Evolution à long terme de l'état écologique des cours d'eau du bassin de la Seine

Sarah Beslagic[1,2], Evelyne Tales[1], Olivier Delaigue[1], Laurens Van Buuren[1] et Jérôme Belliard [1*]

1 Irstea UR Hydrosystèmes et bioprocédés, 1 rue Pierre-Gilles de Gennes, CS 10030, 92761 Antony cedex

2 UMR 7041 ArScAn, Archéologies environnementales, Université Paris 1

*jerome.belliard@irstea.fr

Dans ce travail, l'état écologique des cours d'eau est abordé par l'examen des peuplements de poissons. Il peut être défini à un moment donné, mais il est en tout cas soumis à des évolutions. En étudiant l'évolution des peuplements de poissons à deux échelles de temps, sur le long terme depuis la fin du 18è siècle et sur le moyen terme depuis les années 1970, il est possible de reconstituer la trajectoire d'évolution passée de l'état écologique. La connaissance de cette évolution est le préalable nécessaire pour viser à son amélioration à l'avenir, en contribuant notamment à la définition de situations de référence.

Évolution des peuplements de poissons : le bassin de la Seine au cours des deux derniers siècles

Introduction

L'objectif du présent travail est de rendre compte des mécanismes d'évolutions de la distribution des espèces piscicoles sur le temps long en interaction avec les différentes actions anthropiques sur le cours d'eau[1].

Le contexte géographique dans lequel s'inscrit ce travail est celui du bassin de la Seine. Espace largement anthropisé et ce depuis de nombreux siècles, le bassin de la Seine se prête à une telle étude. Par ailleurs, de nombreuses recherches écologiques sur les poissons sont réalisées actuellement. Il a donc semblé évident, étant donné le manque de données se rapportant aux poissons sur le temps long (notamment dans les cours d'eau et contrairement aux étangs qui font déjà l'objet d'études), qu'un travail croisant deux types d'approches, historique et écologique, avait ici sa place.

Quant au choix de l'échelle temporelle, nous nous sommes limités aux deux derniers siècles. D'abord parce que les sources écrites plus anciennes peuvent ne pas être totalement fiables ; il est évident que plus on remonte dans le temps, plus la possibilité que les textes soient erronés, mal retranscrits ou tout simplement douteux, est forte. Ensuite, étant donné le nombre important de documents à traiter et le

[1] Au-delà du Programme PIREN-Seine ce travail a également bénéficié d'un soutien financier de l'ONEMA, notamment pour tout ce qui concerne la phase de recueil de données. Il s'inscrit en outre dans le projet de thèse mené par Sarah Beslagic à l'Université Paris 1.

temps imparti pour ce travail, il a fallu se limiter à un intervalle chronologique précis. Ainsi avons-nous choisi de ne prendre en compte que les données postérieures à la révolution française. Historiquement, on se place dans la période contemporaine qui couvre les 19e et 20e siècles.

Les sources

Ce travail se base essentiellement sur la collecte de données issues des sources écrites. Ce sont, ainsi, des milliers de documents qui ont été consultés au sein des Archives nationales et départementales ainsi que dans diverses bibliothèques. Sur ces sources potentielles, 282 ont pu être exploitées (il est à noter que beaucoup d'archives recèlent des données sur les cours d'eau en général mais celles qui livrent des informations sur les espèces de poissons présentes dans un cours d'eau sont généralement éparses et beaucoup moins nombreuses). Parmi ces 282 sources, une moitié est composée de documents imprimés, l'autre moitié de sources manuscrites dont une importante proportion de documents administratifs (e.g. rapports).

Plus précisément, ces sources manuscrites ont été versées par les ministères de l'Agriculture et des Travaux publics. Ce sont des documents d'enquête ministériels, produits par des institutions de l'État tels que les Ponts et Chaussées et les Eaux et Forêts, deux grands corps techniques en charge de l'aménagement du territoire pour la période qui nous intéresse. Ces documents concernent principalement :

- la législation de la pêche fluviale ;
- l’application de la réglementation de la pêche ;
- au repeuplement des eaux ;
- au contrôle des espèces (alose, esturgeon, lamproie, saumon) ;
- et d’une façon plus large, à la protection des poissons.

Compte tenu de la nature de ces sources et de leur provenance, nous pouvons estimer que près de 90 % des données sont fiables et 9 % semblent en partie certaines. La part de renseignements qui apparaissent comme douteux semble être minime et il s'agit bien souvent de simples témoignages qui n'ont pu être vérifiés.

La base de données

Une base de données historiques a été élaborée qui recense les observations (présence ou absence) d'espèces piscicoles entre la fin du 18e siècle et le début du 20e siècle. Ces informations sont accompagnées de renseignements sur l'introduction ou la disparition de certaines espèces, les dates et lieux de fraye, les dates de remontées et de descentes des migrateurs, ainsi que les limites amont des remontées.

La majeure partie des informations ont été relevées dans les cours d'eau (80 %), le reste étant réparti entre les canaux et les plans d'eaux (étangs, lacs)

Les cours d'eau les mieux documentés sont d'abord la Seine, qui comptabilise 25 % des références, puis les affluents directs : l'Yonne, la Marne, l'Oise, ainsi que d'autres cours d'eau de la Bourgogne et de la Haute-Normandie — régions assez bien documentées du point de vue historique (figure 1).

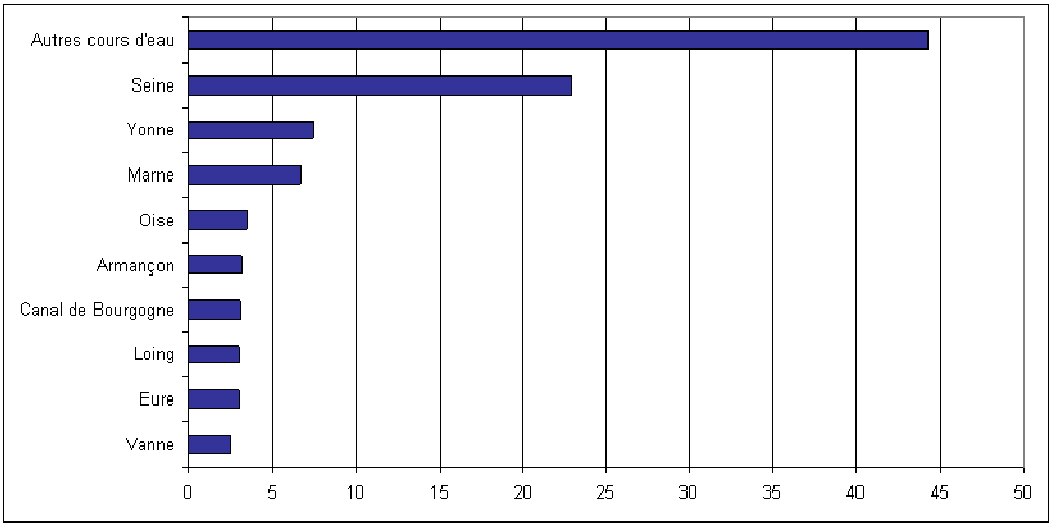

Figure 1 : Cours d'eau ayant livré le plus d'informations

La plupart des espèces identifiées sont assez communes dans le bassin de la Seine (figure 2). Ce sont également des espèces préférentiellement capturées par les pêcheurs pour la consommation. En termes de nombre d'observations, la truite est l'espèce la plus citée, suivie du saumon atlantique, de la perche, du brochet et de l'anguille. Ces poissons, très prisés des pêcheurs, font également l'objet d'une attention particulière au cours des siècles passés de la part des institutions en charge de la protection du poisson (enquêtes sur la disparition de certaines espèces, tentatives de repeuplement, etc.). Viennent ensuite des espèces telles que le chevaine, le goujon, la brème commune et la tanche. Les cyprinidés, notamment les différentes sortes de carpes qui n'ont pu être différenciées, représentent également un nombre important d'observations.

