

Utilisation de données hydrobiologiques anciennes dans le contexte actuel de la biodiversité, conséquences et limites de l'exercice

Depuis près de deux siècles, on recueille des données sur la faune et la flore aquatique. Ces données anciennes plus ou moins bien conservées sont utilisées pour construire des projets d'évaluation et de conservation de la biodiversité. Que peut-on en attendre ? Quelles précautions prendre pour une utilisation judicieuse ?



Les débuts de la recherche limnologique peuvent être associés à la fondation par le zoologiste allemand Anton Dohrn de la Station zoologique de Naples en 1872. Sa popularité fut à l'origine de la création de nombreux centres hydrobiologiques, notamment en Allemagne, à la fin du dix-neuvième et au début du vingtième siècle (Arlinghaus *et al.*, 2008). Malgré l'impulsion donnée par ces institutions auprès des pays voisins, et le cumul de plus d'un siècle de recherches appliquées en limnologie, la biodiversité des eaux continentales a été largement sous-estimée et les actions pour sa conservation jugées peu efficaces (Dudgeon *et al.*, 2006).

Parallèlement aux balbutiements de la recherche européenne en écologie des eaux continentales, l'anthropisation accélérée a transformé la majorité des hydrosystèmes. Les cours d'eau alpins à fort potentiel énergétique ont subi des modifications majeures dès 1830. Les plans d'eau ne sont pas en reste, modifiés à des fins énergétiques, confrontés à des apports massifs en nutriments et à une gestion halieutique. Les problèmes se sont amplifiés avec l'augmentation du nombre et du volume des plans d'eau artificiels, la régulation des niveaux de plans d'eau naturels à des fins d'urbanisation et/ou de développement touristique. Les recherches fondamentales en limnologie ont alors progressivement basculé vers des travaux appliqués visant une réduction des impacts anthropiques, tels que le programme d'évaluation de la qualité écologique de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) en 1982.

Notre recul historique en hydrobiologie est de l'ordre de deux siècles, avec une acquisition de connaissances sous empreinte anthropique croissante. Face à une demande sociale nouvelle, reflet d'une inquiétude suscitée par la disparition de notre patrimoine naturel, des recherches portant sur l'inventaire du vivant ont revu le jour. Les demandes de transfert de méthodes vers les ges-

tionnaires, en lien étroit avec des avancées législatives significatives telles que la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE), ont également augmenté. Ainsi, les préoccupations actuelles en matière de gestion des milieux ont besoin de références anciennes et ne peuvent s'envisager que sur la base de ces données « engrangées » par le passé. Nous citerons la reconquête des réseaux hydrographiques par les grands migrateurs, la conservation des espèces menacées ou la restauration écologique des milieux aquatiques.

L'usage de données anciennes en écologie des eaux continentales est présenté à l'aide d'exemples tirés :

- des connaissances acquises sur le bassin versant du Rhône, portant sur les macro-invertébrés benthiques et les poissons,
- de travaux réalisés sur les macrophytes lacustres (photo ①).

Ces exemples illustrent sommairement la contribution de données anciennes d'origines diverses dans l'évaluation des changements de la biodiversité, ainsi que les limites quant à l'apport de ces données.

La connaissance hydrobiologique du Rhône

Les chroniques environnementales et la biodiversité fluviale ?

Parmi les chroniques biologiques « anciennes », nous citerons les travaux de Josette Fontaine sur les insectes éphéméroptères, réalisés à partir des années 1950. Cette chronique, complétée par les insectes trichoptères, a été poursuivie par Philippe Usseglio-Polatera. Ces données ont illustré les changements de biocénoses associés à la mise en eau de l'ouvrage de Pierre-Bénite en 1966. Elles fournissent des listes faunistiques exhaustives pré- et post-aménagement et des éléments pour le référentiel « d'un fleuve vif et courant » sans prospecter des archives lointaines.



① Herbier de nénuphar jaune, lac de Barterand (Ain).

Cependant, la majorité des longues chroniques portant sur les invertébrés aquatiques ont été acquises au droit des centres nucléaires de production électrique (CNPE), telle que celle de Bugey (Haut-Rhône) initiée en 1975, poursuivie selon un protocole inchangé depuis cette époque. L'analyse fonctionnelle des peuplements a mis en évidence un changement graduel des communautés. Globalement, il résulte essentiellement d'une augmentation de la richesse spécifique avec l'arrivée de sept taxons allochtones, de l'ensemencement par de nombreux taxons limnophiles, notamment des mollusques en provenance des retenues amont, et de la hausse progressive des effectifs d'espèces initialement peu abondantes. Cette évolution temporelle est liée, entre autres, au réchauffement du fleuve, à la modification à large échelle des conditions hydrauliques par la poursuite de l'aménagement du Haut-Rhône entre 1980 et 1986, et aux modalités de gestion des débits.

Avec des objectifs relativement figés, les instigateurs du suivi avaient adopté un protocole traditionnel basé sur la prospection de trois stations placées en regard du rejet thermique : amont, rejet et aval. Ils avaient adapté une méthode globale d'évaluation de la qualité hydrobiologique : les indices biotiques qui ne requièrent pas le niveau spécifique. Ainsi, les oligochètes sont classiquement regroupés sous une seule entité taxonomique, alors que quatre-vingt dix espèces ont été signalées sur le Haut-Rhône français. Par ailleurs, l'échantillonnage spatialement limité ne donne qu'un aperçu de la diversité fluviale. Le suivi de Bugey a évalué la présence d'une trentaine d'espèces de coléoptères alors que l'inventaire des annexes fluviales du Haut-Rhône signale quatre-vingt quatorze espèces.

Par conséquent, alors que les méthodes globales suffisent pour rendre compte des modifications spatio-temporelles des peuplements et peuvent répondre quant à la biodiversité fonctionnelle des hydrosystèmes, elles ne satisfont pas les exigences de la biodiversité en termes de richesse spécifique.

Les poissons de l'axe rhodanien

Dans la constitution d'un inventaire, ou d'un référentiel des milieux aquatiques anthropisés, la faune piscicole est historiquement la mieux connue. Les données anciennes sur le bassin du Rhône sont essentiellement cartographiques. Elles ont été collectées par le Professeur Louis Léger de l'université de Grenoble et ses collaborateurs entre 1910 et 1956. Le peuplement piscicole de l'époque a pu être défini à partir de cartes départementales (tableau ①) et d'une carte de l'axe rhodanien et de ses principaux affluents. Des informations ont également été trouvées dans des rapports dont la découverte relève parfois du hasard, des publications plus anciennes pour le Rhône suisse et le lac Léman, le Haut-Rhône et pour le delta.

