AGENCE FRANÇAISE POUR LA BIODIVERSITÉ
MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT

Rapport d'étude du suivi pisciaire du lac de Grand Lieu (44)

Echantillonnage des 5, 6 et 7 juillet 2016,
Comparaison avec la pêche du 9 juillet 2008

AGENCE FRANCAISE pour la BIODIVERSITE

Délégation Interrégionale Bretagne- Pays de la Loire

Mise en œuvre technique :

Service Connaissance de la Direction Interrégionale de Rennes de l'AFB, Services Départementaux de Loire Atlantique, du Morbihan, et Unité Spécialisée Bretagne et Pays de la Loire avec l'appui logistique de la Réserve Naturelle Nationale.

Rédaction : Denis ROBERT – Thibault VIGNERON (AFB)

Relecture : Pierre ELIE (Directeur de Recherches, Consultant en Eco-ichtyologie)

Résumé

Ce rapport traite de l'échantillonnage du Lac de Grand Lieu, dans la cadre du Réseau de contrôle de Surveillance de la Directive Cadre sur l'Eau. Cet échantillonnage aux filets maillants a été réalisé selon la norme NF14757, du 4 au 7 Juillet 2016.

L'échantillonnage, composé de 24 filets révèle une richesse de 16 espèces de poissons pour un effectif de 15772 individus. Le peuplement échantillonné révèle bien l'ichtyofaune présente sur le lac à l'exception de l'anguille qui se capture très difficilement au filet. La structure du peuplement est déséquilibrée et largement dominée par des espèces tolérantes et omnivores (able de Heckel, gardon, brème bordelière, sandre…). **Cet assemblage brème-sandre-gardon est symptomatique de la dystrophie (hyper-eutrophisation) du lac**. La persistance de la perche et du brochet, suggère que **le peuplement du lac a évolué d'un assemblage perche – brochet - rotengle plus typique d'un lac de plaine très végétalisé aux eaux peu turbides vers un assemblage brème – sandre – carpe – gremille, qui traduit une augmentation forte de la turbidité et de l'eutrophisation**.

L'échantillon de 2016 est ensuite comparé à l'échantillonnage DCE de 2008, aux études du peuplement par pêche électrique (Carpentier et Marion, 2011) et à une étude de la pêche professionnelle aux verveux menée en 1991 (Adam, 1993). Ce comparatif montre la **complémentarité des techniques** et **améliore la connaissance du peuplement** du lac et de son évolution. Si les populations de brèmes sont relativement stables, **l'able de Heckel semble croitre fortement** au détriment du gardon entre 2008 et 2016. Le **Pseudorasbora**, espèce exotique est également en forte progression.

L'examen des classes de taille par espèce montre que les **juvéniles dominent largement** l'échantillon et que leur **croissance apparaît forte à très forte** au regard de la bibliographie. Cette croissance rapide est en accord avec l'hypertrophie du lac. La population de sandre échantillonnée est exclusivement constituée de juvéniles. Une étude spécifique de cette espèce devrait permettre de mieux connaître le fonctionnement de cette population entre le lac et les affluents.

Mots clés : Lac de Grand Lieu, échantillonnage, filets, NF14757, hyper-eutrophisation, Pseudorasbora, able de Heckel, diagnostic, assemblage, Brème-gardon-sandre, verveux, pêche électrique, comparaison, technique échantillonnage**.**

SOMMAIRE

I/ INTRODUCTION P4

II- DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES GENERALES P4

II.1/ Le lac de Grand-Lieu P4

II.2/ Synthèse des données physico-chimique P5

III/ MATERIEL ET METHODES P5

IV/ RESULTATS DE L'ECHANTILLONNAGE P8

IV.1/ Résultats généraux P8

IV.2/ Composition spécifique P9

IV.3/ Structure du peuplement P10

IV.4/ Analyse des guildes de régime alimentaire P19

IV.5/ Guilde des espèces résistantes à la pollution organique P22

V- Etudes des principales populations échantillonnées P23

V.1/ Able de Heckel P24

V.2/ Gardon P25

V.3/ Brème bordelière P26

V.4/ Perche P28

V.5/ Sandre P29

V.6/ Brème P30

IV/ CONCLUSION P32

I/ INTRODUCTION

L'application de la DCE impose aux états membres l'atteinte du bon état écologique pour les milieux aquatiques naturels ou du bon potentiel écologique pour les masses d'eau fortement modifiées ou artificielles (retenues hydroélectriques par exemple).

Afin de déterminer l'état de la masse d'eau et de contrôler l'atteinte de cet objectif, les plans d'eau font l'objet d'un échantillonnage de l'ichtyofaune tous les 6 ans.

