



Université de Liège

Unité de recherches
zoogéographiques

Chemin de la vallée, 4 (Bât. B22)

4000 LIEGE 1 (Sart Tilman)

ALIMENTATION DU SILURE GLANE (*Silurus glanis*) ET APPROCHE DE L'INCIDENCE DE SA PREDATION SUR L'ICHTYOFAUNE LIGERIEENNE

Roland LIBOIS¹, Catherine BOISNEAU² et René ROSOUX³

Juin 2018

¹ Université de Liège, Unité de recherches zoogéographiques, Chemin de la vallée, 4 (Bât. 22) B-4000 Sart-Tilman (Liège) ; roland.libois@uliege.be

² Université de Tours, UMR CETERES, 33 allée F De Lesseps, 37200 TOURS

³ Muséum des Sciences Naturelles, 6 rue Marcel Proust, F-45000 Orléans.

Résumé

Le silure glane est originaire d'Asie et d'Europe centrale. Il est introduit en Europe occidentale dès le Moyen Âge et, en France, il a fait l'objet de plusieurs d'implantation depuis le 19^e siècle. Sa conquête du bassin de la Loire remonte à la fin du siècle dernier. C'est la plus grande espèce de poisson d'eau douce d'Europe. Vu son expansion géographique et son développement démographique récent, il est urgent pour mieux connaître l'écologie et, surtout, les besoins trophiques. L'objet était une étude de régime alimentaire à partir des contenus stomacaux. Des pêcheurs professionnels ont participé à l'échantillonnage des 104 silures, toutes tailles et toutes saisons, dans le cours moyen (Gien) et inférieur de la Loire (Nantes). Les proies des silures montrent quelles très variées : des poissons mais aussi des mollusques, des crustacés, des insectes, des oiseaux et des mammifères : 23 poissons et 2 lamproies, 7 invertébrés, 5 oiseaux et mammifères. En biomasse, cependant, 70 % ce sont de migrateurs : lamproie marine (23 %), saumon (21 %), mullet porc (17 %), grande alose (8 %) et l'anguille (2 %). En biomasse à l'aval (Saumur), 85 % les proies des silures sont des migrateurs (lamproie marine, mullet porc et petite anguille). À l'amont, c'est plus diversité notamment pour les poissons rhéophiles et les migrateurs sont moins présents (62 %). Au printemps et en été, les silures consomment les migrateurs : 80 % en biomasse ! En hiver, plus de 50 % sont de mammifères et un peu d'oiseaux et les poissons de rhéophiles (35 %). À l'automne, le régime est diversifié : oiseaux, mollusques, crustacés, barbeaux, sandre, grémille, bouvières et mullet. Les petits silures (< 40 cm) mangent surtout des crustacés, insectes et des poissons minuscules (grémille, goujon, bouvière, carassin commun. Pour les silures de taille de 40 cm à 80 cm, ce sont des mangeurs de corbicules et quelques poissons (mulet, brème, chevaine, silure). Au-delà de 80 cm, le silure consomme, en biomasse, 85 % en poisson et la lamproie. Les migrateurs sont plus en plus en biomasse : 48 % de classe 80 cm-120 cm, 66 % de classe 120 cm-180 cm et 82 % au-delà. *A minima* une interdiction de relâcher les silures capturés par pêche de taille supérieure à 120 cm. Il serait souhaitable d'expérimenter la régulation des silures sur certains secteurs stratégiques pour le franchissement des ouvrages par les poissons et les cyclostomes migrateurs avec un contrôle scientifique associé.

Mots-clés : Silure (*Silurus glanis*) ; Loire ; alimentation ; proies ; poissons migrateurs ; contenus stomacaux ; saison

Summary

The Wels (Catfish) originates from Asia and central European. It was introduced in Europe as early as the Middle Ages and in France the species has released many times since the 19th century. It invaded the Loire river basin at the end of the last century. It is the largest predatory freshwater fish in Europe.

Given its geographical expansion and recent demographic expansion, there is an urgent need to learn more about the ecology and, above all, the trophic needs. The aim was a diet study based on stomach contents. Professional fishermen participated in the sampling of 104 catfish of all sizes and seasons in the middle (Gien) and lower (Nantes) sections of the Loire. The prey of the catfish is very varied: fish but also molluscs, crustaceans, insects, birds and mammals: 23 fish and 2 lampreys, 7 invertebrates, 5 birds and mammals. In terms of biomass, however, 70% are migratory: sea lamprey (23%), salmon (21%), thinlip mullet (17%), allis shad (8%) and eel (2 %). In terms of biomass downstream (Saumur), 85% of catfish prey are migratory (sea lamprey, thinlip mullet and small eel). Upstream, the situation is more diverse, particularly for rheophilic fish, and migratory species are less present (62%). In spring and summer, catfish consume migratory fish: 80% in biomass! In winter, more than 50% are mammals and a few birds and rheophilic fish (35%). In autumn, the diet is diversified: birds, molluscs, crustaceans, barbel, pikeperch, ruffe, bitterling and mullet. Small catfish (< 40 cm) eat mainly crustaceans, insects and tiny fish (ruffe, gudgeon, bitterling, crucian carp). Catfish between 40 cm and 80 cm eat corbiculas and some fish (mullet, bream, chub, catfish). Above 80 cm, catfish consume 85% of the fish biomass and lamprey. Migratory fish are increasing in biomass: 48% in the 80 cm-120 cm class, 66% in the 120 cm-180 cm class and 82% beyond. At the very least, a ban on the release of catfish caught by fishing larger than 120 cm. It would be desirable to experiment with the regulation of catfish in certain strategic sectors for the passage of migratory fish and cyclostomes through structures, with associated scientific monitoring.

Key words: Catfish (*Silurus glanis*); Loire river; diet; prey species; migrant fish; stomach contents; season

INTRODUCTION

Le silure glane (*Silurus glanis* Linné, 1758) était présent sur le Rhône au Pliocène (env. 8 millions années) (Mein *et al.*, 1983) mais il a disparu de l'Europe occidentale lors des glaciations du Pléistocène. Il a cependant survécu dans les refuges glaciaires qu'étaient l'aval du Danube, du Dniepr et de la Volga. Une recolonisation Holocène est attestée dans les fleuves affluents de la Baltique, du Rhin et de la Meuse (Persat & Keith, 1997). Cependant, le silure n'a pas réussi à se maintenir dans ces fleuves au Moyen-Âge lors du petit âge glaciaire (Schlumberger *et al.*, 2001). Aujourd'hui, cette espèce, est présente dans quasiment tous les fleuves et grandes rivières de France continentale (Schlumberger *et al.*, 2001 ; Copp *et al.*, 2005 ; Valadou, 2007). Des introductions délibérées pour la pisciculture et la pêche sportive, des translocations clandestines mais également l'utilisation spontanée des canaux navigables, reliant les bassins hydrographiques entre eux, sont vraisemblablement à l'origine de la colonisation récente des bassins de la Loire (d'Aubenton & Spillmann, 1975), de la Garonne et de la Seine (Pascal *et al.*, 2006).

En France, cette colonisation s'est accompagnée de vifs débats sur son impact potentiel sur la faune des eaux où il était introduit (Sylväranta *et al.*, 2009 ; Martino *et al.*, 2011 ; Guillaume, 2012) bien que ce poisson provoque l'admiration de certains pêcheurs sportifs qui apprécient sa chair mais aussi, son statut de poisson trophée. En effet, certains amateurs pratiquent la pêche « no-kill » relâchent les grosses prises à l'eau afin d'augmenter leurs biomasse et optimiser la valeur potentielle des trophées. Pourtant, les silures n'ont représenté que 1 % (11,9 T) des captures réalisées par les pêcheurs professionnels, pendant la période 1999-2002 (Valadou, 2007) mais en 2005, les silures dans la Saône, représentaient, en biomasse, de l'ordre de 25 à 35 % pour les prises par des pêcheurs amateurs et professionnels (Faure & Tanzilli, 2016).

Le silure est le plus grand poisson prédateur d'eau douce d'Europe, opportuniste capable de consommer toute proie potentielle (vertébrés et invertébrés) qui vit dans l'eau et au bord de l'eau, depuis les mammifères, les oiseaux aquatiques et palustres jusqu'aux petits bivalves des fonds sableux (Cucherousset *et al.*, 2012, Faure & Tanzilli, 2016). Toutefois, les poissons, les crustacés (écrevisses) et les mollusques constituent la majorité de sa prise alimentaire (Chevalier, 2004 ; Copp *et al.*, 2009 ; Cucherousset *et al.*, 2012, Faure & Tanzilli, 2016).

Le régime alimentaire des silures a fait l'objet de nombreuses études sur l'ensemble de l'Europe. Copp *et al.* (2009) ont publié une synthèse de la biologie du silure, notamment sur l'alimentation mais la plupart des études concernent les régions de l'est de l'aire de répartition. En fait, à notre connaissance, il existe peu de recherches contenant une estimation de la composition quantitative du régime alimentaire de ce poisson en France. Pouyet (1987), Damien (1996), Chevalier (2004) n'ont traité les proies qu'en occurrence. C'est aussi le cas des articles de Sylväranta *et al.* (2010) de Martino *et al.* (2011) et de Martino (2012) qui ont travaillé sur le Tarn, la Garonne et la Camargue. Ces auteurs n'ont pas estimé les biomasses des proies ingérées. Les chercheurs du laboratoire d'Ecologie fonctionnelle de Toulouse ont préféré des méthodes non invasives et intégratrices, par ailleurs très intéressantes, notamment pour étudier la structure des réseaux trophiques (Sylväranta *et al.* 2010 ; Martino *et al.* 2011). En revanche, Faure & Tanzilli (2016) sur le bassin rhodanien, ont travaillé sur 3883 estomacs dont 2854 étaient vides et ont montré que le silure consomme surtout les poissons (*Abramis brama*, *Ameiurus melas*, *Silurus glanis*), les

mollusques (*Corbicula sp.*) et les écrevisses américaines. Cependant, la proportion des poissons indéterminés (259 estomacs) est malheureusement trop importante : 25 % pour les estomacs et 35 % pour les poissons... Les biais méthodologiques sont donc trop importants : les auteurs n'ont pas identifié les poissons trop abimés par les sucs gastriques du silure. Si un poisson est à moitié digéré, il reste toujours des os, notamment des pièces osseuses céphaliques, même si elles ont été décalcifiées: la matrice organique peut être identifiable (Libois *et al.*, 2016).