Ces documents ont fait l'objet d'une analyse critique (Carrel, 2002) et permis une revue actualisée des espèces sur les grandes entités géographiques du Rhône.

① Liste et échelle des cartes utiles pour définir le peuplement piscicole du Rhône.

Auteurs	Départements et/ou cours d'eau	Échelle	Note
Dorier (1955)	Drôme	1/200 000	3
Dorier (1956-1957)	Ardèche	1/200 000	3
Kreitmann (1932)	<i>Rhône</i>	1/500 000	2
Léger (1927)	Ain	1/200 000	3
Léger (1942-1944)	Savoie	1/200 000	3
Léger (1945-1948a)	Rhône	1/200 000	3
Léger et Kreitmann (1931)	Haute-Savoie	1/200 000	3

Le niveau d'information piscicole est noté de 2 à 3 :

- 2 : l'information est utilisable en présence/absence,
- 3 : une note d'abondance a été donnée à chaque espèce sur le tronçon inventorié.

► Des espèces emblématiques

> L'apron

L'apron du Rhône (*Zingel asper*) est un petit percidé endémique du bassin versant du Rhône, typique de sections fluviales tressées des plaines alluviales. Sa large répartition historique est estimée d'après les signalements de Jacques-Nicolas Vallot dans la Saône (Côte-d'Or), de Guillaume Rondelet dans le Rhône entre Lyon et Vienne, de Paul Gourret dans le delta, mais également de M. Jullien et Louis Léger aux alentours de Grenoble, dans la Romanche, le Drac et l'Isère. Dans la dernière revue d'information *Life Apron II*, la présence de l'apron est avérée sur 240 kilomètres de cours d'eau, soit 11 % d'un linéaire largement sous-estimé de sa répartition historique.

Question chagrine : pourquoi se focaliser sur un modeste percidé, aussi peu représenté, sans intérêt halieutique, et ignoré depuis des lustres ? Au-delà de la valeur patrimoniale de l'apron du Rhône, sa quasi-disparition ainsi que celle des autres représentants européens du genre *Zingel* illustre la régression drastique de son habitat et, à plus vaste échelle, de la quasi-totalité des écosystèmes créés par le tressage actif des rivières alluviales (Warner, 2000).

> L'alose du Rhône

Alors que l'apron est le représentant d'un habitat alluvial, l'alose du Rhône (*Clupeidae*, *Alosa fallax rhodanensis*) est le grand voyageur, indicateur de la continuité

fluviale. Signalée jusqu'au lac du Bourget et remontant la Saône sur 327 kilomètres, cette espèce migratrice a régressé en moins de cinquante ans à la suite du tronçonnement fluvial. Selon Louis Kreitmann, en 1932 l'espèce ne remonte déjà plus l'Isère après la construction du barrage de Beaumont-Montoux, et sa progression sur la Saône est en partie arrêtée à Lyon par le barrage de la Mulatière. En 1937, le barrage de Jons freine sa remontée sur le Haut-Rhône. En 1952, l'ouvrage de Donzère-Mondragon interrompt la migration à 140 km de la mer. En 1974, celui de Vallabrègues stoppe la remontée des aloses à 70 km de la Méditerranée.

Malgré son intérêt halieutique majeur, les critiques et propositions formulées par Camille Gallois en 1947 face aux conséquences futures de l'ouvrage de Donzère-Mondragon, l'alose ne bénéficiera que tardivement d'un intérêt « contraint » et suffisant pour justifier des efforts scientifiques, techniques et financiers pour son retour sur l'axe rhodanien et ses affluents.

Suite au Schéma de vocation piscicole du Rhône, la création de l'association Migrateurs Rhône Méditerranée en 1993 va fédérer les instances professionnelles et amateurs de la pêche, les scientifiques et les gestionnaires autour de cette alose. Les travaux engagés et les résultats obtenus servent la cause des autres migrateurs comme l'anguille, mais plus encore des espèces pratiquement oubliées sur le Rhône : la lamproie marine, la lamproie

② Les espèces piscicoles allochtones du Rhône, de sa source au delta.

Famille	Nom commun	Signalement ou premières observations
Espèce		
Centrarchidae		
<i>Lepomis gibbosus</i> (Linné, 1758)	Perche soleil	Bas-Rhône (1920)
<i>Micropterus salmoides</i> (Lacépède, 1802)	Achigan à grande bouche	Bas-Rhône (1940)
Cyprinidae		
<i>Cyprinus carpio</i> (Linné, 1758)	Carpe commune	Période romaine (?)
<i>Carassius carassius</i> (Linné, 1758)	Carassin	Associée à l'expansion de la carpiculture
<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782)	Bouvière	France (XVIII ^e siècle)
<i>Carassius auratus</i> (Linné, 1758)	Carassin doré	Rhône (1880)
<i>Chondrostoma nasus</i> (Linné, 1758)	Hotu	Bas-Rhône (1989)
<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782)	Carassin argenté	Bas-Rhône (1989)
<i>Pseudorasbora parva</i> (Schlegel, 1842)	Pseudorasbora	Bas-Rhône (2001)
<i>Leucaspis delineatus</i> (Heckel, 1843)	Able de Heckel	Bas-Rhône (2009)
<i>Leuciscus idus</i> (Linné, 1766)	Ide mélanote	
Ictaluridae		
<i>Ameiurus melas</i> (Rafinesque, 1820)	Poisson-chat	Rhône (1920)
Percidae		
<i>Gymnocephalus cernuus</i> (Linné, 1758)	Grémille	Rhône (1860)
<i>Sander lucioperca</i> (Linné, 1758)	Sandre	Bas-Rhône (1930)
Poeciliidae		
<i>Gambusia holbrooki</i> (Girard, 1859)	Gambusie	Camargue (1927)
Salmonidae		
<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792)	Truite arc-en-ciel	Rhône (1880)
<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1815)	Saumon de fontaine	Rhône suisse (XIX ^e siècle)
Siluridae		
<i>Silurus glanis</i> (Linné, 1758)	Silure glane	Bas-Rhône (1987)

de rivière et l'esturgeon. Ces espèces, pour lesquelles le manque de connaissances est flagrant, constituent de futurs objectifs pour la réhabilitation du Rhône.

