



L'installation du silure dans le bassin du Rhône : bilan de trois décennies de suivi de l'espèce

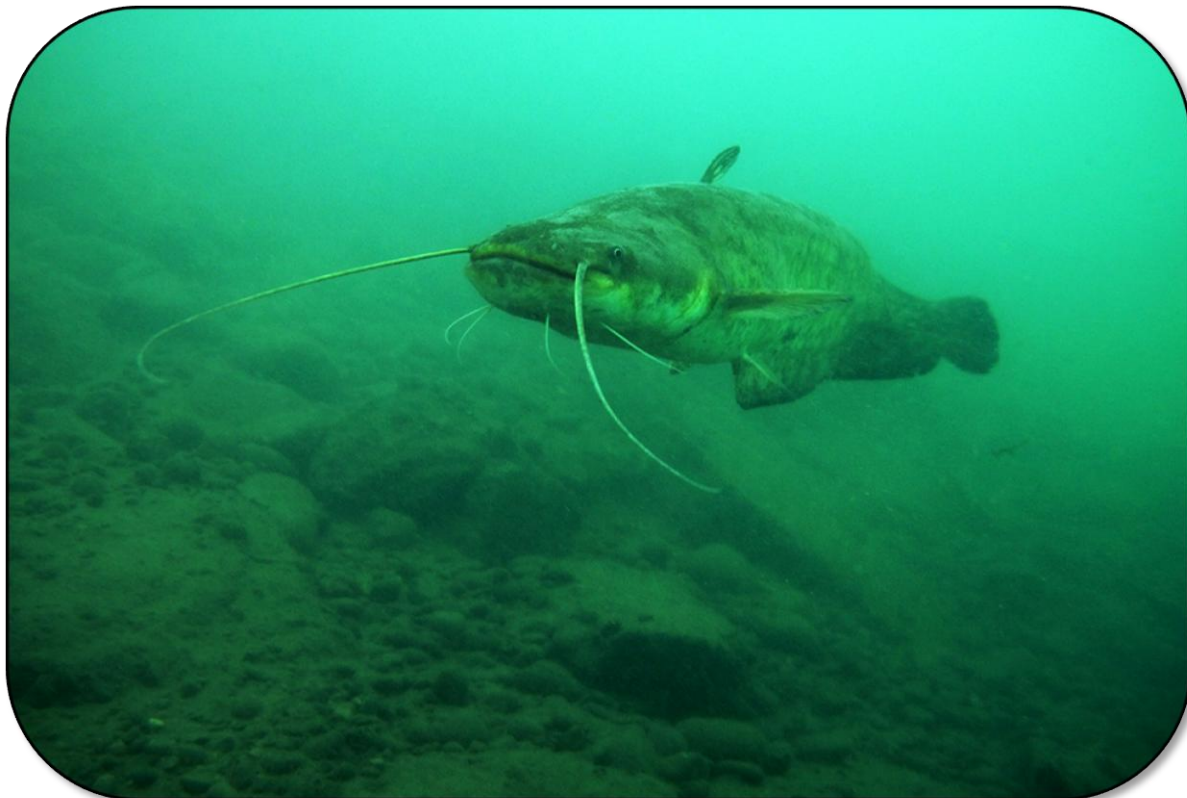


©Remi Masson



- Rapport final -
juin 2016

Fédération du Rhône et de la Métropole de Lyon
pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique
1, allée du Levant - 69890 LA TOUR DE SALVAGNY



En couverture : rassemblements sur le Rhône en aval de Lyon ; les plus petits sujets mesurent environ 1.2m (cf. Boulêtreau *et al*, 2011 ; crédit Photo : Rémy MASSON) ; ci-dessus : silure de Saône, région lyonnaise (Crédit photo : Thierry COBOS).

Réalisation :

Captures / contenus stomacaux / marquages / recueil des données :

Jean-Claude TANZILLI, Guide de pêche professionnel spécialisé

Traitement des données, rédaction :

Jean-Pierre FAURE, Directeur technique FDAAPPMA69



Nos remerciements à Louis CALLIERE, ancien professeur honoraire de l'Université de Lyon, pour avoir inspiré ce travail ; à tous les pêcheurs ayant participé aux captures pendant ces trois décennies ; à Gaëlle JARDIN et Simon GAILLOT pour leur précieuse contribution à la saisie et la vérification des données ; à Henri PERSAT, du Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels Anthropisés de l'Université Lyon I, pour ses explications et sa relecture ; à Xavier VELLA en particulier et aux nombreux pêcheurs ayant communiqué leurs prises de silures tatoués à Jean-Claude TANZILLI ; à la Fédération Nationale pour la Pêche en France et la protection du milieu aquatique pour avoir soutenu financièrement cette étude.

Résumé :

Entre 1988 et 2015, les résultats de 2616 sorties d'un guide de pêche professionnel spécialisé sur le silure du grand bassin versant du Rhône ont été consignés. Les captures de plus de 17000 individus y sont recensées, se répartissant entre la Saône aval, le Rhône moyen et le Rhône aval. Les contenus stomacaux de 3883 spécimens ont été observés, et 720 poissons ont fait l'objet d'un marquage individuel pour étudier leurs déplacements. Les données de la Fédération de Pêche du département du Rhône concernant le silure issues des pêches électriques depuis 2009, des enquêtes panier auprès des pêcheurs à la ligne depuis 2011 ainsi que d'une station de vidéo-comptage en service depuis 2013 sont compilées et analysées. D'après la bibliographie disponible, ce jeu de données démographiques et comportementales acquis dans le long terme constitue actuellement le plus important volume d'information recueilli sur le silure glane dans son milieu naturel.

L'analyse des Captures Par Unité d'Effort (CPUE) indique une forte progression du nombre de prises par heure de 1988 à 1994, puis un déclin relativement rapide jusqu'en 1997 ; cette baisse des CPUE se poursuit de manière plus lente et progressive jusqu'en 2015, pour retrouver un niveau équivalent à celui de la fin des années 1980. Ce scénario est identique et presque concomitant sur les trois grands secteurs étudiés, avec une année d'avance sur la Saône colonisée plus précocement. Les résultats des dernières années sont cohérents avec les données issues des suivis annuels menés sur le Rhône et la Saône à la fois par pêche électrique et par captures des pêcheurs à la ligne.

Les contenus stomacaux des silures indiquent une consommation de taxons très variés, incluant des ordures ménagères et de la nourriture humaine dans la traversée de l'agglomération lyonnaise. Les espèces invasives (corbicules, écrevisses américaines, poissons-chats...) sont les plus fréquentes dans les contenus stomacaux. Les espèces piscicoles les plus souvent consommées sont les brèmes, le poisson-chat, le silure lui-même, le mulot, carpes et carassins accompagnées de 12 autres taxons. Les poissons constituent l'essentiel de la biomasse ingérée. La répartition entre espèces varie selon les secteurs étudiés. Sur la Saône, les brèmes dominent toujours, suivies du silure et de la carpe ; sur le Rhône moyen, le silure devient la première biomasse piscicole ingérée (32%), suivi des brèmes et de la carpe ; sur le Rhône aval, le mulot constitue 67% de la biomasse piscicole ingérée suivi par le carassin et la carpe, le silure arrivant ensuite. Le régime alimentaire des spécimens de moins de 110cm est orienté davantage sur les mollusques et crustacés, tandis que les grands silures (taille >170cm) délaissent ces proies pour les poissons, en particulier leurs propres congénères. Le cannibalisme est en effet très développé au-delà de cette taille et les silures consommés font régulièrement entre 30 et 50% de la longueur de leur prédateur. La fourchette de tailles vulnérables à ce phénomène semble être comprise entre 50cm et 110cm.

La taille maximale des silures capturés semble avoir atteint un pallier depuis le début des années 2000 à 240cm ; la proportion de spécimens de plus de 200cm semble se stabiliser autour de 5% depuis 2009. En revanche, depuis leur apparition au début des années 1990, la proportion de grands silures de plus de 170cm au sein des populations suivies semble toujours en progression et avoisine les 10% actuellement. On observe en parallèle une augmentation de la taille moyenne individuelle de la population au cours des 12 dernières années (+0.9cm/an).

Les 94 évènements de recaptures de silures tatoués, pour certains plus de 10 ans après leur marquage (en moyenne 3 ans), permettent de constater une exceptionnelle fidélité de site chez cette espèce. Les distances parcourues sont pour l'essentiel comprises entre 1 et 2 kilomètres. Sur 19 poissons déportés volontairement jusqu'à 18km en aval et 4 km en amont de leur lieu de capture, 17 ont regagné leur secteur d'origine. Si la sédentarité est la règle, quelques exceptions ont parcouru jusqu'à 16km en direction de l'amont. Les spécimens les plus jeunes (60-110cm) sont également les plus mobiles et les déplacements sont dirigés vers l'amont dans 75% des cas.

La croissance des individus, très variable, est estimée en moyenne à 8.9cm/an entre 110cm et 140 cm, pour 3.9cm/an au-delà d'une taille de 170cm. Les individus de 200cm ont sans doute entre 20 et 25 ans. Cette grande longévité additionnée d'une remarquable fidélité de site implique probablement des interactions entre individus se côtoyant parfois pendant plusieurs décennies. La possibilité d'une fidélité à un groupe paraît envisageable, d'autant plus que les silures se rassemblent régulièrement et montrent des comportements qui pourraient être à la base d'une identification entre individus d'une même troupe. Les jeunes adultes ou sub-adultes, les plus vulnérables au cannibalisme, semblent contraints à migrer pour trouver un « groupe d'accueil » et paient un lourd tribut lors de cette phase en particulier au moment de la reproduction, ainsi qu'au moment des regroupements hivernaux.

En termes de gestion piscicole, le contrôle de l'abondance des populations de silures semble de toute évidence être réalisé par les grands silures eux-mêmes. Nos résultats suggèrent de protéger ces tranches d'âge en tout premier lieu si l'on souhaite contenir les effectifs globaux de l'espèce. La conservation de ces grands spécimens pourrait s'avérer stratégique étant donné qu'il faut en moyenne une quinzaine d'années avant de produire un silure de 170cm susceptible d'exercer un rétrocontrôle efficace sur sa propre population.

La longévité et le cannibalisme du silure, traits écologiques inhabituellement développés pour une espèce piscicole française, impliquent une adaptation des préconisations de gestion à ces paramètres démographiques atypiques.

Mots clés : silure, CPUE, dynamique de population, tailles, espèces invasives, cannibalisme, contenus stomacaux, marquage recapture, migration, Rhône, Saône.

Sommaire

I – Introduction	4
1/Contexte de l'étude	4
2/Les silures du Rhône, un passé mouvementé	4
3/Un retour dans le Rhone en moins de trois décennies, 2 millions d'années plus tard	8
4/Une tendance a la raréfaction de l'espèce sur les dernières années	9
II – Méthodologie	11
1- Description du jeu de données de J-C. TANZILLI	11
a/Effort de pêche	11
b/Captures	13
c/Contenus stomacaux	13
d/Marquages/recaptures	14
2- Saisie et traitement des données	15
III – Résultats	16
1- Evolution des CPUE au fil du temps	16
a/ Evolution 1988-2015 à l'échelle du bassin du Rhône	16
b/ Evolution 1988-2015 par secteur géographique	16
2- Contenus stomacaux	17
a/ Activité alimentaire mensuelle	17
b/ Détails du spectre alimentaire du silure du bassin du Rhône	17
c/ Biomasses respectives des éléments ingérés par les silures du bassin du Rhône	20
d/ Le cannibalisme	23
3- Evolution des structures en tailles des populations au fil du temps	24
a/ Evolution des tailles maximales	24
b/ Evolution des tailles moyennes	25
4- Croissance et déplacements	27
a/ Caractéristiques des recaptures	27
b/ Migrations observées	28
c/ Suivi des déplacements par vidéo-comptage au barrage de Jons	29
d/ Croissances mesurées	31
IV- Discussion	32
1- Des populations quadragénaires s'approchant d'une certaine maturité	32
2- Un cannibalisme marqué, moteur probable de la régulation de l'espèce	33
3- Un régime alimentaire plus spécialisé qu'il n'y paraît	34
4- De l'orque du Tarn...au requin du Rhône : un prédateur susceptible de réguler des déséquilibres biologiques	37
5- Une espèce fidèle, mais envers quoi ?	38
6- Une nouvelle gestion piscicole pour s'adapter à des traits écologiques particuliers	39
V- Conclusion	41
Bibliographie	42

I – Introduction

1/ CONTEXTE DE L'ETUDE

Lors de la réunion d'un groupe de travail silure au siège de la Fédération Nationale de la Pêche en France (FNPF) le 23/02/2016, le manque de connaissances sur ce poisson a été identifié comme point limitant pour répondre aux différentes problématiques de gestion actuellement rencontrées sur une espèce toujours en expansion sur le territoire national. Une demande de fourniture d'information spécifique a donc été formulée par la FNPF.

En particulier, aucune étude propre au fleuve Rhône n'a été réalisée, un bassin historique d'introduction en France. Des données conséquentes ont pourtant été recueillies par un guide de pêche spécialisé sur le silure du bassin du Rhône depuis les années 1980 et ce jusqu'en 2015 : tailles, poids, contenus stomacaux et pour certains spécimens, des marquages et recaptures. Les informations ont été collectées en nombre sur le Rhône et la Saône aux environs de Lyon, et le delta du Rhône en particulier : plusieurs milliers de poissons sont concernés par ce travail étalé sur un grand laps de temps, couvrant l'essentiel de sa phase de colonisation des milieux impliqués.

Compte tenu des enjeux sur une espèce atypique, de grande taille, en plein essor, à fort potentiel halieutique mais aussi source d'interrogation et d'inquiétude pour de nombreux pêcheurs, gestionnaires et décideurs, la valorisation et l'exploitation scientifique de ces données semblaient pertinentes. L'objectif est de contribuer à éclairer les différents acteurs dans leurs choix de gestion, de réglementation et de communication sur le silure. Sur proposition de la FDAAPPMA69, la FNPF a soutenu le travail d'analyse des données produites par Jean-Claude Tanzilli ces trois dernières décennies.

2/ LES SILURES DU RHONE, UN PASSE MOUVEMENTE

Historiquement, le genre *Silurus* était présent dans le bassin du Rhône à la fin de l'époque géologique du Miocène (-8 millions d'années), comme en attestent les fossiles découverts en Ardèche sur le site de la montagne d'Andance dans le massif du Coiron, ancien lac d'origine volcanique (MEIN *et al.*, 1983). Des silures de plus d'1m de longueur sont répertoriés dans ce secteur du Rhône moyen, localisé entre Valence et Montélimar. Ils représentent près de 8% des fossiles de poissons récoltés. Il s'agit du prédateur dominant du site, accompagné par le brochet et l'anguille (RIOU B., 1995). D'autres fossiles de silures (rayons osseux de nageoires pectorales) un peu plus récents auraient également été trouvés sur le pourtour méditerranéen au sud de Perpignan (Serrat d'En Vaquer), datés de -6 à -3 Ma (BRANA J.Y., RIGAUD G., 1997 *in* Schlumberger *et al.*, 2000). Dans la vallée du Danube, des spécimens datés de -5 à -7 Ma ont été signalés dans le gisement de vertébrés fossiles de Götzendorf, en Autriche, se situant à environ 35 kilomètres au Sud-Est de Vienne.

La colonisation du bassin versant rhodanien et du pourtour méditerranéen par le silure doit probablement avoir eu lieu au cours du Miocène, période relativement chaude, débutant il y a 23 Ma avec le retrait progressif des mers recouvrant alors l'Europe. Ces mers restaient plus ou moins présentes le long d'un sillon périalpin reliant la Méditerranée à la Mer Noire, à l'emplacement des actuelles vallées du Rhône et du Danube (cf. figure 2). Ainsi, les faunes piscicoles de ces bassins versants actuels ne formaient qu'une seule entité, bénéficiant de multiples échanges et interconnexions avec le soulèvement du massif alpin.



Figure 1 : Fossiles de silure du bassin du Rhône (diatomites du Coiron en Ardèche, source : <http://www.musee-fossiles.com> ; Mein et al, 1983)

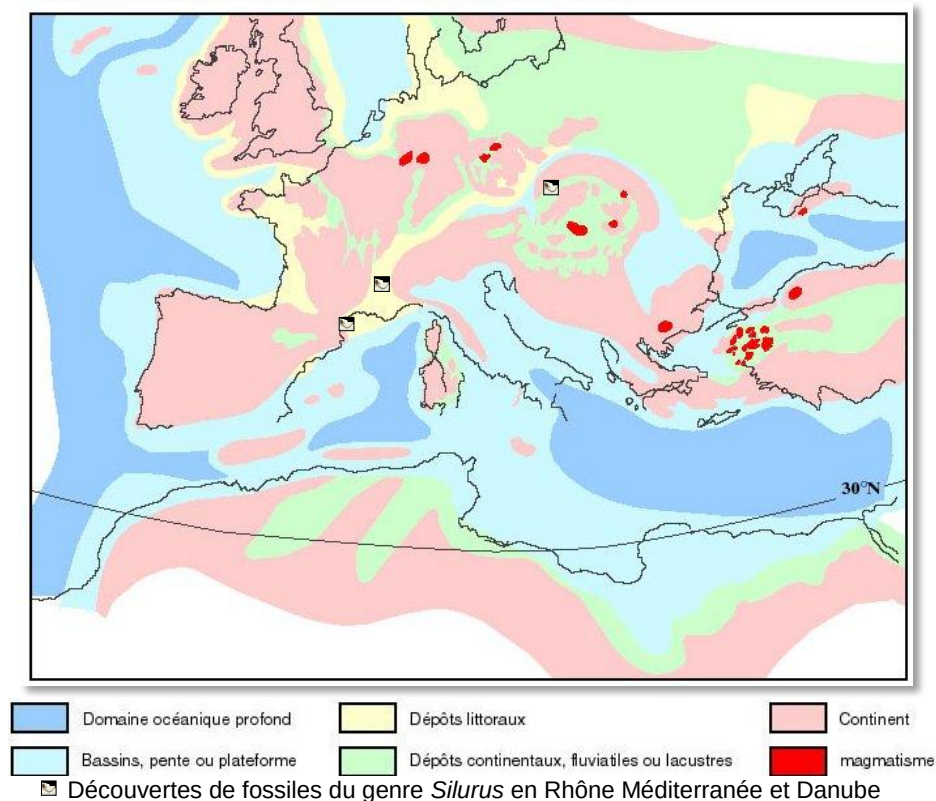


Figure 2 : L'Europe au Miocène moyen (10,5 Ma) et localisation des découvertes de fossiles de silures des bassins méditerranéen et danubien (Carte modifiée d'après Pl. XII in Yilmaz P.O., Norton I., Leary D. et Chuchla R.J. (1996) ; source : <http://geologie.mnhn.fr/cenozoique.html>)

Une seconde possibilité d'échange de faune, plus tardive, entre les fleuves Rhône, Danube et Rhin s'est offerte. Des phénomènes de captures hydrographiques liés aux mouvements tectoniques et géomorphologiques sont survenus aux temps géologiques du Pliocène et du Pléistocène. Les anciennes têtes de bassin versant du Danube ont tour à tour été capturées par le Doubs, puis par le Rhin entre -5Ma et -2.6Ma, avant de se partager entre les actuels Rhin alpin et Rhône valaisan lors des glaciations ; une partie du haut bassin du Danube sera reprise par le Rhin bâlois à la fin de la période glaciaire (Persat et Keith, 2011 ; Schlumberger *et al.*, 2000). Différentes espèces piscicoles dont les silures ont pu profiter de ces basculements d'un fleuve à un autre pour se disperser à nouveau.

Les silures glanes, poissons thermophiles, ont besoin d'une eau aux environ de 20°C pour leur reproduction (18 à 24°C selon les auteurs : Schlumberger, 2000 ; Mohr 1957, Schikhshabekov 1978 in Proteau *et al*, 2008). Leurs ancêtres ont probablement disparu du bassin du Rhône avec les glaciations quaternaires. Les grandes glaciations ont commencé au Pléistocène (-1.4 millions d'années), avec des épisodes plus intenses sur les derniers 500 000 ans et notamment le maximum glaciaire du Riss (-380 000 ans). Les Dombes et la région lyonnaise étaient alors couvertes par le glacier alpin, faisant barrage à la Saône et formant un lac remontant jusqu'à hauteur de Dijon.

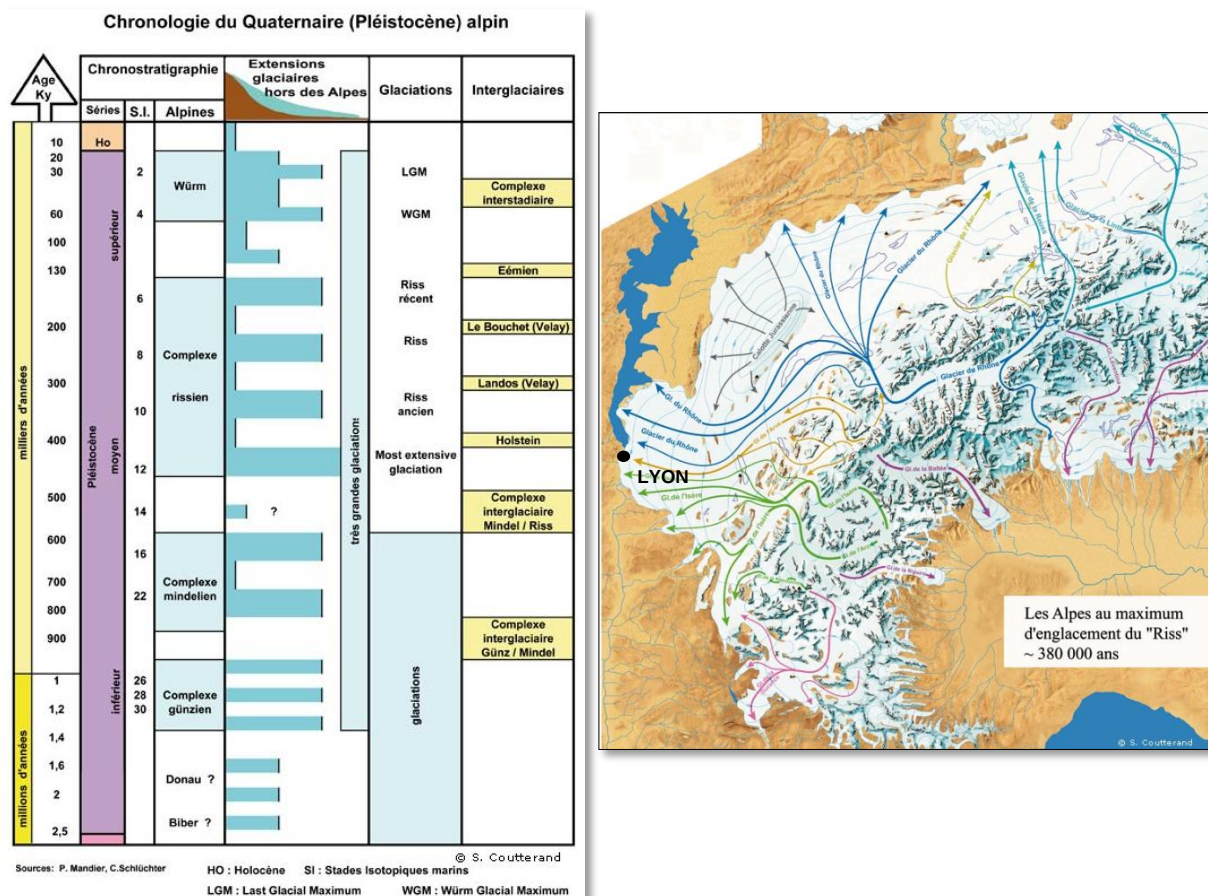


Figure 3 : glaciations et extension des glaciers alpins au cours du temps (source : <http://www.glaciers-climat.com/>)

Le Rhône lui-même devait être aux époques glaciaires un fleuve particulièrement froid et inhospitalier, marqué par des phénomènes de laves torrentielles glaciaires jusqu'à son embouchure (Persat et Keith, 1997). Le silure a donc probablement disparu du bassin du Rhône depuis ces grandes glaciations après une très longue phase de présence et de cohabitation avec les genres voire les espèces actuelles du fleuve qui étaient déjà recensés au Miocène puis au Pliocène : les ancêtres des gardons, rotengles, tanches, goujons, loches, vairons, blennies, barbeaux, brochets, ablettes, spirilins, vandoises, perches, anguilles (Persat et Keith, 2011).

Cette cohabitation va se poursuivre notamment au sein des bassins du Danube, du Dniepr, de la Volga, ces derniers ayant comporté des zones de refuge méridionales pour un cortège d'espèces thermophiles lors des glaciations : la plaine hongroise et la partie aval des fleuves jusqu'aux mers Noire et Caspienne (cf. figure 4).