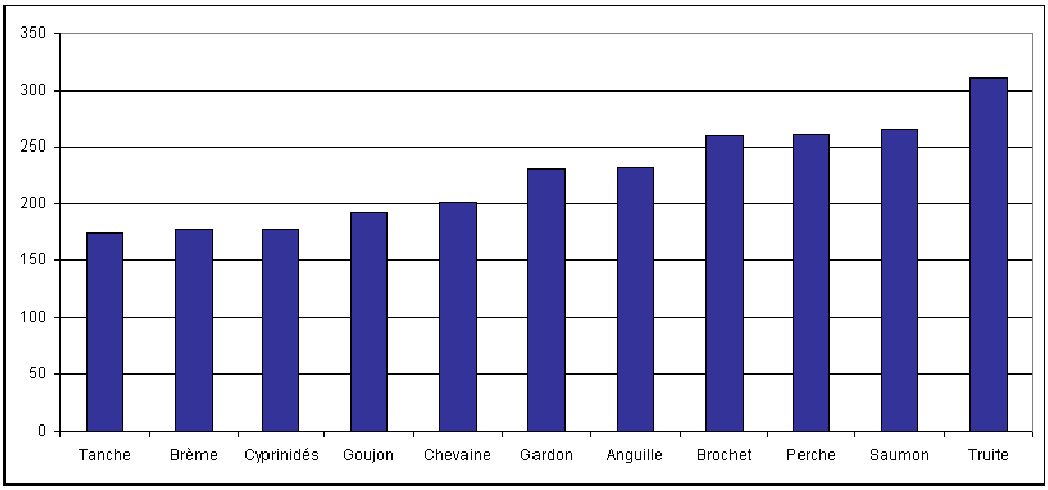

Figure 2 : Principales espèces piscicoles mentionnées dans les sources historiques (nombre total d'observations pour chaque espèce)

Apport des données historiques dans la compréhension des évolutions des peuplements de poissons : le cas des migrateurs

Les données historiques que nous avons collectées sont en cours d'analyse. Certaines ont fait l'objet d'un traitement cartographique.

Pour certaines espèces de migrateurs, nous avons réalisé des cartes illustrant l'évolution de leur aire de répartition dans le bassin de la Seine. Les deux espèces choisies ici sont le saumon atlantique et la grande alose (Figure 3).

Grâce à ces données, nous pouvons mettre en évidence les principaux axes migratoires actifs du saumon atlantique et de l'alose au cours du 19e siècle ; les cours d'eau où leur présence était plus sporadique ainsi qu'un certain nombre de zones de repeuplement déjà mises en place au 19e siècle.

Pouvoir suivre sur le temps long et à différents pas de temps la distribution des espèces dans le bassin de la Seine permet d'avoir une image plus précise des phénomènes ayant eu une action sur la répartition des poissons. Par exemple, dans le cas des migrateurs et en particulier du saumon, la construction des barrages en zone aval de la Seine a été l'un des facteurs majeurs dans le phénomène de raréfaction jusqu'à sa disparition complète au milieu des années 1950. Le barrage de Poses mis en service en 1885, est à l'origine de cette chute de la représentation des espèces migratrices dans les cours d'eau. Dans la première décennie du 20e siècle, on ne capture plus que quelques dizaines de kilogrammes de saumons dans la Seine alors que ce chiffre s'élève à 57 tonnes pour le bassin de la Loire (Euzenat et *a*l., 1992). Ne pouvant plus accéder aux zones de frayères situées en amont du bassin, l'espèce disparait. Plus tard, dans les années 1970, d'importantes crises anoxiques ont lieu à l'aval de la station d'épuration d'Achères qui sont responsables de la disparition des migrateurs au cours de cette période (Rochard et *al*, 2005). Aujourd'hui, le saumon semble de nouveau remonter la Seine, au moins jusqu'en aval de Paris. Des captures sont régulièrement réalisées : en 2008, par exemple, 159 saumons ont franchi la passe à poissons du barrage de Poses. Concernant l'alose, elle semble avoir déserté le bassin de la Seine au cours de la première moitié du 20e siècle. On ne relève alors plus sa présence dans les cours d'eau qu'elle fréquentait encore à la fin du 19e siècle, comme l'Oise, l'Aisne, la Marne, l'Aube ou encore l'Yonne. Aujourd'hui, la situation semble avoir quelque peu évolué puisque l'alose recolonise, bien que timidement, le bassin de la Seine. Elle est présente dans la Seine, depuis l'estuaire jusqu'en aval du barrage de Poses. Par ailleurs, des captures sont signalées dans le grand Morin et plus en amont dans la Seine, ainsi que des preuves de reproduction ; signe que cette espèce pourrait peut-être recoloniser le bassin de façon "durable".

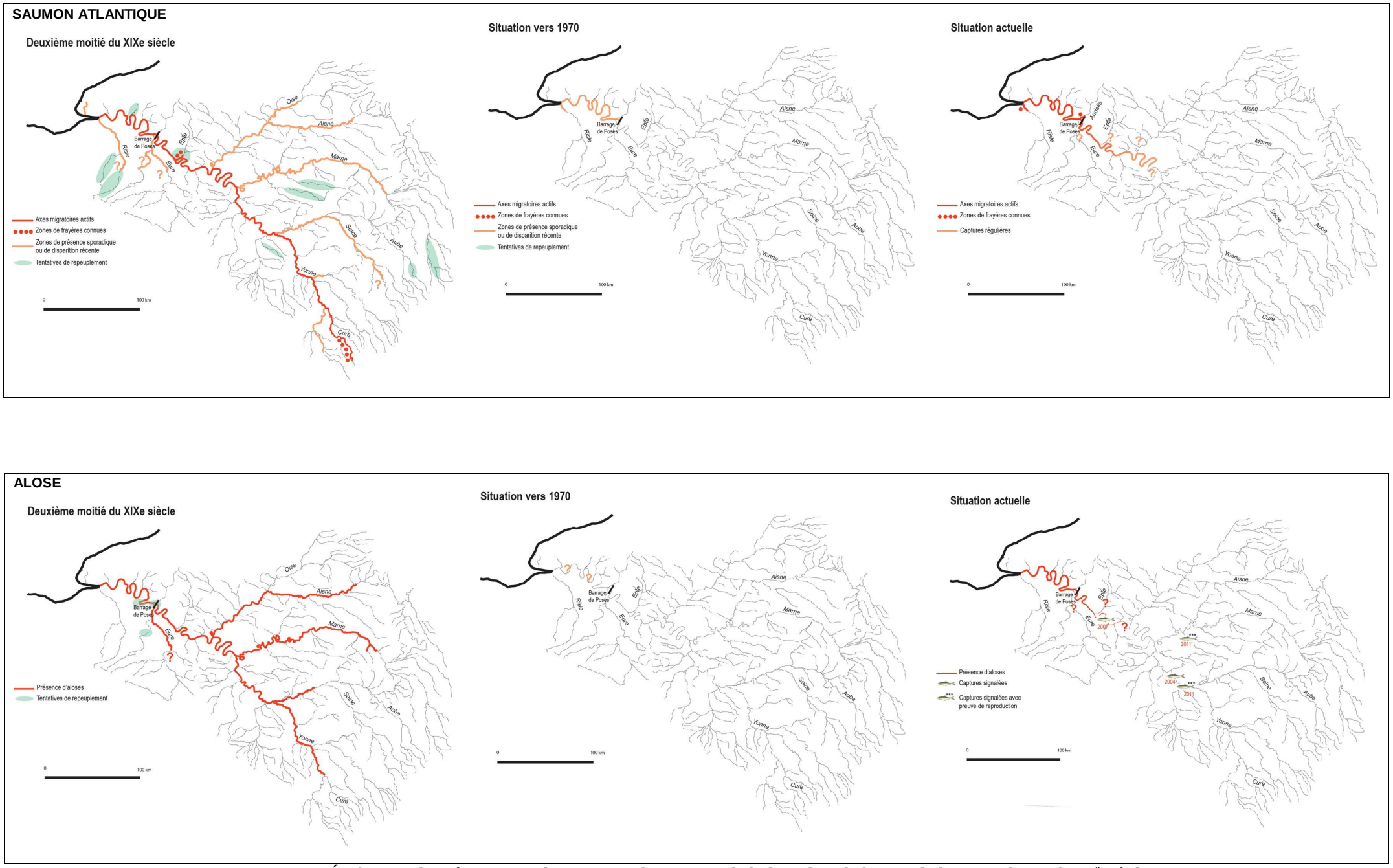

Figure 3 : Évolutions des répartitions du saumon atlantique et de l'alose dans le bassin de la Seine depuis le 19e siècle

Exemples d'évolutions locales

Afin de suivre plus en détail l'évolution des espèces sur certains cours d'eau, nous avons utilisé un indicateur synthétique (Itypo) (Belliard, 1994) basé sur la part relative des espèces limnophiles par rapport aux espèces rhéophiles. Il a été calculé en prenant en compte les données historiques, pour lesquelles nous avons des précisions d'abondance, et des données de pêches actuelles. Cet indicateur traduit des modifications fonctionnelles des peuplements : sa valeur est d'autant plus grande que les espèces limnophiles sont bien représentées.