Les invasions piscicoles d'origine anthropique

Dans une étude sur l'évolution holocène de la faune de vertébrés de France, les auteurs montrent que « *la dimension temporelle est indispensable pour statuer sur le caractère autochtone ou allochtone d'une espèce... que l'approche historique est indispensable à l'appréhension fondée du phénomène d'invasion biologique* ».

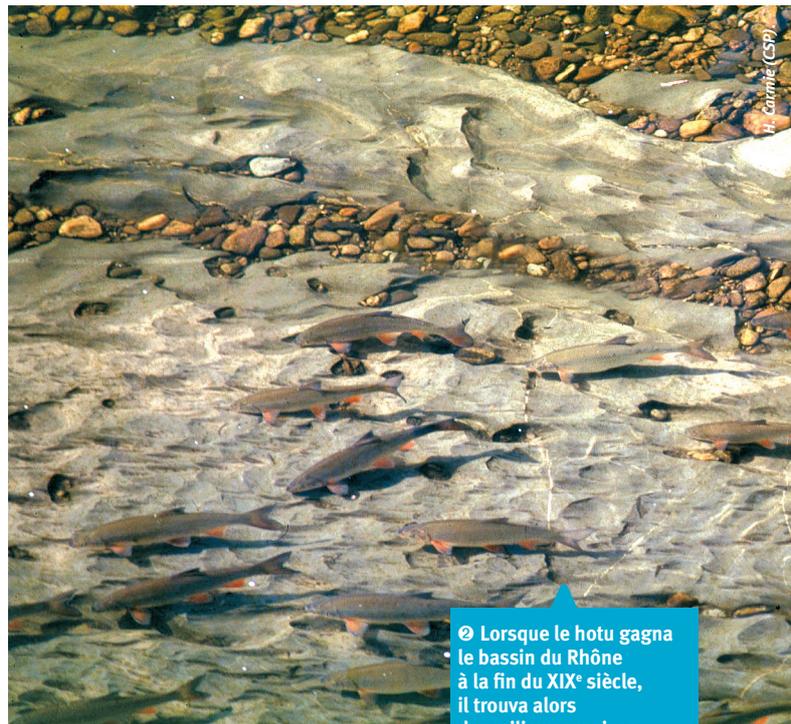
Alors que nous déplorons la réduction de l'espace disponible chez plusieurs espèces, voire leur disparition à large échelle dans leur aire biogéographique originelle, la biodiversité piscicole rhodanienne « lisible » traduite par la seule richesse spécifique n'a fait qu'augmenter. Cette hausse relève essentiellement de l'introduction délibérée ou accidentelle d'espèces hors de leur aire biogéographique originelle, puis de leur propension naturelle à coloniser les réseaux hydrographiques, notamment par les nouvelles voies fluviales.

À l'heure actuelle, soixante-sept espèces ont été inventoriées sur le bassin versant du Rhône, dont soixante-deux sur l'axe rhodanien de sa source au delta. Parmi ces espèces, il faut compter quarante-cinq espèces autochtones dont une disparue – l'esturgeon – et dix-huit espèces allochtones¹ (tableau 2).

Une analyse des cartes piscicoles établies avant 1950 sur le bassin versant du Rhône, et de la littérature associée, montre que les ichtyologistes ont alors pour vocation l'amélioration de la productivité économique et piscicole des milieux aquatiques. Cette période de modification extensive des peuplements par introductions d'espèces va durer sensiblement un siècle. Leur dissémination s'effectue par la pisciculture et des introductions volontaires : truite arc-en-ciel, omble de fontaine, achigan à grande bouche. D'autres espèces ont des acclimatations rapides hors des circuits aquacoles : perche soleil, poisson chat, dont la réussite est peu appréciée. Les mêmes dissensions sont retrouvées sur la valeur halieutique de deux autres espèces introduites d'origine européenne : le hotu et le sandre (Kreitmann, 1930).

Le hotu *Chondrostoma nasus* (photo 2), cyprinidé rhéophile et lithophile, a trouvé sur le Rhône et ses grands affluents des conditions extrêmement favorables pour une véritable explosion démographique. Les pêcheurs riverains réclament alors des mesures expéditives de contrôle des populations, autorisées dès 1901 dans la rivière d'Ain.

Le sandre *Sander lucioperca*, percidé carnassier de grande taille, a profité des éloges de nos pairs, comme Louis Kreitmann. Personne n'avait alors conscience que le sandre était porteur d'un trématode *Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827) dont le cycle nécessite deux autres hôtes obligatoires, un mollusque lamellibranche également en provenance d'Europe centrale, la dresseine (*Dresseina polymorpha*) et un poisson cyprinidé. Ce parasite a été à l'origine de mortalités et d'une extension de la bucéphalose larvaire sur le bassin du Rhône au cours des décennies 1960-1980. L'introduction d'une espèce est en réalité celle d'un système parasite hôte (SPH) d'une extrême complexité, à l'origine de problèmes potentiels insoupçonnés.



2 Lorsque le hotu gagna le bassin du Rhône à la fin du XIX^e siècle, il trouva alors des milieux propices pour une véritable explosion démographique.

1. Une espèce piscicole est considérée comme allochtone d'une région biogéographique si elle était réputée initialement absente de ses milieux aquatiques, et y constitue actuellement une ou des populations s'y reproduisant de façon pérenne.

Les macrophytes lacustres

Composants importants de la plupart des milieux aquatiques, les macrophytes jouent un double rôle, en tant que producteurs primaires et supports pour de nombreux organismes végétaux et animaux. Sous cette dénomination sont rassemblés des organismes végétaux souvent identifiables à l'œil nu appartenant aux phanérogames (plantes à fleurs), aux bryophytes (mousses), aux ptéridophytes (fougères et prêles) et aux algues macroscopiques.

Un bref historique

Les recherches sur les communautés végétales lacustres ont débuté avec les travaux de François-Alphonse Forel sur le lac Léman. Ils ont été suivis de travaux français dont les plus connus sont ceux d'Antoine Magnin sur soixante-quatorze lacs du Jura, et de Marc Le Roux sur le lac d'Annecy. Les travaux plus récents de Louis Kreitmann sur trois lacs jurassiens, puis dans les années 1970, la reprise des études des communautés de macrophytes sur les lacs jurassiens par J.P. Vergon, J. Barbe et leurs collaborateurs permettent les premières comparaisons sur l'évolution des communautés de macrophytes.

Des recherches ont également été réalisées sur la végétation des étangs, entre autres J.C. Felzines dans le Centre de la France. Sur les lacs et les étangs aquitains, peu de données sont disponibles avant les années 1960 et les travaux de C. Vanden Berghen. Quelques observations de P. Allorge et M. Denis, et de P. Jovet donnent toutefois des informations partielles sur certains plans d'eau.