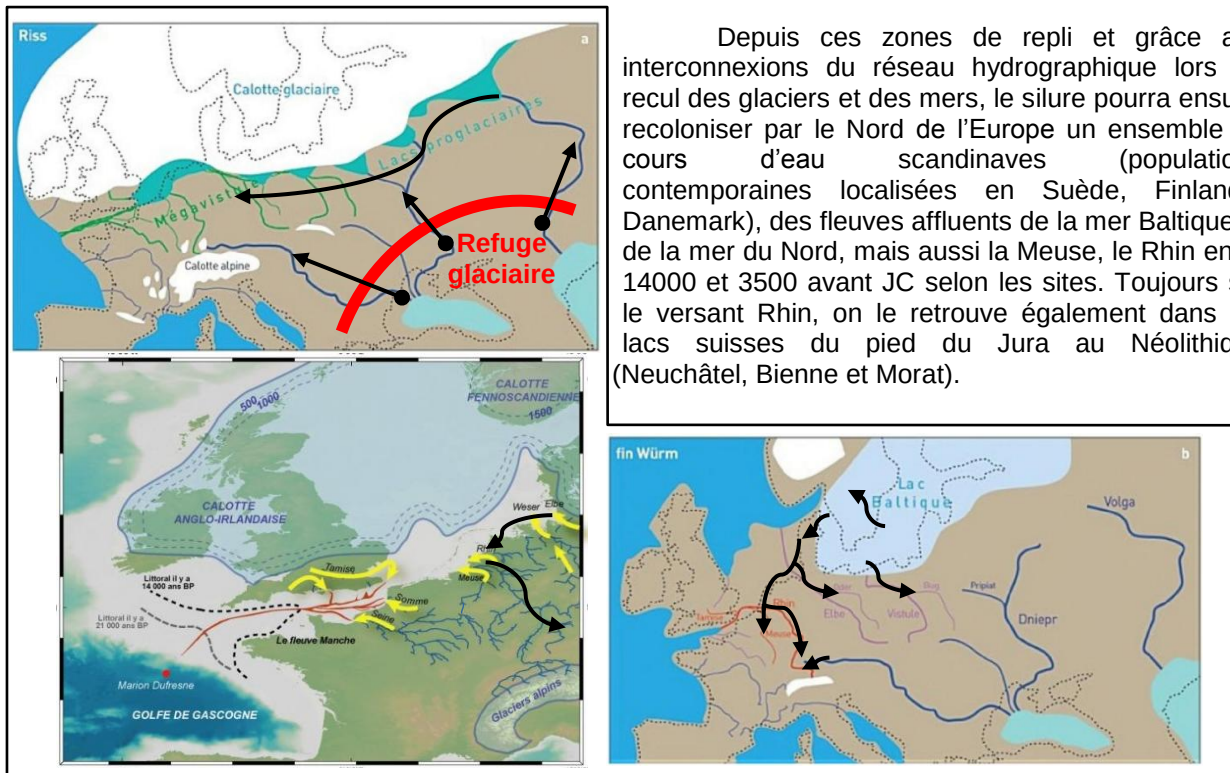


Figure 4 : schématisation des voies probablement empruntées par le silure (flèches noires) pour recoloniser l'Europe de l'Ouest au cours de l'Holocène ; situation du continent eurasiatique au dernier maximum glaciaire : le tracé des côtes à 15 000 et 21 000 ans est illustré par les lignes en pointillés (d'après Persat et Keith, 2011 ; <http://www.insu.cnrs.fr/>).

Ausonius, au IV^{ème} siècle, évoquera un grand poisson de la Moselle dans un poème, correspondant possiblement au silure ou à l'esturgeon. Mais Leonhard Baldner, pêcheur et naturaliste pionnier, signalera la capture d'un silure en 1569 au sud de Strasbourg à Hipsenheim, dans l'III, affluent du Rhin. Le poisson aurait ensuite été élevé en captivité et aurait atteint une taille d'environ 1.6m ; Baldner lui-même dit avoir élevé un silure (1666 - Vogel-Fisch und Thierbuch).



Un Silure. Un poisson de mer, appelé un Silure, fut pris dans l'III à Hips(en)heim. Sa taille était d'un pied de long (NDLA : 32 cm). Celui-ci fut acheté par un pêcheur de Strasbourg et de 1569 à 1620 il fut conservé et élevé dans un étang, jusqu'à finalement mourir durant une époque et une eau très chaude. Sa taille avait atteint cinq pieds de long et il y vécut pendant 52 ans. A Strasbourg ce poisson fut montré deux fois à la chambrée des pêcheurs. Je l'ai fait dépecer sur le marché aux poissons, mais personne n'avait envie d'en acheter. Sa chair était comme celle des lottes, auxquelles il ressemble. Sa nourriture était du pain, de la viande et du poisson. J'ai élevé le même pendant 10 ans et je l'ai nourri avec du pain.

Figure 5 : extrait de l'ouvrage de L. Baldner Vogel-Fisch und Thierbuch (1666), avec proposition de traduction du texte. (Source : <http://orka.bibliothek.uni-kassel.de/>)

La population du Rhin, peut-être fragilisée par une succession de périodes froides (X^{ème}, XIII^{ème} siècle) et peut-être affaiblie par la pêche au cours du Moyen Âge, aurait décliné définitivement lors de l'épisode du Petit Âge Glaciaire (Schlumberger *et al.*, 2000) avec un refroidissement plus particulièrement marqué vers la fin du XVI^{ème} siècle ; le réchauffement ne mettant un terme à cette période difficile pour le silure que vers 1850-1860. La capture de trois spécimens dans le Rhin en

1740 est encore relatée par Fougeroux de Bondaroy (1784, *in* Proteau *et al*, 2008). Le silure autochtone du Rhin n'aurait donc disparu que depuis 150 à 250 ans tout au plus. Les différents écrits anciens qui suivront ne signaleront plus sa présence dans le fleuve que par des allusions imprécises (Brocchi, 1896 ; Roule, 1935) faisant peut-être référence aux prises précédemment citées.

En 1837, la mise en service du canal du Rhône au Rhin ouvrait une possible voie de colonisation du Doubs, où quelques rares individus sont capturés d'après Brocchi (1896) qui met en avant l'hypothèse du passage des poissons par les canaux. Une autre explication possible des prises de ces spécimens est qu'en 1857, le silure fût introduit dans le bassin du Doubs et le canal Rhin-Rhône à partir de sujets élevés à la pisciculture de Huningue dans le sud de l'Alsace ; mais la population ne s'implanta visiblement pas (Persat et Keith, 2011). L'espèce n'aura pas été en mesure de recoloniser le bassin du Rhône par ses seules aptitudes, en empruntant la voie de communication ouverte par l'Homme entre le Rhin et le Rhône. Son extinction dans le Rhin aura pourtant été concomitante à l'ouverture de cette échappatoire méridionale rhodanienne, en direction d'un climat plus en adéquation avec ses besoins.

3/UN RETOUR DANS LE RHONE EN MOINS DE TROIS DECENNIES, 2 MILLIONS D'ANNEES PLUS TARD

En 1956, 29 sujets originaires du Danube furent acclimatés dans un étang de la commune de Lescheroux (01). Fin 1968, l'introduction de leur descendance dans la Sane morte, dans le bassin versant de la Seille, fût le point de départ de la recolonisation de l'ensemble du bassin hydrographique du Rhône (Persat et Keith, 2011). Il fait son apparition au début des années 1980 à Lyon, puis étend son aire de répartition jusqu'à l'embouchure du fleuve en une dizaine d'années, aidé sans doute par des transports de pêcheurs ou *via* des élevages : un transfert en pisciculture de Sylveréal est signalé dans les années 70 et des juvéniles sont capturés dans le Petit Rhône vers Albaron en 1976-78 (Schlumberger, 2000). Les populations camarguaises demanderont tout de même quelques années supplémentaires pour se développer d'après les chiffres des captures des pêcheurs professionnels (Valadou, 2007).

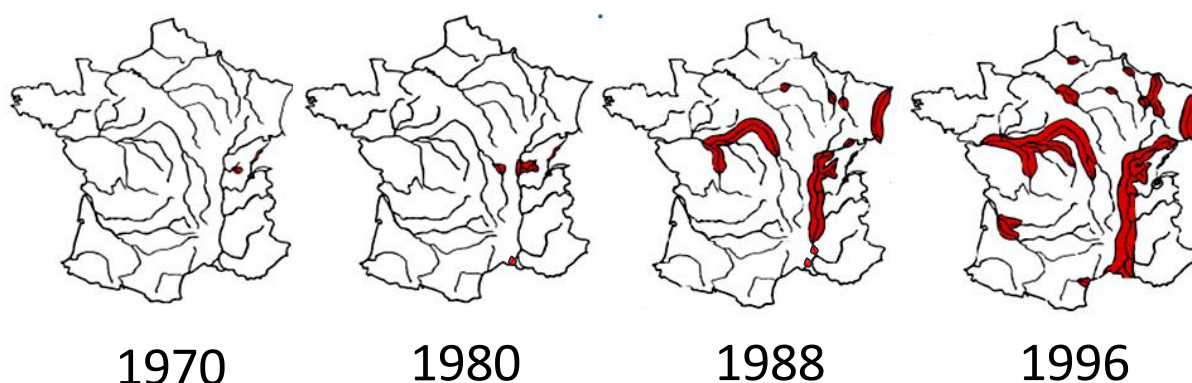


Figure 6 : représentation schématique de la recolonisation du bassin du Rhône et du réseau hydrographique français par le silure ; d'après Tixier, 1998, modifié.

Depuis cette phase d'expansion géographique jusqu'en 2005 et l'arrêt de l'exploitation des données de captures dans le bassin du Rhône, les données récoltées par les pêcheurs amateurs aux engins et les pêcheurs professionnels montraient une augmentation continue de la biomasse de l'espèce au sein de leur prises (Valadou 2007).

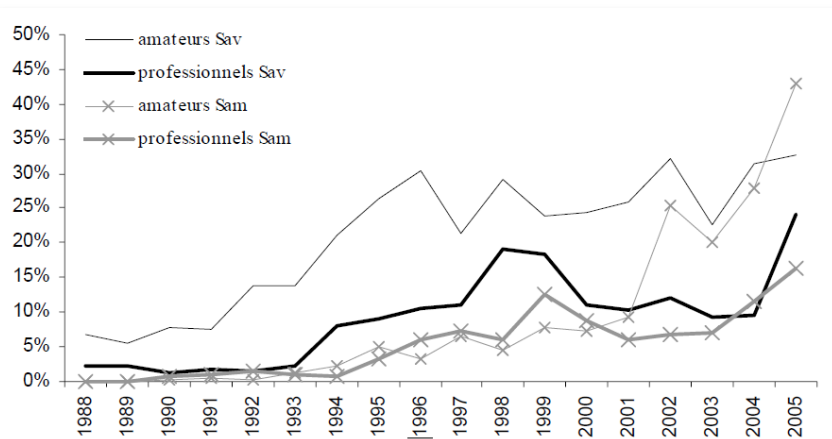


Figure 7: évolution de la part prise par le silure glane dans le total des captures des pêcheurs amateurs et professionnels de la Saône aval (Sav) et de la Saône amont (Sam) entre 1988 et 2005 (source : Valadou, 2007).

En Saône amont (fig. 7), la part de la biomasse du silure glane dans les captures des pêcheurs amateurs augmente lentement jusqu'en 2001, année à partir de laquelle cette part s'amplifie en passant de 9% à 43% en 2005. Entre 2008 et 2011, Bessis (2012) donne une valeur de 55% en moyenne sur des opérations de pêche électrique et de pêche aux engins et filets en Saône côte-d'orientée.

En Saône aval, l'évolution de cette proportion est plus robuste car elle repose sur des poids estimés de captures plus importants (17419 kg en moyenne pour les amateurs et 40379 kg pour les professionnels). Le silure représentait en 2005 de 25% à 35% de la biomasse capturée selon la catégorie de pêcheur, amateur ou professionnel. Au cours de 42 campagnes de pêche électrique conduites par la FDAAPPMA69 entre 2001 et 2005 sur la Saône de l'agglomération lyonnaise, le silure atteignait 31% du poids total capturé (Faure, 2006). En Saône aval toujours entre 2011 et 2015, le silure ne représentait plus que 24% de la biomasse de 15 campagnes d'inventaires menées conjointement par la FDAAPPMA et le Laboratoire d'Ecologie des Hydrosystèmes Naturels Anthropisés de l'Université Lyon I (LEHNA) (Vaucher, 2016). En incluant 15 campagnes supplémentaires sur le Rhône à la même période, la part du silure est de 26% de la biomasse totale. Il semble donc qu'une baisse de l'abondance des populations se dessine sur la dernière décennie.

4/UNE TENDANCE A LA RAREFACTION DE L'ESPECE SUR LES DERNIERES ANNEES

Deux types de suivis menés sur le Rhône et la Saône dans leur traversée du département du Rhône informent sur l'évolution des effectifs de silure de ces milieux. Un suivi annuel par pêche électrique (LEHNA et FDAAPPMA69) réalisé par Echantillonnage Ponctuel d'Abondance (EPA), mené de 2009 à 2015 apporte des informations sur 3 stations de Saône et 3 stations du Rhône (Vaucher, 2015). D'autre part, un recensement des captures des pêcheurs à la ligne par la méthode des enquêtes paniers, conduites par les gardes pêche professionnels de la FDAAPPMA69, est disponible entre 2011 et 2015 (Faure, 2016). Sur la totalité des saisons de pêche, les données sur la Saône, le Rhône court-circuité de Pierre-Bénite et le complexe Canal de Jonage/Grand Large, ont été analysées spécifiquement pour le cas du silure. Les résultats sont présentés ci-après :

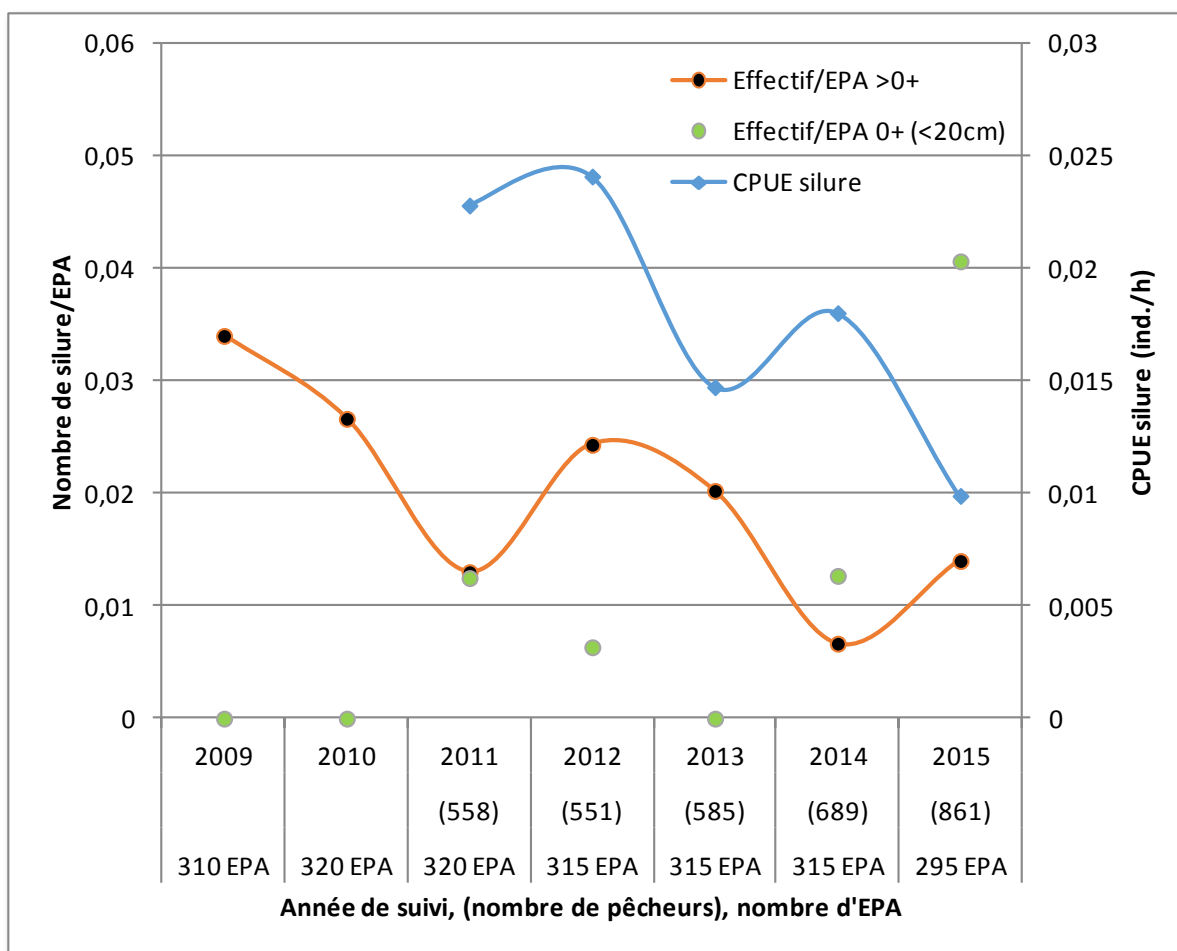


Figure 8 : évolution interannuelle des captures de silure par pêche électrique (6 stations ; FDAAPPMA69 et LEHNA, Université Lyon I) et par pêche à la ligne (3 secteurs ; FDAAPPMA69) sur le Rhône et la Saône dans leur traversée du département du Rhône (cf. carte 1).

Que ce soit pour les EPA de 2009 à 2015 ou pour les pêcheurs à la ligne de 2011 à 2015, la tendance est clairement à la baisse des effectifs de silure capturés. La densité de silure (>0+) est divisée par 2.5 en sept ans sur les EPA, et les prises des pêcheurs sont divisées par 2.5 en cinq ans. Les EPA de silures juvéniles (0+) montrent une évolution très variable alternant entre effectifs nuls et moyens jusqu'en 2014. En 2015, une capture inhabituelle de nombreux juvéniles de l'année est observée sur le Rhône. La canicule exceptionnelle ayant touché le département du Rhône entre juin et août 2015 (de +3.5°C à +5°C par rapport aux normales mensuelles à Lyon), lors de la reproduction de l'espèce et le développement des jeunes stades, aura très probablement favorisé la croissance et la survie de cette cohorte jusqu'aux inventaires de fin septembre.

Les pêches électriques permettent en principe la capture des juvéniles et subadultes (moyenne 45cm), beaucoup plus rarement des grands adultes. Le suivi par EPA semble donc montrer que le succès du recrutement de l'espèce s'est affaibli notablement au fil du temps sur ces secteurs. La production de juvéniles 0+ est très variable pour les différentes espèces piscicoles en grand milieu et le silure ne fait pas exception ; cette espèce thermophile aura bénéficié des conditions très particulières de 2015.

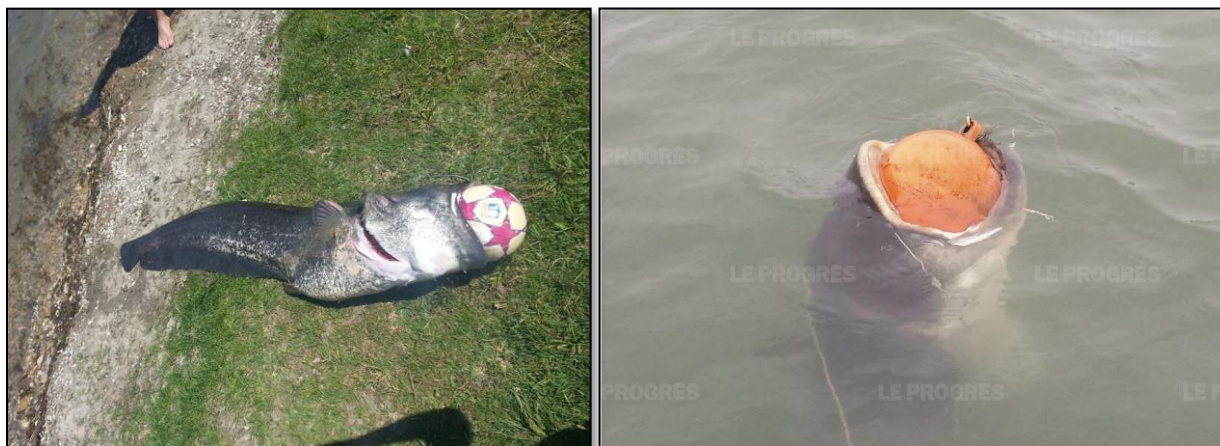
Les prises des pêcheurs de poissons carnassiers sont davantage orientées sur les individus adultes. Cela dit, le pourcentage de pêcheurs recherchant spécifiquement le silure reste de l'ordre de 12% (Vaucher, 2014). Assez peu sont équipés pour la capture des grands spécimens, qui demande un matériel adapté ; les prises sont en général plus souvent centrées sur les jeunes adultes (Faure, 2015). Ainsi sur l'ensemble des enquêtes réalisées, la taille moyenne des silures capturés par les pêcheurs de carnassiers « généralistes » est de 95cm, avec un maximum de 200cm.

Les jeunes classes d'âge semblent donc s'être raréfiées au fil du temps. Ceci étant, aucune étude ne reflète correctement l'intégralité de la structure en taille des populations du grand bassin du Rhône et leur évolution, quelle que soit l'époque considérée. Les données acquises jusqu'à présent

par les différentes méthodes de suivi comportent des lacunes vis-à-vis de l'abondance des grands silures, particulièrement difficiles à échantillonner.

Ces grands spécimens atteignent des tailles inhabituelles pour des poissons du réseau hydrographique français contemporain. Le record actuel dans le bassin du Rhône, récent puisque daté du 22/10/15, s'élève à 2m73 pour 130kg (Petit Rhône). On trouve cependant dans la littérature mention de sujets bien plus imposants en Europe. En septembre 1918, un silure de 256.7kg aurait été capturé dans la Desna, affluent du Dniepr (ce qui correspondrait à une taille de 3.7m). Des prises de 200kg (soit 337cm) auraient été régulièrement observées sur des affluents de la Mer d'Aral (Berg, 1949), et dans le Danube. Le maximum régulièrement cité dans la bibliographie, avec un poisson de 5m et 300, 306 ou 330kg selon les sources, pris dans le Dniepr (Berg, 1949 ; Bruslé et Quignard, 2001 ; Burgess, 1989 *in* Proteau *et al*, 2008) n'est pas en conformité avec le rapport taille-poids connu pour l'espèce (5m correspondant à environ 570kg...).

Un tel développement d'une espèce prédatrice de grande taille a logiquement déclenché beaucoup de questions de la part des acteurs des milieux aquatiques et du grand public. Peu de travaux ayant été conduits depuis sur l'espèce, nombre de ces interrogations persistent. Les comportements parfois étonnants de ce poisson, capable de s'échouer sur la berge pour capturer des pigeons (Cucherousset *et al*, 2012), formant des rassemblements périodiques de plusieurs dizaines voire centaines de sujets (Berg, 1949 ; observations personnelles dans les années 1990 de regroupements réguliers de 300 à 400 sujets estimés sur environ 200m²) pouvant concentrer des tonnes de biomasse (Boulêtreau *et al*, 2011), s'en prenant parfois à de petites bouées ou à des ballons...ont de quoi surprendre et susciter les réactions les plus diverses.



Photographie 1 : silures ayant trouvé à leur goût un ballon de football (Lac des Eaux Bleues, à gauche ; photo P. Joubert, 2013) et une bouée de ligne d'aviron (Grand Large, à droite ; 9 avril 2016, Le Progrès)

II – Méthodologie

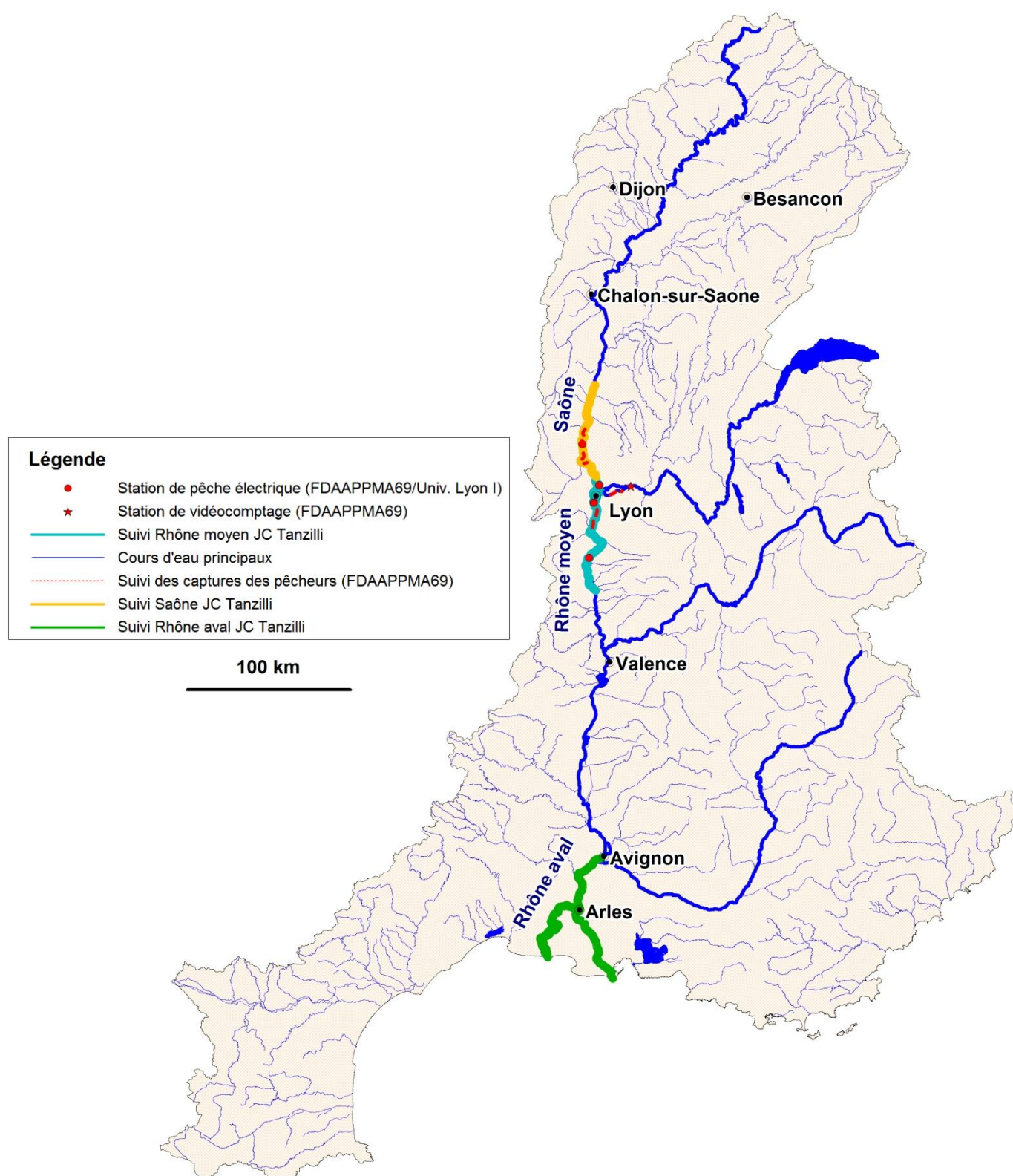
1- DESCRIPTION DU JEU DE DONNEES DE J-C. TANZILLI

a/Effort de pêche

De 1988 à 2015, le nombre de journées de pêche ayant permis la capture de silures s'élève à 2616. Le nombre de journées consacrées exclusivement à la pêche du silure dans le bassin du Rhône est de 2062.