Dans les grands fleuves atlantiques (Seine, Loire, Garonne et Dordogne), où subsistent des cyclostomes (pétromyzontides) comme la Lamproie marine (*Petromyzon marinus*) (NT)⁴ et des poissons migrateurs comme l'Anguille (*Anguilla anguilla*) (CR), les Aloses (*Alosa alosa* et *A. fallax* (VU)) et le Saumon atlantique (*Salmo salar*) (VU) qui sont, à titres divers, menacés de disparition (Keith *et al.*, 1992, 2011).

Un diagnostic a été publié sur l'ensemble de la France (Guillerault *et al.*, 2015). Ces auteurs ont comparé, par pêche électrique, les communautés des poissons en présence des silures ou en leur absence, dans le temps (before-after analysis) et dans l'espace (with-without analysis). Leurs conclusions montrent qu'il n'y a pas de différences, ni en diversité, ni en équitabilité, ni en biomasse, sauf pour quelques cas rares. Cependant, l'incidence effective de la prédation du silure sur les espèces amphihalines n'est pas encore établie. En effet, le silure serait susceptible d'impacter ces espèces migratrices, particulièrement vulnérables...

L'analyse des isotopes stables a permis de déterminer la présence des « poissons » migrateurs : la signature est particulière (Sväranta *et al.*, 2009 et 2010 ; Boulêtreau *et al.*, 2011 ; Martino *et al.*, 2011 ; Martino, 2012) sans qu'aucun d'eux ne soit identifié. Dès lors, une analyse anatomique (critères externes ou ostéologiques) se révélait précieuse : identification précise de l'espèce, évaluation de son importance numérique relative et enfin l'estimation de la taille et de la masse des proies, comme nous avons procédé pour le grand cormoran, *Phalacrocorax carbo* (analyse des contenus stomacaux : Libois 2001), le martin pêcheur, *Alcedo atthis* (analyse des pelotes de réjection : Hallet, 1985 ; Libois & Laudelout, 2004), le balbuzard pêcheur, *Pandion haliaetus* (analyse des restes de proies autour des aires : Rosoux *et al.*, 2010) ou, encore, la loutre, *Lutra lutra* (analyse des épreintes : Libois, 1997 ; Libois & Rosoux, 1991 ; Libois *et al.*, 2015). Considérant les fonctions de super-prédateur de ce nouvel arrivant et ses capacités trophiques importantes, il était urgent de sonder ses comportements alimentaires et d'analyser objectivement le choix de ses proies au cours des saisons. La démarche est d'autant plus importante pour les équilibres biocénétiques ligériens que certains silures peuvent dépasser 2 m et peser plus de 100 kg.

⁴ Le statut de conservation est donné par Keith *et al.* (2011) : CR : en danger critique d'extinction ; VU : Vulnérable ; NT : Quasi menacé.

MATERIEL et METHODES

Site d'étude

Dans le cadre du protocole d'étude mis en place par l'UMR CITERES de l'Université de TOURS (France), du Muséum des Sciences Naturelles d'Orléans et de l'ADAPAEF44 des estomacs (n= 104) ont été récupérés sur des silures capturés dans le cours moyen (Gien) et inférieur de la Loire (Nantes) et dans la Sèvre nantaise (3,25 km à l'amont de la confluence de la Loire) par des pêcheurs professionnels partenaires volontaires de ce programme de recherche. L'ensemble des estomacs est transmis au Muséum d'Orléans pour la conservation (-20 C°).

Méthodologie

Une fois les estomacs dégelés et vidés, le contenu a été lavé à l'eau claire dans un tamis à mailles fines (2 mm) pour permettre la récupération du maximum des pièces diagnostiques. Comme le silure est qualifié comme prédateur opportuniste, les estomacs peuvent contenir des poissons, amphibiens, reptiles, oiseaux et petits mammifères. Il était nécessaire d'avoir une bonne connaissance de l'ensemble des proies potentielles et de disposer spécimens de référence, ce dont nous disposons au Muséum des Sciences Naturelles d'Orléans. L'identification des proies à peine digérées et la mesure de taille et de biomasse de chaque spécimen étaient aisées et rapides.

Les cyclostomes (lamproies) ainsi que les poissons entiers et relativement frais ont été identifiés grâce à l'ouvrage de Keith *et al.* (2011). En revanche, lorsque les proies étaient partiellement ou complètement digérées, nous avons procédé une analyse des caractères ostéologiques. Les restes osseux de l'ichtyofaune (principalement les pièces céphaliques) ont permis, dans la plupart des cas, de déterminer les espèces grâce à une collection de références de l'Unité de recherches zoogéographiques de l'Université de Liège et avec des articles spécialisés : Libois *et al.*, (1987) et Libois & Hallet - Libois (1988). La taille des poissons a été mesurée soit directement, soit avec des abaques entre la taille des pièces céphaliques et la longueur totale du poisson. La masse des poissons et des lamproies a été estimée, d'une part dans FishBase.org, et d'autre part, dans les collections spécialisées et les références mentionnées ci-dessous. Quelques cyprinidés n'ont pas été déterminés au rang de l'espèce, essentiellement parce que les os caractéristiques faisaient défaut, en revanche les vertèbres ont permis d'identifier les proies, au rang de la famille. La taille et la biomasse de ces cyprinidés ont pu être estimées en reprenant les corrélations du gardon (Wise, 1980). Souvent les aloses (*Alosa alosa*) ont été régurgitées lors de la capture et les pêcheurs n'ont pas mesuré ces proies. S'agissant d'adultes, leur biomasse a été arbitrairement fixée à 1460g (poids moyen pour les fleuves français, Keith *et al.*, 2011).

Les oiseaux peu abîmés ont été identifiés directement. Par contre, nous avons déterminé les spécimens endommagés, souvent jusqu'au rang de l'espèce, à la base de leurs plumes (rémiges et tectrices) ou leurs bec, pattes et crâne. L'estimation de la masse moyenne a été reprise selon Géroutet (1959, 1967).

Pour les mammifères, le guide de terrain (Corbet *et al.*, 1984) a été utilisé. Le poids moyen a été estimé selon l'ouvrage de Saint Girons (1973).

Les crustacés et les mollusques ont été déterminés en fonction des collections de références et de l'ouvrage sur les écrevisses de Lemarchand (2012). Pour les biomasses respectives des invertébrés, en particulier les écrevisses, elles ont été estimées et classées en fonction de leur taille : 1g, 5g, 10g, 20g et 30g.

Enfin, les invertébrés (les insectes) ont été déterminés par Jean-David Chapelin Viscardi, du Laboratoire d'Eco-entomologie d'Orléans, correspondant du Muséum.

Analyses statistiques

Pour l'analyse des contenus stomacaux, les silures contenant des proies ont été sériés entre l'aval du confluent de la Vienne (Saumur) et l'amont jusqu'à Gien, par saison et par cinq classes de taille (Tableau 1) La diversité des proies (indice de Shannon : H') et l'équitabilité (E') (Daget, 1976) ont été calculées pour chaque série et les tableaux synthétiques ont été traités par le Gtest (Goodness of fit test, Sokal & Rohlf, 1981) et des statistiques non-paramétriques (Kruskal-Wallis).

RESULTATS

Nombre de silures total

Les silures dont les estomacs contenaient des proies (104) ont été capturés depuis mars 2011 jusqu'en août 2016. Les captures sont particulièrement abondantes en avril et en mai, beaucoup moins en hiver (tab. 1). La longueur totale des silures est comprise entre 11 et 251 cm et la masse entre 10 g et jusqu'à 92 kg.

Month	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	?
Filled stomachs	1	-	12	24	27	9	8	6	4	2	8	3	
Size class													0+4
< 40 cm					2	1		1	2	0+3	5+5	0+1	
40 to 80 cm				4+1	4	0+1	2+1	1	1				
80 to 120 cm			3	6+2	5+2	3+2	3+1	1	1	1	0+1	1	
120 to 180 cm			2+1	11+1	12+8	2+4	2	2+3		1	3+1	1	
> 180 cm	1		7	3	4	3+1	1	1				1	
<i>Empty stomachs</i>			1	4	10	8	2	3		3	7	1	4

Tab. 1: Number of stomachs according to months and catfish size. Empty stomachs are noted in italics.

Globalement, le spectre alimentaire des silures est très varié comprenant des mollusques (*Corbicula sp.*) et des larves d'insectes aquatiques (trichoptères), des écrevisses (*Orconectes*

limosus), des poissons holobiotiques d'eau douce et des migrateurs amphihalins, comme le saumon atlantique (*Salmo salar*), la grande alose (*Alosa alosa*), le mullet porc (*Liza ramada*), l'anguille (*Anguilla anguilla*) et la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), des oiseaux (*Podiceps cristatus*, *Anas platyrhynchos* et *Gallinula chloropus*) et des mammifères (*Rattus norvegicus* et *Myocastor coypus*). Trente-sept taxons se dispersent sur 573 proies pour une biomasse totale de 99 kg (tab. 2).