► La cartographie des communautés

Les premiers travaux ont surtout cherché à cartographier les communautés de plantes aquatiques, définies en groupements végétaux selon divers paramètres de répartition tels que la profondeur, la transparence des eaux, la nature des sédiments, etc. La figure 1 illustre la relative continuité temporelle de ces documents et montre, dans le cas présenté, une répartition stable des deux principaux groupements végétaux entre 1904 et 1984 : la « phragmito-scirpaie », un peuplement composé de roseaux (*Phragmites australis*) et de scirpes (*Scirpus lacustris*), et la « nupharaie » avec le nénuphar jaune (*Nuphar lutea*). Mais les relevés de 1984 signalaient l'absence de deux phanérogames immergés (*Utricularia vulgaris* et *Potamogeton lucens*) et une forte régression des algues characées des genres *Chara* et *Nitella*, y compris dans les faibles profondeurs.

Un travail comparatif similaire sur les lacs de Remoray et de Saint-Point a permis d'évaluer la progressive et forte régression des roselières ainsi que des changements de communautés végétales liés à une diminution importante de la transparence.

Ainsi, les cartes anciennes de répartition demeurent toujours utilisables mais ne donnent, au mieux, que des tendances évolutives et une évaluation « semi-quantitative » de la présence et de l'abondance des espèces.

L'approche phytosociologique

Une autre démarche a tenté de préciser la nature des associations végétales à l'origine de la phytosociologie qui définit des communautés végétales à partir d'espèces caractéristiques. Les données produites sont des listes et des pourcentages de recouvrement des espèces sur des relevés de superficies précisées. Cette approche, toujours largement utilisée, est également issue de travaux datant de la fin du XIX^e siècle. À partir des années 1960, des investigations utilisant cette approche ont été menées sur divers plans d'eau, tels que les lacs et étangs aquitains, ou du Centre de la France. Elles ont largement accru les connaissances sur les associations végétales des plans d'eau. Elles ont également permis d'alimenter le tome 3 des Cahiers d'habitats consacré aux habitats humides et les données phytosociologiques sur les milieux aquatiques.

Gestion des proliférations végétales

À partir des années 1970, des proliférations de plantes indigènes ou exotiques partiellement liées à l'eutrophisation progressive des milieux aquatiques ont suscité de nouveaux problèmes et nécessité des études adaptées pour définir des modalités de gestion de ces espèces.

Dans le département des Landes, la constante progression de la colonisation des plans d'eau par des plantes exotiques immergées telles que le lagarosiphon (*Lagarosiphon major*) ou amphibiens comme la jussie (*Ludwigia grandiflora*) a conduit à la réalisation d'un plan de gestion. La méthode utilisée pour les relevés des espèces exotiques envahissantes a ensuite été généralisée pour prendre en compte la totalité des espèces aquatiques des zones littorales (Dutartre, 2002).

De la gestion patrimoniale à la bio-indication

Durant la même période, des investigations portant plus spécifiquement sur les espèces rares et/ou protégées et les espèces dites patrimoniales ont été mises en œuvre dans le cadre des inventaires des ZNIEFF (zones d'intérêt écologique floristique et faunistique). La mise en place du réseau européen Natura 2000 a également renseigné de nombreux sites. Ces inventaires se poursuivent, réalisés à la fois par des naturalistes bénévoles et des bureaux d'études. La mise en place des conservatoires botaniques au début des années 1990 a très largement conforté cette activité d'acquisition de connaissances sur la répartition de la flore métropolitaine.

Par ailleurs, les méthodes d'évaluation de la qualité des eaux, basées originellement sur les communautés d'invertébrés, se sont étendues aux diatomées, aux poissons et aux macrophytes. En 2000, la Directive cadre européenne sur l'eau (DCE) a renforcé les besoins de bio-indication des cours d'eau et plans d'eau à partir de ces quatre « éléments biologiques ».

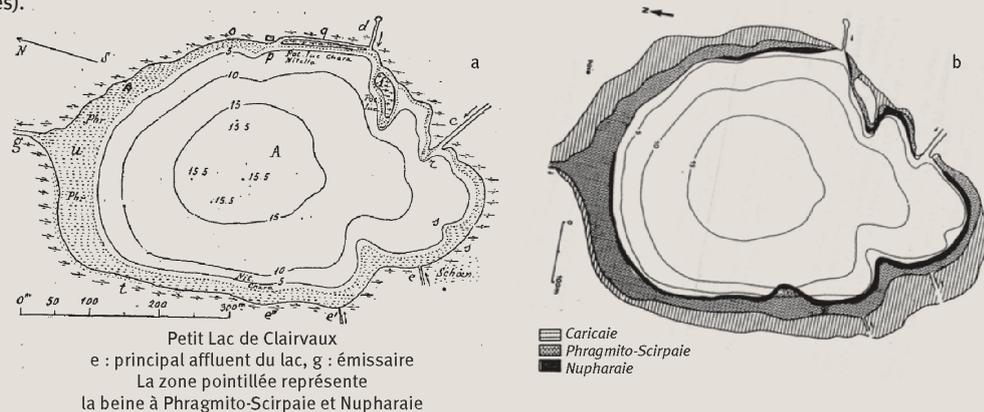
Pour satisfaire les attentes de la DCE en matière d'évaluation d'état écologique, dont la mise au point d'un indice « macrophytes » nécessairement fondé sur un corpus de données important, l'analyse préalable des données anciennes disponibles a conduit à la proposition d'un protocole spécifique garantissant le recueil de données standardisées. En effet, les disparités des objectifs pour-

1 Cartes de répartition de groupements végétaux lacustres sur le petit lac de Clairvaux (Jura) :

a) carte de Magnin de 1904 (MAGNIN, A., 1904, *La végétation des lacs jurassiens*, Monographies botaniques de 74 lacs jurassiens, suivies de considérations générales sur la végétation lacustre, Paris, Paul Klincksieck, 426 p.).

b) carte de 1984 (Service Régional de l'Aménagement des Eaux de Franche-Comté, 1984, *Les lacs de Clairvaux*, Monographies écologiques, Rapport d'étude, 99 p. + annexes).

Sur la carte de Magnin (1904), le contour de la caricaie située en rive n'a pas été représentée, peut-être parce que non directement implantée dans l'eau.



suivis, des logiques de localisation des observations, la diversité des méthodes de relevés et des supports de transcription des données, conduisaient à une base de données non utilisable pour la construction d'un indice d'évaluation d'état écologique.