Jusqu'en 1992 inclus, l'effort de pêche journalier moyen est estimé approximativement à 10.5h/jour. A partir de 1993 et le développement de l'activité professionnelle du guide, l'effort de pêche a été contractualisé et standardisé à 8h/jour.

Les techniques de pêches et modes de prospection (bord, bateau) ont été précisés. L'essentiel des sorties silure s'est effectué sur une embarcation avec recherche des poissons à l'aide d'un échosondeur, en utilisant des techniques diversifiées (vers, vifs, leurres, mort manié) tout au long de la période concernée. Le nombre de pêcheurs à bord a également été noté pour chaque sortie, et est compris la plupart du temps entre 3 et 5 personnes.



Carte 1: localisation des secteurs pêchés et étudiés par les différentes méthodes sur le bassin versant du Rhône

b/Captures

De 1982 à 1987, seul le nombre de prises, assez faible, a été estimé. Il est évalué sommairement à environ 200 spécimens sur la période.

De 1988 à 1998, le nombre total de poissons capturés ainsi que les tailles maximales ont été relevés systématiquement à chaque sortie, de même que les Points Kilométriques (PK) correspondant aux zones prospectées. Les notations de tailles étaient assez variables selon les sorties, parfois les valeurs minimales ou individuelles étaient précisées. Le nombre de silures capturés s'élève ainsi à 6208 spécimens sur cette période.

De 1999 à 2003, le détail des sorties n'a pas été conservé, mais les bilans annuels sont disponibles ; seules les tailles des poissons ayant fait l'objet d'analyses de contenus stomacaux et/ou de marquages sont exploitables, soit 177 poissons.

De 2004 à 2015, le nombre de prises, les tailles individuelles sont systématiquement disponibles pour chaque sortie, soit pour un total de 5657 silures sur ces 12 dernières années.

Les sorties pêche ont surtout débuté sur la Saône, puis ont été étendues au Rhône moyen vers 1993 et enfin sur le Rhône aval en 1995. La Saône a été moins prospectée sur les 12 dernières années.

Tableau 1 : récapitulatif des informations récoltées entre 1982 et 2015

Année	Nombre de silures					Marquages	Tailles
	Saône aval	Rhône moyen	Rhône aval	Total grand BV Rhône	Contenus stomacaux		
1982-1987	ND	ND	-	200			Taille maximale
1988	76	13	-	89			relevés partiels
1989	67	7	-	74	11		relevés partiels
1990	84	45	-	129	117		relevés partiels
1991	156	2	-	158	146		relevés partiels
1992	241	1	-	242	242		relevés partiels
1993	758	49	-	807	802	53	relevés partiels
1994	744	253	-	997	953	76	relevés partiels
1995	805	167	93	1065	707	49	relevés partiels
1996	544	341	50	935		199	relevés partiels
1997	449	150	368	967		68	relevés partiels
1998	400	187	158	745	661	65	relevés partiels
1999	ND	ND	ND	1103		87	ND
2000	ND	ND	ND	1091		30	ND
2001	ND	ND	ND	984	47	47	ND
2002	ND	ND	ND	960	6	6	ND
2003	ND	ND	ND	1087	7	7	ND
2004	99	119	459	677	34	33	relevés exhaustifs
2005	91	123	562	776			relevés exhaustifs
2006	85	188	262	535			relevés exhaustifs
2007	84	194	169	447	1		relevés exhaustifs
2008	49	261	207	517	140		relevés exhaustifs
2009	3	372	323	698	1		relevés exhaustifs
2010	1	240	239	480			relevés exhaustifs
2011	3	234	113	350	1		relevés exhaustifs
2012	17	180	62	259	3		relevés exhaustifs
2013	-	174	101	275	1		relevés exhaustifs
2014	-	255	55	310			relevés exhaustifs
2015	2	302	29	333	3		relevés exhaustifs
Total	4778	3861	3286	17290	3883	720	

Au total, le jeu de données acquises au cours de ces 34 années de pêche regroupe un ensemble de 17290 captures de silures par pêche à la ligne, soit environ 170 tonnes de biomasse. Environ 95% de ces poissons ont été relâchés. A titre de comparaison, le cumul des prises de silures de l'ensemble des pêcheurs amateurs aux engins et filets additionné aux captures de tous les pêcheurs professionnels de la vallée de la Saône, entre 1988 et 2005, s'élève à 141.6 tonnes (données SNPE) ; sur cette même période, notre jeu de données en comporte 129 tonnes.

c/Contenus stomacaux

Entre 1989 et 2015, les contenus stomacaux de 3883 silures ont été étudiés au fil des saisons sur les différentes localités ayant fait l'objet des sorties pêche. La consommation de proies de 2857 silures de la Saône aval, 689 silures du Rhône moyen, et de 337 silures répartis du delta du Rhône jusqu'à Avignon a été étudiée.

Les contenus stomacaux ont été observés suite à une extraction manuelle directe. Des palpations ventrales ont été réalisées sur les plus petits sujets pour vérifier l'absence de nourriture le

cas échéant. Les informations ne sont pas systématiquement individuelles et ont parfois été notées par groupes de poissons, en précisant le nombre de sujets ayant consommé les différents items. Les tailles, poids et nombres des éléments consommés ont été relevés partiellement. Afin de compléter les informations, un calcul des biomasses manquantes correspondantes a été réalisé à partir :

- des courbes taille/poids des différentes espèces piscicoles et astacicoles,
- des données moyennes disponibles dans la littérature pour les espèces d'oiseaux, mammifères, reptiles, amphibiens,
- de la moyenne des poids relevés et calculés pour chaque item (cf. annexe 4).

Le tableau 2 précise les répartitions inter et intra annuelles de ces relevés :

Tableau 2 : récapitulatif mensuel du nombre de contenus stomacaux étudiés entre 1988 et 2015

	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	Total général
1989										6	5		11
1990					15	10	22	16	27	6	17	4	117
1991	3			39	31	1	35	22	12	3			146
1992				1	39	53	71	45	23	10			242
1993	41	103	21	112	68	112		87	50	68	69	71	802
1994	60	31	45	9	37	136	51	126	75	172	102	109	953
1995	56	129	33	36	71	75	107	122	15	16		47	707
1998	16	55	51	47	75	49	105	89	47	45	16	66	661
2001					1	10	2	28	4			2	47
2002							4	2					6
2003							2		1	4			7
2004			2			14	18						34
2007									1				1
2008	15	2	2	1	28	11	40	14	17		8	2	140
2009										1			1
2011							1						1
2012						1	1	1					3
2013							1						1
2015					3								3
Total général	191	320	154	245	368	472	460	552	272	331	217	301	3883

D'après la synthèse de la littérature scientifique internationale rédigée par Copp *et al* (2009), il s'agit du deuxième plus important travail réalisé sur le régime alimentaire du silure glane en termes de volume de données.

d/Marquages/recaptures

En tout, 720 silures ont fait l'objet d'un tatouage codifié au bleu d'alcan entre 1993 et 2004 (cf. tableau 1). L'injection du colorant sous pression a été réalisée avec un Dermojet en différents points du corps des individus, permettant d'attribuer un identifiant, la localisation précise des lieux de captures et de remises à l'eau étant renseignée. Certains individus marqués ont été déplacés sur plusieurs kilomètres avant d'être relâchés afin d'étudier leur comportement migratoire : 19 spécimens ont été déplacés jusqu'à 18km vers l'aval et 4km vers l'amont du lieu de leur prise.



Photographie 2 : marquages individuels de silures au bleu d'alcan (crédit photo : J-C. Tanzilli) ; à gauche : code d'identification individuel.

2- SAISIE ET TRAITEMENT DES DONNEES

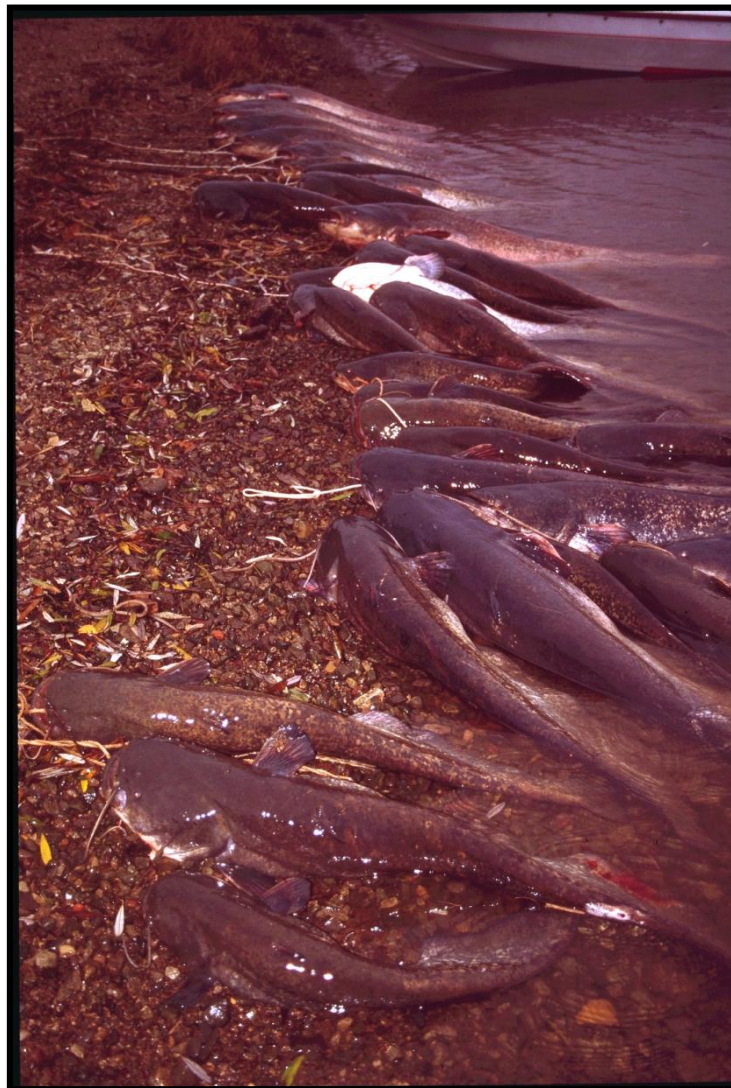
L'ensemble des informations disponibles sur papier, carnets de capture et cahier de marquage ont été saisies dans une base de données Access et traitées selon les procédés habituels d'estimation halieutiques, en calculant notamment les Captures Par Unité d'Effort de Pêche (CPUE).

Connaissant le nombre de participants à chaque sortie pêche, la durée des sorties, le taux horaire de capture a pu être calculé pour chaque journée. L'exploitation des données est réalisée globalement puis par secteur, les CPUE sont calculées selon la formule suivante :

$$R_2 = \frac{\left(\sum_{i=1}^n c_i \right)}{\left(\sum_{i=1}^n e_i \right)} = \frac{\sum_{i=1}^n c_i}{\sum_{i=1}^n e_i} = \text{nombre d'individus capturés/heure de pêche}$$

c_i : nombre de captures ; e_i : nombre d'heures de pêche de la session de pêche i ; n : nombre total de sessions.

Les biomasses capturées ont été calculées à partir des relations taille-poids établies à partir d'échantillons de silures pesés dans le cadre de cette étude.



Photographie 3 : journée de pêche fructueuse dans les années 1990 (crédit photo : J-C. Tanzilli)

III – Résultats

1- EVOLUTION DES CPUE AU FIL DU TEMPS

a/ Evolution 1988-2015 à l'échelle du bassin du Rhône

Le nombre de silures et le poids capturé par heure de pêche sur la période de suivi sont présentés ci après :

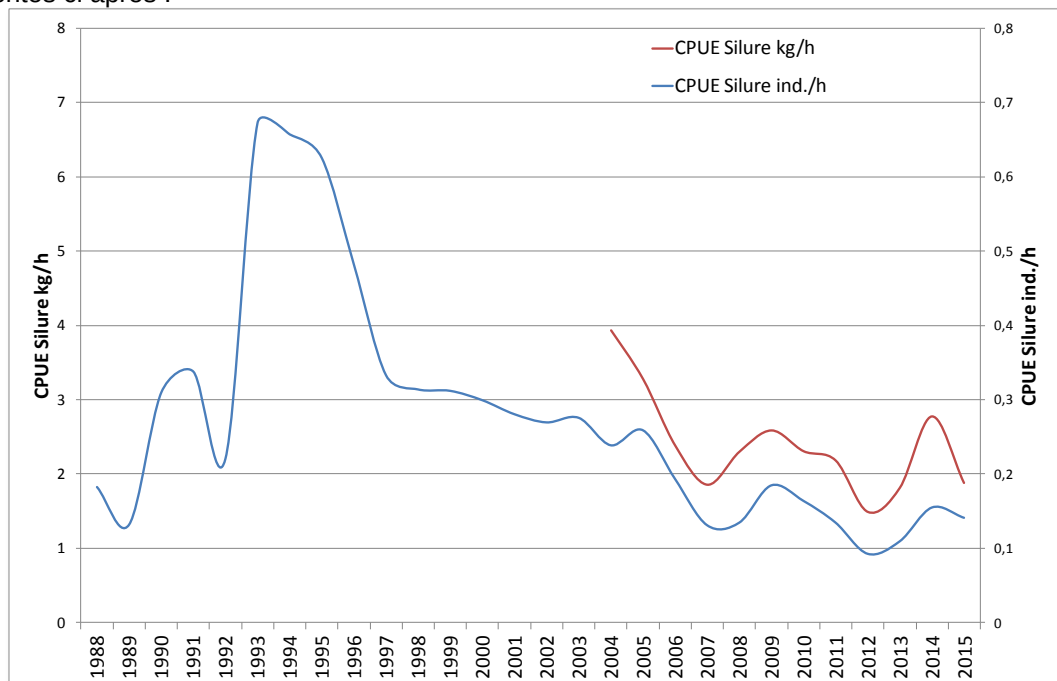


Figure 9 : évolution des CPUE silure sur le grand bassin versant du Rhône entre 1988 et 2015

Les CPUE sont multipliées par 3 à 4 entre 1988 et 1994 pour atteindre la valeur maximale d'un poisson pour 1h30 de pêche, puis sont divisées par 2 entre 1995 et 1998. Une érosion plus lente et régulière des CPUE se poursuivra jusqu'en 2015 pour revenir au niveau des années 1980, soit un poisson pour 6h40 de pêche. Entre 2004 et 2015, la biomasse capturée passe de 4kg/h à 2kg/h. C'est en 2012 que les CPUE sont les plus faibles au cours de ces 28 années.

b/ Evolution 1988-2015 par secteur géographique

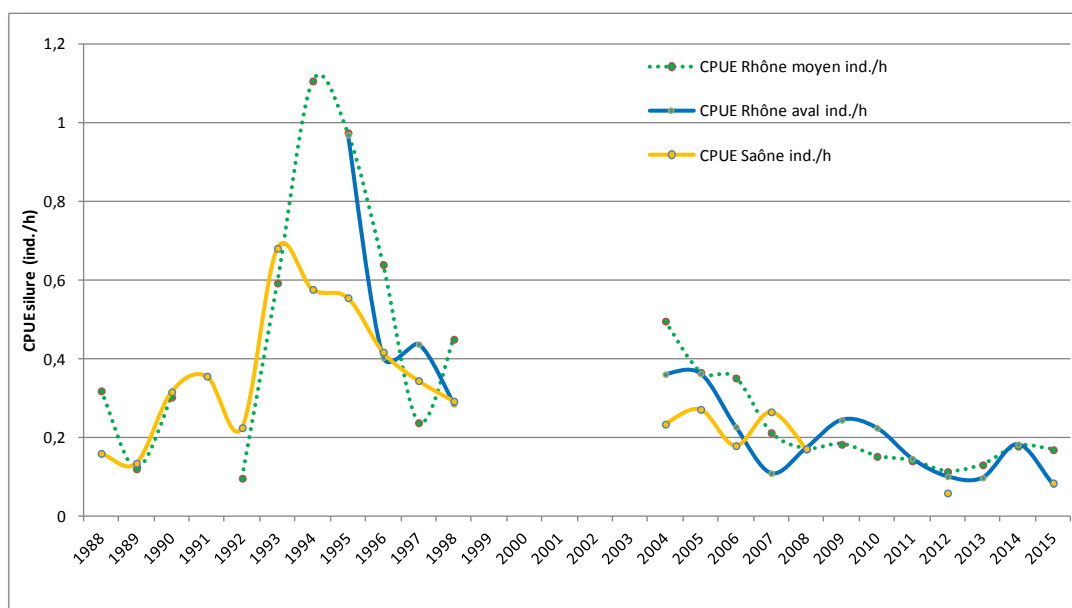


Figure 10 : évolution des CPUE silure par grand secteur de pêche entre 1988 et 2015

La tendance est identique sur les trois tronçons principaux, avec un pic de capture 1.5 fois plus élevé sur le Rhône que sur la Saône. Le maximum est atteint en 1993 sur la Saône et en 1994 sur le Rhône moyen. Les fluctuations des CPUE se produisent de la même manière sur nos différents tronçons malgré la distance et les grands barrages qui les séparent.

2- CONTENUS STOMACaux

a/ Activité alimentaire mensuelle

Parmi les 3883 contenus stomacaux observés, 73.5% étaient vides, taux cohérent avec les données de la bibliographie : EPIDOR, 2015 : 76% sur 601 silures ; Guillerault *et al*, 2015). La technique de pêche n'est pas en cause d'après les comparaisons des contenus stomacaux des prises au filet et des prises à la ligne (Verdeyroux *et al.*, 2014), cela reflète bien l'activité irrégulière du silure. L'espèce se nourrit préférentiellement entre les mois de mai et octobre dans le bassin du Rhône, lors de la saison chaude. L'activité baisse entre novembre et avril mais au milieu de cette période, le mois de janvier se démarque avec une reprise de l'alimentation.

Si les silures ont une activité alimentaire plus importante en moyenne aux mois de juin et juillet, on note une variabilité assez marquée selon les années considérées ; certains mois, la prise de nourriture est beaucoup plus faible voire nulle.

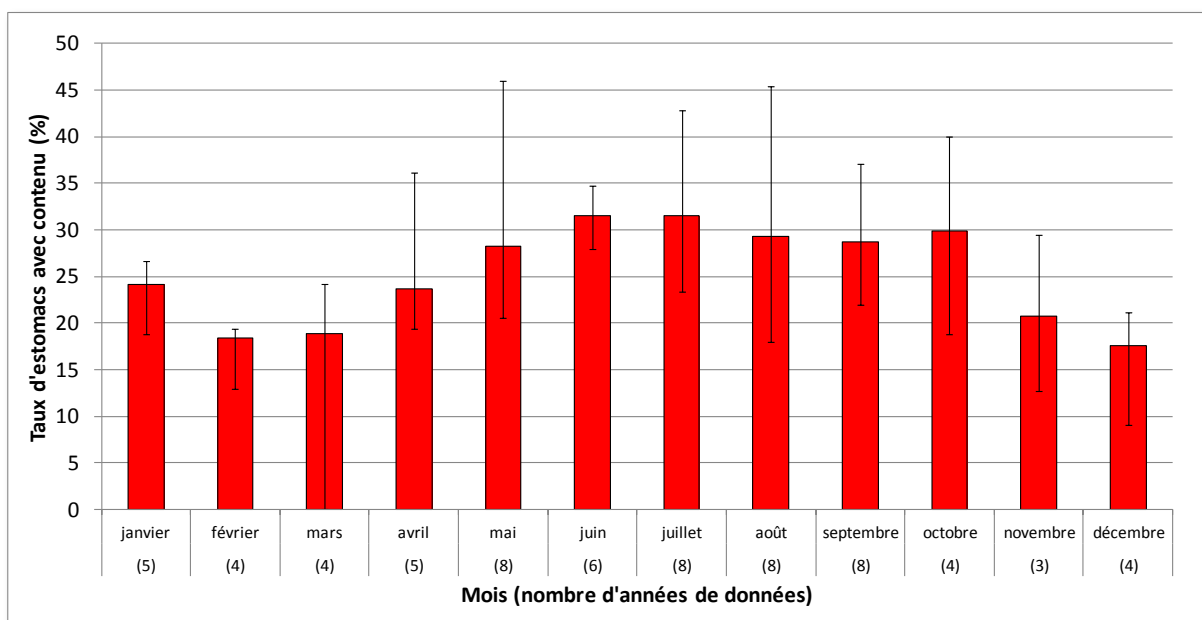


Figure 11 : activité alimentaire mensuelle moyenne du silure dans le bassin du Rhône (avec valeurs minimales et maximales)

Le silure glane ne digère que très lentement la nourriture en dessous de 10°C. Les températures optimales de croissance se situent entre 25 et 28°C, et l'assimilation est réduite de moitié lorsque les eaux chutent vers 23–15°C (Hilge, 1985 *in* Copp *et al*, 2009).

b/ Détails du spectre alimentaire du silure du bassin du Rhône

Le silure est bien connu pour son caractère opportuniste et pour refléter les proies disponibles dans un milieu donné (Stolyarov, 1985 *in* Valadou, 2007). Dans le Rhône, ce précepte prend tout son sens puisque tous les groupes faunistiques sont présents : poissons, reptiles, amphibiens, crustacés, oiseaux, mammifères, bivalves, gastéropodes... les insectes ne figurent pas dans les relevés mais des abeilles et des cigales ont bien été extraites des contenus stomacaux (observations personnelles). A cela s'ajoutent un échantillonnage des substrats du fleuve : sable, graviers, cailloux jusqu'à de gros galets de 15cm de diamètre, un inventaire de la flore (nénuphars, macrophytes, feuilles, brindilles, branchages), un panel assez complet des déchets véhiculés par le fleuve, avec des plastiques, cartons, préservatifs, lingettes, bouteilles, canettes de bière, tube de dentifrice, tong... et enfin des restes de nourriture humaine comme du lard, du saucisson, des pommes de terre, du pain, une queue de bœuf, des poireaux, carottes, etc. Les autres poissons prédateurs également opportunistes bien connus pour consommer régulièrement des déchets anthropiques sont ...les

requins pélagiques, en particulier le requin tigre et le requin bouledogue (Tuma, 1976 ; Lowe *et al* 1996 ; Papastamatiou *et al*, 2006).

Au total, 80 éléments différents ont pu être identifiés dans les contenus stomacaux (cf. annexe). Ils ont été rassemblés en plusieurs catégories et leur fréquence est illustrée dans la figure 12.