Ce rapport traite des résultats de la campagne de pêche 2016, qui s'est déroulée les 5, 6 et 7 juillet. Il met en parallèle ces résultats avec ceux obtenus lors de la dernière opération, qui s'était déroulée le 9 juillet 2008.

II- DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES GENERALES

II.1/ Le lac de Grand-Lieu

Le lac de Grand Lieu est situé dans le département de la Loire-Atlantique au sud-ouest de Nantes.

Il s'étend en quasi-totalité sur le territoire de la commune de Saint-Philbert-de-Grand-Lieu.

Il est alimenté par deux rivières : l'Ognon à l'est et la Boulogne au sud-est. Il se déverse dans l'Acheneau au nord-ouest.

Principales caractéristiques de ce plan d'eau :

Lac de Grand Lieu	
Type de lac	Naturel (N10)
Code général	LIE00001
Surface (m²)	53240000
Bassin versant (km²)	775
Volume (m3)	12 790 480
Altitude IGN de la cote (m)	1
Profondeur max (m)	2.7
Profondeur moyenne (m)	1
Forme de la cuvette	LP

Tableau 1: Caractéristiques du lac de Grand-Lieu

II.2/ Synthèse des données physico-chimique (SCE, AELB, 2014)

La synthèse relative aux paramètres du milieu (agence de l'eau) indique une température comprise entre 20°C en été et 9°C en hiver ainsi que des eaux basiques en été et en automne (pH de 9 à 10) et assez minéralisées (entre 300 et 450 µS/cm).

Le lac de Grand Lieu a un profil écologique « dégradé » avec notamment une quasi anoxie à partir d'un mètre de profondeur, du fait de la présence d'une grande quantité de matière organique, qui excède la capacité d'assimilation du milieu (envasement). Les analyses montrent une densité importante de phytoplancton, composé principalement de cyanophycées et de diatomées. Cette dystrophie, accompagnée d'une charge polluante dans les sédiments (dominance des *Tubificidae* sans soies capillaires, très résistantes à la pollution) est révélée par l'absence d'espèces sensibles.

La végétation rivulaire du lac est elle-aussi typique de milieux eutrophes, avec des saulaies et grandes formations d'hélophytes. La jussie y prolifère et perturbe localement la végétation autochtone. La végétation purement aquatique compte peu d'espèces mais est abondante (*Nuphar lutea* et *Trapa natans* notamment).

Nupharaie : Crédit photo : T. Vigneron – AFB.

Ce lac recèle par contre des espèces à forte valeur patrimoniale, notamment sur le plan floristique avec des espèces protégées telles que *Nymphoides peltata* ou encore *Gratiola officinalis*. Il abrite aussi des espèces de faune sensible, aviaire notamment.

Le manque d'oxygène a pu être à l'origine de mortalités massives, avec des développements de bactéries anaérobies engendrant des épisodes de botulisme.

Ces conditions écologiques « dégradées » sont en partie liées à l'eutrophisation naturelle du lac. Néanmoins il se rajoute à celle-ci d'importantes perturbations d'origine anthropique, avec des arrivées excessives de matières organiques et de polluants par les affluents (arsenic, HAP), notamment du fait d'une agriculture intensive très présente sur les bassins versants.

III/ MATERIEL ET METHODES

Matériel utilisé

L'échantillonnage des plans d'eau est réalisé selon la Norme NF14757 par pêche aux filets maillants, qui est une des techniques les plus appropriées pour obtenir une image représentative de la composition et de la structure des peuplements de poissons en milieux profonds. Toutefois, ce protocole est inadapté pour l'échantillonnage de certaines espèces serpentiformes comme l'anguille ou la lamproie qui ne se maillent pas dans les filets. Au vu de la faible profondeur du lac (inférieure à 2 mètres), seuls des filets benthiques sont utilisés. Ces filets sont de type multimailles de 30 mètres de long sur 1.5 mètre de haut. Ils sont constitués par une succession de 12 panneaux de mailles de différentes dimensions (5, 6.25, 8, 10, 12.5, 15.5, 19.5, 24, 29, 35, 43 et 55 mm) mesurant chacun 2.5 m de large sur 1.5 m de haut. Ces filets sont équipés d'une ralingue plombée permettant de les faire couler et d'une drisse légèrement flottante pour maintenir le filet vertical.