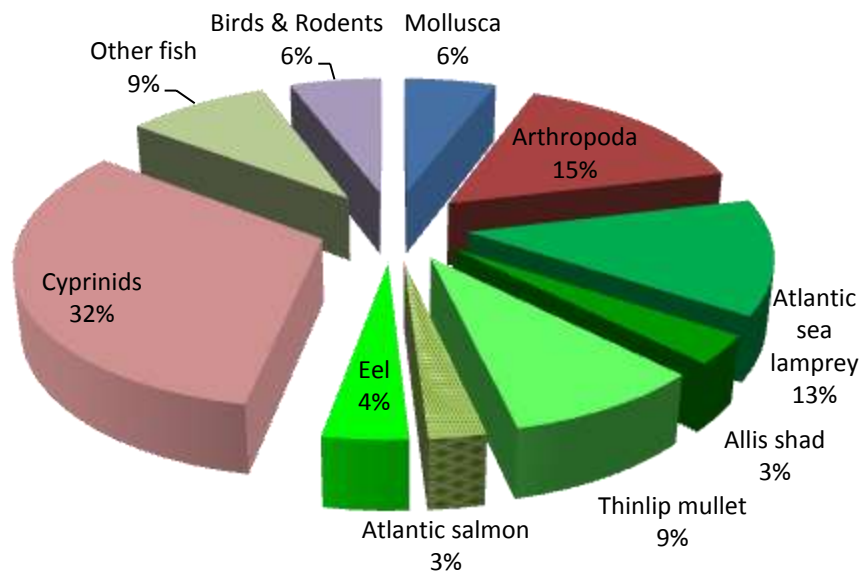
Tab. 2 : Catfish prey : occurrences, abundances and biomass

	Occurrences	Abundances	Biomass
Asian clam / <i>Corbicula sp.</i>	9	230	1150
River snail / <i>Viviparus viviparus</i>	1	1	5
Spinycheek crayfish / <i>Orconectes limosus</i>	14	23	271.4
Amphipods / <i>Amphipoda</i>	4	6	6
Caddis-fly / <i>Trichoptera</i> (larvae)	5	24	2.4
Crane-fly / <i>Tipula</i> (larvae)	1	1	2
Caterpillars / <i>Lepidoptera</i> (larvae)	2	2	4
European brook lamprey / <i>Lampetra planeri</i>	1	7	35
Atlantic sea lamprey / <i>Petromyzon marinus</i>	20	35	22404
Allis shad / <i>Alosa alosa</i>	5	5	8020
Thinlip mullet / <i>Liza ramada</i>	14	18	16329
Atlantic salmon / <i>Salmo salar</i>	4	4	20700
European eel / <i>Anguilla anguilla</i>	6	10	1818
Pikeperch / <i>Sander lucioperca</i>	3	3	3456
Ruffe / <i>Gymnocephalus cernua</i>	1	1	8
Pumpkinseed / <i>Lepomis gibbosus</i>	1	1	12.5
Bullhead / <i>Cottus perifretum</i>	1	1	5
Pike / <i>Esox lucius</i>	1	1	350
European catfish / <i>Silurus glanis</i>	3	3	989
Bleak / <i>Alburnus alburnus</i>	4	92	735
Bitterling / <i>Rhodeus amarus</i>	1	2	8
Bream / <i>Abrama brama</i>	4	4	1209
Crucian carp / <i>Carassius carassius</i>	4	4	260
Carp / <i>Cyprinus carpio</i>	2	3	1421
Roach / <i>Rutilus rutilus</i>	6	16	1280
Barbel / <i>Barbus barbus</i>	4	10	703
Chub / <i>Squalius cephalus</i>	7	7	4918
Gudgeon / <i>Gobio gobio</i>	4	5	93.4
Nase / <i>Chondrostoma nasus</i>	2	5	2848
Beaked dace / <i>Leuciscus burdigalensis</i>	2	2	36
Cyprinids	10	30	2479
Fish ind.	3	7	7
Great crested grebe / <i>Podiceps cristatus</i>	2	2	1800
Mallard / <i>Anas platyrhynchos</i>	1	1	1000
Moorhen / <i>Gallinula chloropus</i>	5	5	1350
Coypu / <i>Myocastor coypus</i>	1	1	3000
Brown rat / <i>Rattus norvegicus</i>	1	1	250
Total	159	573	98964.7
H'	4.67	3.37	3.47
E'	0.9	0.65	0.67

En occurrence, la diversité est très élevée ($H' = 4,67$ bits) et la distribution est assez uniforme ($E' = 0,90$). Toutefois, la lamproie marine (13 %) et les écrevisses (11 %) sont plus fréquentes dans les estomacs (fig. 1a).

Fig. 1: Diet of European catfish in the lower Loire region.

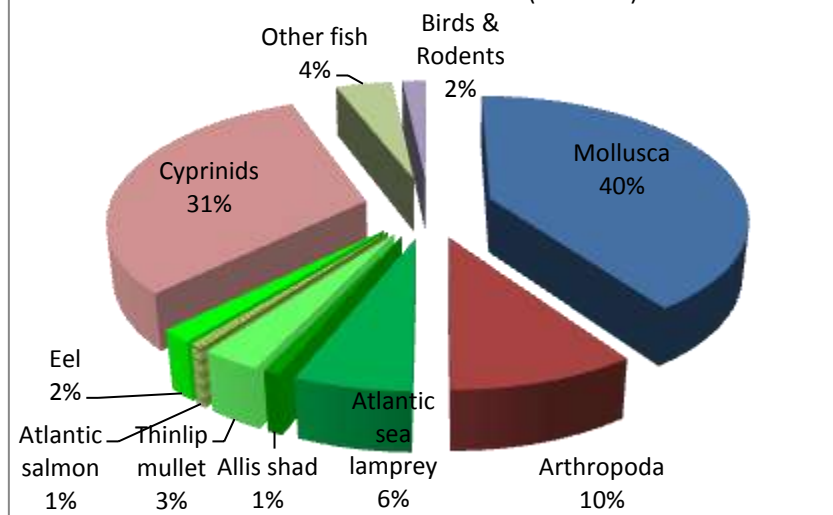
A: Relative occurrences (nb = 155)



Par rapport à l'abondance des proies, la diversité est moindre ($H' = 3,37$) et la distribution est inégale ($E' = 0,65$): les proies les plus abondantes sont les corbicules (40 %) et les ablettes (*Alburnus alburnus*) (16 %) (fig. 1b).

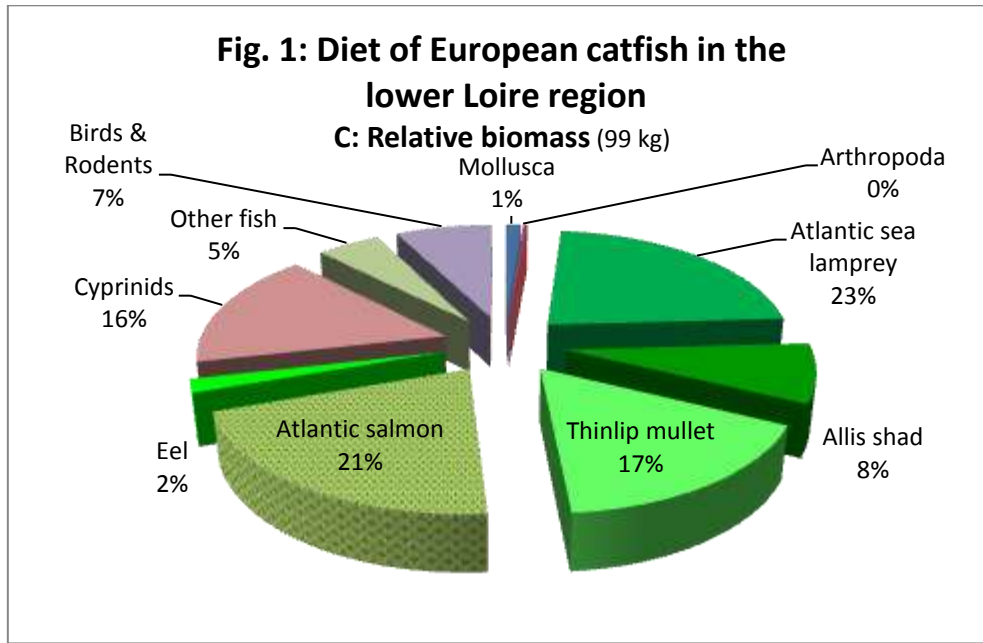
Fig. 1: Diet of European catfish in the lower Loire region

B: Relative abundance (nb = 573)