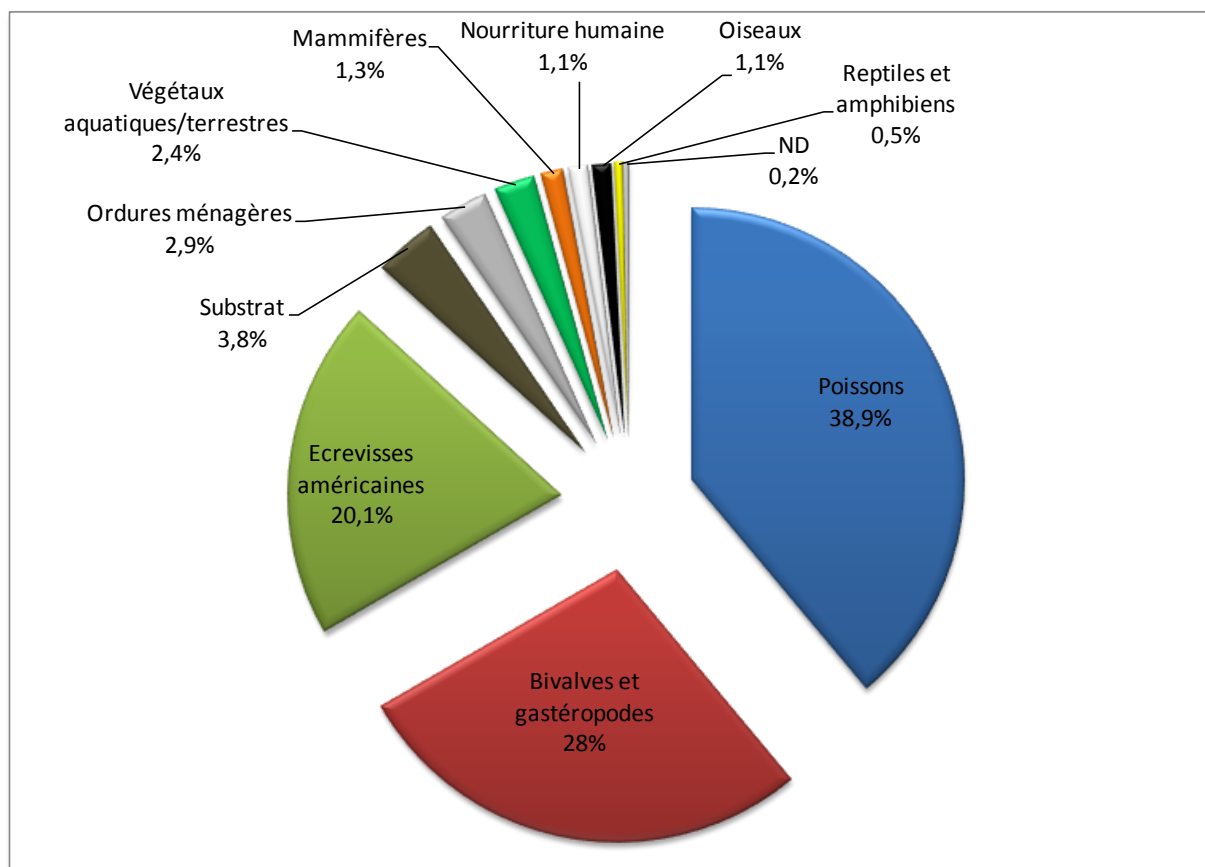


Figure 12 : composition du régime alimentaire du silure du bassin du Rhône (fréquence des éléments dans les contenus stomacaux)

Les proportions de ces différents éléments varient entre les 3 secteurs étudiés :

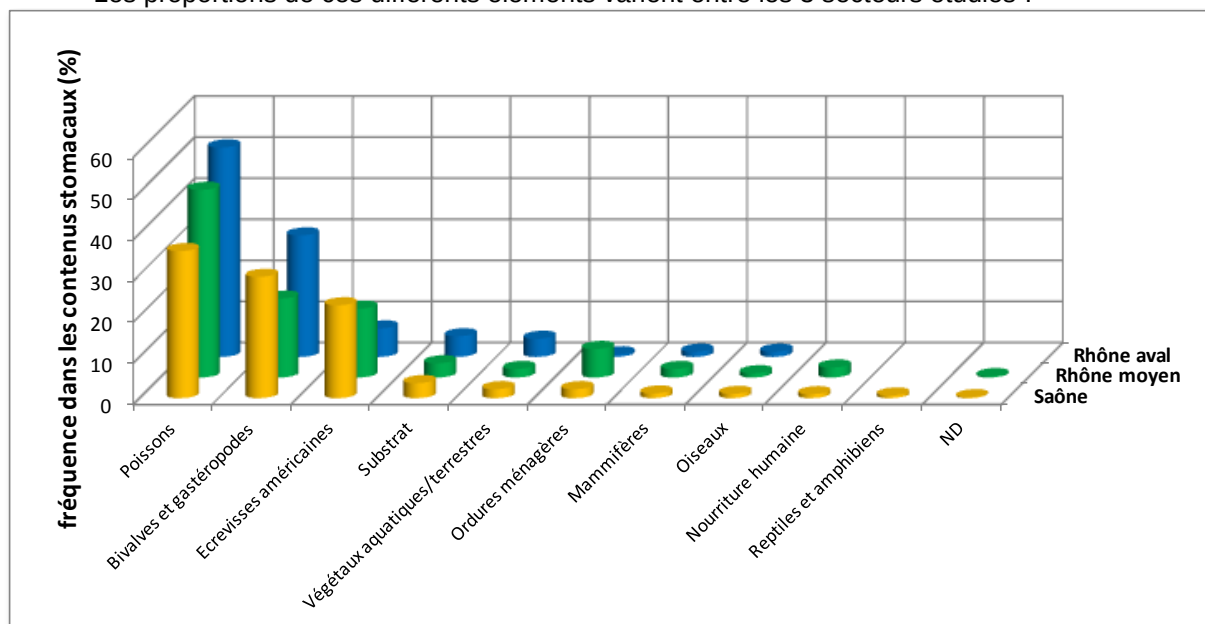


Figure 13 : composition du régime alimentaire du silure du bassin du Rhône (fréquence des éléments dans les contenus stomacaux) en fonction des secteurs

Les poissons prennent une place plus importante vers l'aval du bassin du Rhône, et parallèlement la proportion d'écrevisses américaines se réduit. Les éléments d'origine anthropiques (nourriture, ordures) sont logiquement plus représentés dans la traversée de l'agglomération lyonnaise et en aval de celle-ci.



Photographie 4 : rongeur et déchets absorbés par un silure (crédit photo : J-C. Tanzilli)

Concernant les poissons, le taux de spécimens ayant pu être déterminés à l'espèce est de 60.0% ; les 40% restants, en état de digestion avancée, ont été notés comme tel. La figure suivante montre la fréquence de présence des 18 espèces piscicoles identifiées dans les relevés :

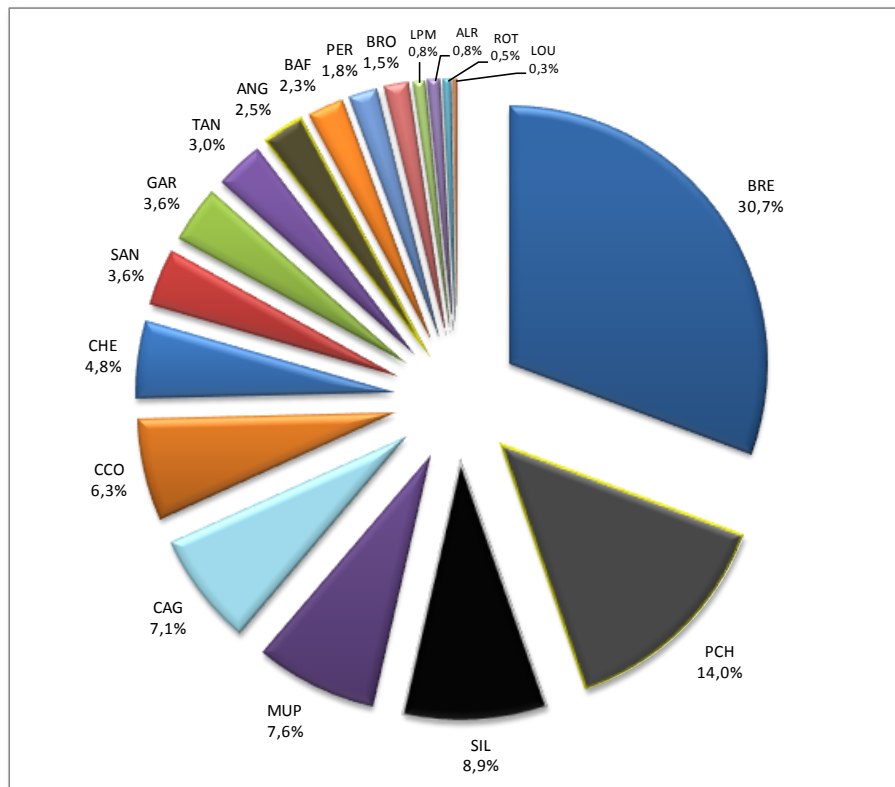


Figure 14: fréquence des espèces piscicoles dans les contenus stomacaux du silure du bassin du Rhône (codes espèces : cf. annexe 3)

La brème est le poisson le plus fréquemment observé, suivie par le poisson-chat et fait remarquable, le silure occupe la troisième place dans ce diagramme. Le mulot, le carassin, la carpe et le chevesne représentent avec les espèces précédemment citées 80% des poissons consommés par le silure.

Sur la Seille, le Cemagref et le CSP citaient en 1987 la consommation préférentielle des poissons-chats, écrevisses et brèmes (*in Proteau et al, 2008*), ce qui est globalement en accord avec nos résultats sur la Saône. Les espèces d'intérêt halieutique sont très peu ciblées (sandre, anguille, alose, loup de mer, brochet, perche). On note la présence de quelques lamproies marines (1995, août 1998 et 2001), ce qui démontre la présence régulière de cette espèce recherchée dans le delta du Rhône. Quelques aloses feintes du Rhône sont également présentes en très faible proportion, proportion beaucoup plus faible, par exemple, que celle du mulot porc, autre migrateur amphihalien.

c/ Biomasses respectives des éléments ingérés par les silures du bassin du Rhône

La proportion en termes de biomasse est plus révélatrice de l'importance respective de chaque élément dans le régime du silure. La reconstitution des biomasses montre que les poissons constituent l'essentiel des apports nutritifs des silures étudiés.

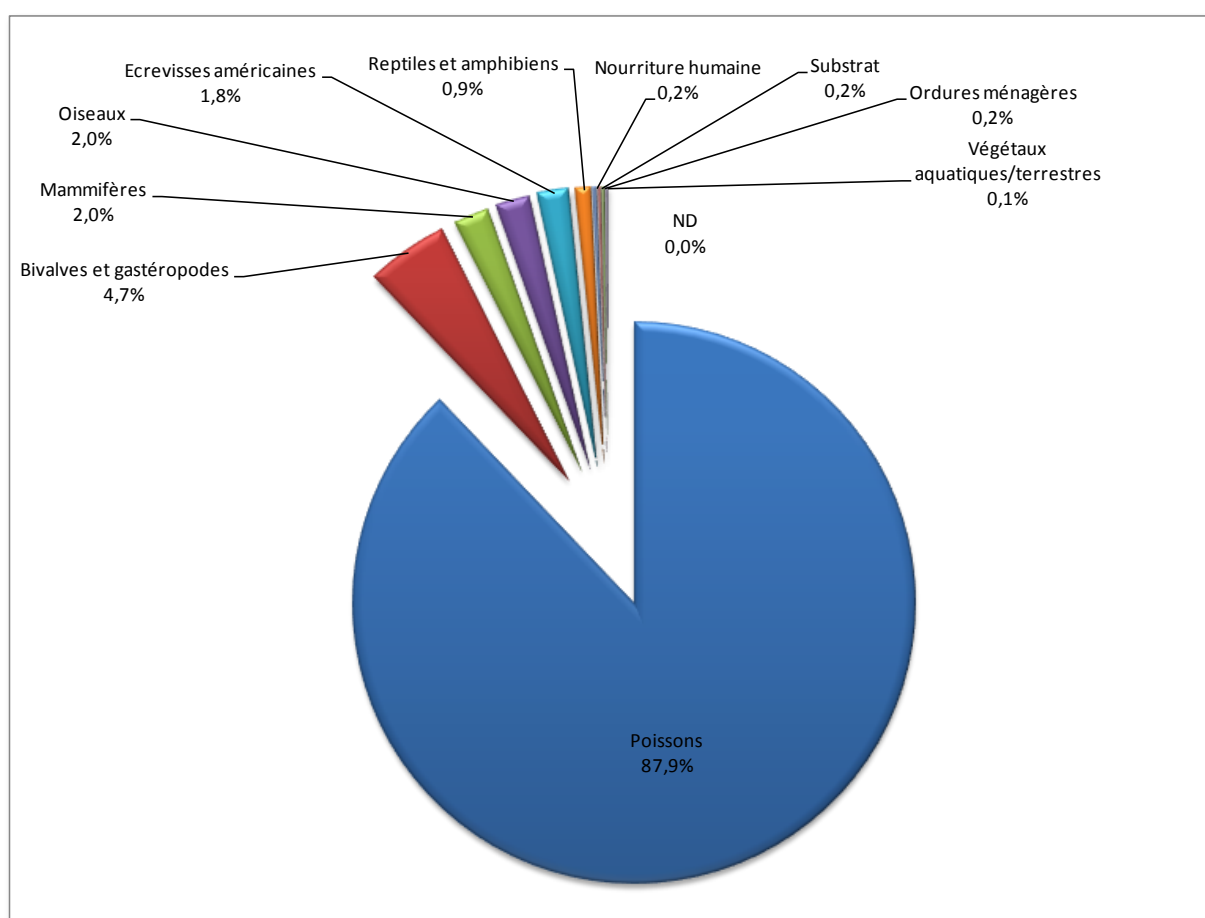


Figure 15: biomasses respectives estimées des différents éléments observés dans les contenus stomacaux des silures du bassin du Rhône

Les mollusques bivalves et gastéropodes tombent à moins de 5% de la biomasse consommée. Les reptiles sont mieux représentés en poids avec la consommation occasionnelle de quelques tortues de Floride de bonne taille.



Photographie 5: tortue de Floride extraite d'un silure de Saône (crédit photo : J-C. Tanzilli)

Concernant les espèces piscicoles, la répartition des principales espèces consommées varie beaucoup en fonction du secteur de Rhône concerné :

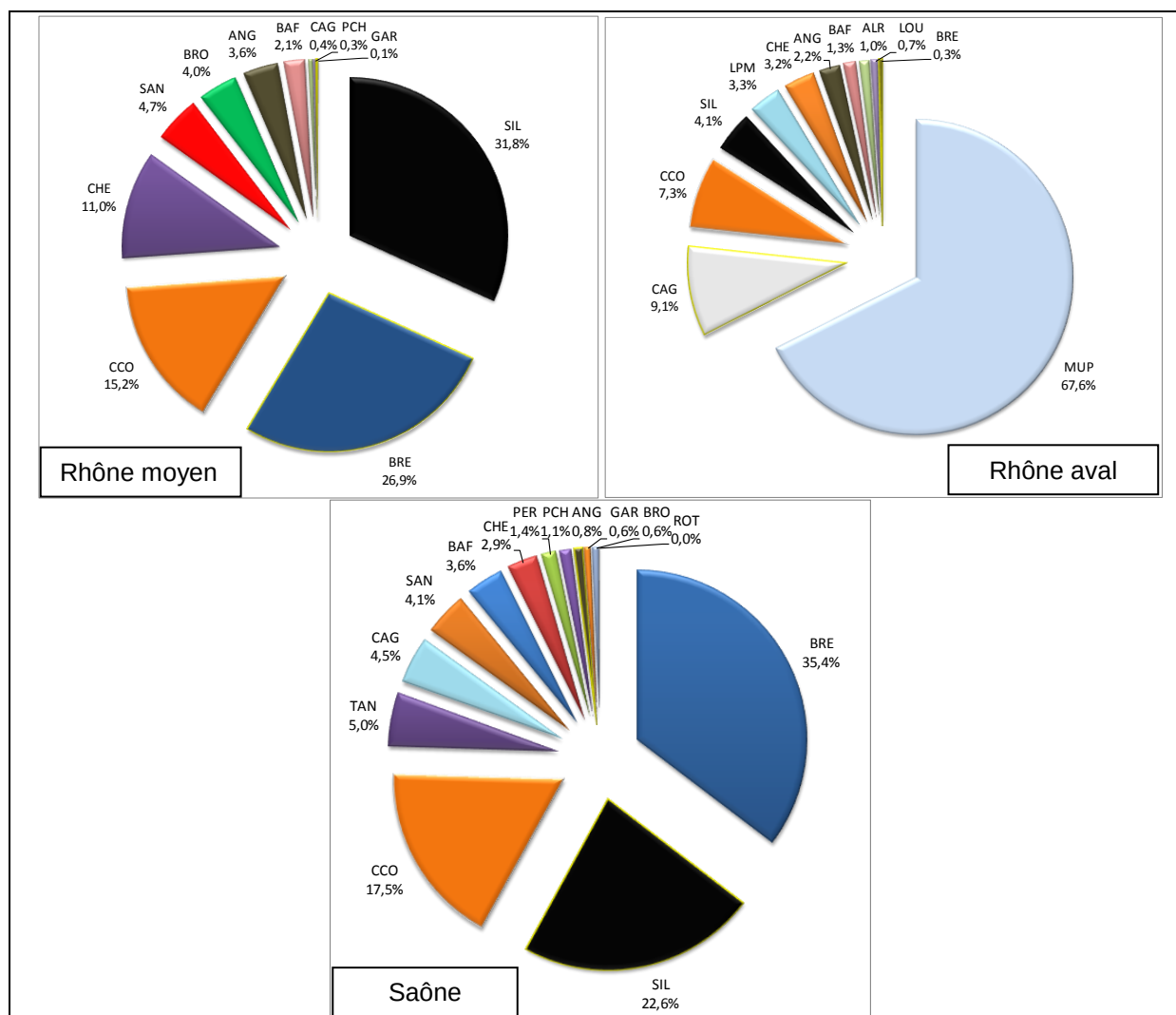


Figure 16 : biomasses respectives estimées des différentes espèces piscicoles observées dans les contenus stomacaux des silures du bassin du Rhône par secteur (codes espèces : cf. annexe 3)

La brème domine la biomasse ingérée devant le silure dans la Saône, ces places sont inversées dans le Rhône moyen tandis que la carpe occupe la troisième place. Le chevesne remplace

la tanche et le carassin dans le Rhône moyen. En revanche dans le Rhône aval, les mulets constituent les 2/3 de la biomasse consommée, devant le carassin et la carpe. Le silure n'arrive qu'en 4^{ème} position. Les données sont moins nombreuses sur ce secteur donc moins précises, mais les grandes tendances ressortent assez nettement.

Brèmes, carpes et carassins sont les proies favorites des silures lorsque le mulot n'est pas disponible, et le cannibalisme prend des proportions considérables chez cette espèce.

Pour préciser l'analyse sur ce dernier point, nous nous sommes intéressés au régime alimentaire de différentes classes de tailles des poissons qui ont fait l'objet de contenus stomacaux individuels. Les résultats montrent dans un premier temps que les jeunes silures tendent à consommer davantage de mollusques, gastéropodes et écrevisses que leurs aînés.



Photographie 6: jeune silure au ventre bien garni de corbicules (crédit photo : J-C. Tanzilli)

Plus les silures grandissent, plus ils se concentrent sur les poissons (conformément aux données de la littérature : Stolyarov, 1985 in Valadou, 2007) et les prises accessoires de grande taille (ragondin, rats, cormorans par exemple).

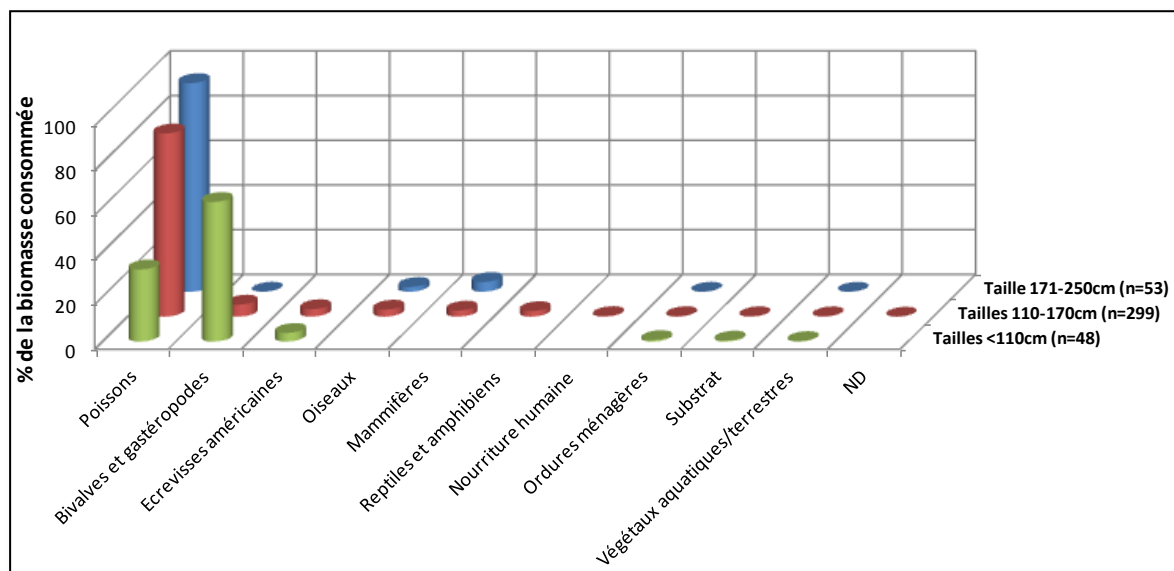


Figure 17 : composition du régime alimentaire du silure du bassin du Rhône (biomasse des éléments dans les contenus stomacaux) en fonction de la taille des poissons

En observant le détail de l'ichtyofaune consommée, il apparaît assez clairement que les grands silures se concentrent sur les proies volumineuses : le silure et la carpe deviennent leurs principales sources d'alimentation d'après les données récoltées.

La proportion de brèmes consommée diminue sensiblement avec la taille des silures (sans doute exagérément sur notre échantillon de taille plus modeste), mais surtout la proportion de silures ingérés augmente fortement chez les spécimens de grande taille pour devenir la principale source d'alimentation sur cet échantillon.

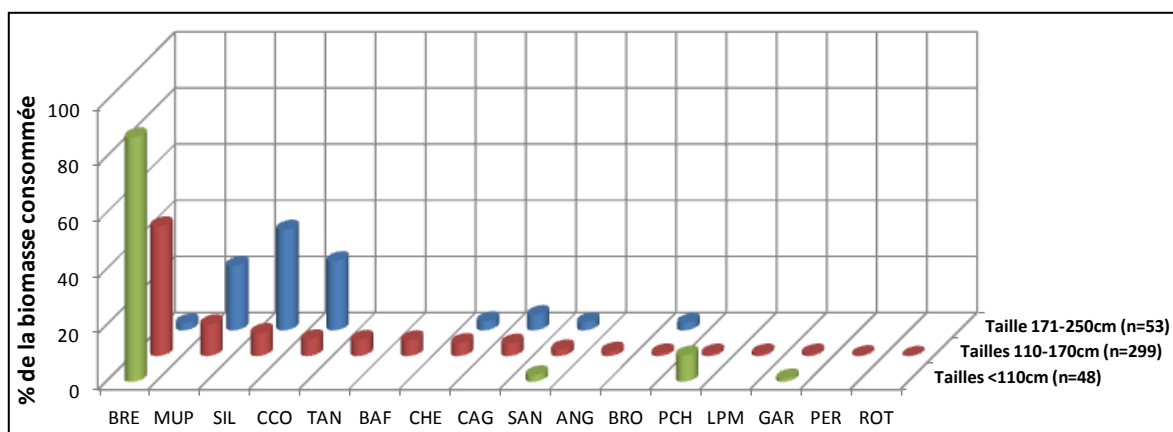


Figure 18 : biomasse des espèces piscicoles dans les contenus stomacaux en fonction de la taille des silures

d/ Le cannibalisme

Les jeunes adultes ou subadultes sont consommés par les grands silures de taille dépassant généralement 1.7m. Le rapport de taille proie/prédateur atteint 26% à 51% : les silures retrouvés dans les contenus stomacaux sont en général des sujets âgés de 2 à 5 ans.

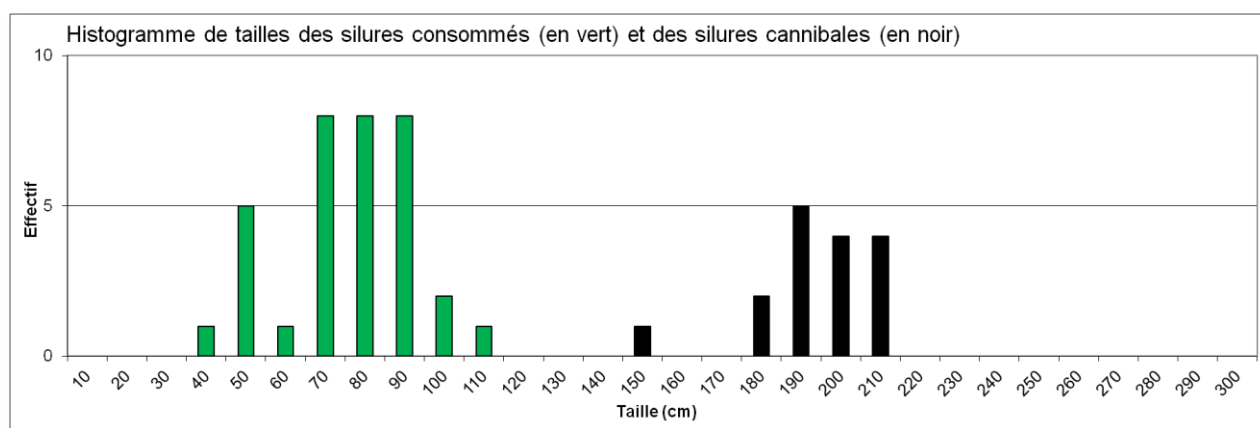


Figure 19 : histogramme de tailles des silures ingérés et de leurs prédateurs

Un silure de 2m07 est en effet capable d'ingérer un congénère de 1m05, probablement un jeune reproducteur de 5 à 7 ans (cf. annexe 2).

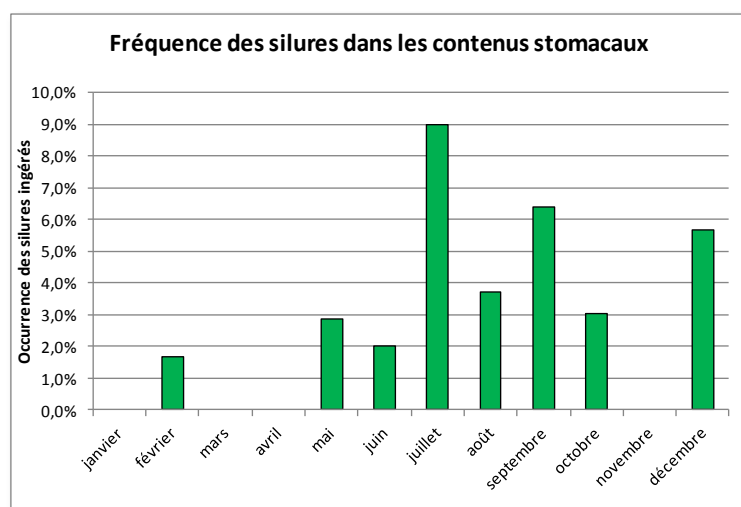


Figure 20 : fréquence des silures dans les contenus stomacaux

Le cannibalisme semble avoir lieu toute l'année, mais le phénomène se concentre plus particulièrement en juillet probablement en lien avec la reproduction de l'espèce. En décembre, on observe régulièrement des silures dans les estomacs malgré une plus faible activité alimentaire. Cette période correspond au regroupement hivernal des poissons (Berg, 1949 ; observations personnelles) ce qui doit favoriser le cannibalisme.