Comme exemples, nous avons choisi des cours d'eau de petite et moyenne taille situés en Bourgogne dans le département de l'Yonne (figure 4). Sur le Créanton, le plus petit des trois cours d'eau, les résultats indiquent qu'entre la période 1850-1900 et la période 2000-2010, la proportion des espèces limnophiles a considérablement régressé. Sur l'Ouanne, la proportion des espèces rhéophiles est plus importante aujourd'hui et certaines espèces de zone amont font leur apparition (la truite fario, la lamproie de Planer, la vandoise et le chevaine par exemple). Sur l'Armançon, le plus grand des trois cours d'eau, les évolutions semblent un peu plus stables mais on note néanmoins une régression des espèces limnophiles aujourd'hui. Au travers de ces trois cas, les modifications apparaissent d'autant plus importantes que le cours d'eau est petit. Cette tendance reste toutefois à confirmer via des analyses sur d'autres secteurs.

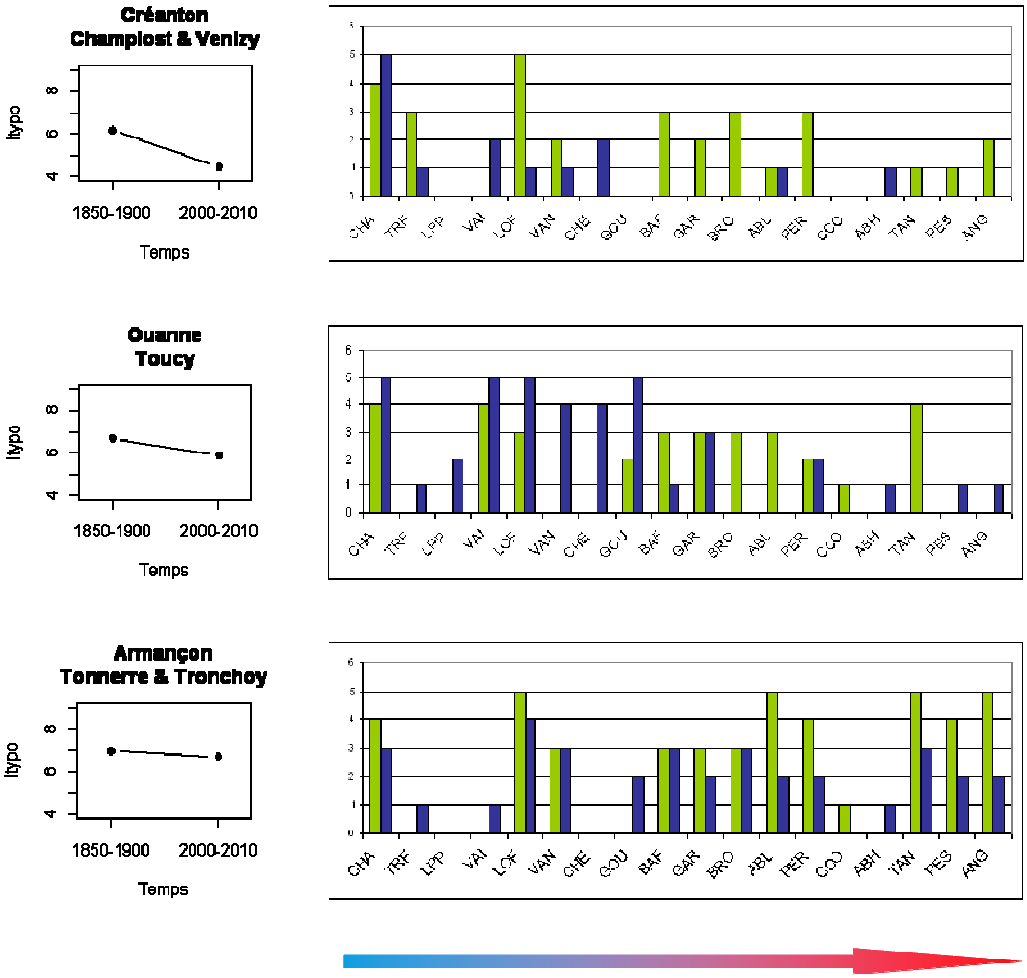

Figure 4 : Indicateur Itypo et distribution des abondances des espèces piscicoles pour trois cours d'eau (en vert : données historiques, en bleu : données actuelles ; les abondances sont codées de 1 à 5. La flèche indique le gradient croissant de limnophilie des espèces)

Conclusion

Ces résultats, bien que préliminaires, montrent l'intérêt de l'utilisation des données historiques. Ils permettent d'appréhender au mieux les phénomènes à l'origine des changements de répartition des espèces piscicoles. Ils amènent également à s'interroger sur la notion de référence, largement mise en avant dans les orientations actuelles en matière de politique de l'eau (e.g. la directive-cadre sur l'eau), et sur la place que peuvent prendre ces éléments historiques pour aider à préciser les objectifs de restauration. L'analyse des données historiques se poursuit actuellement. À terme, nous espérons pouvoir mieux comprendre les mécanismes de colonisation de certaines espèces allochtones et aider à la conservation ou la restauration d'espèces rares.

Evolution contemporaine des peuplements de poissons dans la Seine

Sites d'étude

Le secteur étudié, long de près de 400 km, est l'axe Seine, compris entre Marnay sur Seine à l'amont (Aube) et Caudebec, à l'aval (Seine Maritime) (figure 5). La période d'études s'étend entre 1975 et 2008. Ce secteur est relativement homogène concernant ses caractéristiques géomorphologiques car il est aménagé pour la navigation quasiment dans son intégralité, cet aménagement étant antérieur à la période étudiée. Excepté trois stations, les plus en amont, l'ensemble des stations est donc altéré du fait de cet aménagement.

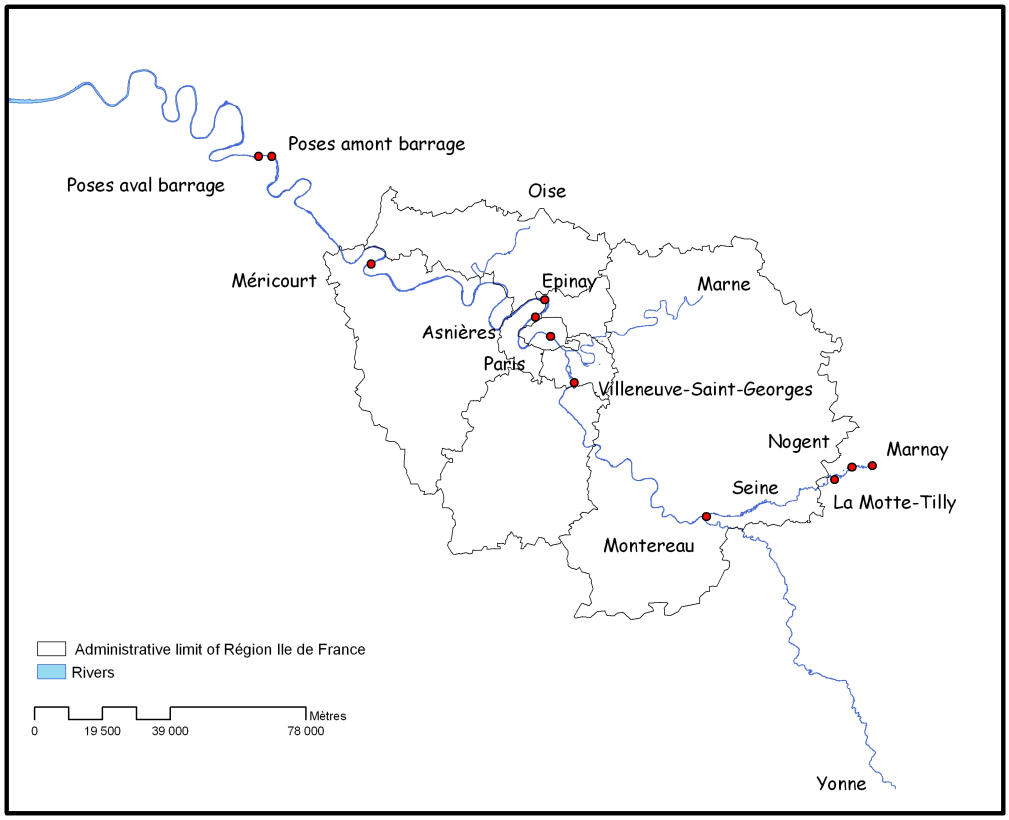

Figure 5: Localisation des principales stations dans le secteur d'études, l'axe Seine.