Ainsi, les besoins croissants de « quantification » de la présence et/ou de l'abondance des espèces pour satisfaire de nouveaux objectifs font qu'une grande partie des informations anciennes, essentiellement qualitatives, ne peut être utilisée directement.

Conclusions

Les données historiques en écologie constituent un patrimoine considérable, hélas souvent d'un accès difficile du fait d'un archivage dispersé et mal connu, voire en partie détruit. Ces données sont transcrites sur des supports très variés : écrits, cartes, dessins ou photographies, complexifiant la lecture, l'analyse et la compilation documentaire. Les écrits anciens obéissent à des codes et des critères rédactionnels désuets, exigent des temps de lecture importants, d'interprétation et de « codage » des informations pour des usages distincts de ceux de l'auteur. Malgré des progrès considérables en informatique, la numérisation documentaire, le développement de nouvelles solutions technologiques, leur archivage, leur stockage et accessibilité sont loin d'être résolus.

À supposer qu'ils le soient et que les données soient disponibles, leur usage rationnel, comme la citation d'une espèce endémique, n'est pas acquis pour autant car l'analyse experte de la source documentaire doit valider son identification taxonomique et la localiser spatialement et temporellement. Puis dans une perspective ne relevant plus seulement de son inventaire, l'espèce doit être replacée dans un habitat. Dernier point important, le contexte historique et les objectifs scientifiques poursuivis par l'auteur du document doivent être connus.

Les problèmes environnementaux croissants se sont traduits tardivement par une prise de conscience universelle et médiatique du rôle et des bienfaits de la biodiversité, lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. L'appropriation sociétale des travaux scientifiques est véritablement un processus de longue haleine car la notion de conservation a toujours étayé la démarche scientifique de l'écologie appliquée. À l'interface de l'écologie fondamentale et des problèmes environnementaux, les priorités de l'écologie appliquée sont essentiellement dictées par les préoccupations socio-économiques contemporaines. La donnée écologique acquise pour résoudre un problème s'insère à la fois dans un cadre de recherche et dans un vaste cadre politique et socio-économique, tous les deux suffisamment instables pour agir durablement sur cette discipline scientifique. Ce contrôle sociétal traditionnel s'est accéléré face à l'ampleur et aux coûts des altérations anthropiques, un rôle accru par un accès rapide à l'information numérique. Il a remis au goût du jour des connaissances oubliées de l'écologie appliquée ainsi que les travaux jugés poussiéreux de nos musées d'histoire naturelle, ce dans l'urgence réelle et médiatique, et à une échelle planétaire...

Pour les écologues des eaux continentales, ce nouveau contexte social explique, par exemple, les débats suscités sur le concept de condition de référence, pour

l'évaluation de l'état écologique des milieux aquatiques continentaux dans le cadre de la Directive cadre européenne sur l'eau, ou dans la construction d'indicateurs écologiques (Statzner *et al.*, 2001).

Dans une vision pluridisciplinaire, le retour sur les observations passées, leur bon usage, ainsi que notre propre vigilance pour pérenniser un patrimoine de « qualité », constituent une des bases fondamentales de l'écologie appliquée. Indispensables pour la mise en place d'une politique efficace de développement durable et de conservation de la biodiversité, elles peuvent éviter entre autres le fameux syndrome de la référence glissante « *shifting baseline syndrome* » défini par Daniel Pauly. Ce concept décrit la dérive inhérente d'une évaluation des changements significatifs d'un écosystème en regard d'un état initial, lui-même distinct d'un état originel, provoqué par la méconnaissance, voire l'ignorance, des observations historiques.

L'utilisation des données anciennes pourrait sans aucun doute orienter les efforts futurs de la restauration écologique et éviter de limiter des objectifs de réhabilitation par des références écologiques inexactes. ■

Les auteurs

Georges Carrel

Cemagref, centre d'Aix-en-Provence, GR HYAX, Hydrobiologie, 3275 Route de Cézanne, CS 40061, 13182 Aix-en-Provence Cedex 5
georges.carrel@cemagref.fr

Alain Dutartre

Cemagref, centre de Bordeaux, UR REBX, Réseaux, épuration et qualité des eaux, 50 avenue de Verdun, Gazinet, 33612 Cestas Cedex
alain.dutartre@cemagref.fr

Marie-Claude Roger

Cemagref, centre de Lyon, UR MALY, Milieux aquatiques, écologie et pollutions, 3 bis quai Chauveau, CP 220, 69336 Lyon Cedex 09
marie-claude.roger@cemagref.fr

QUELQUES RÉFÉRENCES CLÉS...

- ARLINGHAUS, R., JOHNSON, B.M., WOLTER, C., 2008, The past, present and future role of limnology in freshwater fisheries science, *International Review of Hydrobiology*, 93(4-5), p. 541-549.
- CARREL, G., 2002, Prospecting for historical fish data from the Rhone River basin: a contribution to the assessment of reference conditions, *Archiv für Hydrobiologie*, 155(2), p. 273-290.
- DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LÉVÊQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR, R.A.H., SOTO, D., STIASSNY, M.L.J., SULLIVAN, C.A., 2006, Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological Reviews*, 81(2), p. 163-182.
- DUTARTRE, A., 2002, Évolutions récentes des communautés végétales riveraines des lacs et étangs landais, in : *Actes du séminaire européen « Gestion et conservation des ceintures de végétation lacustre »*, Le Bourget du Lac, France, 23-25 octobre 2002 : Conservatoire du patrimoine naturel de la Savoie.
- KREITMANN, L., 1930, Extension d'espèces en eaux libres, *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 26, p. 31-34.
- STATZNER, B., HILDREW, A.G., RESH, V.H., 2001, Species traits and environmental constraints: Entomological research and the history of ecological theory, *Annual Review of Entomology*, 2001, n° 46, p. 291-316.
- WARNER, R.F., 2000, Gross channel changes along the Durance River, Southern France, over the last 100 years using cartographic data, *Regulated Rivers – Research & Management*, n° 86, p. 141-157.