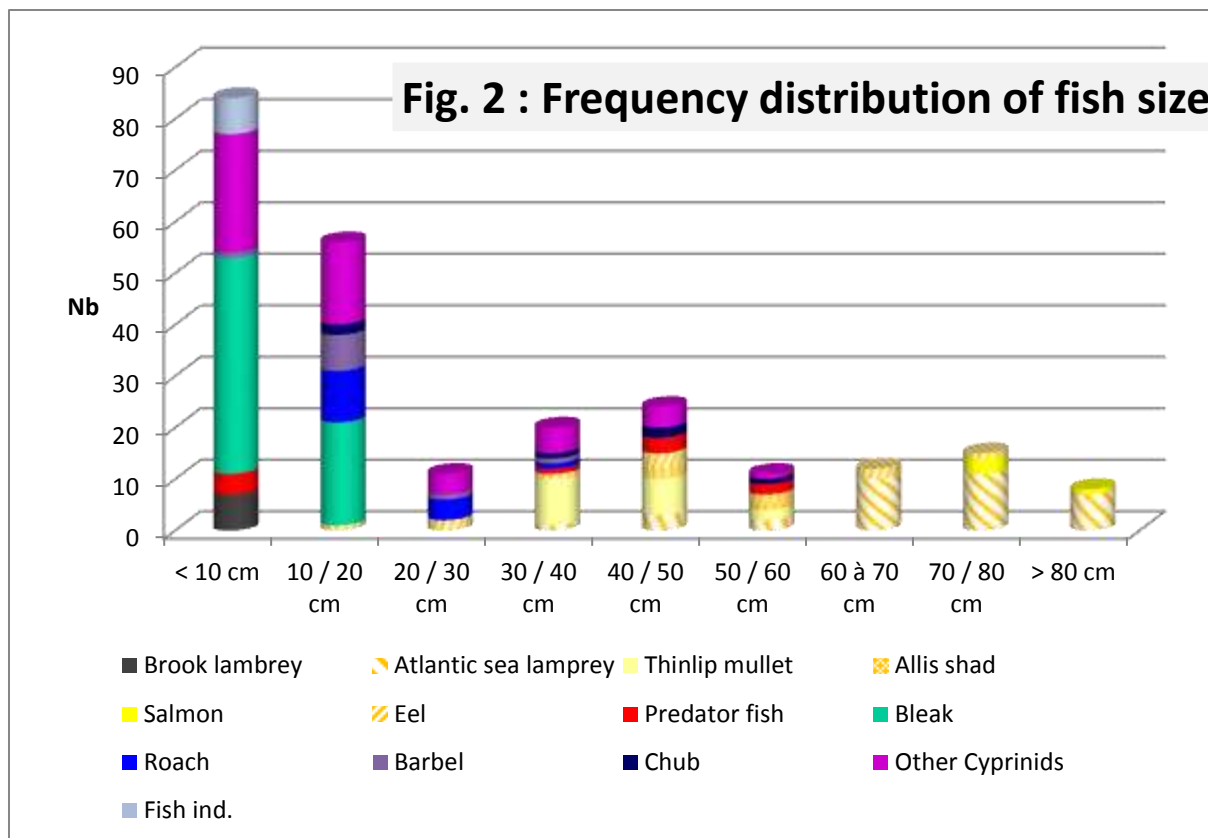


Ces proies ont été ingérées par dix silures seulement, pour les mollusques et quatre pour l'ablette. On pourrait penser que les silures raclent le fond pour prendre des mollusques (37, 84 et 100 corbicules pour trois silures) et pour les ablettes, souvent en bancs, sont happés

par de gros silures (>180 cm) comme les baleines pour le krill (60 et 26 ablettes pour seulement deux silures). La diversité de la biomasse est de même ordre pour l'abondance. Cependant, les espèces sont complètement différentes : ce sont les migrateurs amphihalins qui dominent largement (70 %) (fig. 1c). Les cyprinidés rhéophiles constituent le régime à concurrence du 9 %, puis les vertébrés homéothermes, 7 % et les cyprinidés d'eaux lentes 5 %.



La distribution de fréquence des tailles des poissons et des cyclostomes montre que le nombre de proies n'est pas homogène. Les petits poissons sont nombreux : plus d'un tiers des proies ont une taille de moins de 10 cm et un quart entre 10 et 20 cm. Au-delà de 30 cm, les migrateurs anadromes constituent les trois quarts des prises et au-delà de 60 cm, 100 %. Dans la tranche de taille 30 à 60 cm, on trouve surtout les migrateurs (60 %) mais aussi des cyprinidés rhéophiles (15 % : *Barbus barbus*, *Chondrostoma nasus* et *Squalius cephalus*) et des poissons prédateurs (11% : *Sander lucioperca*, *Esox lucius* et *Siluris glanis*) (fig. 2).



Les estomacs de silures de la basse Loire sont beaucoup fréquents entre le premier mars et le 31 mai (26 ind. pour 35). En conséquence, les silures de la Loire moyenne ont été comparés dans les dates correspondantes (37 ind. pour 69).

Les différences sont criantes : les migrateurs sont plus fréquents (60 % vs 37 %), plus abondants excepté les mollusques (65 % vs 29 %) et la biomasse relative (90 %) est plus grande à l'aval. Il s'agit des lamproies marines, des mullets porcs et des petites anguilles. A l'amont, on peut constater que la diversité est plus importante, surtout par rapport aux biomasses (tab. 3). Les cyprinidés, notamment rhéophiles, sont plus fréquents et plus abondants. En biomasse cependant, les migrateurs dominent (62 %), notamment avec les saumons, les lamproies marines, les mullets et la grande alose.

Cependant, en regroupant des taxons (fig. 3), le $G_{test_{ddl:8}}$ est seulement significatif en occurrences, pour les cyprinidés rhéophiles, les mollusques et les arthropodes ($p < 0,05$). En abondances, le G_{test} est hautement significatif (85,8 ; $p < 0,001$) mais pas pour les migrateurs, les cyprinidés non rhéophiles, les poissons prédateurs et les mammifères.

Tab. 3 : Catfish prey: occurrences, abundances and biomass downstream vs upstream.

	OCCURRENCES		ABUNDANCES		BIOMASS	
	Lower Loire	Middle Loire	Lower Loire	Middle Loire	Lower Loire	Middle Loire
Molluscs	5	4	44	187	220	935
Crustaceans	2	15	2	27	20	257.4
Insects	1	6	2	25	1	7.4
European brook lamprey		1		7		35
Atlantic sea lamprey	11	9	24	11	15534	6870
Allis shad		5		5		8020
Thinlip mullet	8	6	11	7	9817	6512
Atlantic salmon		4		4		20700
European eel	5	1	8	2	797	1053
Pikeperch		3		3		3456
Ruffe		1		1		8
Pumpkinseed		1		1		12.5
Bullhead		1		1		5
Pike		1		1		350
European catfish	1	2	1	2	567	422
Bleak		4		92		735
Bitterling		1		2		8
Bream	4		4		1209	
Crucian carp		4		4		260
Carp		2		3		1421
Roach	2	4	7	9	771	509
Barbel		4		10		703
Chub	2	5	2	5	475	4443
Gudgeon		2		5		93.4
Nase		4		5		2848
Beaked dace		2		2		36
Cyprinids	4	6	11	19	1376	1103
Fish ind.		3		7		7
Birds		7		8		4150
Rodents		2		2		3250
Total	45	110	116	457	30787	68209,7
H'	3.11	4.49	2.68	3.14	1.93	3.42
E'	0.9	0.92	0.78	0.65	0.56	0.7
Specific richness (S)			11	29		
Nb of stomachs			35	69		

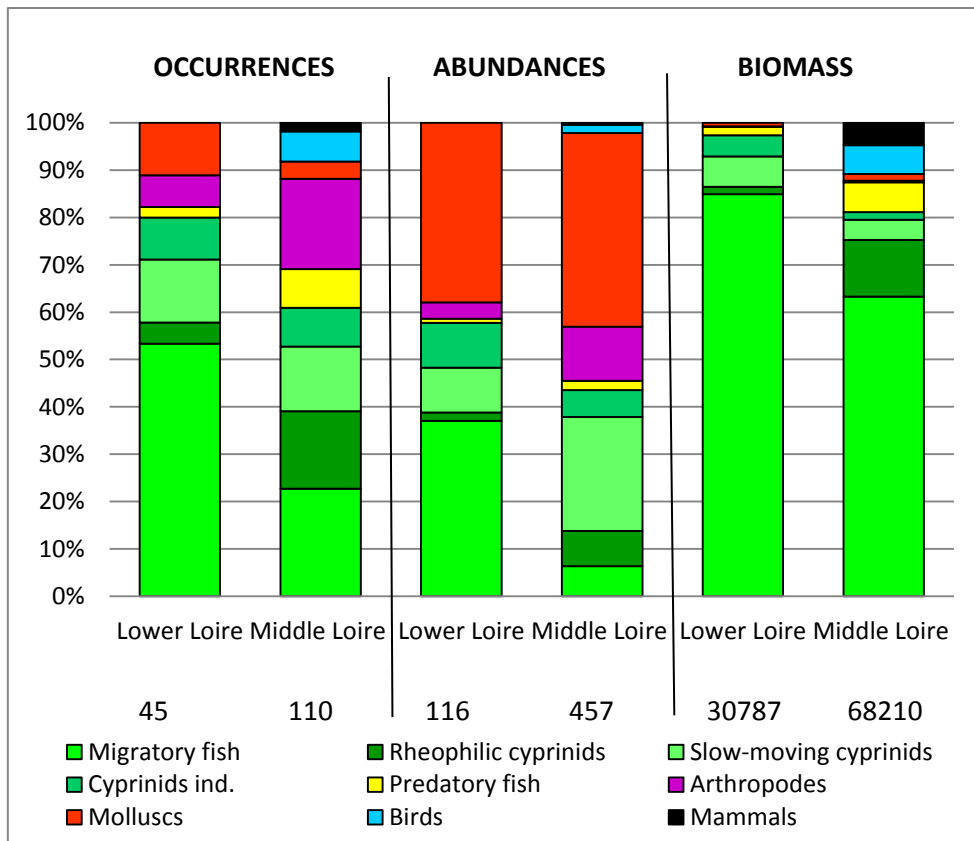


Fig. 3: Frequency distribution of catfish prey according to the watercourse: relative occurrences, abundances and biomasses

Pour les saisons, on voit aussi des variations importantes : en occurrence ($G_{test_{ddl:24}} = 55,2$; $p < 0,001$) et en abondance ($G_{test} = 553,6$; $p \ll 0,0001$) les invertébrés sont dominants en automne et en hiver (fig. 4).

Cependant, les échantillons ne sont pas suffisants pour ces saisons. En hiver, cinq estomacs sur 12 étaient de taille minimale (< 15 cm), contenant 24 trichoptères et un gammare. En automne, trois estomacs sur 12 étaient pleins de corbicules et cinq d'écrevisses... Au printemps et en été, les données montrent que ce sont les migrateurs dominent, en occurrence relative et en biomasse. En été, deux estomacs de silure étaient pleins d'ablettes (26 et 60) ce qui biaise les résultats en abondance (tab. 4).

Tab. 4 : Catfish prey: occurrences, abundances and biomass according to the seasons.