Protocole d'échantillonnage

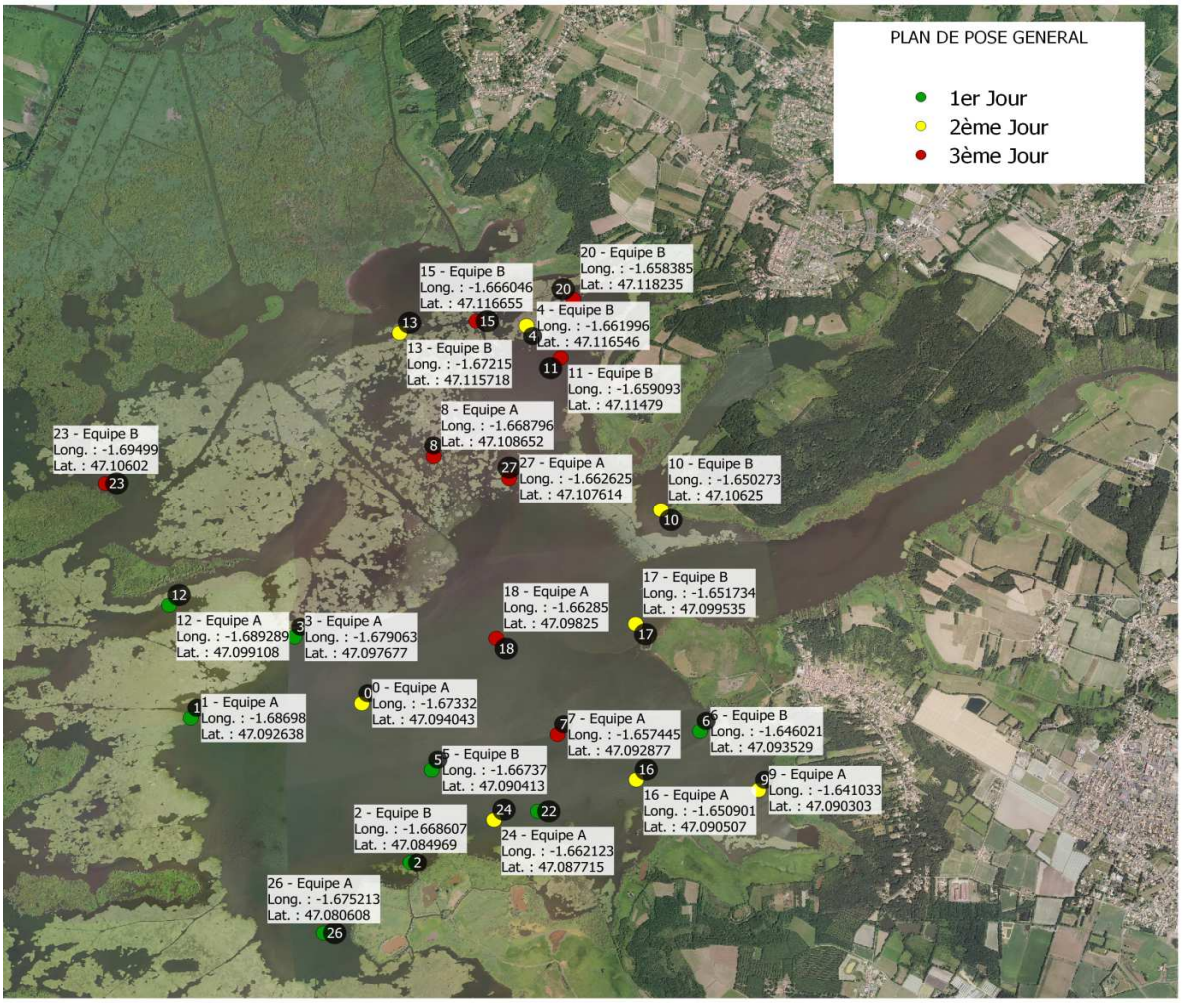
Relève des filets maillants Crédit photo : T. Vigneron – AFB.

Le protocole a consisté en la pose de 8 filets sur trois jours consécutifs, soit 24 filets au total, comme précisé dans le tableau ci-dessous. A titre de comparaison l'effort de pêche était bien moindre en 2008, puisqu'il a consisté en la pose de 14 filets, dont 11 exploitables dans la nuit du 8 au 9 juillet 2008. Le plan de pose suit un protocole d'échantillonnage aléatoire, les points de pose sont donc tirés au sort à partir d'un maillage réalisé par une méthode utilisant un Système d'Information Géographique. Ce tirage est différent en fonction des campagnes.

