. & Backerman N.H. 2006 – What is the appropriate paradigm for riparian forest conservation ? *Biological Conservation* 128 : 193 – 200.

- Rottenberry J.T. 1985 - The role of habitat in avian community composition : physiognomy or floristic ? *Oecologia* 67 : 213 – 217.
- Rottenborn S.C.1999 – Predicting the impact of urbanisation on riparian bird communities. *Biological conservation* 88 : 289 – 299.
- Round P.D. & Moss M. 1984 - The waterbird population of three welsh rivers. *Bird Study* 31 : 61 – 68.
- Rushton S.P., Hill D. & Carter S.P. 1994 – The abundance of river corridor birds in relation to their habitats : a modelling approach. *Journal of Applied Ecology* 31 : 313 – 328.
- Saab V. 1999 – Importance of spatial scale to habitat use by breeding birds in riparian forests : a hierarchical analysis. *Ecological applications* 9 (1) : 135 – 151.
- Saveraid E.H., Debinski D.M., Kindscher K. & Jakubauskas M.E. 2001 - A comparison of satellite data and landscape variables in predicting bird species occurrences in the Greater Yellowstone Ecosystem, USA. *Landscape ecology* 16 (1) : 71 – 83.
- Schmitz L. 1986 – Avifaunes nicheuse et hivernante des peupleraies de Hesbaye occidentale. *Aves* 23 (2) : 81 – 120.
- Scott M. L., Skagen S. K. & Merigliano M. F. 2003 - Relating geomorphic change and grazing to avian communities in riparian forests. *Conservation biology* 17 (1) : 284-296.
- Sergio F. & Pedrini P. 2007 – Biodiversity gradients in the Alps. *Biodiversity and Conservation* 16 : 3243 – 3254.
- Shirley S. M. & Smith J. N.M. 2005 - Bird community structure across riparian buffer strips of varying width in a coastal temperate forest. *Biological conservation* 125 : 475-489.
- Sirami C. 2006 - *Abandon des terres et avifaune : dynamiques spatiales et temporelles d'un paysage méditerranéen*. Thèse ENSAM, 53 p.
- Smith A.E. 1975 - The impact of lowland river management. *Bird Study* 22 : 249-254.
- Smith J.N.M. & Schaffer 1992 – Avian characteristics of an urban riparian strip corridor. *Wilson Bulletin* 104 (4) : 732 - 738.
- Smith J.N.M. & Wachob 2006 – Trends associated with residential development in riparian breeding bird habitat along the Snake River in Jackson Hole, WY, USA: Implications for conservation Planning. *Biological Conservation* 128 : 431 - 446.
- Sorace A., Colombari P. & Cordiner E. 1999 – Bird community and extended biotic index (EBI) in some tributaries of the Tiber river. *Aquatic conservation* 9 : 279 – 290.

Stapanian M.A., Waite T.A., Krysz G., Mack J.J. & Micacchion M. 2004 – Rapid assessment indicator of wetland integrity as an unintended predictor of avian diversity. *Hydrobiologia* 520 (1-3) : 119 – 126.

Stevens L.E., Buck K.A., Brown B.T., Kline N.C. 1997 - Dam and geomorphological influences on colorado river waterbird distribution, Grand Canyon, Arizona, USA : *Regulated rivers : research and management* 13 (2) : 151 – 169.

Taylor K. 1984 – The influence of watercourse management on moorhen breeding biology. *British Birds* 77 : 141 – 148.

Thogmartin W.E., Gray B.R., Gallagher M., Young N., Rohweder J.J. Knutson N.G. 2007 – Power to detect trend in short-term time series of bird abundance. *Condor* 109 (4) : 943 – 948.

Tome D. 2002 – Effects of floods on the distribution of meadow birds on Ljubljansko Barje. *Acrocephalus* 23 (112) : 75 – 79.

Tyler S.J. & Ormerod S.J. 1993 – The ecology of river birds in Nepal. *Forktail* 9: 59-82.

Van Turnhout C.A.M., Foppen R.P.B., Leuven R.S.E.W., Siepel H. & Esselink H. 2007 – Scale dependent homogenization : changes in breeding bird diversity in the Netherlands over a 25-year period. *Biological conservation* 134 : 505 – 516.