En revanche, il existe un gradient de dégradation de la qualité physico-chimique en liaison avec la présence de l'agglomération parisienne. Cette situation a toutefois évolué au cours de la période étudiée. Dans les années 1970, l'agglomération parisienne compte 10 millions d'habitants, dont les rejets d'eaux usées ne sont que partiellement traités à la station d'épuration d'Achères (Seine aval), ce qui entraîne la désoxygénation de la Seine notamment à l'aval de Paris (figure 6). Au cours de la période étudiée, la collecte et le traitement des eaux usées ont beaucoup progressé, améliorant ainsi la teneur en oxygène de la Seine (Billen et al 2009). De nouvelles stations d'épuration ont été mises en service, notamment Seine amont en 1987 et Seine centre en 1998, contribuant naturellement à cette amélioration (figure 6). Toutefois, des surverses des égouts se rejetant dans la Seine persistent, notamment en aval proche de Paris, et peuvent par moment continuer à altérer l'oxygénation de la Seine (Even et al 2007).

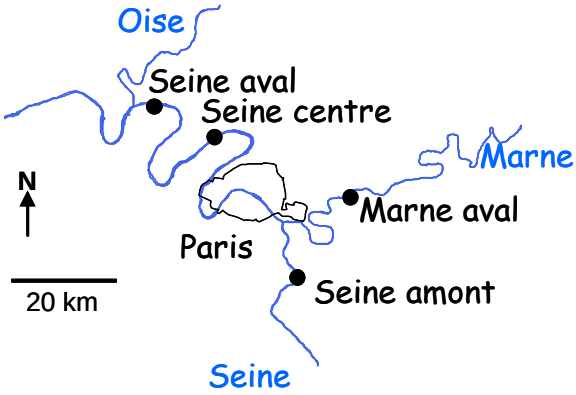

Figure 6: Localisation des 4 stations d'épuration de l'agglomération parisienne en service en 2000

Données sources

Les données utilisées sont issues de bases de données d'échantillonnage des peuplements de poissons réalisés par le Cemagref et l'Onema, entre 1975 et 2008. Au total, le peuplement de poissons a été échantillonné dans 57 stations, lors de 494 opérations de pêche (une opération de pêche correspond à une station pêchée à une date donnée) (figure 7). La fréquence d'échantillonnage des stations est très variable, certaines stations n'ayant été échantillonnée qu'une seule fois sur toute la période considérée. C'est entre 1990 et 2000 que le nombre de pêches par année est le plus important en raison à la fois du nombre de stations prospectées et de la fréquence annuelle d'échantillonnage (figure 8). Toutefois, 11 stations ont fait l'objet d'un recueil régulier de données durant cette période (figure 5).

La méthode d'échantillonnage utilisée, la pêche électrique en bateau, est identique pour toutes les stations. Dans ce type de grand cours d'eau, en général, seules les berges sont prospectées depuis le bateau.

Les données recueillies consignent le nombre d'individus capturés par espèce à chaque date, dans chaque station, ainsi que des données relatives aux conditions de pêche, l'effort de pêche notamment, exprimé en temps de pêche ou en surface prospectée.

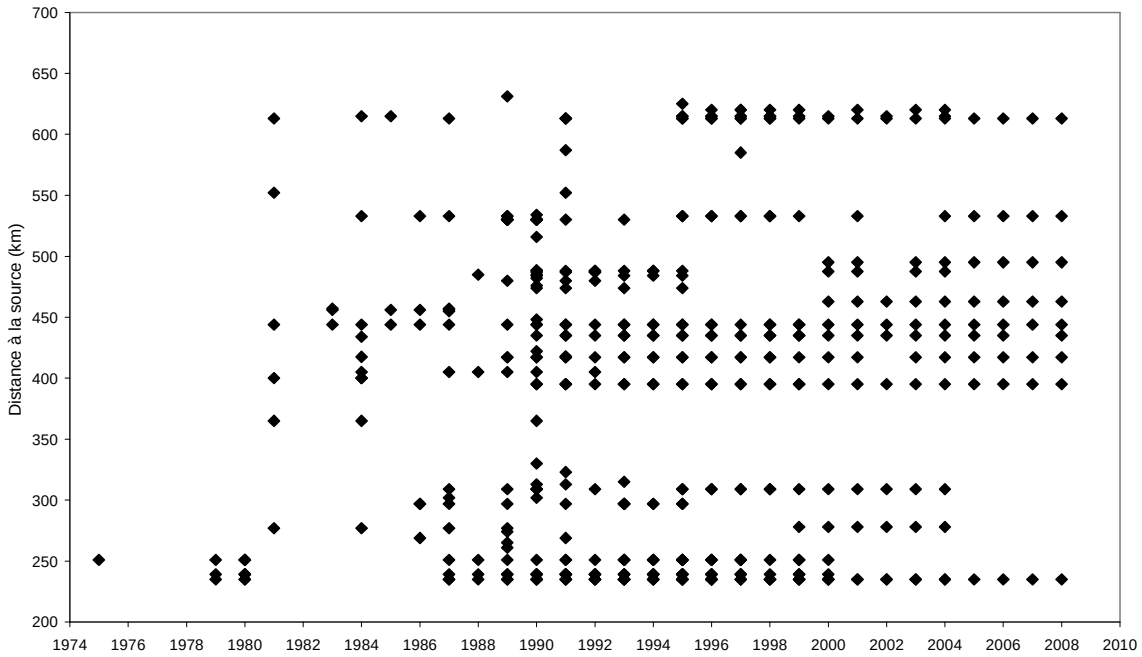

Figure 7: Répartition spatiotemporelle des opérations de pêche

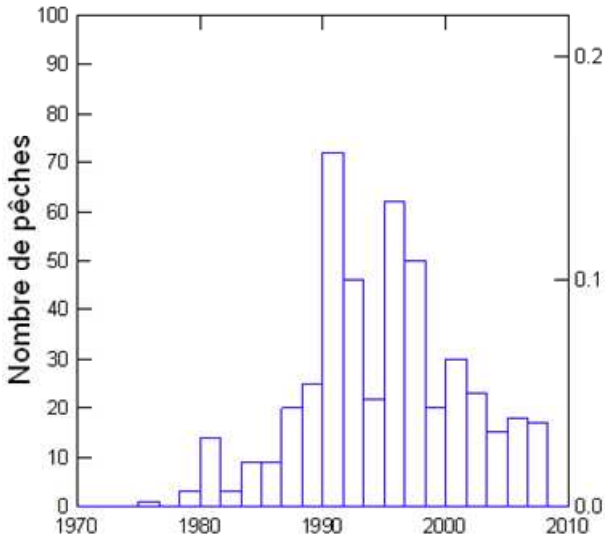

Figure 8: Nombre de pêches effectuées selon l'année au cours de la période étudiée 1975-2008.