Les filets sont posés avant la tombée de la nuit et relevés après le lever du soleil, ceci afin d'être en action lors des pics d'activités maximum des poissons (phases crépusculaires et de l'aube). Pour diminuer le temps de pose et homogénéiser la durée de pêche des filets les poses et relèves ont été réalisées simultanément par deux équipes A et B.

méro	Abscisse	Ordonnée	Date de pose	Heure de Pose	Date de relevé	Heure de relevé
Filet 1	1,68683	47,09277	05/07/2016	20:05	06/07/2016	07:55
Filet 2	1,67797	47,08421	05/07/2016	20:30	06/07/2016	07:55
Filet 3	1,67836	47,09811	05/07/2016	19:45	06/07/2016	08:30
Filet 4	1,67312	47,09365	05/07/2016	20:40	06/07/2016	08:30
Filet 5	1,64789	47,09295	05/07/2016	20:00	06/07/2016	07:45
Filet 6	1,68901	47,09921	05/07/2016	20:29	06/07/2016	07:45
Filet 7	1,66418	47,08886	05/07/2016	20:50	06/07/2016	08:15
Filet 8	1,67513	47,08052	05/07/2016	19:55	06/07/2016	08:15
Filet 9	1,67371	47,09414	06/07/2016	18:00	07/07/2016	07:45
Filet 10	1,66211	47,11569	06/07/2016	18:00	07/07/2016	07:45
Filet 11	1,64104	47,09029	06/07/2016	18:22	07/07/2016	08:10
Filet 12	1,64611	47,10391	06/07/2016	18:22	07/07/2016	08:10
Filet 13	1,67041	47,11574	06/07/2016	17:45	07/07/2016	07:30
Filet 14	1,65082	47,09049	06/07/2016	17:45	07/07/2016	07:30
Filet 15	1,65096	47,10086	06/07/2016	18:10	07/07/2016	08:00
Filet 16	1,66189	47,08762	06/07/2016	18:10	07/07/2016	08:00
Filet 17	1,65794	47,09309	07/07/2016	19:45	08/08/2016	07:45
Filet 18	1,66879	47,1086	07/07/2016	20:00	08/08/2016	08:10
Filet 19	1,65902	47,11475	07/07/2016	19:45	08/08/2016	07:45
Filet 20	1,66681	47,11661	07/07/2016	20:00	08/08/2016	08:00
Filet 21	1,66335	47,09841	07/07/2016	20:30	08/08/2016	07:30
Filet 22	1,65467	47,11734	07/07/2016	20:05	08/08/2016	08:10
Filet 23	1,69499	47,1062	07/07/2016	20:30	08/08/2016	07:30
Filet 24	1,66265	47,10772	07/07/2016	20:05	08/08/2016	08:00

Tableau 2: Coordonnées et heures de pose/relève des filets



Plan d'échantillonnage. Crédit photo @IGN- BD Ortho

IV/ RESULTATS DE L'ECHANTILLONNAGE

IV.1/ Résultats généraux

	Biomasse totale (en g)	Effectif total	Biomasse par filet	Effectif par filet
2008	54 488,00	4299	4884	389
2016	126 467,00	15773	4874	654

Tableau 3 : Effectifs et biomasses capturées

En 2016, 15772 poissons ont été capturés dans les 24 filets. En 2008, l'opération avait permis l'échantillonnage de 4299 poissons pour un effort de 11 filets (l'effort d'échantillonnage prévus était de 14 filets maillants mais seulement 11 ont pu être exploités).

Les différences de capture entre 2008 et 2016 sont en lien avec cet effort de pêche supérieur en 2016. La biomasse de 2006 est logiquement plus importante, 126.47 kg en 2016 contre 54.59 kg en 2008. Les biomasses par filet sont quasi identiques entre 2008 et 2016.