► Consulter l'ensemble des références sur le site de la revue www.set-revue.fr

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

- ▣ **ALLORGE, P., DENIS, M.**, 1923, Une excursion phytosociologique aux lacs de Biscarrosse, *Bulletin de la Société Botanique de France*, n° 70, p. 693-717.
- ▣ **ANONYME**, 1938, Le Rhône, unknown, Paris, 50 p.
- ▣ **ARLINGHAUS, R., JOHNSON, B.M., WOLTER, C.**, 2008, The past, present and future role of limnology in freshwater fisheries science, *International Review of Hydrobiology*, 93(4-5), p. 541-549.
- ▣ **BARBE, J., et al.**, 1979, *Étude biologique et écologique des lacs de Saint-Point et de Remoray (Doubs)*, Université de Franche-Comté, CTGREF, Besançon, 105 p.
- ▣ **BARTHELEMY, C., SOUCHON, Y.**, 2009, La restauration écologique du fleuve Rhône sous le double regard du sociologue et de l'écologue, *Natures, Sciences et Sociétés*, n° 17, p. 113-121.
- ▣ **BOULEAU, G. et al.**, 2009, How ecological indicators construction reveals social changes - The case of lakes and rivers in France, *Ecological Indicators*, 9(6), p. 1198-1205.
- ▣ **BOULEAU, G.**, La contribution des pêcheurs à la loi sur l'eau de 1964, 2009, *Économie rurale*, n° 309, p. 9-21.
- ▣ **BOURNAUD, M. et al.**, 1996, Macroinvertebrate community structure and environmental characteristics along a large river: congruity of patterns for identification to species or family, *Journal of the North American Benthological Society*, 15(2), p. 232-253.
- ▣ **BRAVARD, J.-P.**, 2009, Discontinuities in braided patterns: The River Rhône from Geneva to the Camargue delta before river training, doi:10.1016/j.geomorph.2009.01.020.
- ▣ **BROWN, L.E., R. CEREGHINO, COMPIN, A.**, 2009, Endemic freshwater invertebrates from southern France: Diversity, distribution and conservation implications, *Biological Conservation*, 142(11), p. 2613-2619.
- ▣ **CARREL, G.**, 2002, La prospection historique : un choix de référence (s), in : *Séminaire « État écologique des milieux aquatiques continentaux »*, Lyon, France, 20 et 21 mars 2001, Cemagref.
- ▣ **CARREL, G.**, 2002, Prospecting for historical fish data from the Rhone River basin: a contribution to the assessment of reference conditions, *Archiv für Hydrobiologie*, 155(2), p. 273-290.
- ▣ **CARRON, G., PAILLEX, A., CASTELLA, E.**, 2007, Les coléoptères aquatiques de la zone alluviale du Rhône à Belley (France: Ain, Savoie): inventaire et observations préliminaires sur les effets des mesures de restauration, *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, n° 80, p. 191-210.
- ▣ **CASTELLA, E.**, 1987, Apport des macro-invertébrés benthiques aquatiques au diagnostic écologique des écosystèmes abandonnés par les fleuves. Recherches méthodologiques sur le Haut-Rhône français. Tome 1 : texte, in : *Écologie des Eaux Douces, Institut d'Analyses des Systèmes Biologiques et Socio-économiques*, Université Lyon I, p. 229.
- ▣ **CREN**, 2009, Lettre d'information sur le programme de conservation de l'Apron du Rhône et de ses habitats, *Life Apron II*, n° 12, p. 1-4.
- ▣ **DALE, V.H., BEYELER, S.C.**, 2001, Challenges in the development and use of ecological indicators, *Ecological Indicators*, 1(1): p. 3-10.
- ▣ **DE KINLELIN, P. et al.**, 1967, Rôle pathogène des cercaires de *Bucephalus polymorphus* (Baer, 1827) (Trematode, Bucephalidae) sur le peuplement piscicole du bassin de la Seine, *Comptes-Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, Série D*, 264(19), p. 2321-4.
- ▣ **DESSAIX, J. et al.**, 1995, Changes of the macroinvertebrate communities in the dammed and by-passed sections of the French Upper Rhône after regulation, *Regulated Rivers - Research & Management*, n° 10, p. 265-279.
- ▣ **DETHIER, M., CASTELLA, E.**, 2002, A ten years survey of longitudinal zonation and temporal changes of macrobenthic communities in the Rhone River, downstream from lake Geneva (Switzerland), *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 38(2), p. 151-162.
- ▣ **DOLEDEC, S.**, 2009, Développement des méthodes de bioévaluation en eaux courantes : des indices biotiques aux traits biologiques, *La Houille Blanche*, n° 4, p. 100-108.
- ▣ **DOLE-OLIVIER, M.-J. et al.**, 2005, Biodiversité dans les eaux souterraines, *La Houille Blanche*, n° 3, p. 39-44.
- ▣ **DONOGHUE, M.J., SMITH, M.**, 2005, L'inventaire de la biodiversité : considérations sur la capacité d'intervention et la capacité, in : *Actes de la Conférence internationale. Biodiversité, science et gouvernance*, Paris, 24-28 janvier 2005, BARBAULT, R., Editor, Museum national d'Histoire naturelle, Paris, p. 84-92.
- ▣ **DUDGEON, D., ARTHINGTON, A.H., GESSNER, M.O., KAWABATA, Z.I., KNOWLER, D.J., LÉVÊQUE, C., NAIMAN, R.J., PRIEUR, R.A.H., SOTO, D., STIASSNY, M.L.J., SULLIVAN, C.A.**, 2006, Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges, *Biological Reviews*, 81(2), p. 163-182.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