Analyses

Il s'agit de quantifier l'évolution temporelle des peuplements de poissons dans ce secteur de la Seine. Deux variables peuvent être considérées à cet effet:

- la richesse spécifique, c'est-à-dire le nombre d'espèces capturées en un lieu donné (combien d'espèces ?)
- la composition en espèces qui tient compte de la nature du peuplement et de l'abondance des espèces (quelles espèces et dans quelles proportions ?)

La première variable est obtenue simplement à partir des listes de captures par espèce et par station.

Pour étudier la composition en espèces, il a été décidé d'utiliser un bioindicateur récemment développé à l'échelle européenne, l'indice poisson européen EFI+ (New European Fish Index, EFI+ Consortium, 2009). C'est un indice multimétrique qui a été développé pour répondre aux objectifs d'évaluation de la qualité des cours d'eau de la directive cadre européenne. Comme tous les indices compatibles avec la DCE, sa valeur mesure un écart entre la situation observée et la situation de référence établie par modélisation. Il varie potentiellement de 0 à 1.

Son calcul nécessite trois types de données:

- des données de pêche telles que les données dont nous disposons, avec toutefois une indication de taille individuelle (2 classes de taille < ou > à 150 mm).
- des données environnementales relatives à la station de pêche ou au tronçon de cours d'eau pêché (distance à la source, températures, etc.)
- des données liées à l'échantillonnage (effort de pêche, méthode, etc.)

Selon le type de cours d'eau considéré, salmonicole ou cyprinicole, des métriques et indices différents sont calculés. Le peuplement de poissons du secteur étudié étant typiquement cyprinicole, ce sera cet indice qui sera calculé, et qui inclut la détermination de 2 métriques liées à l'habitat de reproduction des espèces: le nombre d'espèces rhéophiles et la densité d'espèces lithophiles.

Le calcul d'EFI+ se fait automatiquement grâce à une application logicielle accessible sur la page web du projet (**http://efi-plus.boku.ac.at/software**). Toutes les variables d'entrée, biologiques et environnementales sont importées dans une feuille Excel préformatée. De même, les valeurs d'EFI+ calculées sont fournies dans une feuille Excel.

Il a été nécessaire de s'adapter au calcul d'EFI+ dans les cas où nous ne disposions pas de toutes les données d'entrée. Concernant la variable classe de taille par exemple, par défaut tous les individus capturés ont été considérés comme des adultes, c'est-à-dire de taille supérieure à 150 mm. Il est difficile d'estimer a priori le biais lié à cette approximation. Cependant, comme la plupart des pêches ont été effectuées au printemps ou en début d'été, avant l'apparition des jeunes individus, la probabilité pour qu'il y ait effectivement beaucoup d'individus de taille <150 mm est faible. Une autre donnée d'entrée nécessaire au calcul d'EFI+ est l'effort de pêche exprimé en surface prospectée. Or, cette information n'était pas homogène pour nos échantillonnages puisqu'il était noté soit un temps de pêche soit une surface pêchée. Il a été remédié à ce problème en calculant la relation linéaire "surface pêchée versus temps de pêche" pour un jeu de données réduit dans lequel les deux informations étaient renseignées simultanément ($n=41$; $r^2=0.901$; $p<0.001$; surface(m^2)=29.011*temps(min)). La surface pêchée a pu ainsi être estimée quelle que soit l'opération de pêche considérée.

Résultats

Un total de 114749 individus représentant 45 espèces a été capturé pour l'ensemble des 57 stations jalonnant le secteur d'étude au cours de la période étudiée 1975-2008 (tableau 1).

La richesse spécifique est très variable selon les opérations de pêche. Comprise entre 1 et 22 espèces par opération de pêche, elle est en moyenne de 10 espèces. Il en est de même pour les valeurs de EFI+ qui varient de 0.17 à 1 avec une moyenne de 0.57 par opération de pêche.

Tableau 1: Occurrence et effectifs des espèces capturées sur l'axe Seine entre 1975 et 2008.

Espèces d'eau douce

Famille	Nom scientifique	Nom commun	Occurrence	Effectifs
Cyprinidae	*Abramis brama*	Brème	282	1978
	Alburnoides bipunctatus	Spirlin	36	291
	Alburnus alburnus	Ablette	354	19638
	Barbus barbus	Barbeau	123	590
	Blicca bjoerkna	Brème bordelière	188	1787
	Carassius carassius	Carassin	23	80
	Chondrostoma nasus	Hotu	164	1195
	Cyprinus carpio carpio	Carpe	133	297
	Gobio gobio	Goujon	294	4265
	Leucaspius delineatus	Able	2	2
	Leuciscus idus	Ide	3	5
	Leuciscus leuciscus	Vandoise	139	972
	Phoxinus phoxinus	Vairon	15	892
	Pseudorasbora parva	Pseudorasbora	2	4
	Rhodeus amarus	Bouvière	104	1566
	Rutilus rutilus	Gardon	479	50087
	Scardinius erythrophthalmus	Rotengle	318	2325
	Squalius cephalus	Chevesne	412	8062
	Tinca tinca	Tanche	169	618
Esocidae	*Esox lucius*	Brochet	218	1686
Cobitidae	*Cobitis taenia*	Loche de rivière	43	89
Balitoridae	*Barbatula barbatula*	Loche franche	58	776
Siluridae	*Silurus glanis*	Silure	26	81
Ictaluridae	*Ameiurus melas*	Poisson chat	71	1245
Gadidae	*Lota lota*	Lote	59	231
Gasterosteidae	*Gasterosteus aculeatus*	Epinoche	29	290
	Pungitius pungitius	Epinochette	3	10
Percidae	*Gymnocephalus cernua*	Grémille	81	329
	Perca fluviatilis	Perche	421	6266
	Sander lucioperca	Sandre	123	507
Centrarchidae	*Lepomis gibbosus*	Perche soleil	156	1079
	Micropterus salmoides	Black bass	6	10
Cottidae	*Cottus gobio*	Chabot	59	700
Petromyzonidae	*Lampetra planeri*	Lamproie de Planer	10	41
Salmonidae	*Salmo trutta fario*	Truite fario	20	122
	Oncorhynchus mykiss	Truite arc-en-ciel	6	6
	Thymallus thymallus	Ombre	1	2

Espèces diadromes

Famille	Nom scientifique	Nom commun	Occurrence	Effectifs
Petromyzonidae	*Lampetra fluviatilis*	Lamproie fluviatile	1	1
Salmonidae	*Salmo trutta trutta*	Truite de mer	1	1
Anguillidae	*Anguilla anguilla*	Anguille	421	6867
Pleuronectidae	*Platichthys flesus*	Flet	18	134
Mugilidae	*Chelon labrosus* *	Mulets	2	4
	Liza ramada		5	250
Moronidae	*Dicentrarchus labrax* * (o)	Bar	2	2
Gobiidae	*Pomatoschistus minutus* * (o)	Gobie	4	61

(o) espèces exclusivement estuariennes

Evolution longitudinale des peuplements de poissons

Compte tenu du contexte d'étude, un préalable nécessaire consiste à examiner les variations de la richesse spécifique et des valeurs de EFI+ selon le gradient longitudinal influencé par la présence de l'agglomération parisienne, indépendamment du facteur temps. L'axe Seine est donc découpé en 3 secteurs, cohérents avec ce gradient:

- secteur amont: jusqu'en amont de Villeneuve St Georges
- Paris: à partir de Villeneuve St Georges jusqu'à Andrésy (confluence avec l'Oise, aval immédiat de Seine aval)
- secteur aval: de l'aval d'Andrésy jusqu'à l'estuaire.

Le long de ce gradient une tendance à la diminution de la richesse spécifique, à effort de pêche équivalent, est observée de l'amont vers l'aval, indiquant une dégradation du peuplement de poissons (figure 9). Cette diminution est significative entre les secteurs.