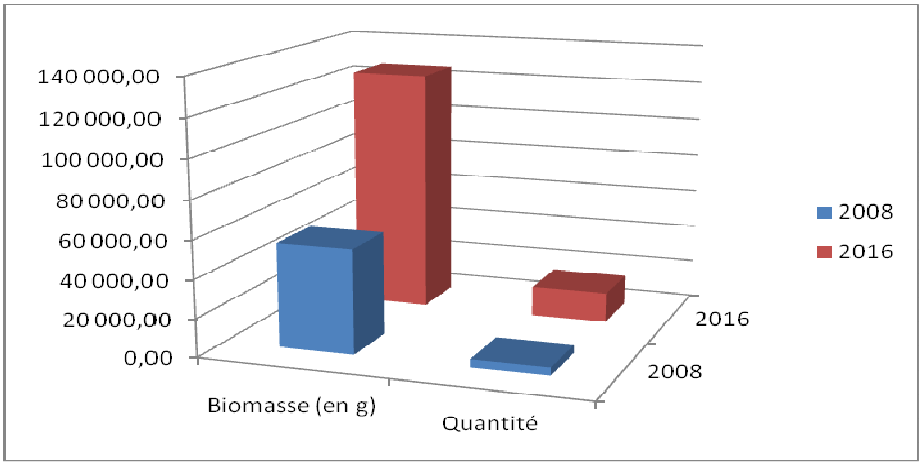


Fig. 1 : Biomasse et effectifs capturés en 2008 et 2016

IV.2/ Composition spécifique

	Effectif (nb individus)		Biomasse (g)	
	2008	2016	2008	2016
ABH	331	8641	838,40	12598,14
GAR	2264	3298	20215,16	43618,67
BRB	299	1092	14541,01	15594,57
PER	317	1024	1822,30	4666,35
GRE	60	542	287,10	1568,04
SAN	443	538	6146,72	3570,39
PSR	1	411	5,00	1235,02
ROT	6	93	461,00	2026,02
BRE	563	60	9408,46	32106,25
BOU		24		52,70
PES	1	13	23,00	107,00
PCC	7	11	191,00	213,00
HYB		9		1708,00
MUP		7		7279,05
BRX		4		6,00
PCH	1	2	23,00	67,00
ABL		1		8,00
BRO	3	1	86,00	40,46
CCO		1		3,00
ANG	1		17,00	
CAG	1		417,00	
GOU	1		6,00	

Tableau 4 : Effectifs et biomasses (gramme) par espèce capturée

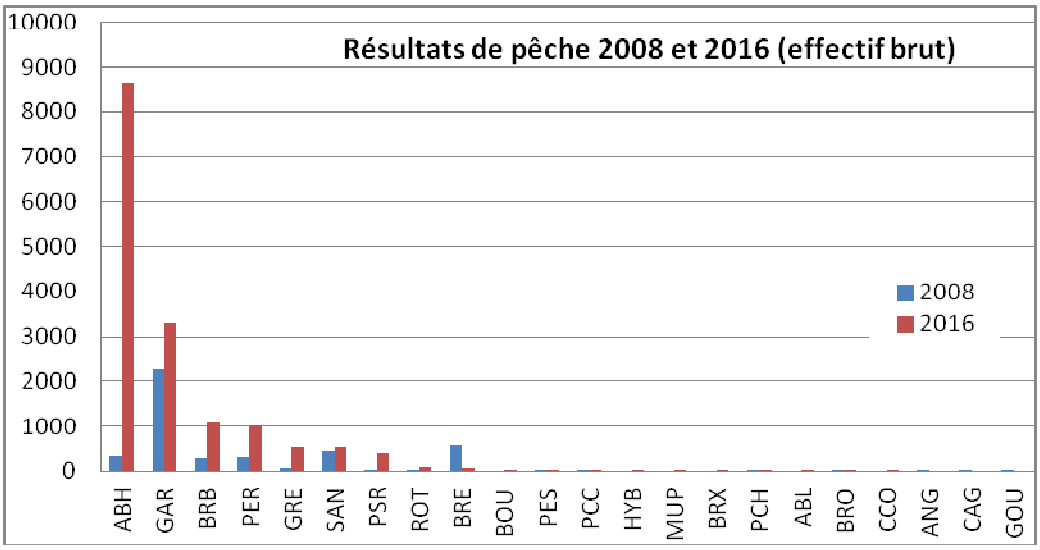


Fig. 2 : Effectifs bruts capturés en nombre d'individus

En 2016, **16 espèces de poissons** différentes ont été pêchées dans le lac. Cette richesse spécifique est plus élevée que celle de 2008 qui s'élevait à **14**. A signaler la capture d'une espèce d'écrevisse allochtone, *Procambarus clarkii* dans les 2 échantillons.

Certaines espèces marginales capturées en 2008 (1 seul individu) n'ont pas été retrouvées en 2016 : **anguille, carassin argenté et goujon**. A l'inverse d'autres espèces absentes en 2008 ont été échantillonnées en 2016 : **bouvière, mulet porc, ablette et carpe commune**. Parmi ces nouvelles espèces capturées en 2016, certaines sont assez bien représentées (24 individus pour la bouvière, 7 mulets). A noter également la forte progression du *Pseudorasbora parva* entre 2008 et 2016, qui est une espèce invasive.