- **DUTARTRE, A., BERTRIN, V.**, 2007, *Méthodologie d'étude des communautés de macrophytes en plans d'eau*, Cemagref, UR Réseaux, épuration et qualité des eaux, Eq. Dynamique de la qualité des milieux aquatiques, bio-indication, Bordeaux, 28 p.
- **DUTARTRE, A.**, 2002, Évolutions récentes des communautés végétales riveraines des lacs et étangs landais, in : *Actes du séminaire européen « Gestion et conservation des ceintures de végétation lacustre »*, Le Bourget du Lac, France, 23-25 octobre 2002 : Conservatoire du patrimoine naturel de la Savoie.
- **DUTARTRE, A., DELARCHE, A., DULONG, J.**, 1989, *Plan de gestion de la végétation aquatique des lacs et des étangs landais*, vol. 38, Cemagref, Collection Étude 38, Groupement de Bordeaux, Division Qualité des Eaux, GERE, 121 p.
- **FATIO, V.**, 1882, *Faune des Vertébrés de la Suisse - Histoire naturelle des Poissons. Première partie*, Genève et Bâle, H. Georg, 786 p.
- **FATIO, V.**, 1890, *Faune des Vertébrés de la Suisse - Histoire naturelle des Poissons. Deuxième partie. Physostomes (suite et fin), Anacanthiens, Chondrostéens, Cyclostomes*, Genève et Bâle, H. Georg, 576 p.
- **FELZINES, J.-C.**, 1982, *Étude dynamique, sociologique et écologique de la végétation des étangs du centre-est de la France. Importance de la compétition interspécifique dans l'organisation de la végétation et la distribution des espèces et des associations*, Sciences Naturelles, Université Lille 1, 2 volumes, 498 p.
- **FOREL, F.-A.**, 1892-1895, *Le Léman. Monographie limnologique*, Lausanne, F. Rouge, 3 volumes, I. xiii, 539 p., II. 651 p. (avec table), III. 715 p.
- **FRUGET, J.-F. et al.**, 1999, Synthèse des dix premières années de suivi hydrobiologique du Rhône au niveau de la centrale nucléaire de Saint-Alban (France), *Hydroécologie Appliquée*, 11(1/2), p. 29-69.
- **GALLOIS, C.**, 1946, L'aloise du Rhône, *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 141, p. 162-176.
- **GAUDILLAT, V., HAURY, J.**, 2002, Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides, Paris, MATE/MAP/MNHN, Éd. La Documentation française, Cederom, 457 p.
- **GAYRAUD, S. et al.**, 2003, Invertebrate traits for the biomonitoring of large European rivers: an initial assessment of alternative metrics, *Freshwater Biology*, 48(11), p. 2045-2064.
- **GOBIN, M.**, 1867, Note sur les ressources que présente actuellement le Haut-Rhône au point de vue de la pêche, Commission hydrométrique, des orages et météorologique de Lyon (Lu à la Société Impériale d'agriculture, histoire naturelle et arts utiles de Lyon, dans la séance du 20 mars 1868), n° 24, p. 1-20.
- **GOURRET, P.**, 1897, Les étangs saumâtres du Midi de la France et leurs pêcheries. Marseille, Annales du Musée d'histoire naturelle de Marseille, Zoologie, Tome V, Mémoire N° 1, Édition Mouillot Fils Ainé, 386 p.
- **JOVET, P.**, 1951, Les Landes. Notes sur la végétation actuelle et sa répartition, *Comptes Rendus de la Société de Biogéographie*, Paris, 28(244-245), p. 151-161.
- **JOVET, P.**, 1952, Les Landes. Paysages botaniques, *Bulletin de la Société Botanique du Nord de la France*, n° 5, p. 14-21.
- **JUGET, J., LAFONT, M.**, 1994, Theoretical habitat templates, species traits, and species richness: aquatic oligochaetes in the Upper Rhône River and its floodplain, *Freshwater Biology*, 31(3), p. 327-340.
- **JULLIEN, M.**, 1838, Rapport sur les espèces de poissons particulières au département de l'Isère (extrait de l'Annuaire du département de l'Isère, années 1811 et 1812), *Bulletin de la Société de Statistique des sciences naturelles et des arts industriels du département de l'Isère*, Tome I, p. 138-145.
- **KREITMANN, L.**, 1930, Extension d'espèces en eaux libres, *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 26, p. 31-34.
- **KREITMANN, L.**, 1935-1937, Étude hydrobiologique et aménagement piscicole de trois lacs du Jura utilisés industriellement, *Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, 27/29(1), p. 81-176.
- **LAMBERT, A.**, 1997, The introduction of freshwater fish species in continental areas. "What about their parasites?", *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, n° 344-45, p. 323-333.
- **LAMBERT, E.**, 2008, *Plantes exotiques envahissantes. Synthèse bibliographique*, CERE/UCO, Comité des Pays de la Loire, Gestion des plantes exotiques envahissantes, GIS « Macrophytes des Eaux continentales », Angers, 89 p.
- **LAMOUREUX, N. et al.**, 2006, Fish community changes after minimum flow increase: testing quantitative predictions in the Rhone River at Pierre-Benite, France, *Freshwater Biology*, 51(9), p. 1730-1743.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