	OCCURRENCES				ABUNDANCES				BIOMASS			
	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn
	N D J	(F) M A	M J J	A S O	N D J	(F) M A	M J J	A S O	N D J	(F) M A	M J J	A S O
Molluscs		5	1	3		1	45	185		5	225	925
Crustaceans	2	2	8	5	2	3	13	11	7	24	91.2	155.2
Insects	5		2		24		3		2.4		6	
European brook lamprey			1				7				35	
Atlantic sea lamprey		13	7			25	10			16950	5454	
Allis shad		1	4			1	4			1460	6560	
Thinlip mullet		6	7	1		9	8	1		8196	7421	712
Atlantic salmon		2	2			2	2			10200	10500	
European eel		5	1			8	2			1786	32	
Pikeperch		1	1	1		1	1	1		1410	596	1450
Ruffe				1				1				8
Pumpkinseed		1				1				12.5		
Bullhead		1				1				5		
Pike		1				1				350		
European catfish	2	1			2	1			422	567		
Bleak	1	1	2		5	1	86		28	5.6	701.4	
Bitterling				1				2				8
Bream		3	1			3	1			688	521	
Crucian carp		2	1	1		2	1	1		100	140	20
Carp	1	1			1	2			441	980		
Roach		2	4			7	9			693	587	
Barbel		3		1		3		7		448		255
Chub	1	2	4		1	2	4		2119	1002	1797	
Gudgeon	1		1		4		1		89		4.4	
Nase	1	2	1		1	3	1		102	2022	724	
Beaked dace			2				2				36	
Cyprinids		4	5	1		11	18	1		271	1335	873
Fish ind.			3				7				7	
Birds	2	2	2	1	2	3	2	1	540	1440	1170	1000
Rodents	1		1		1		1		3000		250	
Total	17	61	61	16	43	91	228	211	6750,4	48615	38193	5406,2
H'	3.05	3.99	4.07	2.98	2.27	3.67	3.11	0.83	2.06	2.92	3	2.62
E'	0.92	0.88	0.91	0.9	0.68	0.81	0.7	0.25	0.62	0.64	0.67	0.79
Specific richness (S)					10	23	22	10				
Nb of stomachs					12	36	44	12				

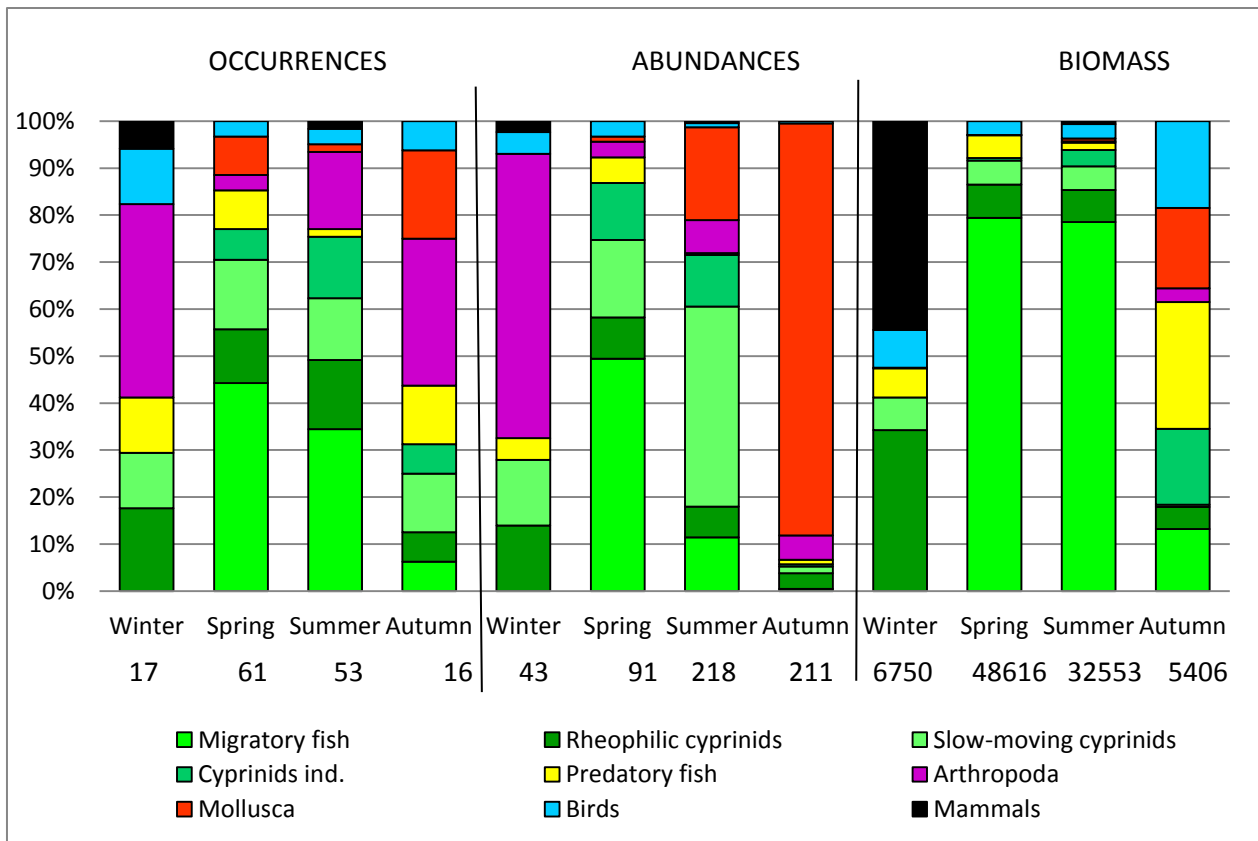


Fig. 4 : Frequency distribution of catfish prey according to the season: relative occurrences, abundances and biomasses

Les variations du régime par classes de taille des silures sont également très marquées tant en occurrences ($G_{test_{ddl:36}} = 81,04$; $p < 0,001$) que d'abondances ($G_{test} = 662,7$; $p << 0,0001$) (tab. 5, fig 5). Les petits silures (< 40 cm) prennent beaucoup des arthropodes : insectes et crustacés. La diversité et la richesse spécifique sont faibles ($H' = 2,1$ à $2,6$ en fonction des indices ; $S = 8$). Dans la classe supérieure (40 à 80 cm), ces sont les cyprinidés et les corbicules qui dominent en occurrences, respectivement 47 % et 33 % ; en abondance, les corbicules prennent la tête : 90 %. Quatre taxons partagent la biomasse : un silure (18 %), un mulot porc (23 %), de nombreuses corbicules (23 %) et des cyprinidés (35 %). Malheureusement, ces deux classes de taille ne sont pas assez bien représentées (11 et 12 individus). Pour la classe 3 (80 à 120 cm), ce sont les cyprinidés et les écrevisses (*Orconectes limosus*) qui atteignent respectivement 29 % et 25 %. En abondance, on voit, en premier, les écrevisses (39 %) et ensuite les cyprinidés (22 %). En revanche, ce sont des migrateurs qui ont la part importante : 47 %, les cyprinidés font le reste (37 %). Au-delà de taille supérieure à 120 cm, ce sont les migrateurs qui dominent fortement en biomasse : 65 % (classe 4) et 82 % (classe 5). En occurrences, c'est la même chose mais la proportion est moindre : respectivement 43 % et 50 %. Les cyprinidés complètent le régime. Dans la classe 4, en abondance, les migrateurs et les cyprinidés sont au même niveau : 38,7 % et 39,8 % mais

dans la classe 5, ce sont les ablettes (40,2 %) et les corbicules (39,3 %) qui dominent. Cependant, un seul silure avait pris les corbicules (84 ex.), une paludine (*Viviparus viviparus*) et un colvert... Deux autres ont capturé des ablettes (60 et 26) avec d'autres proies : l'un a pris une poule d'eau, une vandoise (*Leuciscus burdigalensis*) et deux gardons (*Rutilus rutilus*) et l'autre un grèbe huppé, une vandoise, un gardon et un chevesne (*Squalius cephalus*).