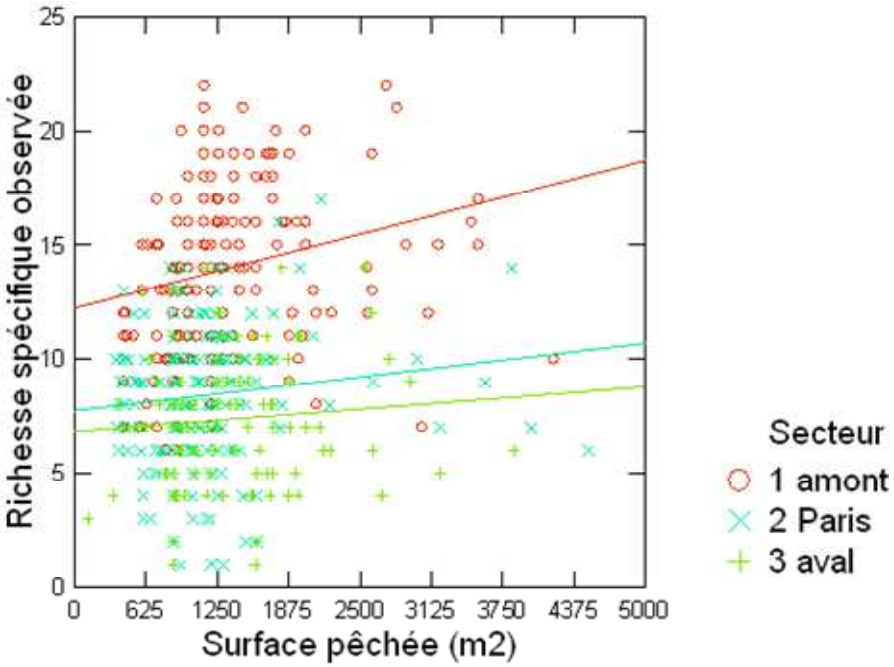

Figure 9: Variations de la richesse spécifique en fonction de l'effort de pêche dans les trois secteurs: 1 amont (n=185), 2 Paris (n=195) et 3 aval (n=114). Les droites figurent les tendances moyennes pour chaque secteur.

De manière analogue, les valeurs de EFI+ ont tendance à décliner de l'amont vers l'aval (figure 10).

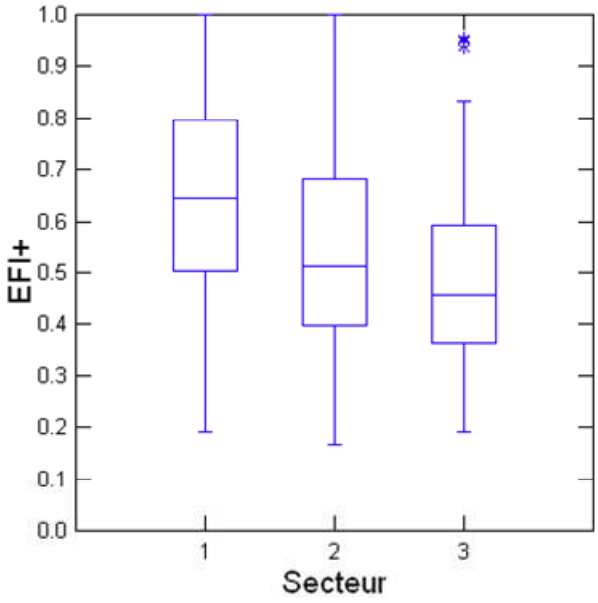

Figure 10: Evolution longitudinale des valeurs de EFI+ dans les trois secteurs: 1 amont (n=184), 2 Paris (n=181) et 3 aval (n=94).

Evolution temporelle des peuplements de poissons

Le gradient longitudinal précédemment observé implique donc d'étudier l'évolution temporelle des peuplements de poissons en tenant compte des secteurs identifiés.

La richesse spécifique a tendance à augmenter sur les trois secteurs (figure 11), mais l'augmentation la plus marquante est observée pour le secteur 1, amont.

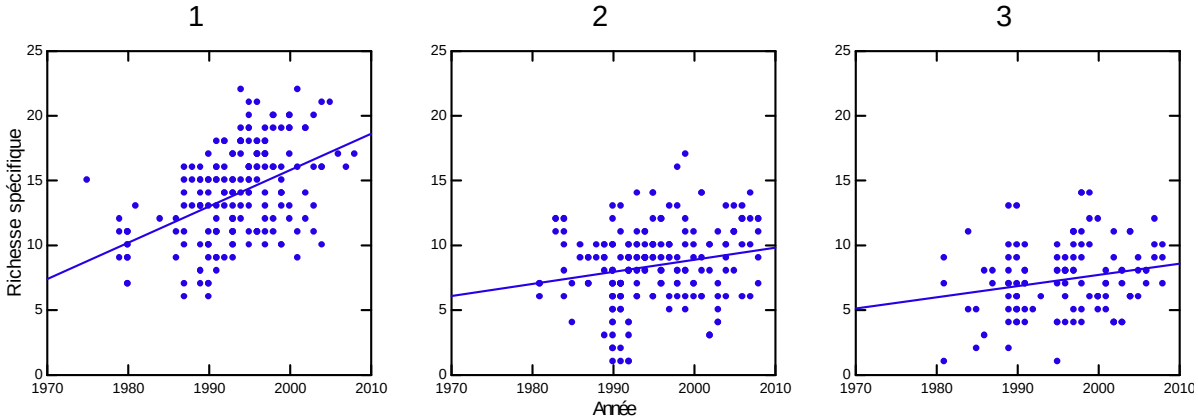

Figure 11: Evolution de la richesse spécifique au cours du temps dans les trois secteurs. Les droites figurent les tendances.

Aux trois secteurs, la richesse spécifique est corrélée positivement et significativement avec le temps. Dans le secteur 3, cette relation a été réexaminée en ne tenant pas compte des espèces strictement estuariennes présentes uniquement dans les stations les plus aval: la tendance demeure à l'augmentation, mais la relation positive n'est alors que marginalement significative (p=0.052).

A l'origine de cette augmentation de richesse, il y a plusieurs espèces qui voient leur occurrence s'accroître au cours de la période étudiée, diversement selon le secteur considéré. La perche soleil par exemple est plus occurrente à partir des années 1990 sur le secteur 1 amont, et plutôt à partir de 1995 sur les secteurs 2 et 3 (figure 12).

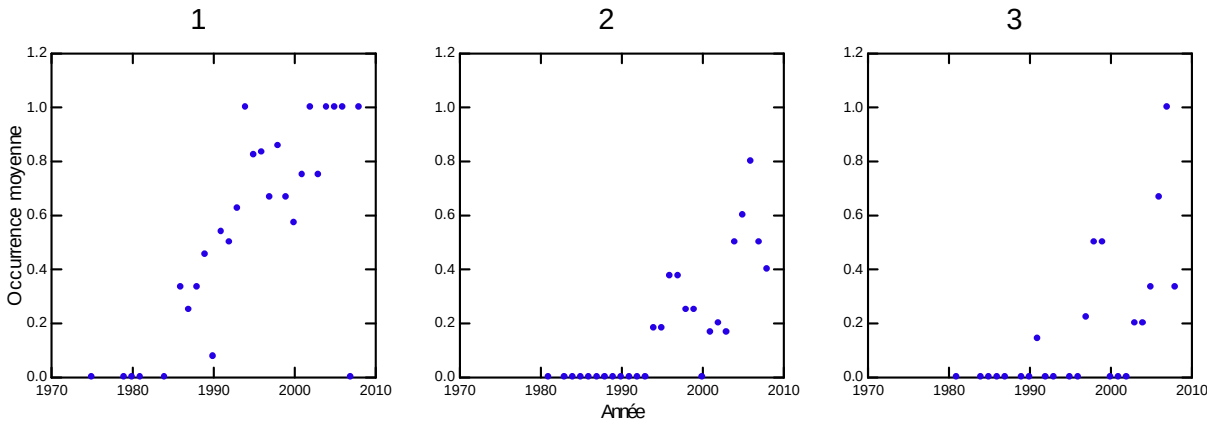

Figure 12: Evolution de la moyenne annuelle des occurrences de la perche soleil (Lepomis gibbosus) entre 1975 et 2008 aux trois secteurs.

L'occurrence du silure augmente quant à elle à partir des années 2000, sauf sur le secteur 3 dans lequel l'espèce n'est jamais capturée (figure 13).