Photographie 7 : spécimen d'environ 90cm extrait d'un grand silure (crédit photo : J-C. Tanzilli)

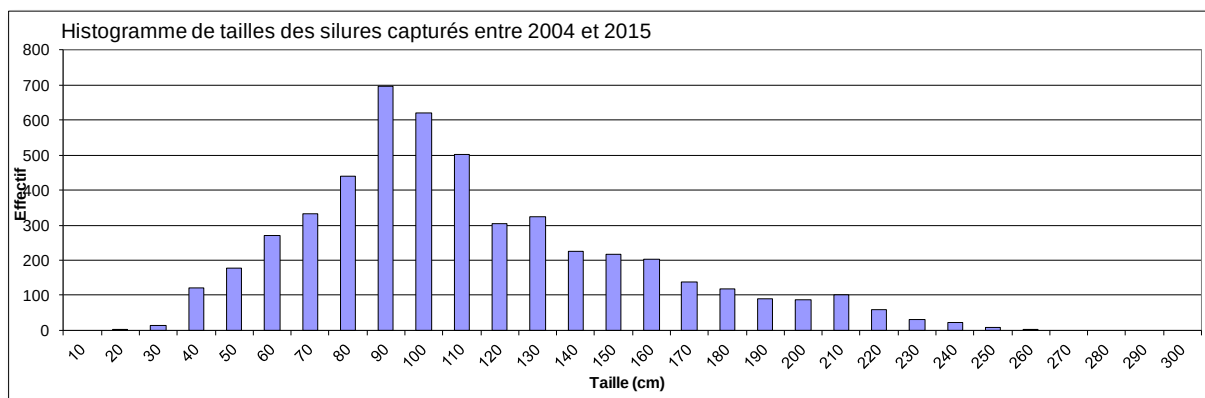


Figure 21 : histogramme des tailles des silures capturés entre 2004 et 2015

Les techniques de pêche employées sont sans doute plus sélectives vis-à-vis des sujets de taille inférieure à 80 cm. Cependant, les poissons de tailles immédiatement supérieures sont les plus fréquemment capturés, la sélectivité de la pêche les concerne sans doute beaucoup moins. On observe sur l'histogramme de tailles des silures pêchés un décrochage assez net du nombre de poissons dépassant les 110cm. En considérant que la classe des 81-110cm échantillonnée soit représentative de la population (non sélectivité de la pêche), seuls 47% des individus franchissent ce cap et atteignent les 111-140cm. Si la pêche s'avérait sélective et le nombre de spécimens de 81-110cm sous estimé, le taux de survie réel entre ces deux gammes de taille serait encore moindre.

En considérant la succession des cohortes des différentes années entre 2004 et 2015 (cf. annexe 1), l'affaiblissement du recrutement de l'espèce est manifeste.

3- EVOLUTION DES STRUCTURES EN TAILLES DES POPULATIONS AU FIL DU TEMPS

a/ Evolution des tailles maximales

Les relevés de tailles ont été effectués de manière exhaustive pour les sujets de plus de 1.7m, ce qui permet d'en calculer la proportion au sein de la population sur l'ensemble de la période. De

même, les tailles maximales absolues des captures annuelles ainsi que la proportion de sujets de plus de 2m sont présentées ci après.

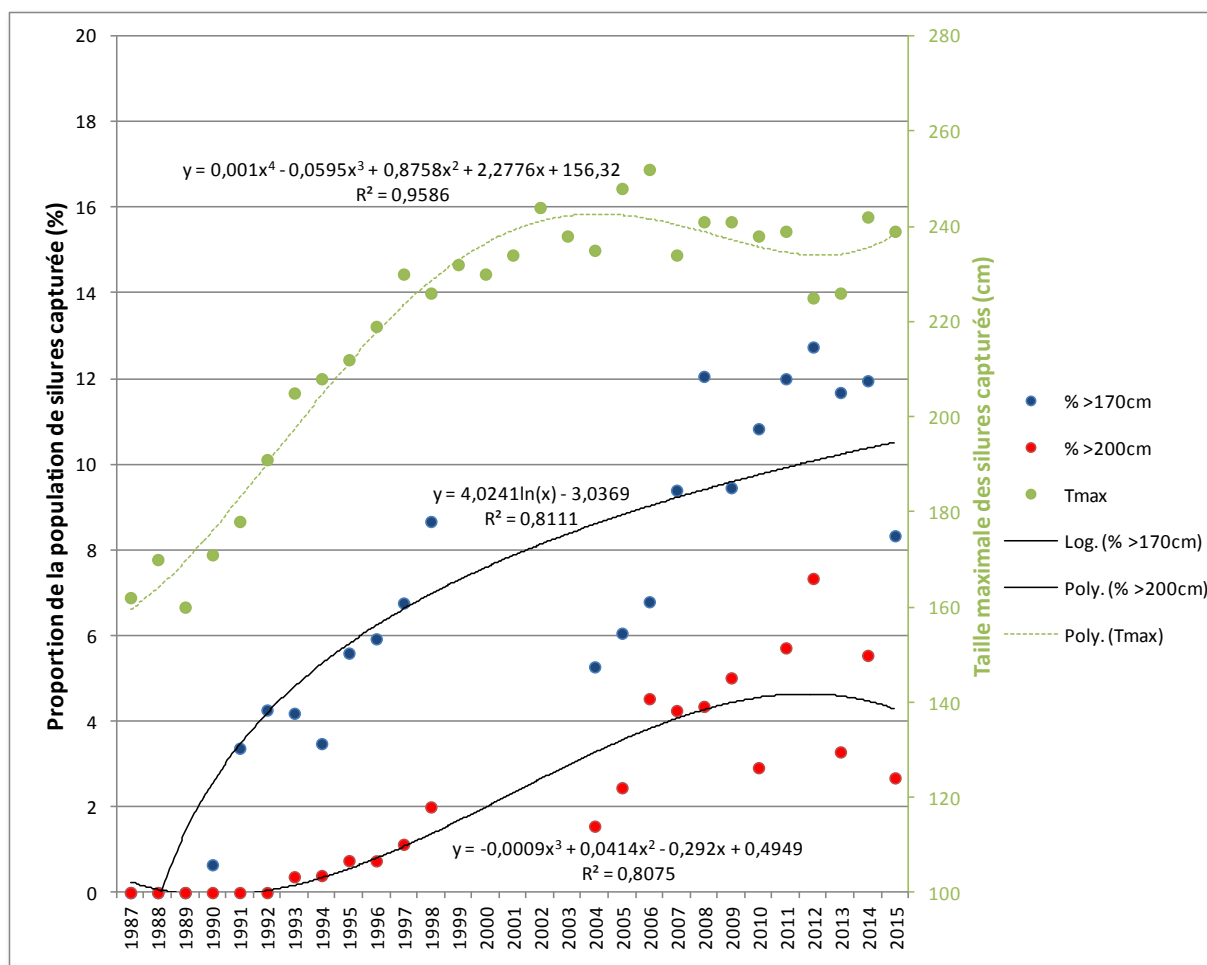


Figure 22 : Evolution des tailles maximales atteintes et de la proportion de grands silures au sein des populations du bassin du Rhône de 1987 à 2015

Les tailles maximales des silures sont passées de 1.6m à la fin des années 1980 à 2m en 1993 ; elles ont continué de progresser jusqu'au début des années 2000 et sont stabilisées depuis autour de 2.4m. Les quelques poissons capturés dépassant cette taille sont issus du Rhône aval.

La proportion de sujets de plus de 2m semble commencer à se stabiliser à la fin des années 2000 vers 5% des captures, bien que cela soit à confirmer dans les années à venir.

En revanche, la proportion de spécimens de plus de 1.7m, actuellement de 10 à 12%, semble toujours en augmentation depuis le début du suivi, ce qui suggère que la population n'est pas encore arrivée à un point d'équilibre.

b/ Evolution des tailles moyennes

Sur les 12 dernières années, la mesure de la totalité des prises de silure permet d'observer l'évolution de la taille moyenne des captures. Cette valeur augmente progressivement à raison de 0.86cm/an, soit 146g/ an, en accord avec l'augmentation des proportions de grands silures.

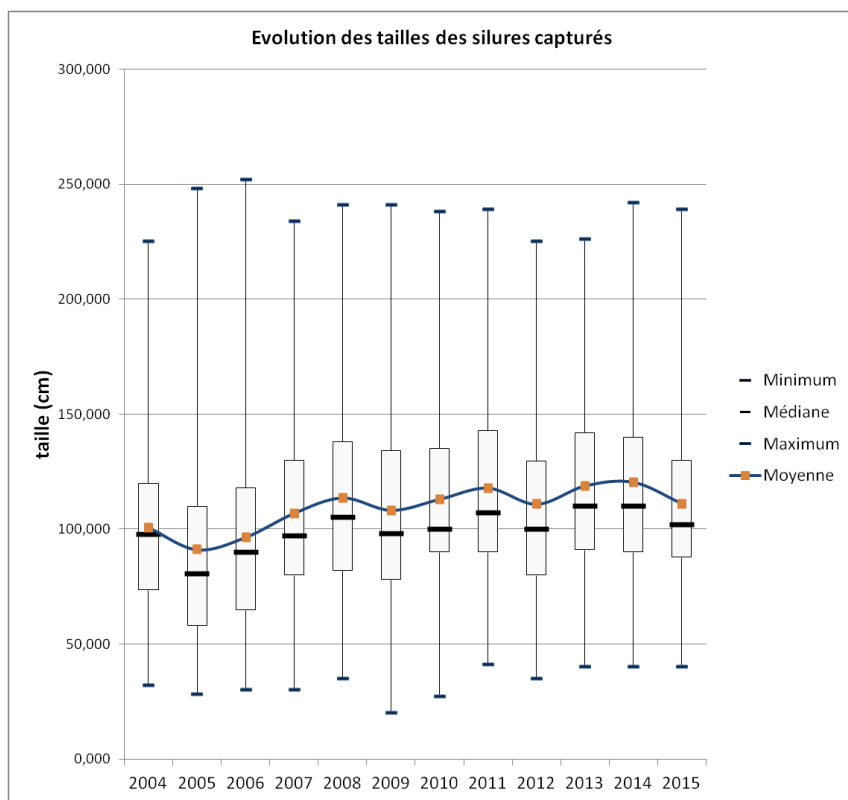


Figure 23 : évolution interannuelle des tailles des silures capturés entre 2004 et 2015

Aucun changement notable des pratiques de pêche n'est à signaler au cours de la période de suivi. L'emploi de techniques diversifiées et peu discriminantes en termes de tailles des captures pour certaines (vers) indique une sélectivité de pêche globalement inchangée. L'évolution observée très progressive des structures en taille des populations paraît bien refléter un phénomène biologique et non un changement de technique de pêche.

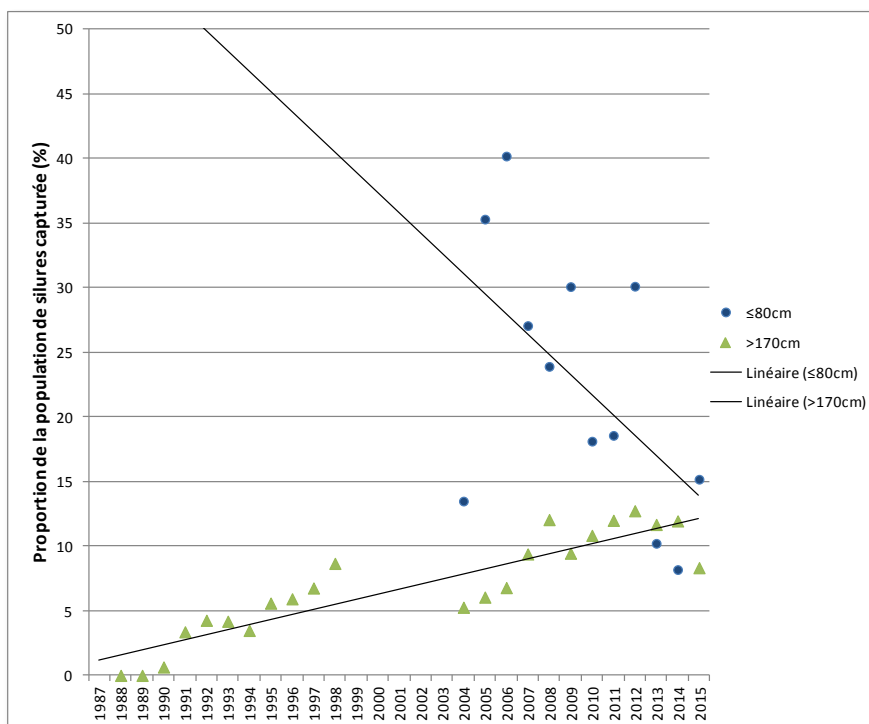


Figure 24 : Evolution des proportions de grands (1987-2015) et petits (2004-2015) silures au sein des populations capturées du bassin du Rhône

Le recrutement piscicole est par nature très irrégulier en grand milieu, le silure ne fait pas exception. Mais la baisse des CPUE du guide spécialisé, des pêcheurs de carnassiers en général, des densités par EPA de silures observées indiquent une diminution de l'abondance des populations de jeunes sujets proche d'un facteur 3 dans la dernière décennie (cf. I-4).

4- CROISSANCE ET DEPLACEMENTS

a/ Caractéristiques des recaptures

Sur les 720 silures marqués, 94 événements de recaptures ont pu être enregistrés. Les marquages et recaptures concernent une large gamme de tailles et ont permis de reprendre des sujets des différentes classes d'âge.

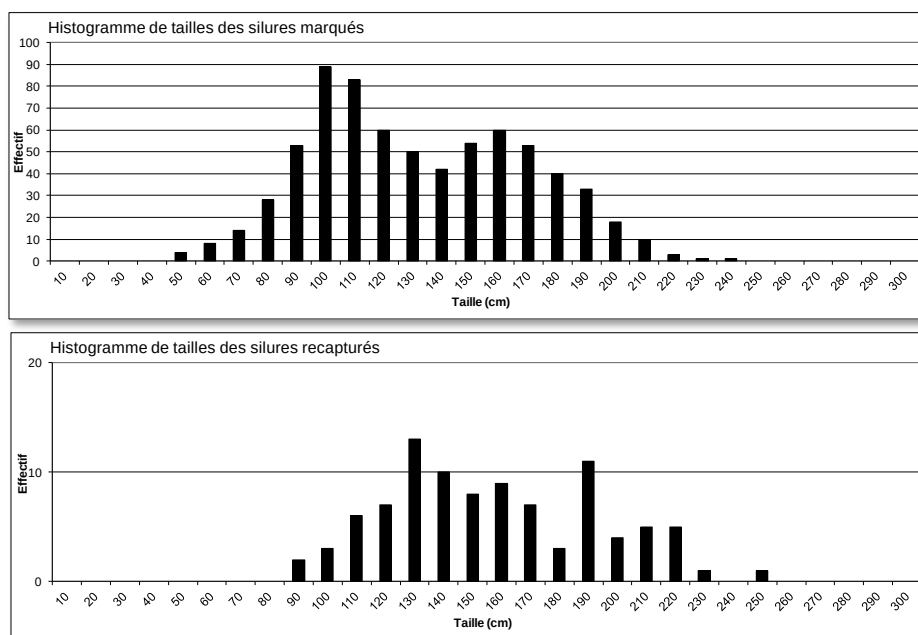


Figure 25 : Histogramme de tailles des silures marqués et recapturés au cours de cette étude

L'intervalle de temps écoulé entre le marquage et la recapture est en moyenne de 3 ans, mais plusieurs sujets ont été repris plus de 10 ans après leur marquage. Au-delà, le produit utilisé pour le marquage ne semble pas persister suffisamment dans les tissus.

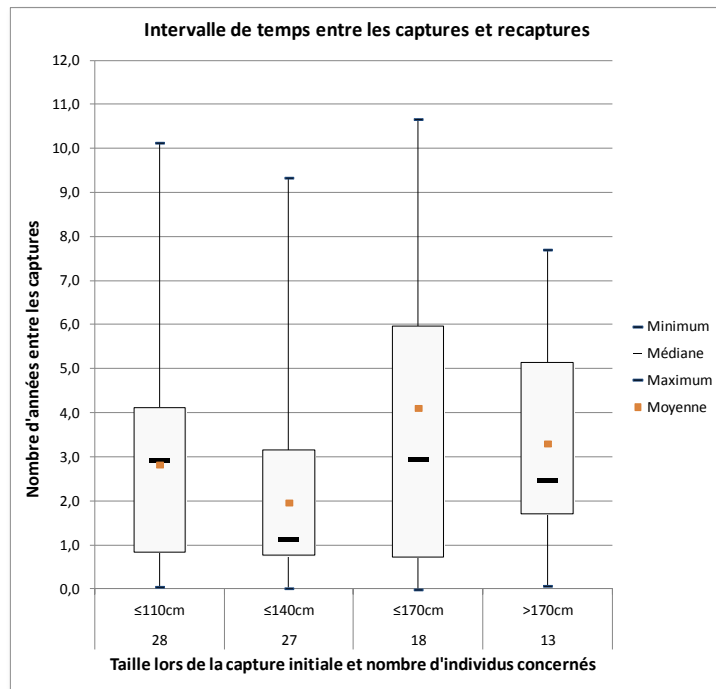


Figure 26 : Caractéristiques temporelles des recaptures selon les classes de taille marquées

b/ Migrations observées

La plupart des spécimens ont effectué des déplacements de moins de 1km et certains ont été repris sur le lieu même de leur capture initiale, 10 années plus tard. Quelques exceptions à cette règle de sédentarité ont parcouru jusqu'à 16km de leur propre initiative. Les individus les plus mobiles sont les jeunes adultes, la majorité d'entre eux a réalisé des migrations de l'ordre de 3km. Environ 75% de ces déplacements se font vers l'amont du cours d'eau.

Il semble que plus le poisson prend de l'âge, et moins il effectue de déplacements : la plupart des grands silures ont été repris à moins de 500m de leur lieu de capture initiale. D'autre part, leur recapture peut avoir lieu plus régulièrement à l'aval du lieu de marquage que pour les jeunes silures.

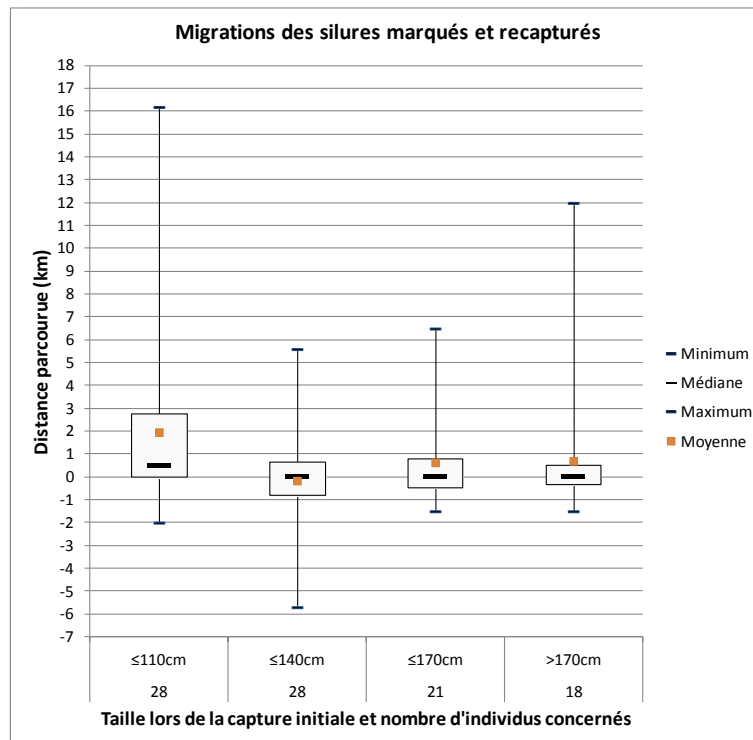


Figure 27 : caractéristiques des déplacements effectués par les silures recapturés au cours de cette étude (valeurs négatives : aval, valeurs positives : amont)

Concernant les individus déplacés en amont ou en aval de leur lieu de résidence, ils ont tous rejoint leur zone d'origine, quelle que soit la distance de déportation, à l'exception d'un spécimen repris sans doute trop tôt, 21j après son déplacement. Un jeune adulte a également parcouru 4km supplémentaires après avoir rejoint sa zone de départ.

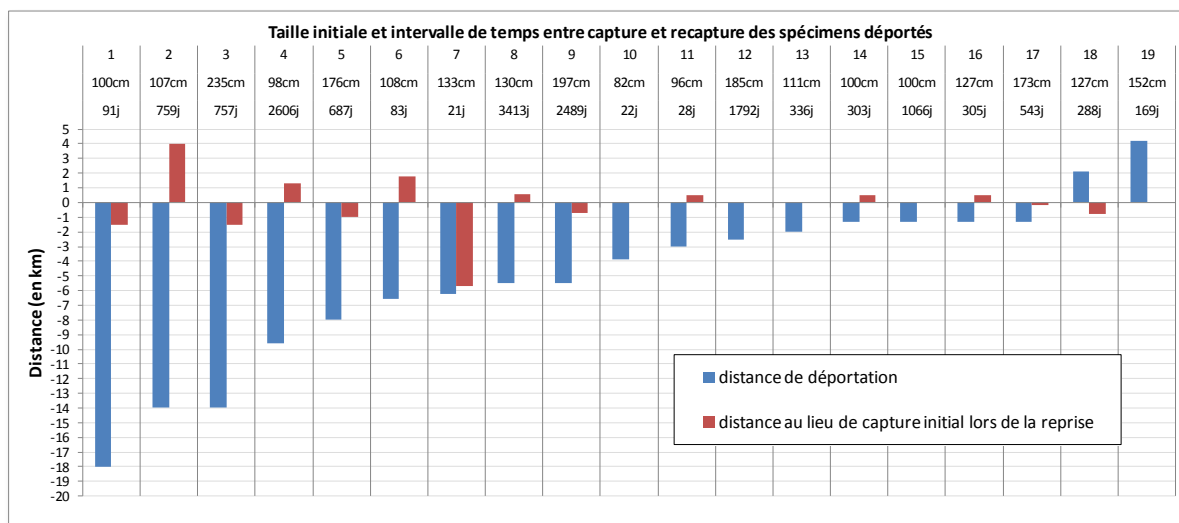


Figure 28 : déplacements effectués par les silures marqués et déportés au cours de cette étude (valeurs négatives : aval, valeurs positives : amont)

On notera le cas de deux spécimens ayant été capturés au même endroit les 18 et 22/12/1995 (n°6, 108cm sur la figure ci-dessus et un spécimen de 113cm), l'un ayant été déplacé de 6.6km en aval et l'autre relâché sur place. Ces deux poissons ont été repris l'année suivante, l'un en mars et l'autre en juin, sur le même poste, 1.8km en amont de leur point de capture initial. Les poissons ont réalisé le même déplacement vers l'amont, ont traversé de nombreux habitats propices (en particulier l'individu n°6) et se sont donc très probablement rejoints.

Plus qu'une fidélité de site, la question d'une fidélité de groupe se pose avec ce genre de cas. La sédentarité des individus démontrée par ces résultats, le retour systématique et relativement rapide (cf. individu n°1, 16.5 km en moins de 3 mois) vers leur zone de résidence en cas de déplacement, montre un lien qui est peut-être moins établi avec le site qu'avec les autres congénères d'un groupe de silure. Dans cette hypothèse, les rassemblements observés mais qui demeurent inexpliqués (absence d'enjeux de reproduction ou d'enjeu alimentaire apparent : Boulêtreau *et al*, 2011) pourraient prendre sens, en permettant aux individus de s'identifier lors des fréquents contacts et excréments émis lors des rassemblements. Par voie de conséquence, ce repère olfactif, s'il s'agissait de cela, permettrait également aux individus de se situer à plus large échelle au sein des grands milieux et donc de rejoindre leur groupe et leur lieu de résidence en cas d'éloignement ponctuel, volontaire ou non.

c/ Suivi des déplacements par vidéo-comptage au barrage de Jons

La station de vidéo-comptage gérée par la FDAAPPMA69 et EDF installée sur la rivière artificielle de contournement du barrage de Jons sur le Rhône (aménagement hydroélectrique EDF de Cusset) permet de disposer de données supplémentaires sur les mouvements des silures rhodaniens.