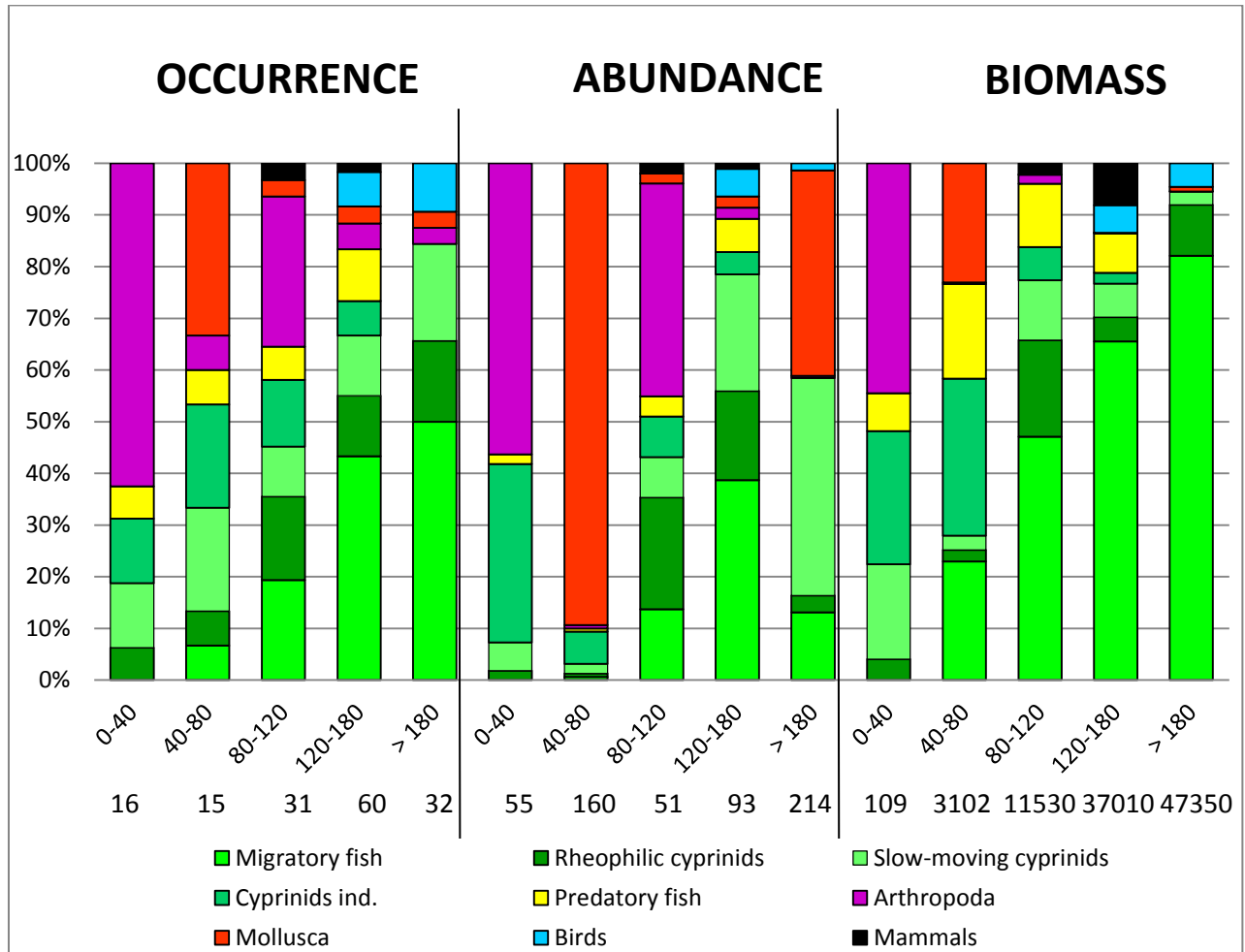


Fig. 5 : Frequency distribution of catfish prey as a function of catfish size : relative occurrences, abundances and biomasses

Tab. 5 : Catfish prey: occurrences, abundances and biomass according to the size of the catfish.

Catfish size (cm)	OCCURRENCES					ABUNDANCES					BIOMASS				
	0-40	40-80	80-120	120-180	> 180	0-40	40-80	80-120	120-180	> 180	0-40	40-80	80-120	120-180	> 180
Molluscs		5	1	2	1		143	1	2	85		715	5	5	425
Crustaceans	4	1	8	3	1	5	1	20	2	1	42	10	188.4	31	6
Insects	6		1			26		1			6.4		1		
European brook lamprey			1					7					35		
Atlantic sea lamprey				11	9				14	21				7939	14465
Allis shad			1	4				1	4				1460	6560	
Thinlip mullet		1	3	7	3		1	4	10	3		712	3640	8257	3720
Atlantic salmon					4					4					20700
European eel			2	4				2	8				331	1488	
Pikeperch			1	2				1	2				1410	2046	
Ruffe	1					1					8				
Pumpkinseed				1					1					12.5	
Bullhead				1					1					5	
Pike				1					1					350	
European catfish		1	1	1			1	1	1			567		419	
Bleak				2	2				6	86				33.6	680
Bitterling	1					2					8				
Bream		2	1	1			2	1	1			49	639	521	
Crucian carp	1	1	1	1		1	1	1	1		20	37	140	63	
Carp				1	1				2	1				980	441
Roach			1	3	2			2	11	3			413	783	85
Barbel			2	2				2	8				445	258	
Chub		1	1	2	3		1	1	2	3		68	949	1275	2626
Gudgeon	1			1		1			4		4.4			89	
Nase			1	2	1			1	2	2			724	129	1996
Beaked dace					2					2					36
Cyprinids	1	3	3	3		14	10	3	3		15	944	740	780	
Fish ind.	1		1	1		5		1	1		5		1	1	
Birds				4	3				5	3				1980	2170
Rodents			1	1				1	1				250	3000	
Total	16	15	31	61	32	55	160	51	93	214	108,8	3102	11374	37005	47350
H'	2.53	2.69	3.74	4.16	3.23	2.13	0.7	3.22	4.04	2.04	2.6	2.26	3.16	3.25	2.1
E'	0.84	0.89	0.88	0.91	0.9	0.71	0.23	0.76	0.88	0.57	0.85	0.76	0.74	0.71	0.61
Specific richness (S)						8	8	19	25	12					
Nb of stomachs						11	12	23	36	22					

Le ratio de biomasse (biomasse des proies/biomasse de silure) (fig. 6) de l'ordre de 0,05, n'est pas différente selon la classe de taille (KW = 1,57 ; p = 0,82), mais il est maximal (0,12) pour la classe '40-80 cm'. Stolyarov (1985) a estimé que les silures ingurgitent 2 à 3 % pour leur masse totale par jour, un ordre de grandeur similaire.

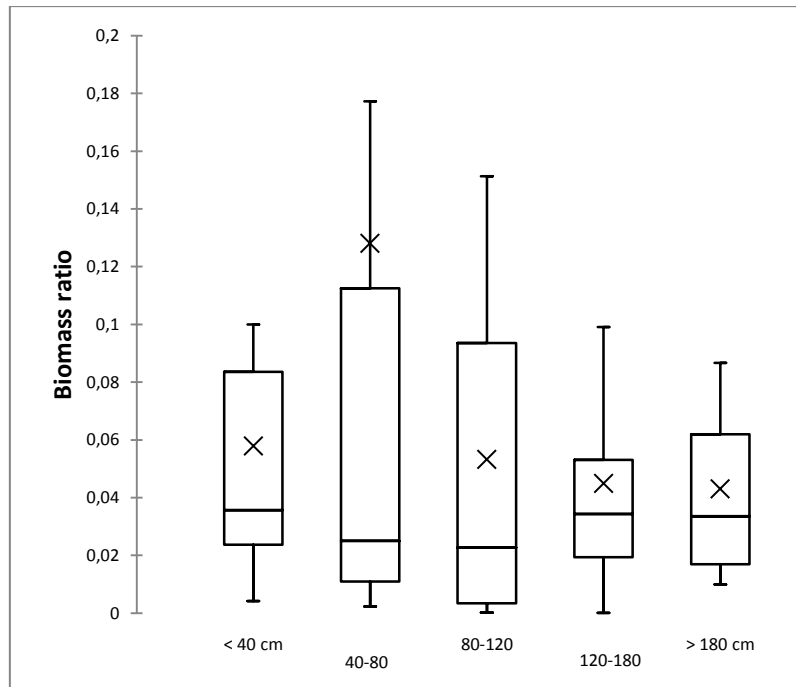
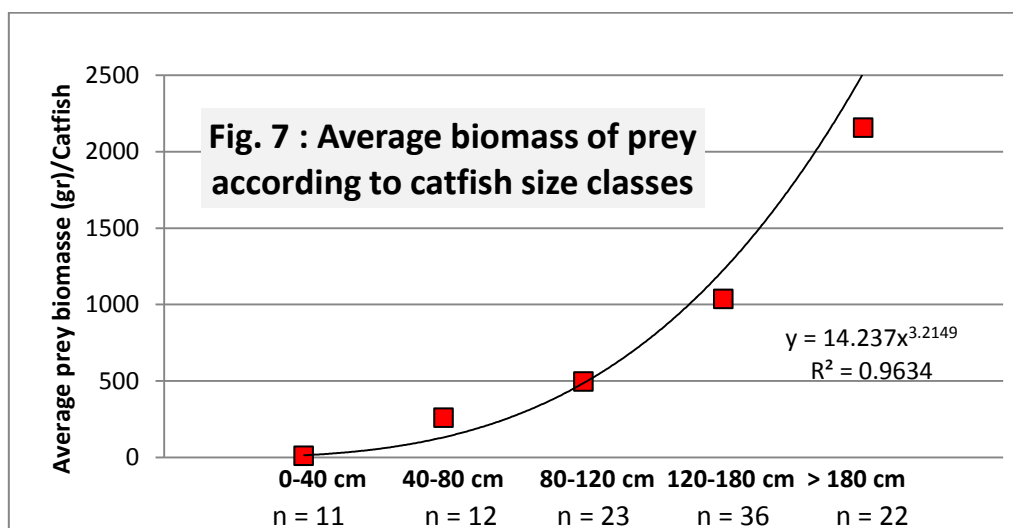


Fig. 6 : Biomass ratio (ingested biomass/ catfish biomass) for size classes.

X: average; rectangles: at the bottom = first quartile, at the top = third quartile, the median separates the two parts of the rectangles; dash = minimum/ maximum

La biomasse moyenne consommée par individu augmente avec la taille selon une fonction puissance (K-W= 52,6 ; p < 0,0001) (fig. 7).



Discussion

Malheureusement, la distribution des fréquences des échantillons n'était pas homogène, soit pour les saisons, soit pour la taille des silures. Malgré ce biais, des constats peuvent être dressés et discutés sérieusement.

La très grande richesse et la diversité importante des proies de silure sont vérifiées en Loire notamment pour l'occurrence ($H' = 4,67$ bits). Omarov & Popova (1985), Stolyarov (1985) et Copp *et al.* (2009) estiment que le régime alimentaire du silure est un reflet de la communauté des poissons par rapport à leur taille. C'est un prédateur opportuniste et généraliste, prenant des proies minuscules (épioche *Gasterosteus aculeatus*, bouvière *Rhodeus amarus*, chabot *Cottus perifretum*) (Bruyenko, 1971 ; Pouyet, 1978 ; Faure & Tanzilli, 2016 ; cet article) mais aussi des poissons de grande taille (saumon européen *Salmo salar*, grand esturgeon *Huso huso*) (Stolyarov, 1985 ; Pouyet, 1987 ; cet article) et, régulièrement cannibale (Faure & Tanzilli, 2016) ou occasionnellement (Bruyenko, 1971 ; Orlova & Popova, 1976 ; cet article). Syväranta *et al.* (2009 et 2010) et Martino *et al.* (2011) ont montré que sur la Garonne certains silures sont spécialisés sur la prédation de poissons d'eau douce et d'autres sur la prédation de migrateurs mais ils n'ont pas quantifié les poissons-proies.