Vaughan I.P., Noble D.G. & Ormerod S.J. 2007 - Combining surveys of river habitats and river birds to appraise riverine hydromorphology. *Freshwater biology* 52 (11) : 2270 – 2284.

Wasilewski J. 1973 – Avifauna of the Zator region with particular reference to the numbers of water birds. *Acta zoologica cracoviensa* 15 : 475 – 528.

Wenger S. 1999 - *A review of the scientific litterature on riparian buffer width, extent and vegetation*. Office of Public Service & Outreach Institue of Ecology, University of Georgia, USA, 59 p.

Wiens J.A. 1989 – *The ecology of bird communities. 2. Processes and variations*. Cambridge studies in ecology, 316 p.

Williamson K. 1971 – A birds census study of a Dorset dairy farm. *Bird study* 18: 80 - 96.

Zollinger J.L. & Genoud M. 1979 – Etude comparée de l'avifaune de ripisylves et de populicatures aux Grangettes (Vaud). *Nos Oiseaux* 35 (2) : 45 – 64.

### ***Autres références***

Allan J.D. 1995 – *Stream ecology. Structure and fonction of running waters*. Chapman & Hall, 388 p.

- Amoros C. & Petts G.E. 1993 – *Hydrosystèmes fluviaux*. Ed. Masson 300 p.
- \* Arrignon J. 1988 – Fish and their environment in large river ecosystems. The Loire. *Sciences de l'eau* 7 (1) : 21 – 34.
- \* Asselineau O. 1994 - *Evolution morphologique du lit mineur de la Loire entre Saint-Satur et Meung-sur-Loire. Définition et repérage des travaux de restauration*. DESS, Univ Montpellier III, 186 p.
- Baudry J. & Burel F. 1999 – *Ecologie du paysage : concepts, méthodes et applications*. Ed. Tec & Doc, 359 p.
- Balon E.K., Crawford S.S. & Lelek A. 1986 – Fish communities of the upper Danube river (Germany, Austria) prior to the new Rhein-Main-Donau connection. *Environmental biology of fishes* 15 (4) : 243 – 271.
- \* Beauger A. & Lair N. 2008 - Keeping it simple: Benefits of targeting riffle-pool macroinvertebrate communities over multi-substratum sampling protocols in the preparation of a new European biotic index. *Ecological indicators* 8 : 555 – 563.
- Belliard J., Boët P. & Tales E. 1997 – Regional and longitudinal patterns of fish community structure in the Seine River basin, France. *Environmental Biology of Fishes* 50 : 133 – 147.
- Belliard J. & Roset N. 2006 – *L'Indice Poissons Rivière. Notice de présentation et d'utilisation*. ONEMA, 20 p.
- Blanchard 2007 - Qualité des cours d'eau du bassin de la Loire (ions majeurs et nutriments) : évolution, régionalisation et modélisation. Thèse, université de Tours, 220 p
- Bournaud M. & Amoros C. 1984 – Des indicateurs biologiques aux descripteurs de fonctionnement. *Bulletin d'écologie* 15 (1) : 57 – 66.
- Bramblett R.G. & Fausch K. D. 1991 - Variable fish communities and the Index of Biotic Integrity in a Western Great Plains River. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 120 : 752 - 769.
- Callow P. & Petts G.E. 1992 – *The river handbook*. Vol 1. Blackwell scientific publications, 526 p.
- \* Chambaud F., Gautier E., Couderchet L. & Oberti D. 2001 – Identification des unités écologiques fonctionnelles. Une approche pluridisciplinaire, p. 64 - 88. In Gautier E., Bacchi M., Barbier J., Berton J.P., Chambaud F. Couderchet L., Denis A., Dieu N., Grosbois C., Josselin D., Kunesch S., Lewis N., Moine A., Negrel P., Oberti D., Petelet-Giraud E., Rousseau O., & De Sede M.H. 2001 - *La détermination d'un espace de liberté pour le système fluvial ligérien : identification et spatialisation des unités morphodynamiques et écologiques fonctionnelles dans les vals libres et endigués de la Loire et de l'Allier, enjeux et acteurs sociaux*. Rapport final des travaux. Rapport GIP Hydrosystème, 211 p.
- \* Chevallier H. 1996 – *Etudes de forêts alluviales ligériennes. Typologie descriptive et*

*fonctionnelle, propositions de gestion*. FIF – ENGREF, 83 p.