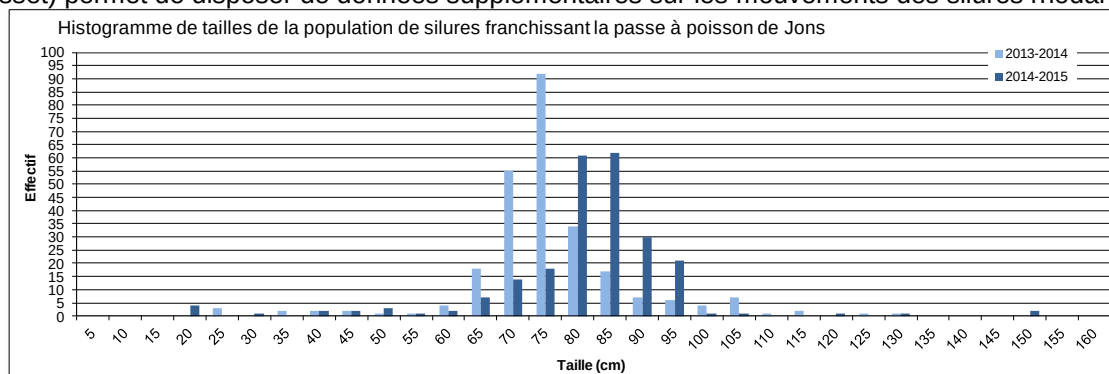


Figure 29 : tailles des silures migrants observés à la station de vidéo-comptage de Jons

Les silures empruntant l'ouvrage appartiennent à la classe de taille identifiée comme la plus mobile par les marquages-recaptures (cf. 4/b). Ils appartiennent aux classes de tailles vulnérables à la prédation de leurs aînés, entre 60 et 110cm. Il semble qu'une même cohorte soit observée sur les deux années successives. Les mouvements enregistrés sont ici très spécifiques à cette gamme de tailles, les juvéniles et les plus grands adultes sont pratiquement absents. Le vidéocomptage confirme les observations réalisées grâce aux marquages, les subadultes ou jeunes reproducteurs paraissent se déplacer régulièrement tandis que les grands silures ne semblent le faire qu'exceptionnellement au sein du tronçon concerné.

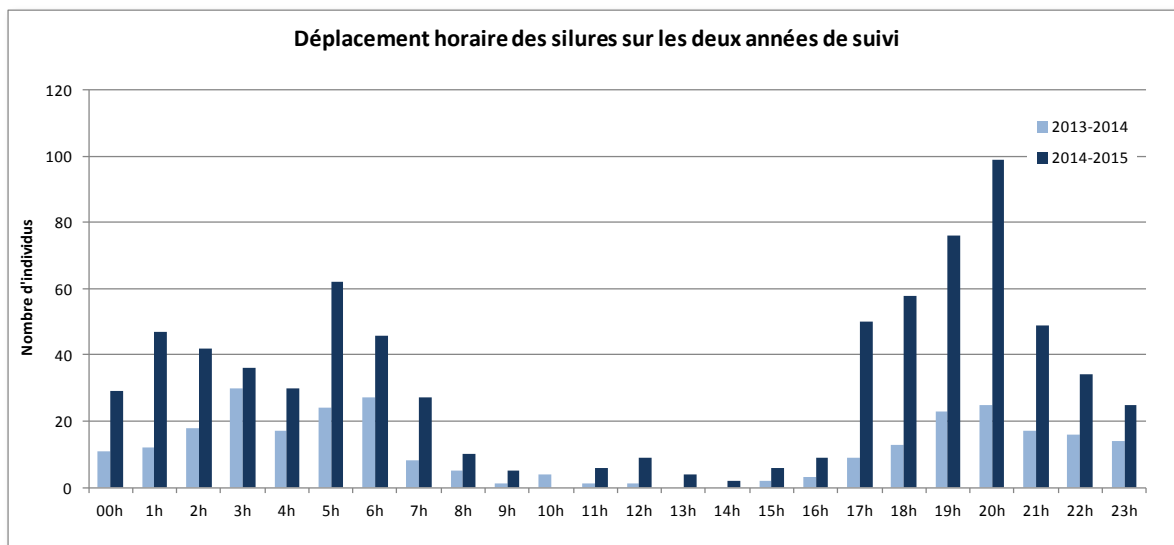


Figure 30 : activité journalière des silures observés à la station de vidéo-comptage de Jons

Les pics d'activité sont relevés surtout en soirée vers 19h/20h, puis les mouvements continuent jusqu'à l'aube avant de se réduire au minimum durant la journée ; la reprise n'a lieu qu'à partir de 17h.

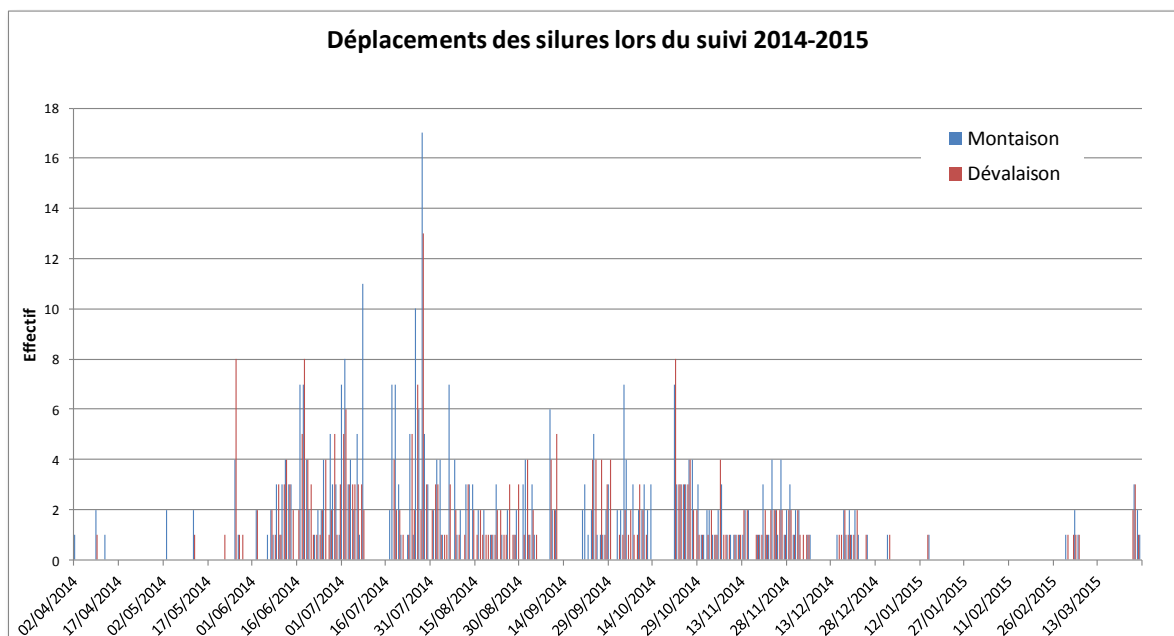


Figure 31 : activité saisonnière des silures observés à la station de vidéo-comptage de Jons

Les époques de l'année où les silures se sont le plus déplacés correspondent au mois de juin et juillet, soit pendant la reproduction, et l'activité s'est poursuivie jusqu'à fin novembre. Les allers retours au sein de l'ouvrage sont assez nombreux (56% de montaison) pour certains individus qui profitent sans doute de l'abondance de proies transitant par l'ouvrage (plus de 80 000 poissons comptabilisés en montaison au cours de la saison 2014-2015).

Les jeunes adultes sont donc les premiers concernés par les déplacements. Ce sont également les premières victimes du cannibalisme. Le mécanisme de dispersion des nouveaux arrivants dans la catégorie des reproducteurs pourrait être lié au besoin de s'intégrer à un groupe de silures éloigné de leur zone d'origine. Cette intégration semblerait assez délicate et tendrait fréquemment vers l'ingestion complète.

d/ Croissances mesurées

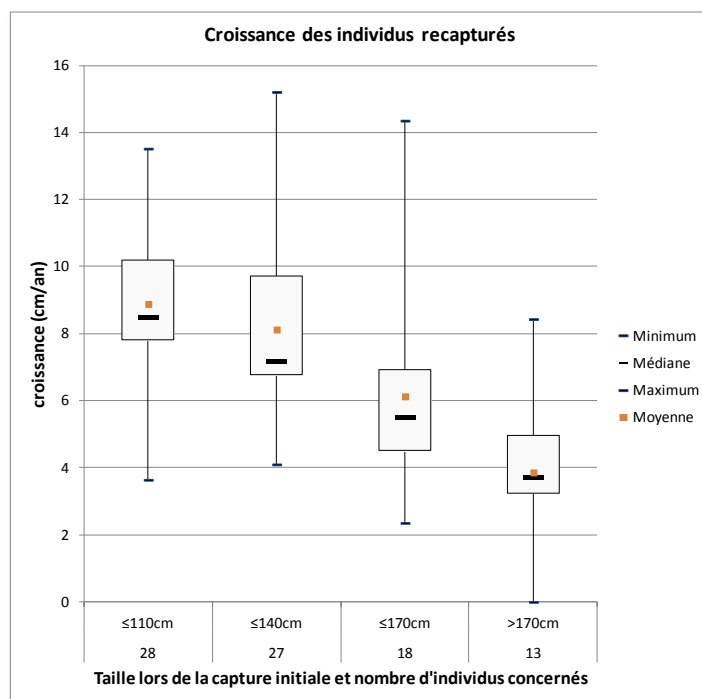


Figure 32 : croissance des silures en fonction de la taille des spécimens calculée à partir des données de marquage/recapture

La croissance des individus, très variable, est estimée en moyenne à 8.9cm/an entre 110cm et 140 cm, pour 3.9cm/an au-delà d'une taille de 170cm. En associant les vitesses de croissance et l'âge supposé des jeunes sujets, très variable entre et à l'intérieur des cohortes (Planche, 1987 *in* Copp *et al*, 2009 ; Copp *et al*, 2009 ; Faure, 2006), il est possible de proposer une relation âge/taille pour le silure du Rhône. Les résultats sont très comparables avec ceux de Planche (1987) à partir d'analyses de vertèbres et d'otolithe de silures âgés de 12 ans maximum.

Les individus de 200cm ont sans doute entre 20 et 25 ans. La relation devient beaucoup plus hypothétique pour les individus de plus de 2m20, faute de données suffisantes.

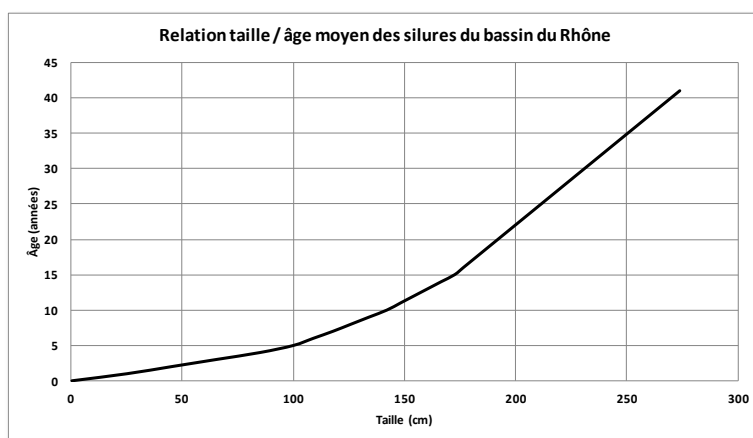


Figure 33 : relation âge-taille des silures du bassin du Rhône

Corrélativement à la relation taille-poids de l'espèce (cf. annexe 2), le gain de poids moyen des silures adultes oscille entre 2 et 3kg/an tout au long de leur vie.

IV- Discussion

1- DES POPULATIONS QUADRAGENAIRES S'APPROCHANT D'UNE CERTAINE MATURITE

Les tailles maximales des silures du bassin du Rhône, en dehors de quelques poissons record dont les dimensions progressent encore, semblent avoir atteint une valeur plafond depuis une quinzaine d'année. La barre des 2.4m n'est que rarement dépassée.

La proportion de sujets de plus de 2m a augmenté jusqu'à la fin des années 2000, mais semble se stabiliser depuis. Si les proportions de silures de plus de 170cm continuent d'augmenter, en revanche leur CPUE semble s'être stabilisée depuis au moins 2004 à une valeur deux fois plus faible que celle relevée au milieu des années 1990 (cf. figure 34), soit un grand silure pour 67h de pêche aujourd'hui.

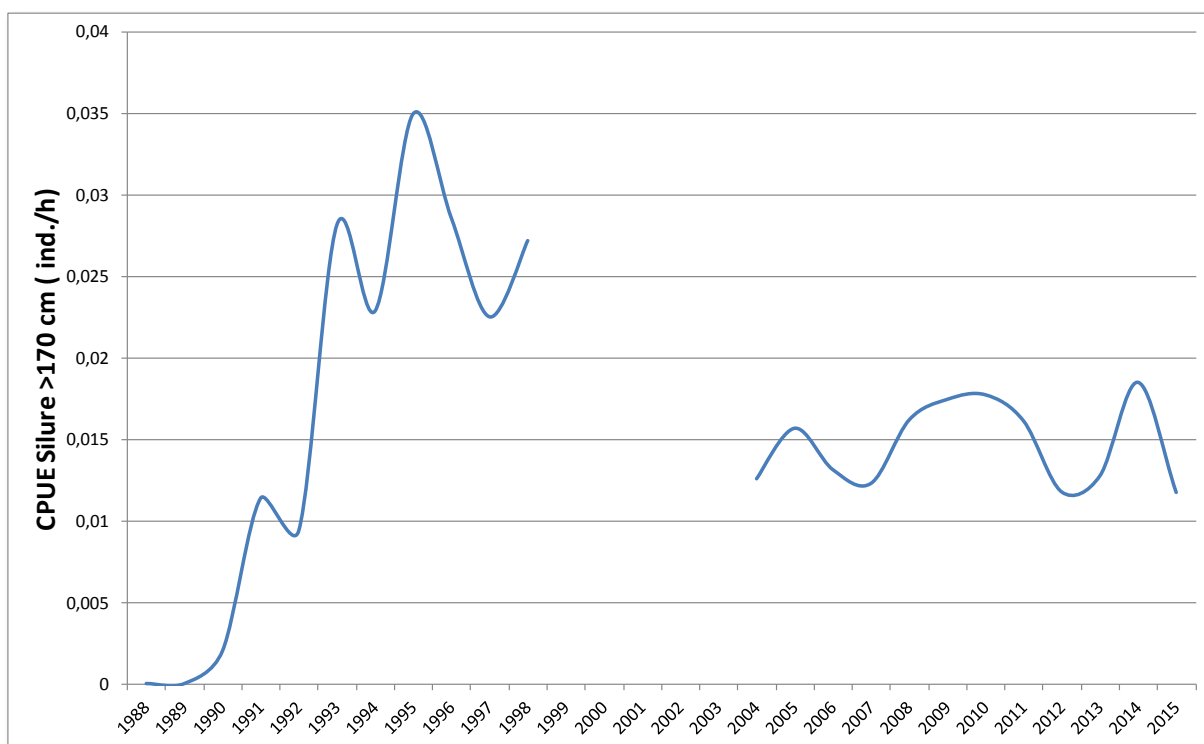


Figure 34 : Evolution des CPUE de silures de tailles supérieures à 170cm dans le bassin du Rhône

La chute continue des effectifs de jeunes sujets constatée par pêche électrique, enquêtes paniers et étude des captures de la pêche spécialisée sur l'espèce, ne semble pour l'instant plus affecter l'abondance de ces grands poissons. Si leurs effectifs ont probablement été divisés par deux entre les années 1990 et les années 2000, une certaine stabilité de l'abondance de ces spécimens s'observe depuis.

S'il faut une quinzaine d'années pour produire des poissons de 170cm, cela signifie que les spécimens capturés en 2015 sont nés avant 2000, à une époque où le recrutement avait certes déjà diminué mais était au moins 3 fois plus important qu'aujourd'hui. Il sera donc intéressant de suivre dans le temps l'évolution de ces cohortes pour savoir si leur abondance se maintient et si des mécanismes de compensation du faible recrutement se mettent en place (ex : meilleure croissance, meilleurs taux de survie...).

2- UN CANNIBALISME MARQUE, MOTEUR PROBABLE DE LA REGULATION DE L'ESPECE

Probablement anecdotique jusqu'à la fin des années 1980 sur le bassin du Rhône, le cannibalisme chez le silure semble avoir pris aujourd'hui des proportions considérables. Le silure fait partie des espèces les plus consommées, s'il n'est pas lui-même devenu son mets favori dans certains secteurs du bassin. Le cannibalisme pourrait dans certains cas profiter aux individus en leur procurant de meilleurs taux de croissance (Copp *et al*, 2009). Si les juvéniles de silure glane ont une ration alimentaire annuelle plus importante (300 à 500% du poids total) que les individus matures, les adultes auraient une ration alimentaire annuelle qui varie entre 177 et 297% de leur poids total (Orlova & Popova, 1986 *in* Guillaume, 2012). D'après ces chiffres (s'ils sont valables pour les grands silures) et nos données, un spécimen de 2m et 50kg pourrait ingérer annuellement l'équivalent de 7 à 12 silures de 80cm.

Cette caractéristique du régime alimentaire du silure se répercute sur la structure d'âge de la population, qui se trouve fortement influencée par la régression des jeunes classes d'âge. La taille moyenne de la population étudiée par capture à la ligne a régulièrement progressé de 0.9cm/an au cours des 12 dernières années. Ce résultat semble dû à la conjonction de deux facteurs intervenant après l'explosion démographique des années 1990 : la diminution continue de l'abondance des juvéniles d'une part, et d'autre part le maintien de celle des grands adultes à un niveau constant bien qu'inférieur de moitié aux valeurs des années 1990.

Ce comportement naturel de consommation d'individus de sa propre espèce est un mécanisme susceptible de générer différents effets sur les populations (Claessen *et al*, 2003). Une conséquence basique, dans un cas comme celui-ci avec un fort taux de prédation, est de permettre de réguler la taille des populations de l'espèce. Selon les modèles de dynamique des populations établis, la probabilité qu'un jeune échappe au cannibalisme décroît exponentiellement avec l'augmentation de la densité d'adultes. Ce mécanisme pourrait expliquer la chute rapide des effectifs de petits spécimens au regard de l'augmentation beaucoup plus lente des proportions de grands silures cannibales (cf. figure 24).

Les jeunes silures ont une alimentation orientée sur des proies que leurs aînés délaissent au fil de leur croissance : mollusques, crustacés, poissons de tailles modestes. Un transfert d'énergie de cette ressource en direction des grands silures se réalise actuellement par l'intermédiaire du cannibalisme.

Le cannibalisme peut jouer un rôle de stabilisation des populations ou conduire à des fluctuations de leur structure (Claessen *et al*, 2003). Dans le cas des silures, dont la durée de vie est de plusieurs décennies et le régime alimentaire diversifié, les effets semblent assez difficiles à prédire sur le long terme. Les observations de ces 12 années passées suggèrent une stabilisation de la population avec le maintien de grands sujets qui limiteraient le nombre des plus jeunes.

Il est donc possible que la compétition intra-spécifique pour la ressource alimentaire des jeunes individus soit moins forte et leur croissance meilleure. Il serait intéressant de pouvoir étudier la croissance de ces classes d'âge, qui pourrait avoir tendance à s'accélérer. Le réchauffement climatique bénéficie également à cette espèce dont le métabolisme est plus élevé et la croissance plus importante vers 25-28°C (Copp *et al*, 2009).

La pression forte des grands silures sur les jeunes cohortes est donc vraisemblablement maintenue depuis le début des années 1990 dans le bassin du Rhône. Pour les individus mesurant entre 50cm et 1m10, le fait d'être soumis à une pression de sélection très forte par les adultes depuis environ 2 décennies pourrait également jouer, en favorisant génétiquement les spécimens à croissance rapide exposés moins longtemps au risque de cannibalisme (Shin *et al*, 2005). Selon cette hypothèse, la taille des spécimens pourrait continuer à croître dans le long terme et éventuellement se rapprocher des valeurs citées dans la bibliographie. Cependant, les ressources alimentaires disponibles pour l'espèce au sein de milieux anthropisés (barrages, batillage, canalisation...) et les impacts des polluants accumulés par les grands silures avec l'âge constituent probablement autant de facteurs limitants au développement de très grands spécimens.

Divers composés de l'industrie chimique bioaccumulés dans les tissus des poissons, comme les PCB, ont un impact potentiel important sur leur fécondité et leur dynamique. Le silure pourrait donc être victime de ce phénomène d'autant plus que sa durée de vie est longue et son régime alimentaire tourné sur les poissons bioaccumulateurs. Ainsi dans le bassin du Rhône, les quelques adultes de taille supérieure à 1m (soit 9 individus de 101 à 150cm) analysés dans le cadre du plan national PCB présentent des teneurs en PCB indicateurs allant de 295 à 6598 ng/g de poids frais (moyenne 1220 ng/g), soit 2.4 à 52.8 fois la norme de 125ng/g pour les denrées alimentaires (Règlement UE

n°1259/2011 ; source Base de données micropolluants du programme PCB). Malgré tout, les résultats d'analyse de PCB sur les poissons de la Seille aval, bassin rural, ne montrent aucun dépassement de seuil (source : analyses DREAL Bourgogne, 2009), et pourtant la population de silure a de toute évidence elle aussi suivi la transition démographique décrite dans notre étude. Cela suggère un effet prédominant du cannibalisme plutôt qu'un impact des micropolluants sur la dynamique de l'espèce.

3- UN REGIME ALIMENTAIRE PLUS SPECIALISE QU'IL N'Y PARAÎT

Sur la Saône, la principale biomasse échantillonnée entre 2001 et 2005 correspondait au chevesne pourtant assez peu représenté dans les contenus stomacaux des silures. Sur le Rhône en amont de la confluence avec la Saône, les populations de barbeaux et de hotus sont dominantes, représentant plus de 80% de la biomasse dans le canal de Miribel (Charvet et Faure, 2014) et restent encore bien développées dans la traversée de Lyon, accompagnées du chevesne (Vaucher, 2016). Plus en aval vers Condrieu, les biomasses sont cette fois dominées par la carpe mais le chevesne, le gardon et le hotu sont encore bien représentés dans le chenal du fleuve. Le silure semble par conséquent très peu intéressé par ces espèces rhéophiles et/ou grégaires sans doute plus difficiles à capturer, dans des zones de courant soutenu que le silure fréquente peu. En revanche il se concentre très clairement sur les brèmes, les carpes, les carassins et les tanches, proies plus volumineuses et d'eau lente.

Dans le Rhône aval, les mulets sont consommés préférentiellement et fait intéressant, les aloses qui remontent le fleuve en nombre dans ce secteur ne sont que très peu fréquentes dans les contenus stomacaux. Les aloses feintes, et donc celle du Rhône, sont capables de se reproduire plusieurs fois (tandis que les géniteurs de grande alose meurent quasi systématiquement après la ponte côté bassins atlantiques), et sont relativement rhéophiles avec de bonnes capacités de nage. Il semble logique étant donné la nette préférence du silure pour les espèces limnophiles de ne les retrouver que très rarement dans les estomacs.

Concernant l'anguille, sa présence est elle aussi très accessoire quelle que soit la portion de fleuve concernée. Cette espèce cryptique, qui a co-évolué avec les silures dans différents bassins dont le Rhône, au cours des différentes époques, Holocène et Miocène, occupe visiblement une niche écologique peu vulnérable à la prédation. Comme indiqué par Martino *et al* (2011), même si l'espèce est consommée occasionnellement, cela ne constitue pas une menace pour sa population ; contrairement à la présence d'obstacles sur le réseau hydrographique bloquant l'accès aux zones de croissance, aux contaminations par les toxiques (PCB) et au parasitisme (*Anguillicola crassus*) impactant les capacités natatoires de l'anguille et l'empêchant de rejoindre la mer des Sargasses pour sa reproduction (Girard et Elie, 2012), et bien sûr les prélèvements par la pêche (voir figure 35). Le prélèvement à destination de la consommation humaine reste très soutenu sur cette espèce en danger critique d'extinction (Kebe et Penil, 2014).

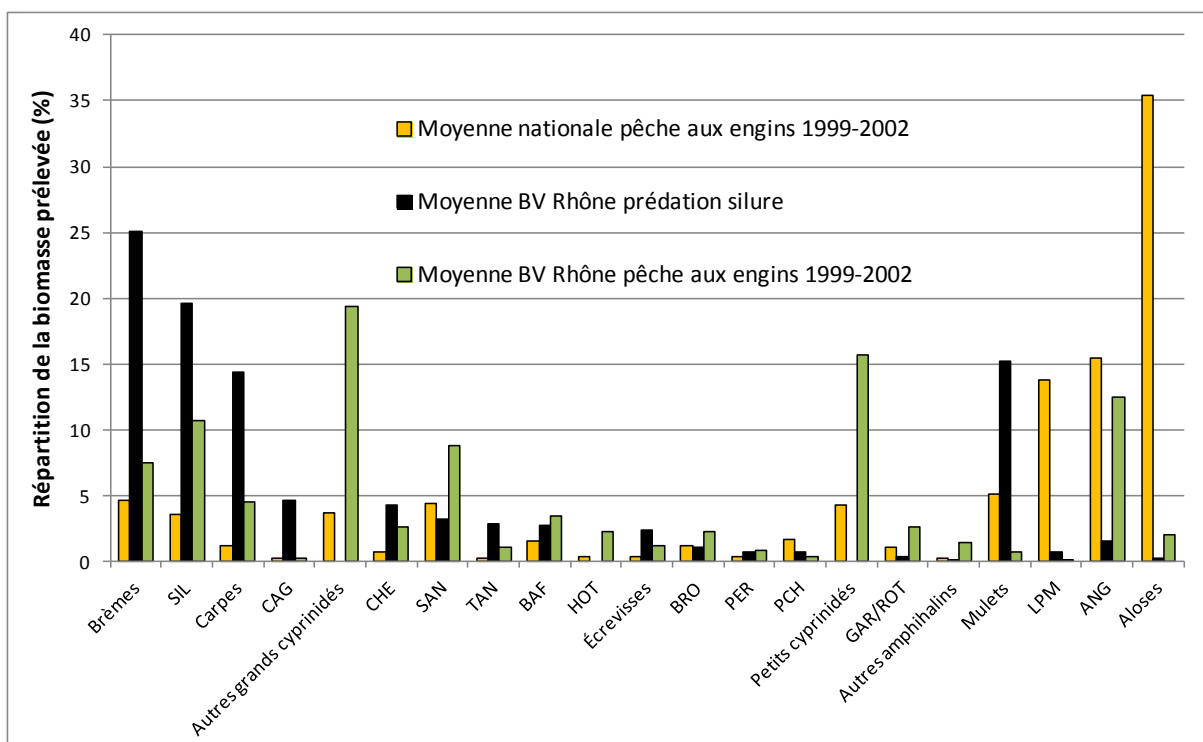


Figure 35 : Répartition du taux de prélèvement de biomasse exercé par la pêche aux engins et par le silure sur les différentes espèces piscicoles (sources : présente étude ; Changeux, 2005 in Keith et al, 2011)

Nos résultats indiquent une consommation d'espèces amphihalines de l'ordre de 75% de la biomasse ingérée dans le Rhône aval. Ces données sont proches des valeurs enregistrées sur la Garonne vers Golfech (de 51 à 63% selon les années étudiées ; Guillerault *et al*, 2015). Dans notre cas, ce sont les mulets qui constituent l'essentiel de cette biomasse.