IV.3/ Structure spécifique du peuplement

Pour une meilleure comparaison entre 2008 et 2016 les résultats de capture ont été ramenés à la même unité (*CPUE : capture par unité d'effort par filet pour la densité et la biomasse).*

par filet	Effectif		Biomasse(g)	
	2008	2016	2008	2016
ABH	30	360	76	525
GAR	206	137	1838	1817
BRB	27	46	1322	650
PER	29	43	166	194
GRE	5	23	26	65
SAN	40	22	559	149
PSR	0	17	0	51
ROT	1	4	42	84
BRE	51	3	855	1338
MUP	0	7	0	303
Total	389	654	4884	4874

Tableau 5 : Effectifs et biomasses par espèce en CPUE/ filet

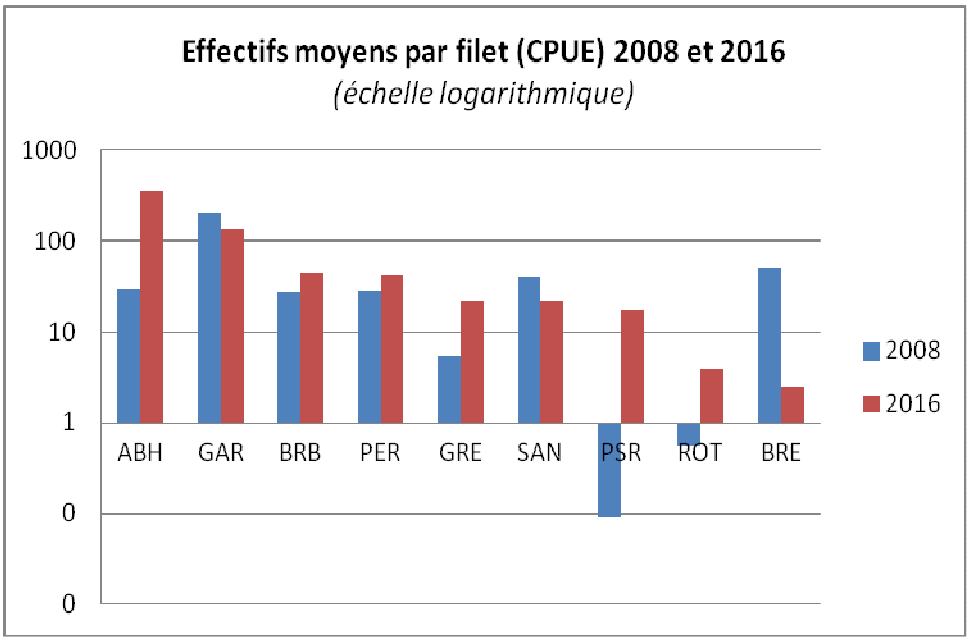


Fig. 3 : Effectifs moyens (nombre d'individus) par espèces par filets

On obtient alors les résultats suivants : beaucoup plus de poissons ont été capturés en 2016 (+68%) mais la biomasse totale reste identique. Ce qui montre que les captures de 2016 sont composées de poissons en moyenne plus petits.

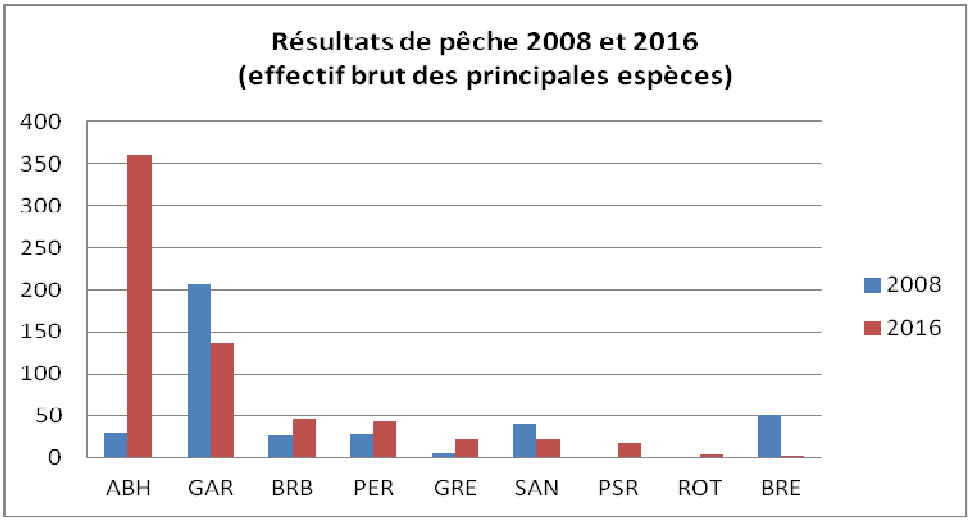


Fig. 4 : Effectifs bruts capturés en nombre d'individus pour les principales espèces

Le peuplement du Lac de Grand Lieu apparait dominé par 8 espèces qui totalisent la majeure partie des captures : able de Heckel, gardon, brème bordelière, perche, sandre, gremille, brème commune et *pseudorasbora*. Le peuplement échantillonné en 2008 était dominé par le gardon, en effectif comme en biomasse, et dans une moindre mesure par la brème.