\* Choubrac M. 2009 – *Mise A Disposition Graphique des Données Alphanumériques Liées à l'Environnement Aquatique (MAGADALENA)*. DVD GEO-HYD/Agence de l'Eau Loire-Bretagne.

\* Cornier T. 2002 - *La végétation alluviale de la Loire entre le Charolais et l'Anjou : essai de modélisation de l'hydrosystème*. Thèse Université de Tours, 228 p.

\* Cornier T. & Maman L. 2003 - Les ripisylves de la Loire moyenne, témoins du fonctionnement de l'hydrosystème. In PIEGAY, H., PAUTOU G. & RUFFINONI C. 2003 « *les forêts riveraines des cours d'eau* ». Institut pour le Développement Forestier, p. 312 – 328.

CSPNB 2008 – *L'arbre, la rivière et l'homme*. MEDAD/D4E, 64 p.

Cummins K, Minshall G.W., Sedell J.R., Cushing C.E., Peterson R.C. 1984 - Stream ecosystem theory.. *Ver. Internat. Verh. Limnol.* 22 : 1818 – 1827.

Décamps H & O. 2002 – Ripisylves méditerranéennes. MedWet/Tour du Valat, 140 p.

Décamps H. & Naiman R.J. 1989 – L'écologie des fleuves. *La Recherche* N° 308 : 310 – 319.

Décamps H. & O. 2004 – *Au printemps des paysages*. Ed. Buchet-Chastel, 232 p.

\* Descy J.P. 2008 – Continental rivers. In *Rivers of Europe*. Tockner K, Uehlinger U. & Robinson C.T. Ed. Elsevier p. 151 – 153.

\* Delorme F. 1994 - *Les changements de la morphodynamique fluviale de la Loire dans la plaine du Forez entre Montrond et Feurs*. DEA Univ. Lyon 3, 124 p.

Dister E., Gomer D., Obrdlik P. , Petermann P. & Schneider E. 1990 – Water management and ecological perspectives of the upper Rhine's floodplains. *Regulated rivers : research and management* 5 : 1-15.

\* Dossou G. 2004 - *Les forêts alluviales du bassin de la Loire. Synthèse typologique et analyse de la répartition*. Thèse ENESAD, 35 p.

Fahrig L. 2003 – Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34 : 487 - 515.

Fame consortium 2004 - *Manual for the application of the European Fish Index - EFI. A fish-based method to assess the ecological status of European rivers in support of the Water Framework Directive*. Version 1.1, January 2005.

Frissell C.A., Liss W.J., Warren C.E. & Hurley M.D. 1986 – A hierarchical framework for stream habitat classification : viewing stream in a watershed context. *Environmental Management* 10 : 199 – 214.

Frochot B. 2010 - Un milieu en perpétuel changement : l'exemple des carrières de Bourgogne. In Lefeuvre J.-C. (dir.), 2010. Carrières, biodiversité et fonctionnement des zones humides, Buchet/Chastel, Paris, 381pp.

Frochot B. et Godreau V., 1995 - Intérêt écologique des carrières, terrils et mines. *Natures Sciences et Sociétés*, hors série : 66 - 76.

Fruget J.F. 1992 - Ecology of the lower Rhône after 200 years of human influence: a review. *Regulated rivers : research and management* 7 : 233 – 246.

Furness R.W. et Greenwood J.J.D. 1993 - *Birds as monitors of environmental changes*. Chapman and Hall, 356 p.

Furse M.T., Hering D., Brabec K. Buffagni A., Sandin L. & Verdonschot P. F.M. 2006 - The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods. *Hydrobiologia* 566

\* Gautier E., Piégay H. & Bertaina P. 2000 - A methodological approach of fluvial dynamics oriented towards hydrosystem management : case study of the Loire and Allier rivers. *Geodinamica Acta* 1 : 29 – 43.