Au sujet des migrateurs amphihalins, en dehors de l'anguille et des mulets, rappelons que les autres espèces sont essentiellement marines et l'exposition à la prédation est en théorie beaucoup plus longue (2 à 8 ans) et le nombre de prédateurs potentiel beaucoup plus grand en mer qu'au cours de la phase dulçaquicole des adultes, de quelques mois seulement. Leur consommation par des espèces piscicoles prédatrices lors de leur séjour en Méditerranée a pourtant du considérablement diminuer durant ces deux derniers siècles. L'abondance des grands requins de Méditerranée a chuté dans ce laps de temps de 96% à 99.9% selon les espèces étudiées en raison de la surpêche, et bien d'autres prédateurs marins ont connu la même trajectoire critique de déclin (Ferretti *et al*, 2008). Un impact majeur du silure, seul prédateur d'eau douce des adultes de ces espèces, qui ont cohabité naturellement par exemple sur le Rhin avant de disparaître au cours des derniers siècles sous la pression de l'Homme, semble assez peu vraisemblable.

Concernant les interactions avec les autres espèces prédatrices de nos eaux, nos données confirment ce qui a déjà été publié par ailleurs (Proteau *et al*, 2008 ; Guillerault *et al*, 2015), à savoir l'absence d'impact notable sur les populations de sandre, de brochet et de perche que l'on ne retrouve que très occasionnellement dans les contenus stomacaux. Le sandre est plus fréquent que les autres au sein de ces parts marginales, sans doute en raison de son abondance plus élevée que celle des autres carnassiers sur les différentes zones d'étude, et de son activité nocturne plus proche de celle du silure. En termes de compétition trophique, les jeunes silures se montrent plus spécialisés sur des ressources autres que piscicoles (mollusques, écrevisses ; Syväranta *et al*, 2010), tandis que les adultes s'attaquent à des proies de grande taille hors de portée des autres prédateurs. Les silures sont ainsi les seuls à pouvoir ingérer des brèmes de 3kg ou des carpes de 5 à 10kg, venant combler une niche écologique laissée vacante dans nos cours d'eau suite aux grandes glaciations (cf. I.2).



Photographie 8 : la carpe, une des bases de l'alimentation du silure dans le bassin du Rhône

Les travaux de Carol *et al.*, 2009 indiquent que le régime alimentaire du silure pourrait évoluer en fonction du stade de colonisation auquel il se trouve, une fois implanté dans un nouveau milieu. En particulier, dans les premiers stades d'implantation, l'espèce se tournerait vers les ressources inexploitées comme les poissons de grande taille, avant de se rabattre, une fois cette biomasse consommée, vers d'autres proies moins profitables sur le plan énergétique comme les écrevisses. Les croissances observées aux premiers stades seraient plus fortes que celles observées lorsque la colonisation est plus avancée. Ce mécanisme permettrait de réduire la compétition intra et interspécifique en exploitant des ressources peu utilisées.

Ces observations ne sont que peu partagées sur le bassin du Rhône, les poissons constituant toujours 85 à 90 % de la biomasse totale ingérée. Ceci étant, la plupart des contenus stomacaux ont été réalisés dans les années 90, dans une phase intermédiaire au bout d'une quinzaine d'années d'installation de l'espèce. D'autre part, le développement du cannibalisme n'avait pas été décrit dans l'étude précédemment citée, alors qu'il permet de maintenir le taux de biomasse piscicole ingérée à un niveau élevé.

Les hypothèses citées par les auteurs iraient dans le sens d'un ralentissement de la croissance des individus, ce qui serait à l'opposé des hypothèses précédemment décrites avec la baisse de compétition intra spécifique des jeunes classes d'âge et la pression de sélection du cannibalisme pouvant favoriser les individus à croissance rapide. Dans les deux cas, l'étude de l'évolution de la croissance des individus et de leur régime alimentaire serait intéressante pour comprendre de quel côté penche la balance, ou si un équilibre en résulte.

4- DE L'ORQUE DU TARN...AU REQUIN DU RHONE : UN PREDATEUR SUSCEPTIBLE DE REGULER DES DESEQUILIBRES BIOLOGIQUES

Comme décrit dans le paragraphe 2-b/, le régime alimentaire du silure du Rhône comporte de nombreux points communs avec celui de quelques grands requins pélagiques que ce soit en termes de diversité de taxons ingérés, de sa capacité à consommer des déchets et de la nourriture humaine (homme vivant excepté...) et de son penchant prononcé pour le cannibalisme. Une des principales caractéristiques des populations de ces grands prédateurs est d'exercer un contrôle de type « top-down » sur les niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire, permettant de stabiliser les écosystèmes et de limiter les proliférations ou les dominances de certaines espèces. Ces grands prédateurs à longue durée de vie accumulent de la biomasse au sein des différentes cohortes, ce qui peut conduire à inverser la pyramide trophique de l'ichtyofaune. La biomasse piscicole de ces écosystèmes peut être composée à plus de 80% de prédateurs (Sheppard *et al*, 2009), d'autant plus que ces derniers sont capables d'accéder à des ressources trophiques diversifiées et parfois extérieures au système, comme les vertébrés terrestres. Avec les techniques mises en œuvre habituellement dans les suivis, peu efficaces sur les grands adultes, ce taux est déjà voisin de 30% au sein du bassin du Rhône ; et les spécimens de plus de 150cm représentent 52% de la biomasse totale de nos captures 2004-2015. Dans le cas du silure, s'il n'est pas forcément au sommet de la pyramide trophique comme l'ont montré les études dans le Lot (ECOLAB et FDAAPMA46, 2013), il contribue très clairement, de par la diversité et la spécificité de ses sources d'alimentation, à réguler des populations d'espèces invasives du Rhône.

Sa consommation importante de corbicules à son jeune âge est un bon exemple, ce mollusque ayant commencé à proliférer en Saône au début des années 1990 (Brancotte et Vincent, 2002). Lors des mortalités massives de ces mollusques observées en fin d'été, le silure consomme également les nombreux cadavres dérivant en surface (Persat, com. pers. ; obs. pers.). Les populations d'écrevisses n'étaient guère exploitées que par les carpes jusqu'à l'arrivée du silure, et le développement des écrevisses de Louisiane observées depuis 2009 en Saône aval (Gacon, 2009) est resté très limité pour l'instant.

Le cas du poisson-chat peut également être cité en exemple, puisque cette espèce faisait partie des proies favorites du silure dans les années 90. Depuis, probablement sous l'effet conjugué de cette nouvelle prédation et d'un herpès-virus auquel le silure n'est pas sensible mais potentiellement vecteur (Pozet *et al*, 1992 ; Persat, 2010), les poissons-chats sont devenus très rares dans le réseau fluvial principal du bassin du Rhône.

Le carassin argenté, originaire d'Asie centrale et de Chine, capable de gynogenèse, s'est très rapidement mis à proliférer dans le bassin du Rhône depuis son introduction en Dombes dans les années 90. Il constitue souvent la majeure partie de la biomasse des annexes fluviales, et le silure est aujourd'hui son principal prédateur.

Concernant les mammifères, la prolifération de rongeurs comme le ragondin ou le rat brun (surmulot) pose problème au niveau de la gestion de berges et cause des nuisances vis-à-vis des riverains ; là encore les grands silures sont probablement les seuls prédateurs aquatiques susceptibles de s'attaquer à ces proies.

Côté reptiles, les tortues de Floride ont été relâchées en nombre dans le pourtour de l'agglomération lyonnaise avant leur interdiction de commercialisation ; des populations se sont établies et les individus se reproduisent. Là encore, le silure est le seul prédateur avéré de cette espèce indésirable.

Côté oiseaux, les pigeons posent de sérieux problèmes de gestion dans les secteurs urbains. Leur consommation a été relevée dans les données recueillies sur la Saône et est avérée dans différents cours d'eau européens, c'est une illustration supplémentaire d'une espèce source de nuisance pouvant être visée par le silure.

Un dernier cas est intéressant à analyser : plusieurs cormorans adultes ont été retrouvés dans l'estomac des grands silures en Saône. Cette espèce protégée n'en est pas moins soumise à une politique de régulation coûteuse en raison des dommages qu'elle cause aux piscicultures des Dombes notamment pour le bassin du Rhône, avec des impacts économiques très importants pour la profession, sans compter les prélèvements de poissons réalisés sur les sites destinés à la pêche de loisir. Le coût de l'abattage d'un cormoran adulte était estimé en 2002 à 150 € par individu (Maniglier, V. & Simon, G. 2002) ; le quota de tir a été défini en 2015/2016 par le ministère à 50 000 cormorans dont 21 000 en eau libre, soit un coût de 7.5 millions d'euros évalué sur cette base. Si certains spécimens se sont spécialisés dans la prédation de ces oiseaux, comme cela semble être le cas sur

la Saône en particulier, cela pourrait représenter une économie non négligeable dans la gestion de cette espèce sur les eaux libres et un service écosystémique supplémentaire rendu par le silure.

5- UNE ESPECE FIDELE, MAIS ENVERS QUOI ?

Comme vu précédemment (cf. 4-b/), les silures montrent un comportement particulièrement développé de fidélité à un tronçon précis au sein des grands milieux étudiés (fait également observé plus récemment sur la Dordogne, avec un territoire estimé d'environ 4km d'après l'étude EPIDOR, 2015), et/ou à un groupe de poissons comme semblent le suggérer certaines de nos observations. Cette fidélité semble être acquise probablement pour toute la durée de vie d'un spécimen, une fois celui-ci ayant atteint une taille suffisante pour se sédentariser. Pour étudier plus précisément ce qui incite les silures à résider dans un même secteur, il pourrait être judicieux de réaliser quelques expérimentations visant à transplanter un et plusieurs sujets adultes de grande taille issus d'un même groupe (ou tronçon de cours d'eau) équipés d'émetteurs radio, hors de leur cours d'eau d'origine et étudier leur comportement migratoire. Les différents types de déplacements observés (isolés ou groupés) pourraient fournir des explications sur les motivations du phénomène constaté.

Différents travaux portant sur les capacités sensorielles des siluriformes en général et du silure glane en particulier viennent étayer l'hypothèse d'une communication chimique entre individus et d'une capacité à reconnaître les membres d'un groupe. Le silure glane possède en effet l'une des capacités olfactives les plus développées au sein de l'ichtyofaune et sans doute du règne animal en général. Kasumyan (2004) a comparé le nombre de cellules réceptrices de l'organe olfactif de différentes espèces. Parmi les poissons étudiés, un silure de 62cm s'avère posséder 25 fois plus de cellules réceptrices olfactives qu'un brochet de taille équivalente, et s'approche des valeurs rencontrées chez le chien.

Tableau 3 : nombre de cellules réceptrices (en milliers) de l'organe olfactif de quelques espèces de cyclostomes, poissons et autres vertébrés (d'après Kasumyan, 2004)

Species	Number of receptor cells	Body length or age	Source
Cyclostomata			
river lamprey <i>Petromyzon marinus</i>	800		Kleerokoper, Van Erkel, 1960
Fishes			
verkhovka <i>Leucaspis delineatus</i>	35	5.5 cm	Devitsyna and Attar, 1988
sand lance <i>Ammodytes lancea</i>	200–300	–	Holl, 1965
minnow <i>Phoxinus phoxinus</i>	900	–	"
river perch <i>Perca fluviatilis</i>	2.000–3.000	–	"
trigla <i>Trigla corax</i>	4.000	–	"
pike <i>Esox lucius</i>	6.000	54 cm	Devitsyna and Attar, 1988
blue bream <i>Abramis ballerus</i>	6.000	30 cm	"
burbot <i>Lota lota</i>	11.000	–	Gemne, Døving, 1969
bream <i>Abramis brama</i>	27.000	40 cm	Devitsyna and Attar, 1988
wels <i>Silurus glanis</i>	155.000	62 cm	"
Amphibians			
fire-bellied toad <i>Bombina bombina</i>	500	adult	Khmelevskaya, 1972
gray toad <i>Bufo bufo</i>	2.400	"	"
marsh frog <i>Rana ridibunda</i>	2.650	"	"
Mammals			
humans <i>Homo sapiens</i>	10.000	–	Brunn, 1892
rabbit <i>Oryctolagus cuniculus</i>	100.000	–	Allison, Warwick, 1949
dog <i>Canis familiaris</i>	224.000	–	Neyhaus, Müller, 1954

Considérant que les dimensions de l'organe olfactif et le nombre de cellules réceptrices augmentent avec le gabarit du poisson comme cela a été démontré chez l'amour blanc (Pashchenko, 1986 in Kasumyan, 2004), toutes proportions gardées, le nombre de récepteurs chez un silure de 1.2m serait 4 fois plus grand que chez un chien, et pour un poisson de 1.8m, 13 fois plus important. L'odorat du chien est discriminant, ce qui lui permet de déceler et pister une odeur unique parmi beaucoup d'autres. Il semble plausible que le silure puisse en faire au moins autant, même si le

nombre de récepteurs reste un paramètre simplificateur pour la comparaison des capacités olfactives des espèces (Hansen et Zielinski, 2005 ; Yopak *et al*, 2015).

D'autre part, il a été démontré que des poissons-chats (*Ictalurus nebulosus*) détectaient l'odeur corporelle de leurs semblables, notamment à travers l'urée, et que ces signaux sont utilisés dans les relations sociales de dominance et de territorialité ; l'agressivité augmentant envers les porteurs d'odeurs « étrangères » (Bryant et Atema, 1987). Chez une autre espèce de poissons-chats (*Ictalurus natalis*), la reconnaissance individuelle intra spécifique par l'intermédiaire de phéromones a été démontrée ; la principale source des signaux chimiques impliqués était le mucus des poissons (Todd *et al*, 1967) et les cellules épithéliales de la peau sont capables de synthétiser ces composés (Ali *et al*, 1987).

Des tests de sensibilité aux acides aminés conduits sur trois espèces de poissons-chats d'eau douce (*Ictaluridés*) et une marine (*Ariidés*) ont révélé des capacités de détection très fines, globalement similaires malgré des lignées évolutives assez éloignées (Caprio, 1980). Ces aptitudes semblent donc communes chez les siluriformes.

Des expérimentations menées chez d'autres groupes de poissons ont également suggéré des capacités de reconnaissances individuelles, et de « simples » guppy semblent en mesure de distinguer une quarantaine de leurs congénères sans que le sens de l'odorat n'intervienne (Griffiths et Magurran, 1997). Une aptitude des silures adultes à distinguer quelques dizaines voire quelques centaines d'individus de leur espèce semble donc envisageable.

Sur le plan de la gestion piscicole, le silure est suspecté d'effaroucher et/ou de consommer des migrateurs amphihalins notamment aux abords des passes-à-poissons sur la Dordogne et la Garonne (Guillerault *et al*, 2015), lieux de concentration artificielle de ces poissons. Considérant que le silure possède un système sensoriel très développé, des moyens de répulsion des individus mettant à profit cette caractéristique de l'espèce pourraient être étudiés de manière analogue à ce qui est développé en milieu marin. Deux types de dispositifs pourraient par exemple faire l'objet d'essais en se basant sur les travaux réalisés sur la répulsion des requins :

- le silure partage avec les chondrichthyens la particularité d'être doté d'organes ampullaires électro-sensitifs (ampoules de Lorenzini chez les requins et raies). Des dispositifs électriques de répulsion sont commercialisés pour éloigner les requins et ne sont pas néfastes pour les ostéichthyens (Broad *et al.*, 2010), la sensibilité des silures à ce type de stimulus pourrait être testée.
- les répulsifs chimiques sélectifs qui montrent une bonne efficacité sur les espèces ciblées (Rice *et al.*, 2014 ; Stroud *et al*, 2014) pourraient constituer une voie à explorer.

Si elles s'avéraient efficaces, ces méthodes de répulsion pourraient présenter l'avantage de répondre à des problématiques locales sans nécessiter le déploiement de moyens techniques lourds.

6- UNE NOUVELLE GESTION PISCICOLE POUR S'ADAPTER A DES TRAITS ECOLOGIQUES PARTICULIERS

En France, depuis la loi sur la réglementation de la pêche fluviale du 15 avril 1829, la législation sur la régulation des prélèvements piscicoles s'est quasi systématiquement appuyée sur le seul concept de tailles minimales de capture. Il a pourtant été démontré à plusieurs reprises que :

- ces tailles minimales de captures conduisent à une sélection génétique des individus à croissance réduite, qui offrent un intérêt moindre pour la pêche de loisir, les populations s'orientant dans le long terme vers des structures en tailles plus petites et homogènes, également plus vulnérables et instables face à des événements environnementaux ou démographiques ;
- l'exploitation des poissons de plus grande taille prive les populations de leurs meilleurs géniteurs, produisant beaucoup plus d'œufs (en relation avec l'augmentation exponentielle de biomasse par rapport à la taille) souvent plus fournis en réserves nutritives, pondus dans des sites parfois plus avantageux et donc donnant des alevins au meilleur taux de survie dans le milieu naturel (cf. synthèse de Gwinn *et al*, 2015).

Aux Etats-unis (Wisconsin, Minnesota), de nombreux tests de réglementations halieutiques de long terme ont été menés sur des populations de différentes espèces (ex. : brochet) démontrant l'intérêt des fenêtres de captures (prélèvement autorisé uniquement sur des sujets compris dans une gamme de taille précise) ou des tailles maximales de capture (prélèvement autorisé uniquement en

dessous d'une certaine taille). La structure en taille des populations semble mieux respectée et l'abondance des poissons est préservée dans le cadre de ces mesures de gestion qui ont fait leur preuve, grâce à des suivis conduits sur près de 40 ans pour certains sites (Pierce, 2010). Une adaptation de la législation française pour autoriser la mise en œuvre de ce type de réglementation serait donc fondée.

Dans le cas du silure, espèce à forte longévité, la production des grands adultes qui de toute évidence a permis de réguler l'abondance de la population demande au minimum 15 années de croissance. Le prélèvement de ces grands spécimens pourrait s'avérer très préjudiciable étant donné le temps de latence nécessaire à leur constitution. Compte tenu de ce paramètre et dans l'optique d'un contrôle des effectifs de silures, la mise en place d'une taille maximale de capture fixée à 170cm serait beaucoup plus cohérente avec l'objectif recherché de limitation globale de la population et de sa pression de prédation. Actuellement la législation ne permet pas de se doter d'un tel outil réglementaire, malgré l'intérêt que cela pourrait également représenter vis-à-vis d'autres espèces.

Le classement du silure en tant qu'espèce « nuisible » dans le but de réduire ses populations, au regard de l'ensemble des données démographiques, alimentaires et comportementales rassemblées pendant trois décennies sur cette espèce dans le bassin du Rhône, s'avérerait être un choix de gestion incohérent et contre-productif dans le réseau fluvial principal. Il résulterait très probablement de ce classement et de sa mise en œuvre un rajeunissement des populations, une redynamisation de l'espèce avec une augmentation d'abondance globale potentielle, sans compter l'efficacité très aléatoire de ce type de gestion.

Nous pouvons rappeler que la conduite de campagnes de destruction d'une espèce piscicole, méthode mise en place fréquemment au siècle dernier pour différentes espèces comme l'anguille, détruite par centaines de tonnes notamment (Proteau *et al*, 2008), ou le hotu, le chabot...s'est toujours révélée être un acte totalement inapproprié répondant à 3 critères communs :

- motivé par des idées reçues basées sur la méconnaissance de la biologie des espèces concernées,
- contradictoire avec les publications validées par la communauté scientifique,
- et surtout totalement inefficace dans le long terme.

V- Conclusion

Les données recueillies dans le cadre de cette étude ont permis de retracer l'historique de développement du silure dans le bassin du fleuve Rhône des années 1980 jusqu'en 2015. Grâce au travail complet mené sur ce poisson par un guide de pêche spécialisé, nous disposons désormais d'un bon aperçu de la dynamique de colonisation et des facteurs intervenant dans l'expansion puis la régulation des populations de cette espèce.

Si les silures ont vraisemblablement connu une abondance maximale dans les années 1990, un mécanisme de contrôle des effectifs de l'espèce s'est rapidement mis en place avec le cannibalisme des plus grands sujets sur les jeunes adultes. Depuis, nous assistons sur le bassin du Rhône, quel que soit le secteur hydrographique du réseau principal colonisé de longue date, à une diminution drastique des densités de population. Cette observation se vérifie quelle que soit la méthode de suivi utilisée. Les individus ayant atteint la maturité sexuelle semblent enclencher une migration qui se solde souvent par leur consommation par les grands silures.

Le régime alimentaire du silure démontre que ce poisson est capable d'exploiter des proies que les autres prédateurs ne peuvent cibler, comme les carpes, carrassins adultes et grosses brèmes. Plus près de l'estuaire, le mulot devient la proie favorite. Il délaisse en revanche les espèces plus rhéophiles comme le barbeau ou le hotu malgré les biomasses relativement importantes que ces espèces représentent. Les juvéniles consomment beaucoup de corbicules, mollusque invasif, et d'écrevisses américaines. Bon nombre d'espèces exogènes se retrouvent dans les estomacs des silures et souvent ce sont les seuls poissons prédateurs aptes à les consommer significativement.

La grande longévité des silures et leurs imposantes tailles font de cette espèce prédatrice un cas à part dans l'ichtyofaune française. Se pose le bien fondé et les moyens de réguler ce poisson actuellement encore en développement sur plusieurs bassins du territoire national. Afin de contrôler l'abondance des populations, nos résultats indiquent qu'il pourrait être profitable de protéger les grands silures qui exercent le cannibalisme sur les plus jeunes sujets. Cette démarche nécessiterait une adaptation de la législation française en matière de pêche. Inversement, le classement en tant que nuisible serait sans doute contradictoire vis-à-vis de sa capacité à prélever les espèces envahissantes et contre-productif car cela pourrait aboutir à redynamiser des populations aujourd'hui en autorégulation dans le réseau fluvial principal.

Différentes questions se posent sur l'évolution de long terme des populations, sur les changements éthologiques susceptibles de se produire ou de s'être déjà produits. De même, des hypothèses sur l'écologie comportementale demandent à être investiguées pour mieux cerner les mécanismes à la base des phénomènes de regroupement. Compte tenu des informations acquises sur la bassin du Rhône, le maintien du suivi des captures de la pêche spécialisée nous semble être une action prioritaire. La reprise des chroniques de données sur le régime alimentaire, la réalisation de tests de suivis individuels et l'étude de dispositifs de répulsion apporteraient également des clés de compréhension supplémentaires pour une meilleure gestion du silure glane.



Bibliographie

Ali S. A., Schoonen W. G. E. J., Lambert J. G. D., Van Den Hurk R., et Van Oordt J. G. W. J., 1987 : The Skin of the Male African Catfish, *Clarias gariepinus* : A Source of Steroid Glucuronides. General And Comparative Endocrinology 66, 415-424 (1987).

Baldner L., 1666. Vogel- Fisch- und Thierbuch. Ouvrage disponible en ligne sur <http://orka.bibliothek.uni-kassel.de>

Berg, L. S. 1949 : Freshwater fishes of the USSR and adjacent countries. Vol. 2 ; p469-474.

Bessis, 2012 : Le Silure glane dans la Saône côte-d'orienne ; Rev. sci. Bourgogne-Nature - 15-2012, 96-108.

Boulêtreau S., Cucherousset J., Villéger S., Masson R. and Santoul F., 2011. Colossal Aggregations of Giant Alien Freshwater Fish as a Potential Biogeochemical Hotspot. PLoS ONE, 6, e25732.

Brancotte V., Vincent T., 2002 : L'invasion du réseau hydrographique français par les mollusques *Corbicula spp.* modalité de colonisation et rôle prépondérant des canaux de navigation. Bull. Fr. Pêche Piscic. (2002) 365/366 : 325-337.

Broad A., Knott N., Turon X., Davis A. R. : Effects of a shark repulsion device on rocky reef fishes : no shocking outcomes. Mar Ecol Prog Ser 408: 295–298, 2010.

Brocchi Dr. 1896 : La pisciculture dans les eaux douces. Bibliothèque des sciences et de l'industrie ; Librairies-imprimeries réunies, Paris. 320 p.

Bruslé J. & Quignard J.P., 2001 : Biologie des Poissons d'Eau douce européens, Éditions Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 625 pages.

Bryant et Atema, 1987 : Diet manipulation affects social behavior of catfish: importance of body odor. J. Chem. Ecol., 13, 1645-61.

Caprio, J., 1980 : Similarity of olfactory receptor responses (EOG) of freshwater and marine catfish to aminoacids. Can. J. Zool. 58:1778-1784.

Carol J., Zamora L. and García-Berthou E., 2007. Preliminary telemetry data on the patterns and habitat use of European catfish (*Silurus glanis*) in a reservoir of the River Ebro, Spain. Ecol. Freshw. Fish, 16, 450–456.

Carol J, Benejam L, Benito J, Garcia-Berthou E. 2009. Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. Fundamental and Applied Limnology 174: 317–328.