Dans le secteur amont, plusieurs espèces ont tendance à être plus occurrentes sur la fin de la période étudiée, expliquant ainsi la progression notée de la richesse spécifique, particulièrement sur ce secteur. L'occurrence de l'anguille augmente très rapidement juste avant 1990, année à partir de laquelle elle est systématiquement recensée dans chaque pêche. Trois autres espèces, le spirlin, le chabot et la bouvière, voient leur occurrence augmenter plus progressivement sur la décennie 1990-2000 (figure 14).

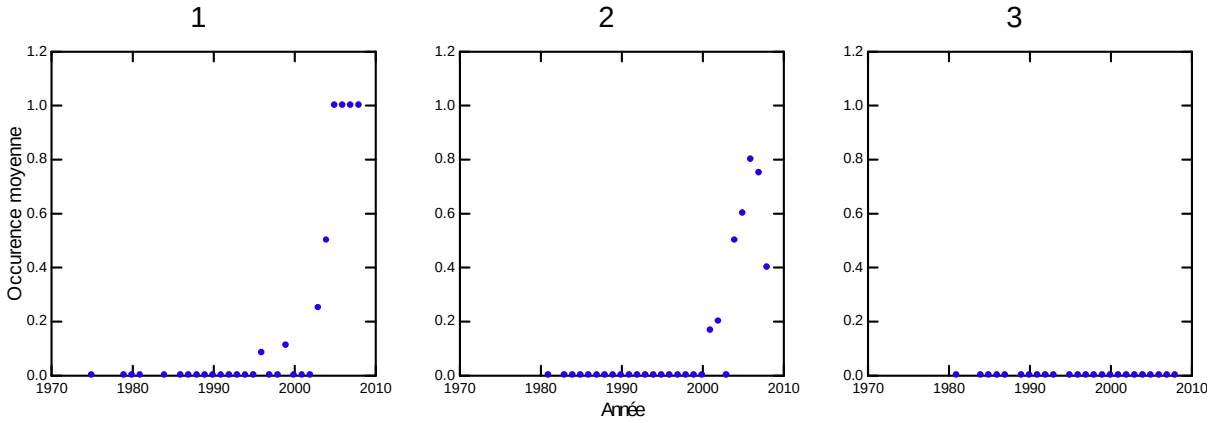

Figure 13: Evolution de la moyenne annuelle des occurrences du silure (Silurus glanis) entre 1975 et 2008 aux trois secteurs.

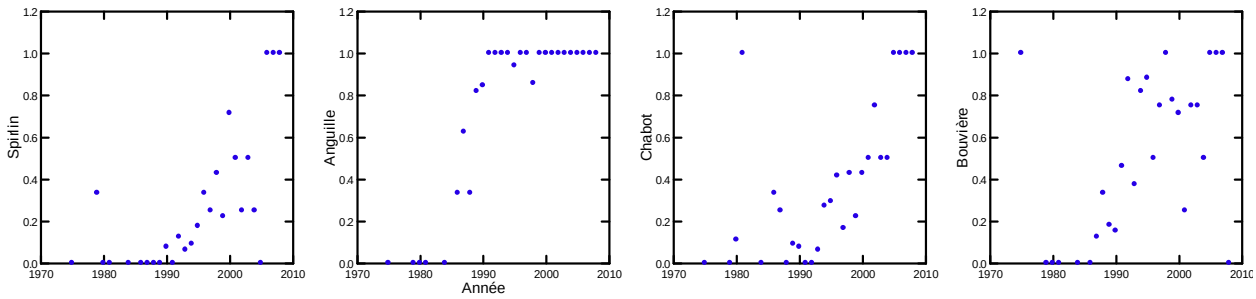

Figure 14: Evolution de la moyenne annuelle des occurrences du spirlin, de l'anguille, du chabot et de la bouvière entre 1975 et 2008 sur le secteur 1 amont exclusivement.

Ce sont d'autres espèces qui progressent dans les secteurs 2 et 3 aval comme par exemple le barbeau, dont l'occurrence a tendance à augmenter à partir de 1996 (figure 15). Pour autant, la situation de cette espèce n'est pas stabilisée car en dépit de cette progression, elle n'est pas du tout observée dans les pêches certaines années.

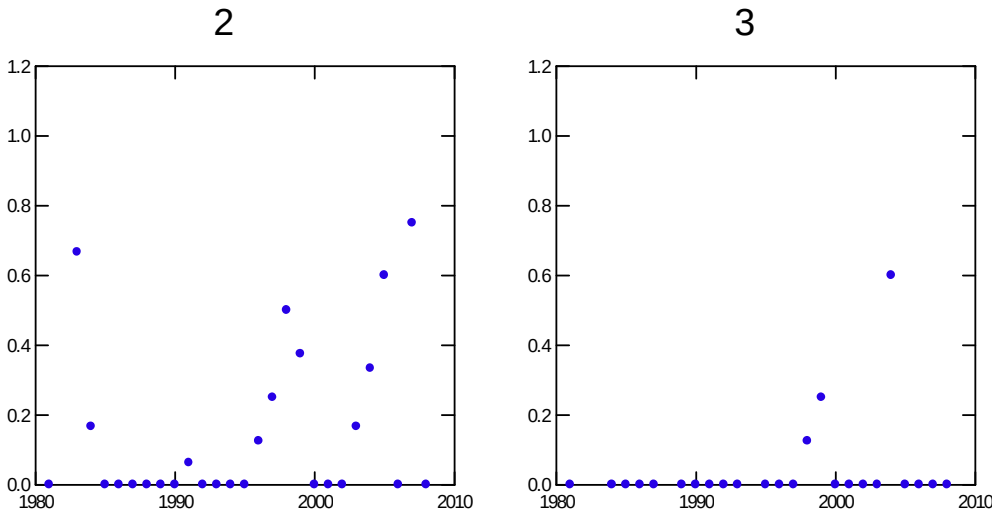

Figure 15: Evolution de la moyenne annuelle de l'occurrence du barbeau entre 1981 et 2008 dans les secteurs 2 et 3.

Les tendances d'évolution des valeurs de EFI+ sont contrastées selon le secteur considéré. Dans les secteurs 1 et 2, ces valeurs semblent diminuer au cours du temps, sans que cette tendance soit significative, ce qui est cohérent avec la dispersion de ces valeurs (figure 16). En revanche, pour le secteur 3, les valeurs de EFI+ augmentent significativement au cours de la période étudiée, indiquant une amélioration des peuplements de poissons.

Cet indice étant composé de deux métriques, il est intéressant d'en examiner les variations pour essayer de comprendre les origines des tendances observées. Les valeurs des métriques de l'indice sont dispersées de manière analogue à celles de l'indice global, ce qui rend difficile l'examen de tendances nettes. Dans le secteur 1, les deux métriques semblent diminuer au cours du temps mais ce n'est pas significatif (figures 17 et 18). Dans le secteur 2, tandis que la métrique "richesse en espèces rhéophiles" augmente, la métrique "densité des espèces lithophiles" diminue. Les 2 tendances sont significatives. Dans le secteur 3 enfin, les deux métriques augmentent significativement au cours du temps.

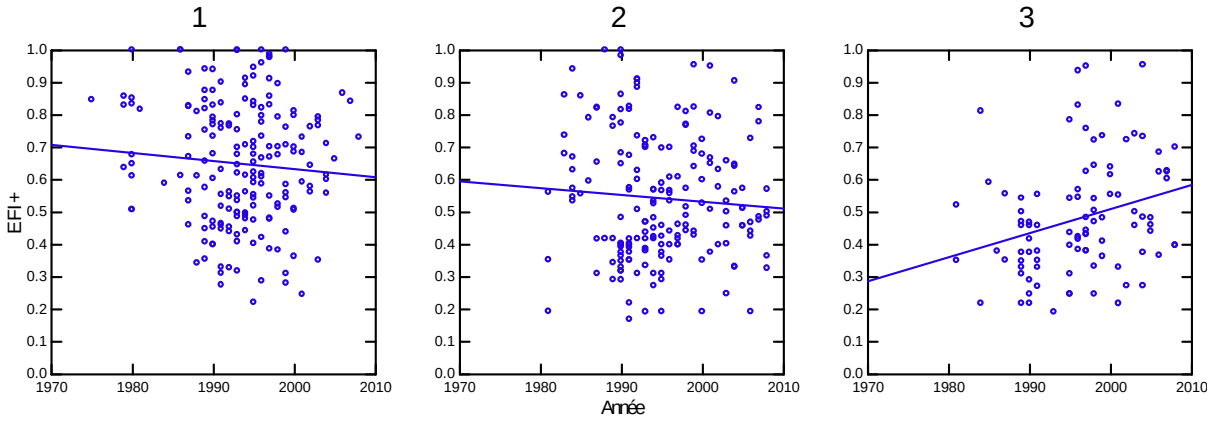

Figure 16: Evolution des valeurs de EFI+ au cours du temps (1975-2008) dans les trois secteurs. Les droites figurent les tendances.