- ▣ **LARINIER, M. et al.**, 1978, Possibilités de franchissement du seuil de Beaucaire par les aloses du Rhône, *Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture*, 268(1), p. 107-120.
- ▣ **LE ROUX, M.**, 1907-1908, Recherches biologiques sur le lac d'Annecy, *Annales de Biologie Lacustre*, n° 2, p. 220-387.
- ▣ **LEGER, L.**, 1925, Acclimatation de l'omble chevalier dans les lacs alpins de haute altitude, *Travaux du Laboratoire de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, 17(1), p. 7-15.
- ▣ **LEGER, L.**, 1913, Essai sur la mise en valeur piscicole des lacs alpins de haute altitude. Expériences et conclusions, *Travaux du Laboratoire de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, 5(1), p. 1-25.
- ▣ **LEGER, L.**, 1927, Étude hydrobiologique pour servir à l'aménagement et à la restauration piscicoles du lac de Nantua, *Travaux du Laboratoire d'Hydrobiologie et de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, 19(1), p. 5-79.
- ▣ **LEGER, L.**, 1945-1948, Étude sur l'hydrobiologie et l'économie piscicoles du département du Rhône avec une carte et un graphique, *Travaux du Laboratoire de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, n°s 37/40, p. 1-14.
- ▣ **LEGER, L.**, 1909, Poissons et pisciculture dans le Dauphiné, *Travaux du Laboratoire de Pisciculture de l'Université de Grenoble*, n° 1, p. 18-91.
- ▣ **LIEBAULT, F., PIEGAY, H.**, 2002, Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France, *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(4), p. 425-444.
- ▣ **LUNEL, G.**, 1874, *Histoire naturelle des poissons du bassin du Léman*, Genève, Georg, 20 pls, 212 p.
- ▣ **MAGNIN, A.**, 1904, *La végétation des lacs jurassiens. Monographies botaniques de 74 lacs jurassiens, suivies de considération générales sur la végétation lacustre*, Paris, Paul Klincksieck, 426 p.
- ▣ **McLAUGHLIN, R.L. et al.**, 2001, Potentials and pitfalls of integrating data from diverse sources: Lessons from a historical database for Great Lakes stream fishes, *Fisheries*, 26(7), p. 14-23.
- ▣ **OLIVIER, J.-M. et al.**, 2009, The Rhône River Basin, in : *Rivers of Europe*, TOCKNER, K., UEHLINGER, U., ROBINSON, C.T., Editors, Academic Press, Elsevier, London, p. 247-295.
- ▣ **PAILLEX, A. et al.**, 2009, Large river floodplain restoration: predicting species richness and trait responses to the restoration of hydrological connectivity, *Journal of Applied Ecology*, 46(1), p. 250-258.
- ▣ **PASCAL, M. et al.**, eds., 2003, *Évolution holocène de la faune de Vertébrés de France : invasions et disparitions*, Institut national de la recherche agronomique, Centre national de la recherche scientifique, Muséum national d'histoire naturelle Rapport au ministère de l'Écologie et du Développement durable (Direction de la Nature et des Paysages), Paris, France, Version définitive du 10 juillet 2003, 381 p.
- ▣ **PAULY, D.**, 1995, Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries, *Trends in Ecology & Evolution*, 10(10), p. 430-430.
- ▣ **PAULY, D.**, 2001, Importance of the historical dimension in policy and management of natural resource systems, in : *Proceedings of the INCO-DEV International Workshop on Information Systems for Policy and Technical Support in Fisheries and Aquaculture*, FEOLI, E., NAUEN, C.E., Editors, ACP-EU Fisheries Research Initiative, Brussels, p. 5-10.
- ▣ **PERRIN, J.-F. et al.**, 2001, L'apron, poisson endémique du Rhône, est-il sauvé ? in : *Scientifiques & décideurs. Agir ensemble pour une gestion durable des systèmes fluviaux*, Lyon, France, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse.
- ▣ **PIEGAY, H. et al.**, 2009, Census and typology of braided rivers in the French Alps, *Aquatic Sciences*, n° 71, p. 371-388.
- ▣ **POIREL, A., OLIVIER, J.-M., CARREL, G.**, 2008, Le Rhône se réchauffe-t-il ?, in : *Le Rhône en 100 questions*, BRAVARD J.-P., CLEMENS, A., Editors, GRAIE, Villeurbanne, France, p. 52-55.
- ▣ **PONT, D. et al.**, 2006, Assessing river biotic condition at a continental scale: a European approach using functional metrics and fish assemblages, *Journal of Applied Ecology*, 43(1), p. 70-80.
- ▣ **PONT, D., BELLIARD, J., CARREL, G.**, 2009, River trajectories and river management. What can we learn from historical studies? in : *World Congress of Environmental History 2009, "Local Livelihoods And Global Challenges: Understanding Human Interaction With The Environment"*, Copenhagen, Denmark, August 4-8, 2009.
- ▣ **RAMEYE, L. et al.**, 1976, Aspect de la biologie de l'aloise du Rhône. Pêche et difficultés croissantes de ses migrations, *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 263, p. 51-76.
- ▣ **ROCHARD, E. et al.**, 2009, Identification of diadromous fish species on which to focus river restoration: an example using an eco-anthropological approach (the Seine basin, France), in : *Challenges for diadromous fishes in a dynamic global environment*, Bethesda, USA, American Fisheries Society.

BIBLIOGRAPHIE COMPLÉMENTAIRE

- **ROGER, M.-C., FAESSEL, B., LAFONT, M.**, 1991, Impact thermique des effluents du Centre de Production Nucléaire du Bugey sur les invertébrés benthiques du Rhône, *Hydroécologie Appliquée*, 3(1), p. 63-110.
- **RONDELET, G.**, 2006, *La première [-seconde] partie de l'histoire entière des poissons, composée premièrement en latin par maistre Guillaume Rondelet Docteur regent en medecine en l'Université de Mompelier. Maintenant traduites en françois sans avoir rien omis estant necessaire à l'intelligence d'icelle. Avec leurs pourtraits au naïf*, Vol. Strasbourg : SCD de l'Université Louis Pasteur, 2 t. en 1 vol. ([12]-418-[14] ; [4]-181-[1bl.-8-1bl.] p.) : ill. gr.s.b. ; in-4. 1558, Lion: Mace Bonhome A la Masse d'Or, achevé d'imprimer 1558.
- **STATZNER, B., HILDREW, A.G., RESH, V.H.**, 2001, Species traits and environmental constraints: Entomological research and the history of ecological theory, *Annual Review of Entomology*, 2001, n° 46, p. 291-316.
- **STODDARD, J.L. et al.**, 2006, Setting expectations for the ecological condition of streams: The concept of reference condition, *Ecological Applications*, 16(4), p. 1267-1276.
- **TRIPPIER, L.**, 1902, Étude des eaux et de la pêche dans le département de l'Ain (I-V), *Annales de la Société d'Emulation de l'Ain*, n° 35, p. 321-377.
- **USSEGLIO-POLATERA, P.**, 1985, *Évolution des peuplements de Trichoptères et d'Ephéméroptères du Rhône à Lyon (1959-1982) : résultats de piégeage lumineux*, Université de Lyon, Villeurbanne, 2 vol., 259 p. et 203 p.
- **VALLEE, L.-L.**, 1843, *Du Rhône et du lac de Genève ou des grands travaux à exécuter pour la navigation du Léman à la mer*, Paris, Librairie Scientifique-Industrielle de L. Mathias (Augustin), 303 p.
- **VALLOT, J.-N.**, 1837, *Ichthyologie française, ou histoire naturelle des poissons d'eau douce de la France*, Dijon, Imprimerie E. Frantin, 321 p.
- **VANDEN BERGHEN, C.**, 1969, La végétation amphibie des rives des étangs de la Gascogne, *Bulletin du Centre d'Etudes et de Recherches Scientifiques*, Biarritz, 7(4), p. 893-963.
- **VERGON, J.-P., BARBE, J., MASSON, J.-P.**, 1976-1977, Observations et données écologiques récentes sur quelques lacs du Jura central, *Bulletin de la Fédération des Sociétés d'Histoire Naturelle de Franche-Comté*, n° 78, p. 51-63.
- **WARNER, R.F.**, 2000, Gross channel changes along the Durance River, Southern France, over the last 100 years using cartographic data, *Regulated Rivers – Research & Management*, n° 86, p. 141-157.
- **WASSON, J.-G.**, 2001, *Actes du séminaire « État écologique des milieux aquatiques continentaux »*, Cemagref Éditions, Lyon, 20-21 mars 2001, 187 p.
- **ZAUNER, G.**, 1996, *Ökologische Studien an Perciden der oberen Donau*, ed. B.a.E.S. 9. Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wilfried Morawetz & Hans Winkler, 35 p.
- **ZYLBERBLAT, M.**, 1992, *Schéma de vocation piscicole du fleuve Rhône – Rapport de synthèse*, Ministère de l'Environnement, Délégation de Bassin Rhône-Méditerranée-Corse, Service de la Navigation Rhône-Saône, Lyon, 202 p.