En abondance, la diversité est moindre ($H' = 3,37$), dû pour le nombre important des corbicules et des ablettes. La biomasse relative, ce sont les migrateurs anadromes qui constituent l'apport le plus important : 70 %, comme on le voit dans le Rhône inférieur (*Liza ramada*, 67,6 %, *P. marinus* 3,3 %, *A. anguilla* 2,2 % et *A. fallax* 1 % ; Faure & Tanzilli, 2016).

Ces proies sont de grande taille. Dans les estomacs, la longueur des lamproies marines varient entre 35 et 89 cm, celle de l'aloise entre 50 et 60 cm, celle du mulot porc entre 30 et 55 cm et le saumon entre 70 et 80 cm (fig. 2). Plus la taille du silure, plus est grande la proie (Orlova & Popova, 1987 ; fig. 7). En conséquence, ce sont des silures de grande taille qui peuvent capturer ces migrateurs (tab. 5). La coïncidence printanière entre la montaison des poissons et cyclostomes (Keith *et al.*, 2011) et l'augmentation des besoins alimentaires des silures (Orlova & Popova, 1976 ; Omarov & Popova, 1985 ; Copp *et al.*, 2009) est remarquable pour la Loire surtout dans la basse vallée, à l'aval de Saumur (fig. 5). En fait, la température de l'eau influence fortement le métabolisme du silure. En hiver, ces poissons ne mangent que très peu lorsque la masse d'eau est de moins 10°C (Abdullayev *et al.*, 1978 ; Omarov & Popova, 1985).

On constate, en Loire, que les silures de grande taille consomment surtout les migrateurs anadromes mais quel est le régime alimentaire des « petits » ? Les alevins (40 à 70 mm) mangent des cladocères, des gammaridés, de larves de chironomes (Orlova & Popova, 1986). Un peu grands (entre 100 et 200 mm), ils prennent de gammaridés, des écrevisses et des petits cyprinidés (Copp *et al.*, 2009). Cependant, dans nos données, les cinq silures de taille entre 100 à 140 mm, ont tous des trichoptères dans l'estomac (10, 9, 2, 2 et 1) et un seul gammaré. Au-delà de 30 cm (env. 1 an) et jusqu'à 120 cm (env. 6 ans) (Copp *et al.*, 2009 ; Boisneau, 2015), les silures consomment surtout des cyprinidés de toutes espèces,

des écrevisses, des corbicules et quelques mulets ce qui confirment les différentes sources (Chevallier, 2004 ; Copp *et al.*, 2009 ; Cucherousset *et al.*, 2012 ; Faure & Tanzilli, 2016).

En automne et en hiver, les données ne sont pas assez nombreuses. En hiver, il faut dire que cinq estomacs pour douze venaient de silures de taille inférieure de 15 cm et contenaient des trichoptères. En automne, un gros sandre, un mulot de 40 cm et un colvert prennent les 60% de la biomasse et en hiver, 75 % pour un ragondin et un grand chevesne. Impossible d'en tirer des conclusions.

CONCLUSIONS

En dépit des auteurs qui avaient estimé que l'incidence de silure est faible dans les populations de poissons (Guillerault *et al.*, 2015), la grande opportunité alimentaire du silure pose question quant à son impact sur la communauté de poissons migrateurs ligériens. En effet, ceux-ci sont consommés au droit des barrages mais également en l'absence de tout obstacle. Même si il n'est pas possible actuellement d'évaluer les densités de silures dans un grand cours d'eau comme la Loire et donc de quantifier une pression de prédation sur les espèces migratrices amphihalines, cette pression existe néanmoins. Or, la Loire accueille une richesse exceptionnelle d'espèces migratrices amphihalines avec pas moins de 7 espèces classées « en danger ou vulnérables », selon les critères de l'UICN, le saumon, l'anguille, la truite de mer (*Salmo trutta*), les deux espèces d'aloses (*A. alosa* et *A. fallax*) et deux lamproies (*Lampetra fluviatilis* et *Petromyzon marinus*) (Keith *et al.*, 1992 ; UICN, 2012) et deux autres espèces non vulnérables, le mulot porc et le flet (*Platichthys flesus*). De plus, certaines de ces espèces font l'objet de plan de restauration ou tout au moins de mesures de surveillance dans le cadre du COGEPOMI du bassin de la Loire et des côtiers vendéens. Des mesures de surveillance du silure et a minima une interdiction de relâcher les individus capturés par pêche de taille supérieure à 1,2 m. Il semble nécessaire et pour mettre en œuvre pour poursuivre et compléter les études scientifiques en cours sur les effets de la prédation de l'espèce sur les biocénoses aquatiques dulcicoles, notamment à l'aval des barrages. Il serait souhaitable d'expérimenter la régulation des silures sur certains secteurs stratégiques pour le franchissement des ouvrages par les poissons et les cyclostomes migrateurs avec un contrôle scientifique associé.

Remerciements

Nous tenons à exprimer toute notre gratitude au Muséum des sciences naturelles d'Orléans qui a participé à la capture des silures, financé les analyses et dont l'équipe scientifique s'est investie à tous les stades de l'étude ; nous remercions plus particulièrement Marie-France Larigauderie, taxidermiste et assistante du laboratoire de zoologie, Didier Ducanos, technicien animalier, Anne Trouillon, ingénieure biodiversité, Lucie Bourroux, auxiliaire de conservation, Natacha Broye, technicienne de laboratoire et Amina Brahimi, docteur en biologie à l'univ. de Liège. Nous tenons également à remercier l'Association agréée des pêcheurs professionnels de la Loire et des cours d'eaux bretons et l'ADAPAEF44 qui ont collaboré à l'étude et à la capture des spécimens, par tous les temps, et tout spécialement Gilles Chosson, Bruno Gabris, Robert Guillod et Rémy Hervé. Nous remercions aussi Marie-des Neiges de Bellefroid pour sa participation au traitement des données et pour la relecture critique du texte. Enfin, nous tenons à saluer le soutien de la DREAL Centre-Val de Loire ; elle a été à l'initiative de l'expertise sur le régime alimentaire du Silure en Loire et a sollicité les auteurs pour présenter les résultats au Conseil scientifique régional de protection de la nature (CSRPN), nous tenons tout particulièrement à remercier Gérard Tardivo et Francis Olivereau du Service de l'eau et de la biodiversité.

BIBLIOGRAPHIE

- Abdullayev M.A., Khakberdiev B. & Urchinov D. (1978). Biology of the catfish, *Silurus glanis*, from some lakes in the lower Zarafshan River and in the Khorezm district. *J. Ichthyol.* 17 : 487-491.
- Boisneau C. (2015). Alosa 2012-2013 : suivi des aloses en Loire moyenne et approche de la prédation pour le silure. Rapport Laboratoire CITERES, Univ. de Tours, 91 p.
- Boulêtreau S., Cucherousser J., Villeger S., Masson R. & Santoul F. (2011). Colossal aggregations of giant alien freshwater fish as a potential biogeochemical hotspot. *PLoS ONE*, 6 (10) e25732. Doi : 10.1371/journal.pone.0025732
- Bruyenko V.P. (1971). Age and seasonal variation in the feeding of *Silurus glanis* in the lower reaches of the Danube. *Zoologicheskii Zhurnal*, 50 : 1214-1219.(En russe).
- Chevalier J. (2004). *Le silure en Saône aval : perspectives pour la pêche professionnelle. Utilité de la pêche professionnelle pour le suivi des populations*. Min. Agric. Aliment. Pêche, affaires rurales. BTS « Gestion de la faune sauvage aquatique », Chevroux, 30 p.
- Copp G.H., Bianco, P.G., Bogutskaya, N.G., Eros T., Falka I., Ferraira M.T., Fox M.G., Freyhof J., Gozlan R.E., Grabowska, J., Kovac, V., Moreno-Amich, R., Naseka, A. M., Penaz, M., Povz M., Przybylski, M., Robillard, M., Russell, I. C., Stakenas, S., Sumer, S., Vila-Gispert, A. & Wiesner C. (2005). To be, or to be, a non-native freshwater fish ? *Journal of Applied Ichthyology*, 21 : 242-262.
- Copp G.H., Britton J.R., Cucherousser J., Garcia-Berthou E., Kirk R., Pecler E. & Stakénas S. (2009). Voracious invader on benign feline ? A review of the environmental biology of European catfish, *Silurus glanis*, in its native and introduced ranges. *Fish and Fisheries*, 10 (3) : 252-282.
- Corbet G., Ovenden D. & Saint Girons M.C. (1984). *Mammifères d'Europe*. Bordas, Paris, 240 p.