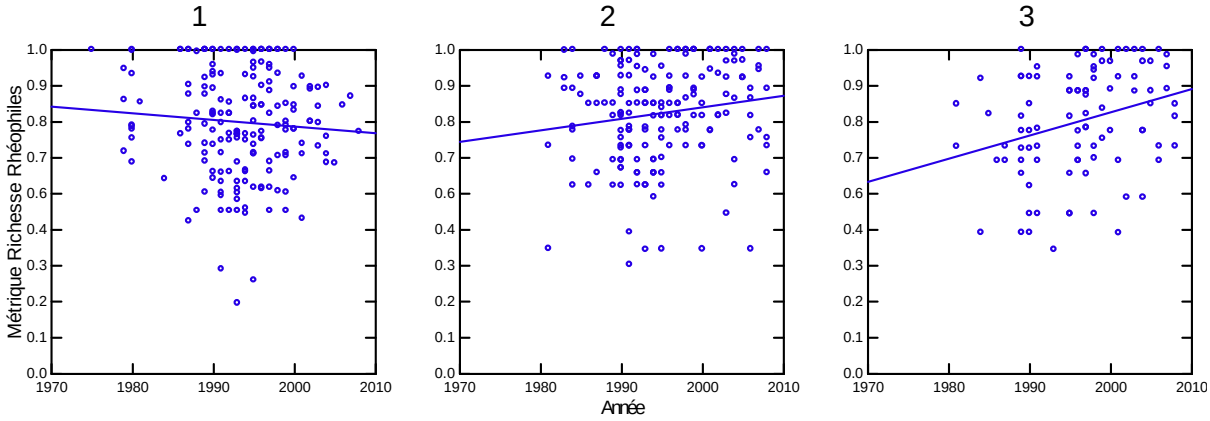

Figure 17: Evolution des valeurs de la métrique "richesse en espèces rhéophiles" au cours du temps (1975-2008) dans les trois secteurs. Les droites figurent les tendances.

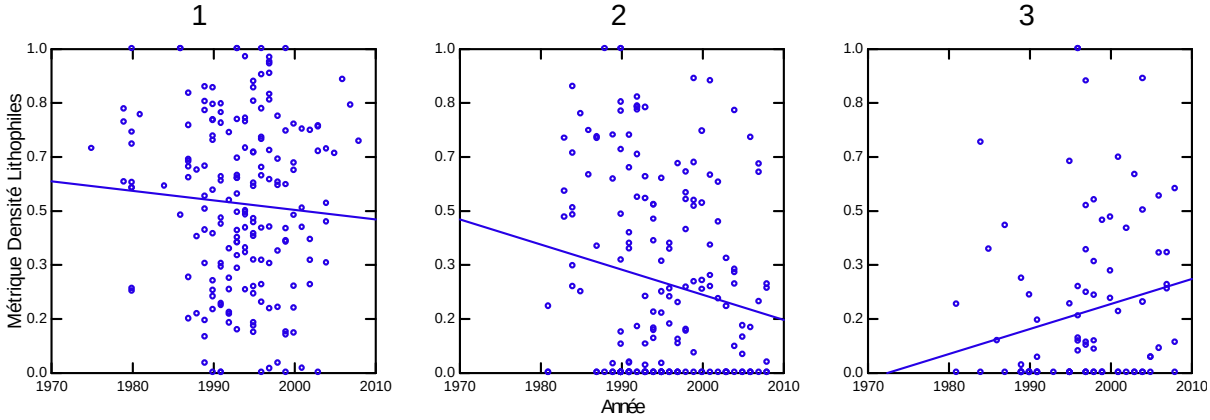

Figure 18: Evolution des valeurs de la métrique "densité des espèces lithophiles" au cours du temps (1975-2008) dans les trois secteurs. Les droites figurent les tendances.

Les tendances d'évolution des valeurs de EFI+ et des deux métriques qui le composent indiquent qu'il n'y a pas d'évolution du peuplement de poissons au cours de la période étudiée dans le secteur 1. Dans le secteur 3, à l'inverse, son amélioration est notable. Dans le secteur 2, l'agglomération parisienne, si des changements semblent avoir eu lieu dans la composition des peuplements de poissons, conformément à ce qu'indiquent les variations des deux métriques, les valeurs de l'indice global ne permettent pas de caractériser ces changements.

Conclusion

L'évolution temporelle des peuplements de poissons de l'axe Seine depuis les années 1970 varie longitudinalement, conformément au gradient d'altération de la qualité physicochimique du milieu en lien avec la présence de l'agglomération parisienne. Les peuplements de poissons du secteur en amont de Paris sont globalement restés stables tel qu'indiqué par les valeurs de l'indice EFI+, en dépit de l'augmentation du nombre d'espèces observées au cours de la période d'étude. Il en est de même concernant les peuplements de la Seine dans la traversée de l'agglomération parisienne: si certaines espèces sont plus occurrentes, cela n'entraîne pas nécessairement une amélioration sensible des valeurs de l'indice EFI+. En revanche l'amélioration des peuplements de poissons à l'aval de Paris est ostensible quel que soit l'indicateur considéré, et ce à partir du milieu des années 1990.

Conclusion générale

Aux deux échelles de temps appréhendées, des tendances d'évolution sont désormais dégagées. Sur le temps long par exemple, la répartition de certaines espèces migratrices dans les cours d'eau du bassin semble être actuellement dans une phase d'expansion après avoir connu une réduction drastique. De manière analogue, depuis les années 1990, les peuplements de poissons de l'aval de l'agglomération parisienne en particulier s'améliorent.

Ces évolutions changeantes au cours du temps posent le problème de la validité du choix de l'état de référence, corollaire de l'état écologique dans la DCE. De ces premiers résultats, il peut être déduit que selon la période de référence choisie, les peuplements de poissons diffèrent et de fait, l'état écologique qu'ils contribuent à qualifier aussi. Finalement, caractériser les trajectoires et les différents stades d'évolution des peuplements à l'aide de données historiques permet de situer dans un contexte plus large un état donné à un instant t.

Dans la suite du projet, il s'agira non plus seulement de caractériser les évolutions des peuplements de poissons mais, plus largement, de comprendre les moteurs naturels et anthropiques responsables de ces évolutions sur le long terme.

Références

Belliard, J. (1994) Le peuplement ichtyologique du bassin de la Seine. Rôle et signification des échelles temporelles et spatiales. Thèse de doctorat, *Hydrologie*, Université Paris 6, 197p.

Billen G., Silvestre M., Barles S., Mouchel J-M., Garnier J., Curie F. et Boët P. (2009) Le bassin de la Seine. Fascicule Piren Seine AESN #1, 51p.

Euzenat, G.; Pénil, C. et Allardi, J. (1992) Migr'en Seine. Stratégie pour le retour du saumon en Seine, 38 p., SIAAPP et Conseil Supérieur de la Pêche.

Even S., Mouchel J-M., Servais P., Flipo N., Poulin M., Blanc S., Chabanel M., Paffoni C. (2007) Modelling the impacts of combined sewer overflows on the river Seine water quality. Science of the Total Environment, 375: 140-151.

Rochard, E.; Croze, O.; Béguer, M.; Gazeau; C.; Lassalle, G.; Marchal, J.; Ombredane, D.; Baglinière, J.-L.; Menvielle, E.; Pellegrini, P. (2005) Identification éco-anthropologique d'espèces migratrices, emblématiques de la reconquête d'un milieu fortement anthropisé : la Seine. Action Seine aval 02/2005/03. GIP-Seine aval / Cemagref.