En 2016, l'able de Heckel domine largement en effectif tandis que le gardon et les deux espèces de brèmes dominent en biomasse. Ces résultats sont concordants avec les résultats des inventaires par pêche électrique menés entre 2000 et 2007 (Carpentier et Marion, 2011).

Principales évolutions entre 2008 et 2016 :

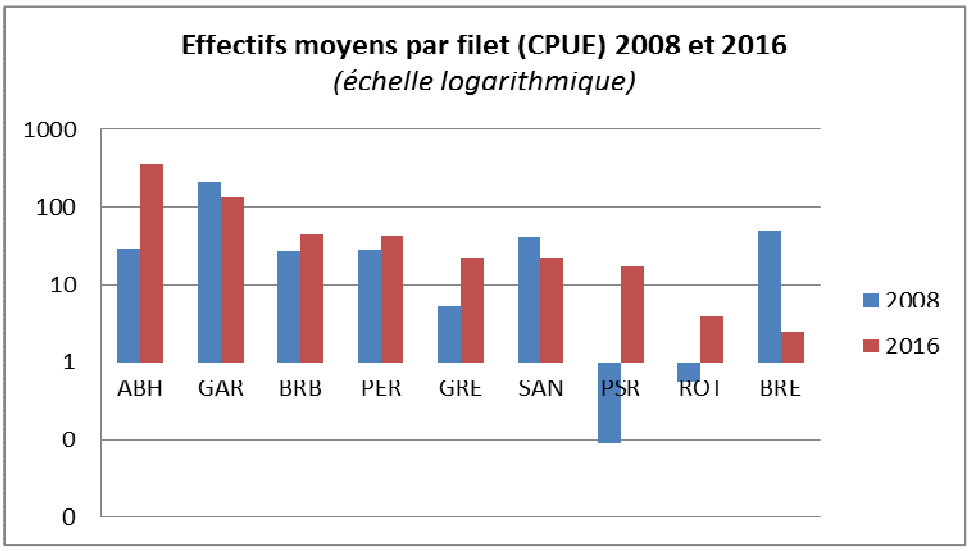


Fig. 5 : Effectifs moyen (en nombre d'individus par filets)

Les effectifs de 4 espèces sont en **net accroissement (ABH, GRE, PSR, ROT).** L'évolution la plus flagrante est celle de **l'able de Heckel** qui est passé de **331** individus capturés en 2008 à **8641 en 2016**, cette espèce représentant alors près de 55% des poissons capturés. Même si des doutes de déterminations subsistent sur les jeunes stades, cette espèce apparaît en pleine expansion sur le lac. La brème bordelière et la perche ont aussi vu leurs effectifs augmenter. Enfin, le *pseudorasbora* a connu un accroissement important puisqu'il est passé de 1 individu en 2008 à 411 en 2016 (Fig 5).

A l'inverse, la brème qui comptait 563 individus capturés en 2008, (soit 13.09% des effectifs), est passé à seulement 60 individus (soit 0.38% des effectifs) en 2016, mais avec de plus gros individus (explication de l'augmentation de la biomasse de cette espèce en 2016). La baisse d'effectif de brème commune au dépend de la bordelière est à prendre avec précaution compte tenu des difficultés de détermination des deux espèces pour les jeunes stades. Les captures par unité d'effort du nombre de gardons diminuent entre 2008 et 2016. Ceci est également vrai pour le sandre. **La dominance de l'able de Heckel en 2016 est une évolution majeure par rapport à 2008. A l'inverse, la CPUE/filet de gardons en 2016 et de sandre a diminué (fig.4).**

Malgré des modes d'échantillonnages différents et complémentaires, la comparaison des effectifs pondérés (par filets ou par EPA) avec l'étude réalisée par pêche électrique (Carpentier et Marion, 2011) montre **une certaine cohérence : able de Heckel, gardon et les deux espèces de brèmes dominent largement le peuplement**. Il semble que dans l'étude de Carpentier, les deux espèces de brèmes aient été regroupées au niveau générique. Par contre, les échantillonnages filets révèlent **des effectifs pondérés de sandre, de perche et de gremille beaucoup plus forts que par pêche électrique**. La technique d'échantillonnage peut influencer une meilleure capture des sandres compte tenu de leur activité nocturne (Keith et Allardi, 2011, Bruslé et Billard, 2013). Cependant la gremille et le sandre apparaissent comme des espèces moins rares que l'étude par pêche électrique le laissait penser. A contrario, la **perche soleil est peu représentée dans la pêche aux filets** (1 individu en 2008, 13 en 2016) alors qu'elle arrive en 4ème rang dans les

effectifs pondérés par pêche électrique, probablement en raison de son affinité pour les habitats littoraux.