\* Gautier E., Gauthier A., Denèfle M., Kunesch S. & Goupille F. 2004 – *La Loire au bec d'Allier depuis la fin du Moyen-Age. Reconstitution de l'histoire du fleuve par une approche pluridisciplinaire*. Colloque Orléans 14-16 novembre 2002. Fédération archéologique du loiret/Etudes ligériennes, p. 141 – 152.

\* Gehu J.M. & Gehu J. 1980 - Observations sur les saulaies riveraines de la vallée de la Loire, des sources à l'embouchure. *Colloques phytosociologiques* IX, 8 p.

\* Gosse P., Gailhard J. & Hendrickx F. 2008 - Analyse de la température de la Loire moyenne en été sur la période 1949 à 2003. *Hydroécologie appliquée* 16, 42 p.

\* Grivel S. 2008 – *La Loire des îles, du bec d'Allier à Gien : rythmes d'évolution et enjeux de gestion*. Thèse, Université Paris VII.

\* Guinand B., Ivol J.M. & Tachet H. 1996 - Longitudinal distribution of Trichoptera in the Loire river (France): simple ordination methods and community structure. *Hydrobiologia* 317 : 231 – 245.

Harris J.H. & Silveira R. 1999 – Large scale assessment of river health using an index of biotic integrity with low-diversity fish communities. *Freshwater Biology* 41 : 235 – 252.

Heino J., Paavola R., Virtanen R. & Muotka T. 2005 - Searching for biodiversity indicators in running waters: do bryophytes, macroinvertebrates and fish show congruent diversity patterns? *Biodiversity and Conservation* 14: 415–428.

Hering D., Johnson R.K. & Buffagni A. 2006 – Linking organism groups – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia* 566 : 109 – 113.

Huet M. 1949 – Aperçu des relations entre la pente et les populations piscicoles des eaux



courantes. *Schweiz. Z. Hydrol.* 11 (3-4) : 332 – 251.

Ilies J. & Botosaneanu L. 1963 – Problèmes et méthodes de la classification et de la zonation écologique des eaux courantes considérées surtout du point faunistique. *Mitt. Internat. Verein. Limnol.* 12 : 1 – 57.

\* Ivol 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. Hydrobiol.* 138 (4) : 525 - 557.

Johnson B.L., Richardson W.B. & Naimo T.J. 1995 – Past, present and future concepts in large river ecology. *BioScience* 45 (3) : 134 – 141.

Junk W., Baylet P.B. & Sparks R.E. 1989 – The flood pulse concept in river floodplain systems. In D.P. Dodge (ed.) Proceedings of the International Large River Symposium. *Canadian Special Publication for Fisheries and Aquatic Sciences* 106, p. 110 – 117.

Karr J.R., Fausch K.D., Angermaier P.L., Yant P.R. Et Schlosser I.J. 1986 - Assessing biological integrity in running waters. A method and its rationale. *Illinois National History Survey. Spec. Publ.* 28p.

\* Lair N. & Sargos D. 1993 – A ten years study at four sites of the middle course of the river Loire. I – Patterns of changes in hydrological, physical and chemical variables in relation to algal biomass. *Hydroécologie appliquée* 5 : 1 – 27.

\* Lemoine M. 2004 - *Les milieux alluviaux ouverts du bassin de la Loire : synthèse typologique, analyse de la répartition et proposition de stratégies d'intervention.* Thèse Enesad Dijon, 140 p.

\* Malavoi J.N. 2002 - *La sectorisation d'un cours d'eau : une méthode de stratification pour l'analyse et la gestion. L'exemple de la Loire.* In Bouchardy (dir.) *La Loire, vallées et vals du grand fleuve sauvage.* Ed. Delachaux et Niestlé, pp. 85 - 91.

\* Malavoi J.R, Gautier J.N. & Ginestet P. 1999 - Découpage géomorphologique de la Loire entre le Bec d'Allier et le Bec de Maine. *Etudes ligériennes* 1 : 19 – 26.

Oberdorff T., Guilbert E. & Luchetta J.C. 1993 – Patterns of fish species richness in the Seine river basin, France. *Hydrobiologia* 259 : 157 – 167.