- Cucherousset J., Boulêtreau S., Azemar F., Compin A., Guillaume M. & Santoul S. (2012). "Freshwater Killer Whales": beaching behavior of an alien fish to hunt land birds. *PLoS ONE* 7(12): e50840. doi : 10.1371/journal.pone.0050840
- Daget J. (1976). *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson, Paris, 172 p.
- Damien J.P. (1996). *Le silure glane (Silurus glanis L.) dans le bassin de la Loire*. Univ. de Tours, Maîtrise Sc. Techn. Ingénierie des milieux aquatiques et corridors fluviaux, Tours, 9 p.
- d'Aubenton F. & Spillmann C. J. (1975). Le silure *Silurus glanis* Linné (1858). *Piscic.Fr.*, 44 : 35-36
- Faure J.P. & Tanzilli J.C. (2016). *L'installation du silure dans le bassin du Rhône : bilan de trois décennies de suivi de l'espèce*. Fédération départementale pour la pêche du Rhône. La Tour de Salvagny, 49 p.
- Géroudet P. (1959). *Les palmipèdes*. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 284 p.
- Géroudet P. (1967). *Les Echassiers*. Delachaux & Niestlé, Neuchâtel, 288 p.
- Guillerault N., Delmotte S., Boulêtreau S., Lauzeral C., Poulet N. & Santoul F. (2015). Does the non-native European catfish *Silurus glanis* threaten French river fish populations ? *Freshwater biology*, doi : 10.1111/fwb.12545.
- Hallet C. (1985). Modulations de la stratégie alimentaire d'un prédateur : éco-éthologie de la prédation chez le Martin-pêcheur, *Alcedo atthis* (L., 1758), en période de reproduction. *Cahiers d'Ethologie appliquée*, 5 (4) : 1-206.
- Keith P., Allardi J. & Moutou B. (1992). Livre Rouge des espèces menacées de poissons d'eau douce de France et bilan des introductions. SFF-MNHN, CSP. Cemagref, Ministère de l'Environnement. 110 p.
- Keith P., Persat H., Feunteun E. & Allardi J. (2011). *Les poissons d'eau douce de France*. Biotopes - Museum national d'Histoire naturelle, Mèze - Paris, 552 p.
- Lemarchand C. (2012). *L'écrevisse à pattes blanches. Histoire d'une sauvegarde*. Catiche Production, Nohanent, 32 p.
- Libois R. M. (1997). Régime et tactique alimentaires de la loutre (*Lutra lutra*) dans le Massif Central. *Vie & Milieu*, 47 (1) : 33-45. <http://hdl.handle.net/2268/111601>
- Libois R. (2001). Aperçu sur le régime alimentaire du Grand Cormoran (*Phalacrocorax carbo*) dans le Pas-de-Calais. *Aves*, 38 : 49-59. <http://hdl.handle.net/2268/111626>
- Libois R.M. & Hallet-Libois C. (1988). Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du Nord de la France. II. *Cypriniformes*. *Fiches Ostéol. anim. pr. Archéol.* sér. A, n°4, Centres Rech. Archéol. CNRS, Valbonne, 24 p. <http://hdl.handle.net/2268/114725>

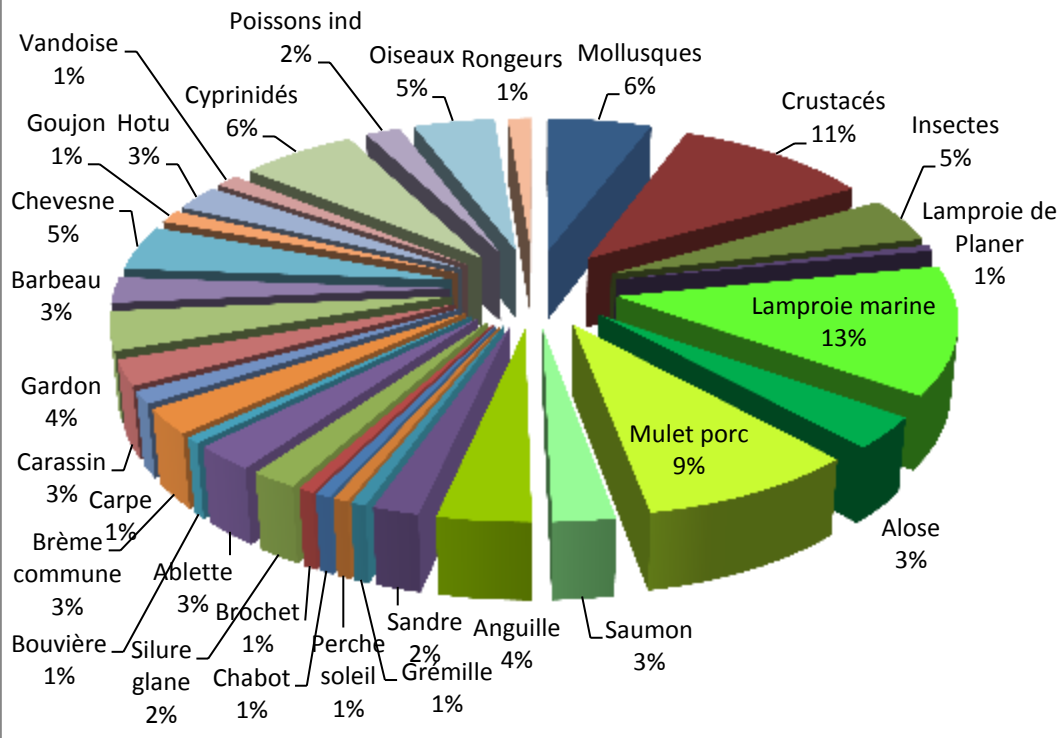
- Libois R. & Laudelout A. (2004). Food niche segregation between the Malachite Kingfisher, *Alcedo cristata*, and the Pied Kingfisher, *Ceryle rudis*, at lake Nokoué, Bénin. *Ostrich*, **75**: 32-38. <http://hdl.handle.net/2268/111525>
- Libois R.M. & Rosoux R. (1991). Ecologie de la loutre dans le marais poitevin. II. Aperçu général du régime alimentaire. *Mammalia*, **55** (1): 35-47. <http://hdl.handle.net/2268/112349>
- Libois R.M., Hallet-Libois C. & Rosoux R. (1987). Eléments pour l'identification des restes crâniens des poissons dulçaquicoles de Belgique et du Nord de la France. I. *Anguilliformes*, *Gasterosteiformes*, *Cyprinodontiformes* et *Perciformes*. *Fiches Ostéol. anim. pr. Archéol.* sér. A, n°3. Centres Rech. Archéol. CNRS, Valbonne, 15 p. <http://hdl.handle.net/2268/114724>
- Libois R., Fareh M., Brahimi A. & Rosoux R. (2015). Régime alimentaire et stratégie trophique saisonnière de la loutre d'Europe, *Lutra lutra*, dans le Moyen Atlas (Maroc). *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, **70** :314-327.
- Libois R., Rosoux R. & Gabris B. (2016). Approche du régime alimentaire chez le silure glane : incidence de la prédation sur la faune aquatique ligérienne. *Recherches naturalistes* (N.S.), **3** : 32- 38.
- Martino A. (2012). *Ecologie trophique des poissons top-prédateurs - interactions entre espèces natives et introduites au sein d'écosystèmes dulçaquicoles*. Thèse Univ. Toulouse, Ecologie fonctionnelle, 124 p.
- Martino A., Syväranta J., Crivelli A., Cereghino R. & Santoul F. (2011). Is European catfish a threat to eels in southern France ? *Aquatic Conservation*, **21** (3): 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*, suppl. **21** : 37-44.
- Omarov O.P. & Popova O.A. (1985). Feeding behaviour of pike, *Esox lucius*, and the catfish, *Silurus glanis*, in the Arakum reservoirs of Dagestan. *J. Ichthyol.* **25** : 25-36.
- Orlova E.L. & Popova O.A. (1976). The feeding of predatory fish, the sheatfish, *Silurus glanis*, and the pike, *Esox lucius*, in the Volga delta following regulation of the discharge of the river. *J. Ichthyol.*, **16** : 75-87.
- Orlova E.L. & Popova O.A. (1987). Age related changes in feeding of catfish, *Silurus glanis* and pike, *Esox lucius*, in the outer delta of the Volga. *J. Ichthyol.* **27** : 54-63.
- Pascal M., Lorvelec O. & Vigne J.D. (2006). *Invasions biologiques et extinctions. 11 000 ans d'histoire des vertébrés en France*. Belin et Quae Editions. Paris et Versailles. 350 p.
- Persat H. & Keith P. (2011). 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.
- Pouyet C. (1987). *Etude des relations trophiques entre poissons carnassiers dans une rivière de seconde catégorie, référence particulière au silure glane (Silurus glanis, Siluridae)*. Rapport technique de D.E.A. Université de Lyon I, Villeurbanne, 25 pp.

- Rosoux R., Libois R. & Schweyer J.B. (2010). Balbuzard pêcheur. Etude de la stratégie alimentaire. Rapaces de France n°12, Hors-Série 2010 de l'Oiseau Magazine : 30-31.
- Saint Girons M.C. (1973). *Les mammifères de France et du Bénélux*. Doin, Paris, 481 p.
- Schlumberger O., Sagliocco M. & Proteau J.P. (2001). Biogéographie du silure glane (*Silurus glanis*) : causes hydrologiques, climatiques et anthropiques. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 359 : 485-498.
- Sokal R. & Rohlf J. (1981). *Biometry*. 2nd ed. Freeman & Co., New-York, 859 p.
- Stolyarov I.A. (1985). Dietary features of catfish, *Silurus glanis*, and pike-perch, *Stizostedion lucioperca*, in Kyzlyarsk Bay, northern Caspian Sea. *J. Ichthyol.* 25: 140-145.
- Svensson L., Mullarney K., Zetterström D. & Grant P.J. (2000). *L'album ornitho*. Delachaux & Niestlé, Lausanne, 399 p.
- Syväranta J., Cucherousset J., Kopp D., Martino A., Cereghino R. & Santoul F. (2009). Contribution of anadromous fish to the diet of European catfish in a large river system. *Naturwissenschaften*, 96: 631-635.
- Syväranta J., Cucherousset J., Kopp D., Crivelli A., Cereghino R. & Santoul F. (2010). Dietary breadth and trophic position of introduced European catfish, *Silurus glanis*, in the Tarn river (Garonne river basin), southwest France. *Aquatic Biology*, 8 : 137-149.
- UICN (2012). La liste rouge des espèces menacées en France. Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Rapport UICN, Paris, 12 p.
- Valadou B., Changeux T., Proteau J.D., Belliard J. & Ledouble O. (2007). *Le silure glane (Silurus glanis L.) en France. Evolution de l'aire de répartition et prédiction de son extension*. I.R.D., Conseil supérieur de la pêche, protection des milieux aquatiques, Fontenay-sous-Bois, 99 p.
- Wise M.H. (1980). The use of fish vertebrae in scats for estimating prey size of otters and mink. *J. Zool. London*, 192 : 25-31.

ANNEXE

Régime alimentaire de *Silurus glanis* sur la Loire

Occurrences relatives (n = 155)



Régime alimentaire de *Silurus glanis* sur la Loire

Abondances relatives (n = 573)