Changeux T. et Zylberblat M., 1993 : analyse des statistiques de pêche aux engins dans le bassin du Rhône. Seconde partie : étude des captures. Bull. Fr. Pêche Piscic. (1993) 330 : 271 -294.

Charvet A. et Faure J-P., 2014 : Suivi de la passe à poissons du barrage de Jons par vidéocomptage. Rapport FDAAPPM69.

Claessen D, André M. de Roos and Lennart Persson, 2003 : Population dynamic theory of size-dependent cannibalism. Proc. R. Soc. Lond. B (2004) 271, 333–340.

Copp G.H., Britton J.R., Cucherousset J., Garcia-Berthou E., Kirk R., Peeler E. and Stakenas S., 2009. Voracious invader or benign feline? A review of the environmental biology of European catfish *Silurus glanis* in its native and introduced ranges. Fish. Fish., 10, 252–282.

Cucherousset J., Boulêtreau S., Azémar F., Compin A., Guillaume M. and Santoul F., 2012. "Freshwater Killer Whales": Beaching Behavior of an Alien Fish to Hunt Land Birds. PLoS ONE, 7, e50840.

- ECOLAB et FDAAPPMA46, 2013 : Etude des poissons carnassiers du Lot. Rapport d'étude, 83p.
- EPIDOR, 2015 : Etude du Silure sur la Dordogne. Synthèse des résultats des 3 premières années, mars 2015, 12p.
- Faure J-P., 2006 : impact de la végétalisation d'enrochements des berges de la saône. Suivi piscicole saisonnier 2001-2005. Rapport d'étude FDAAPPMA69, 41p.
- Faure J-P., 2013 : Etude expérimentale des communautés de poissons prédateurs des vallées de la Saône et du Rhône - suivi des captures des pêcheurs, saison 2011-2012. Rapport FDAAPPMA69, 51p.
- Faure J-P., 2014 : Etude expérimentale des communautés de poissons prédateurs des vallées de la Saône et du Rhône - suivi des captures des pêcheurs, saison 2013-2014. Rapport FDAAPPMA69, 44p.
- Faure J-P., 2016 : Service technique, bilan 2015. Etude expérimentale des communautés de poissons prédateurs des vallées de la Saône et du Rhône - suivi des captures des pêcheurs, saison 2015-2016. Présentation AG FDAAPPMA69, 33 diap.
- Francesco Ferretti, Ransom A Myers, Fabrizio Serena, Heike K. Lotze, 2008 : Loss of Large Predatory Sharks from the Mediterranean Sea. *Conservation Biology*, Volume 22, No. 4, 952–964.
- Gacon P., 2009 : suivi écologique des aménagements de lônes de St-Bernard. Rapport FDAAPPMA69.
- Girard P., Elie P., 2012 : initiation et sensibilisation à l'écopathologie des poissons : application à l'évaluation de la qualité des populations et de leur environnement. Document de synthèse, 71p.
- Griffiths et Magurran, 1997 : Schooling preferences for familiar fish vary with group size in a wild guppy population. *Proc. R. Soc. Lond. B* (1997) 264, 547–551.
- Guillaume, Mathieu, 2012 : Démographie et régime alimentaire du silure glane. Thèse d'exercice, Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse - ENVT, 2012, 76 p.
- Gwinn Daniel C, Allen Micheal S, Johnston Fiona D, Brown Paul, Todd Charles R. et Arlinghaus Robert : Rethinking length-based fisheries regulations: the value of protecting old and large fish with harvest slots. *Fish And Fisheries*, 2015, 16, 259–281.
- Hansen et Zielinski, 2005 : Diversity in the olfactory epithelium of bony fishes : Development, lamellar arrangement, sensory neuron cell types and transduction components. *Journal of Neurocytology* 34, 183–208 (2005).
- Kasumyan A. O., 2004 : The Olfactory System in Fish: Structure, Function, and Role in Behavior. *Journal of Ichthyology*, Vol. 44, Suppl. 2, 2004, pp. S180–S223.
- Kebe R., Penil C., Suivi national de la pêche aux engins SNPE Période 2003 - 2012, Synthèse nationale, rapport ONEMA, 28p.
- Keith P., Persat H., Feunten E., Allardi J., 2011 : Les poissons d'eau douce de France. Biotope, Mèze ; MNHN, Paris (collection inventaires et biodiversité), 552p.
- Lowe C. G. Wetherbee B., Crow G. L., Tester A. L., 1996 : Ontogenetic dietary shifts and feeding behavior of the tiger shark, *Galeocerdo cuvier*, in Hawaiian waters. *Environmental Biology of Fishes* 47 : 203-211. September 1996.
- Maniglier, V. & Simon, G. 2002. Cormorans: état des lieux. *Eaux libres*, 31, 30-47.

Martino A., Sylväranta J., Crivelli A., Cereghino R. and Santoul F., 2011. Is European catfish a threat to eels in southern France? *Aquat. Conserv.-Mar. Freshw. Ecosyst.*, 21, 276–281.

Mein P., Méon H., Romaggi J-P, Samuel E., 1983 : la vie en Ardèche au Miocène supérieur d'après les documents trouvés dans la carrière de la montagne d'Andance. *Nouv. Arch. Mus. Hist. nat Lyon*, fasc. 21 suppl. p37-44.

Papastamatiou M., Wetherbee B., Lowe C. G., Crow G. L., 2006 : Distribution and diet of four species of carcharhinid shark in the Hawaiian Islands : Evidence for resource partitioning and competitive exclusion. *Marine ecology progress series* ; Vol. 320: 239–251, 2006

Pauzet F., Morand M., Moussa A., Thory C, De Kinelin P., 1992 : Isolation and preliminary characterisation of a pathogenic icosahedral deoxyribovirus from the catfish *Ictalurus melas*. *Diseases of Aquatic Organisms*. Vol. 14: 35-42, 1992.

Persat H., Fruget J-F., 2010 : Les communautés piscicoles du Rhône dans la zone de captage de Crépieux-Charmy à l'automne 2009. Rapport d'étude LEHNA, Université Lyon I.

Persat H., Keith P., 1997. La répartition géographique des poissons d'eau douce en France : qui est autochtone et qui ne l'est pas ?. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 344/345 :15-32.

Pierce Rodney B. 2010 : Long-term evaluations of northern pike experimental regulations in minnesota lakes. Minnesota Department of Natural Resources. Investigational Report 556. February 2010.

Proteau J-P, Schlumberger O., Elie P., 2008 : Le silure glane. Biologie, écologie, élevage. Edition Quae, 222p.

Rice Patrick, DeSanti Brian, and Stroud Eric, 2014 : Performance of a long lasting shark repellent bait for elasmobranch bycatch reduction during commercial pelagic longline fishing. *BREP 1* (2014) pp. 17-25.

Riou B., 1995 : Les fossiles des diatomites du Miocène supérieur de la montagne d'Andance (Ardèche, France) *Géologie Méditerranéenne Tome XXII n° 1*.1995, pp 1-15

Roule L., 1935 : Les Poissons et Le Monde Vivant Des Eaux : Tome Huitième. Les Poissons Des Eaux Douces - Paris - Librairie Delagrave - 1935 - 328 pages.

Schlumberger O., Sagliocco M. et Proteau J.P., 2000 : Biogéographie du silure glane (*Silurus glanis*) : causes hydrographiques, climatiques et anthropiques. *BFPP* 2001, 357/360 : 533-547.

Sheppard C, Davy S, Pilling G. : The biology of coral reefs. Oxford University Press. 339p.

Shin, Y-J., Rochet, M-J., Jennings, S., Field, J. G., and Gislason, H. 2005. Using size-based indicators to evaluate the ecosystem effects of fishing. *ICES Journal of Marine Science*, 62: 384-396.

Strouda Eric M., O'Connell Craig P., Rice Patrick H., Snow Nicholas H., Barnes Brian B., Elshaer Mohammed R., Hanson James E.: Chemical shark repellent : Myth or fact? The effect of a shark necromone on shark feeding behavior. *Ocean & Coastal Management* 97 (2014) 50-57.

Syväranta J., Cucherousset J., Kopp D., Crivelli A. , Céréghino R., Santoul F., 2010 : Dietary breadth and trophic position of introduced European catfish *Silurus glanis* in the River Tarn (Garonne River basin), southwest France. *AQUATIC BIOLOGY* Vol. 8: 137–144, 2010.

Tixier, P. (1998). Le silure glane (*Silurus glanis* L.) : biologie, colonisation et impacts. Paris, Université de Paris IV.

Todd, Atema et Bardach, 1967 : Chemical Communication in Social Behavior of a Fish, the Yellow Bullhead (*Ictalurus natalis*). *Science* 03 Nov 1967 : Vol. 158, Issue 3801, pp. 672-673.

Tuma, Robert E., 1976 : An Investigation of the Feeding Habits of the Bull Shark, *Carcharhinus leucas*, in the Lake Nicaragua-Rio San Juan System. Investigations of the Ichthyofauna of Nicaraguan Lakes. Paper 39.

Valadou, B., 2007 : Le silure glane (*Silurus glanis*, L.) en France. Evolution de son aire de répartition et prédiction de son extension. Rapport CSP, 92p.

Vaucher, 2014 : étude socio-économique de la pêche dans le département du Rhône. Rapport FDAAPPMA69.

Vaucher, 2016 : Suivi piscicole de la Saône et du Rhône 2015. Rapport FDAAPPMA69.

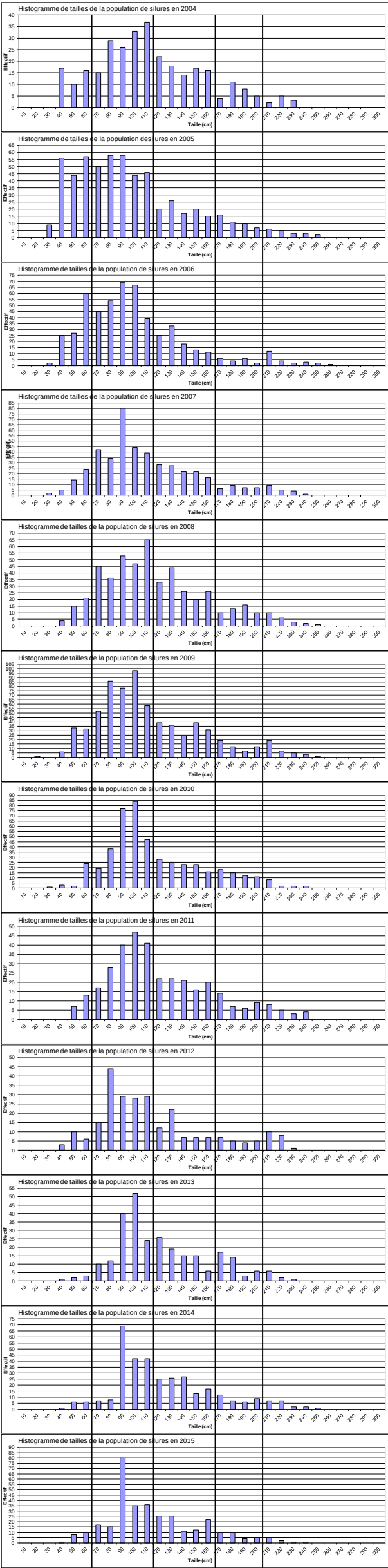
Verdeyroux P., Guerri O., Vermeil M., 2014 : Etude du silure sur la Dordogne. Rapport EPIDOR, 101p.

Yopak Kara E., Lisney Thomas J., Collin Shaun P., 2015 : Not all sharks are “swimming noses” : variation in olfactory bulb size in cartilaginous fishes. *Brain Struct Funct* (2015) 220:1127–1143.

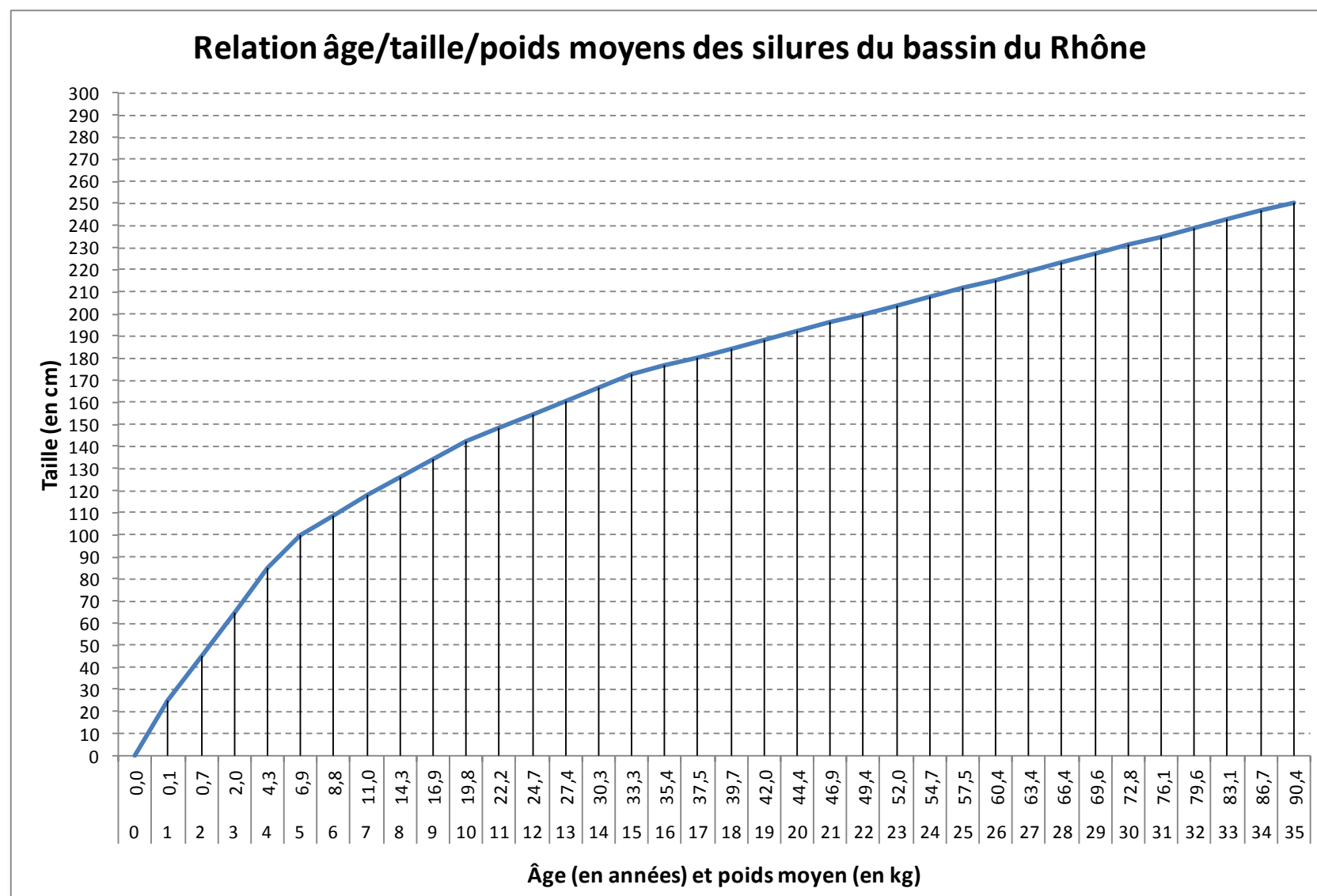
<http://www.bourgogne.developpement-durable.gouv.fr/>

http://www.rhone-mediterranee.eaufrance.fr/pollutions/pollution_PCB/basepcb/index.php

ANNEXE 1 : Histogrammes de tailles des silures capturés entre 2004 et 2012



ANNEXE 2 : valeurs biométriques individuelles moyennes en fonction de l'âge



ANNEXE 3 : codes espèces

Code BHP	Nom usuel français	Nom latin - Fides
ABH	Able de Heckel	Leucaspis delineatus
ABL	Ablette	Alburnus alburnus
ALA	Grande alose	Alosa alosa
ALR	Alose feinte du Rhône	Alosa fallax rhodanensis
ANG	Anguille	Anguilla anguilla
APP	Ecrevisse à pieds blancs	Austropotamobius pallipes
APR	Apron	Zingel asper
APT	Ecrevisse des torrents	Austropotamobius torrentium
ASA	Ecrevisse à pattes rouges	Astacus astacus
ASL	Ecrevisse à pattes grêles	Astacus leptodactylus
ASP	Aspe	Aspius aspius
BAF	Barbeau commun	Barbus barbus
BAM	Barbeau méridional	Barbus meridionalis
BBG	Black bass à grande bouche	Micropterus salmoides
BLE	Blennie fluviatile	Salapia fluviatilis
BLN	Blageon	Leuciscus souffia
BOU	Bouvière	Rhodeus sericeus
BRB	Brème bordelière	Blicca bjoerkna
BRE	Brème commune	Abramis brama
BRO	Brochet	Esox lucius
CAA	Carassin doré	Carassius auratus
CAG	Carassin gibello	Carassius gibello
CAR	Carpe argentée	Hypophthalmichthys molitrix
CAS	Carassin commun	Carassius carassius
CCO	Carpe commune	Cyprinus carpio
CCU	Carpe cuir	Cyprinus carpio
CDR	Crapet de roche	Ambloplites rupestris
CGT	Carpe à grosse tête	Hypophthalmichthys nobilis
CHA	Chabot	Cottus gobio
CHE	Chevaline	Leuciscus cephalus
CMJ	Carpe miroir	Cyprinus carpio
COR	Lavaret	Coregonus lavaretus
CTI	Carpe amour blanc	Ctenopharyngodon idella
CYP	Cyprinidae indéterminés	Cyprinidae sp.
EPI	Epinoche	Gasterosteus aculeatus
EPT	Epinochette	Pungitius pungitius
GAR	Gardon	Rutilus rutilus
GOU	Goujon	Gobio gobio
GRE	Grémille	Gymnocephalus cernuus
HOT	Hotu	Chondrostoma nasus
IDE	Ide mélanote	Leuciscus idus
LOE	Loche d'étang	Misgurnus fossilis
LOF	Loche franche	Barbatula barbatula
LOR	Loche de rivière	Cobitis taenia
LOT	Lote de rivière	Lota lota
LPM	Lamproie marine	Petromyzon marinus
LPP	Lamproie de planer	Lampetra planeri
LPR	Lamproie de rivière	Lampetra fluviatilis
OBL	Omble chevalier	Salvelinus alpinus
OBR	ombre commun	Thymallus thymallus
OCL	Ecrevisse américaine	Orconectes limosus
PCC	Ecrevisse rouge de Louisiane	Procambarus clarkii
PCH	Poisson chat	Ameiurus melas
PER	Perche commune	Perca fluviatilis
PES	Perche soleil	Lepomis gibbosus
PFL	Ecrevisse du Pacifique (ou signal)	Pacifastacus leniusculus
PSR	Pseudorasbora	Pseudorasbora parva
ROT	Rotengle	Scardinius erythrophthalmus
SAN	Sandre	Sander lucioperca
SDF	Saumon de fontaine	Salvelinus fontinalis
SIL	Silure	Silurus glanis
SPI	Spirin	Alburnoides bipunctatus
TAC	Truite arc-en-ciel	Oncorhynchus mykiss
TAN	Tanche	Tinca tinca
TOX	Toxostome	Chondrostoma toxostoma
TRF	Truite commune	Salmo trutta fario
TRL	Truite de lac	Salmo trutta lacustris
VAI	Vairon	Phoxinus phoxinus
VAN	Vandoise	Leuciscus leuciscus
AGG	Anguille stade argenté	Anguilla anguilla
AGT	Anguilllette	Anguilla anguilla
ALF	Alose feinte	Alosa fallax
ANC	Anchois	Engraulis encrasicolus
APC	Aphanius de Corse	Aphanius fasciatus
APE	Aphanius d'Espagne	Aphanius iberus
APH	Aphia	Aphia minuta
ATB	Atherine	Atherina boyeri
ATB	Joel	Atherina mochon
BBP	Black bass à petite bouche	Micropterus dolomieu
CGR	Congre	Conger conger
CIV	Anguille civelle	Anguilla anguilla
CPV	Cyprinodonte de Valence	Valencia hispanica
EPE	Eperlan	Osmerus eperlanus
EST	Esturgeon	Acipenser sturio
FLE	Flet	Platichthys flesus
GAM	Gambusie	Gambusia affinis
GBN	Gobie noir	Gobius niger
GOB	Gobie	Potamoschistus minutus
GON	Gonelle	Pholis gunellus
HAR	Hareng	Clupea harengus
HUC	Huchon	Hucho hucho
LAN	Lançon	Ammodytes
LJ	Lieu jaune	Pollachius pollachius
LIP	Liparis	Liparis montagui
LOM	Bar moucheté	Dicentrarchus punctatus
LOU	Bar	Dicentrarchus labrax
MAI	Maigre	Argyrosomus regius
MER	Merlan	Merlangius merlangus
MGL	Mulet à grosses lèvres	Chelon labrosus
MOT	Motelle	Ciliata mustella
MUC	Mulet cabot	Mugil cephalus
MUD	Mulet doré	Liza aurata
MUP	Mulet porc	Liza ramada

ANNEXE 4 : caractéristiques des contenus stomacaux des silures étudiés

Item	Nombre d'estomacs	Poids moyen (kg)	Poids max (kg)	Catégorie
OCL	335	0,05	0,2	Ecrevisses américaines
corbicules	311	0,07	2	Mollusques et gastéropodes
poissons non identifiables	259		nd	Poissons
BRE	121	0,45	3,5	Poissons
escargot d'eau	78	0,01		Mollusques et gastéropodes
cailloux/graviers	60	0,03	0,3	Substrat
PCH	55	0,04	0,5	Poissons
anodonte	53	0,20		Mollusques et gastéropodes
macrophytes	38	0,03		Végétaux aquatiques/terrestres
SIL	35	3,20	7,45	Poissons
MUP	30	1,46		Poissons
CAG	28	0,50	1,7	Poissons
CCO	25	3,43	10	Poissons
dreissène	23	0,01		Mollusques et gastéropodes
CHE	19	1,13	2	Poissons
SAN	14	1,34	3	Poissons
GAR	14	0,05	0,3	Poissons
TAN	12	1,50	2	Poissons
ANG	10	1,00	1,19	Poissons
BAF	9	1,89	4	Poissons
ossements divers	9	0,30		Mammifères
oiseaux ND	8	0,26		Oiseaux
PER	7	0,54	0,96	Poissons
rat	7	0,30	0,65	Mammifères
BRO	6	0,83	2,9	Poissons
bouillettes	5	0,03		Nourriture humaine
cormoran	5	2,25		Oiseaux
tortue de Floride	5	0,50	2	Reptiles et amphibiens
matière digérée	4	0,03		ND
bois	4	0,03		Ordures ménagères
sac plastique	3	0,03		Ordures ménagères
grenouilles	3	0,10		Reptiles et amphibiens
tampon	3	0,03		Ordures ménagères
détritus	3	0,03		Ordures ménagères
sable	3	0,03		Substrat
LPM	3	1,55	1,75	Poissons
serviette hygiénique	3	0,03		Ordures ménagères
ALR	3	0,30	0,44	Poissons
déchets non identifiés	3	0,03		Ordures ménagères
ragondin	3	3,50	5	Mammifères
pain	3	0,03	1	Nourriture humaine
aluminium	3	0,03		Ordures ménagères
ROT	2	0,05		Poissons
râle d'eau	2	0,12		Oiseaux
lingette hygiénique	2	0,03		Ordures ménagères
canard	2	1,15		Oiseaux
ossements mammifère	2	0,50		Mammifères
capsule de bouteille de bière	2	0,03		Ordures ménagères
lard	2	0,03		Nourriture humaine
PFL	2	0,01		Ecrevisses américaines
carton	2	0,03		Ordures ménagères
pomme de terre	2	0,03		Nourriture humaine
préservatif	2	0,03		Ordures ménagères
LOU	1	0,94		Poissons
morceau de branche	1	0,03		Végétaux aquatiques/terrestres
tong	1	0,03		Ordures ménagères
plastique	1	0,03		Ordures ménagères
morceau de tissu	1	0,03		Ordures ménagères
grains de maïs	1	0,03		Nourriture humaine
débris de plastique	1	0,03		Ordures ménagères
pomme	1	0,03		Nourriture humaine
tube de colle vide	1	0,03		Ordures ménagères
déchets plastiques	1	0,03		Ordures ménagères
pile	1	0,03		Ordures ménagères
poulet	1	0,03		Nourriture humaine
carotte	1	0,03		Nourriture humaine
coton-tige	1	0,03		Ordures ménagères
brindilles	1	0,03		Végétaux aquatiques/terrestres
canette de bière écrasée	1	0,03		Ordures ménagères
pigeon	1	0,40		Oiseaux
morceau de polystyrène	1	0,03		Ordures ménagères
déchet de sac plastique	1	0,03		Ordures ménagères
hameçon triple	1	0,03		Ordures ménagères
tube de dentifrice	1	0,03		Ordures ménagères
reste de saucisson avec ficelle	1	0,03		Nourriture humaine
bouteille d'eau écrasée	1	0,03		Ordures ménagères
couche intime	1	0,03		Ordures ménagères
croûte de gruyère	1	0,03		Nourriture humaine
queue de bœuf	1		1	Nourriture humaine
racine de poireau	1	0,03		Nourriture humaine
couvercle plastique	1	0,03		Ordures ménagères
bouchon plastique de bouteille d'eau	1	0,03		Ordures ménagères
bouchon de bouteille en aluminium	1	0,03		Ordures ménagères

rouge/orange/bleu : espèces classées nuisibles ou ayant un impact écologique démontré / espèces faisant l'objet de mesures de gestion spécifiques ou posant question aux gestionnaires / migrants amphihalins.