Oberdorff T., Pont D., Hugueny B., Beliard J, Thomas R.B.D. & Porcher J.P. 2002 – Adaptation et validation d'un indice poisson pour l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau français. *Bulletin français de pêche et de pisciculture* 365 – 366 : 405 – 433.

\* Oudin L.O., Reyes-Marchant P., Vigneron T., Roché J.E., Lair N., Mignot J.F, Berton J.P., Descy J.P., Leitao M., Steinbach P. & Bacchi M. 2008 – The Loire basin. In *Rivers of Europe.* Tockner K, Uehlinger U. & Robinson C.T. Ed. Elsevier p. 167 – 181.

Paavola R., Muotka T., Virtanen R., Heino J. & Kreivi P. 2003 - Are biological classifications of headwater streams concordant across multiple taxonomic groups ?

*Freshwater Biology* 48, 1912 – 1923.

Pinto P., Morais M., Ilhe´u M. & Sandin L. 2006 - Relationships among biological elements (macrophytes, macroinvertebrates and ichthyofauna) for different core river types across Europe at two different spatial scales. In *The Ecological Status of European Rivers: Evaluation and Intercalibration of Assessment Methods*. Ed. by Furse M.T., Hering D., Brabec K. Buffagni A., Sandin L. & Verdonschot P. F.M.. *Hydrobiologia* 566, p.75 – 90.

\* Schnitzler A. 1996 - Comparison of landscape diversity in forests of the upper Rhine and the middle Loire floodplains (France). *Biodiversity and conservation* 5 (6) : 743-758.

\* Souchon Y., Andriamahefa H., Cohen P., Breil P., Pella H., Lamouroux N., Malavoi J.R. & Wasson J.G. 2000 - *Régionalisation de l'habitat aquatique dans le bassin de la Loire*. CEMAGREF, Agence de l'eau Loire-Bretagne. 261 p.

\* Souchon, Y. 2002 - *Milieux aquatiques et poissons*. In Bouchardy (dir.) *La Loire, vallées et vals du grand fleuve sauvage*. Ed. Delachaux et Niestlé, pp. 201 – 223.

Springe G., Sandin L. Briede A. & Skuja A. 2006 – Biological quality metrics : their appropriate scale for assessing streams. *Hydrobiologia* 566 : 153 – 172.

Statzner B & Higler B. 1986 – Stream hydraulics as a major determinant of benthic invertebrate zonation pattern. *Freshwater Biology* 16 : 127 – 139.

Vannote R.L., Minshall G.W., Cummins K.W., Sedell J.R., Cushing C.E. 1980 - The River Continuum Concept. *Can. J. of Fish. and Aquat. Sc.* 37 (1) : 130-137.

Ward, J.W., Stanford, J.A. 1983a – The serial discontinuity concept of lotic ecosystems. In Fontaine T.D. and Bartell S.M. Ed. *Dynamics of Lotic Systems*, Ann Arbor Science, *Ann Arbor* : 29 – 42.

Ward, J.W., Stanford, J.A. 1983b - Intermediate-Disturbance Hypothesis: An Explanation for Biotic Diversity Patterns in Lotic Ecosystems. *Dynamics of Lotic Systems*, Ann Arbor Science, *Ann Arbor MI* : p. 347 - 356.

Ward, J.W., Stanford, J.A. 1995 - The Serial Discontinuity Concept : extending the model to floodplains rivers. *Regulated Rivers : research and management* 10 : 159 – 168.

Wasson J.G. 1989 - Eléments pour une typologie fonctionnelle des eaux courantes : 1. Revue critique de quelques approches existantes. *Bulletin d'écologie* 20 (2) : 109 - 127.

\* Wasson J.G., Béthemont J., Degorce J.N., Dupuis B. & Joliveau T. 1993 – *Approche écosystémique du bassin de la Loire : Eléments pour l'élaboration des orientations fondamentales de gestion.Phase I Etat initial*. CEMAGREF/Université de St Etienne.

\* Yengué J.L. 2003 - *Le SIG pour l'étude des dynamiques paysagères. Le cas de la Loire moyenne*. ESRI.





*Couverture : La Loire à Belleville/Loire (Photo Jean E. Roché)*