Evolution des biomasses

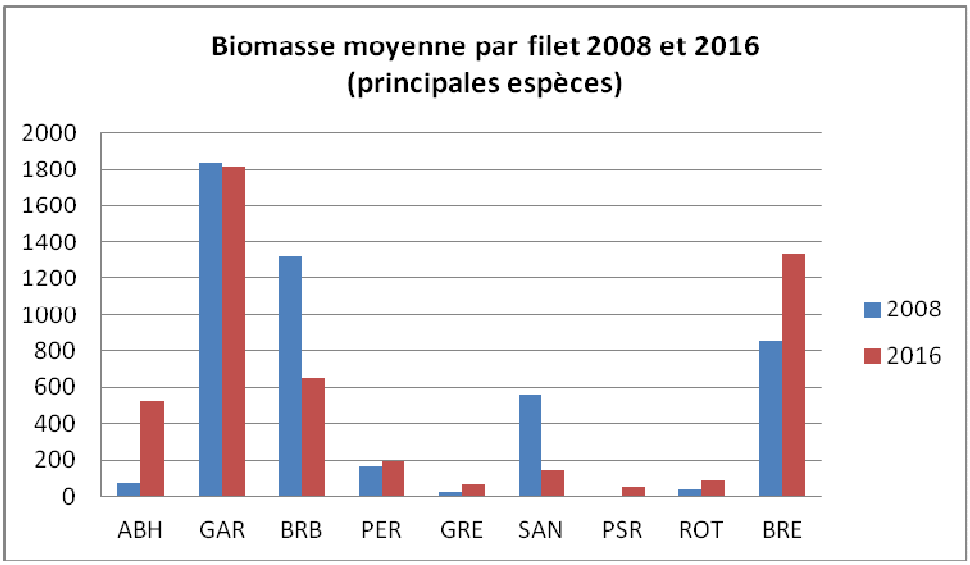


Fig. 6 : Biomasse moyenne par filet des principales espèces en grammes

L'examen du graphique relatif aux biomasses (fig.6) montre que le peuplement est dominé par 3 espèces omnivores, le gardon, la brème et la brème bordelière. L'able de Heckel pèse beaucoup moins dans le peuplement, du fait de sa faible masse individuelle.

La biomasse de gardons évolue peu entre 2008 et 2016. Pour l'able de Heckel l'écart de biomasse est moins important que celui des effectifs. La biomasse de brème bordelière prélevée en 2016 est plus faible qu'en 2008, preuve que les individus sont en moyenne plus petits. A l'inverse les brèmes communes capturées en 2016 sont de plus grande taille que celles de 2008 et occupent ainsi le 2ème rang dans les biomasses.

Au sein des espèces moins dominantes, on constate une baisse significative de la biomasse de sandre mais une augmentation significative de la perche et du rotengle. Malgré un très faible effectif capturé (7 individus), le **mulet porc** (Tab. 5) présente une biomasse par filet non négligeable (303g). Ceci est lié au poids important des individus pêchés. **Cette espèce était absente en 2008. Son apparition peut traduire des évolutions de la continuité écologique.**

La comparaison avec les résultats de pêche électriques (Carpentier et al. 2011) montrent certaines divergences dans les dominances pour les CPUE en biomasses. Alors que les espèces dominant la biomasse des inventaires filets sont le gardon, la brème commune et la brème bordelière, les échantillonnages à l'électricité révèlent une dominance pondérale de la brème, la carpe commune puis le gardon et l'anguille.

Ainsi, la carpe commune est mal échantillonnée par les filets de type DCE, dont la taille des mailles et le diamètre du filament sont insuffisants pour échantillonner ces poissons corpulents. Ce constat est souvent observé lors des échantillonnages DCE aux filets sur des plans d'eau, où cette espèce est fréquente et abondante.

Abondances relatives des effectifs des principales espèces capturées

	% en 2008	% en 2016
ABH	7,70	54,79
GAR	52,66	20,91
BRB	6,96	6,92
PER	7,37	6,49
GRE	1,40	3,44
SAN	10,30	3,41
PSR	0,02	2,61

Tableau 6 : Abondance relative (en effectif) des principales espèces capturées

L'examen des abondances relatives des espèces les plus représentées, montre que les proportions de brème bordelière, de perche et de grémille sont restées relativement stables. A l'inverse, on observe une évolution de dominance entre le gardon qui représentait 52.66% des captures en 2008 et l'able de Heckel qui représente 54.79% des poissons en 2016. On observe également **une forte progression du p*seudorasbora***. Par contre, le sandre a vu sa proportion divisée par 3 (Tab. 6).

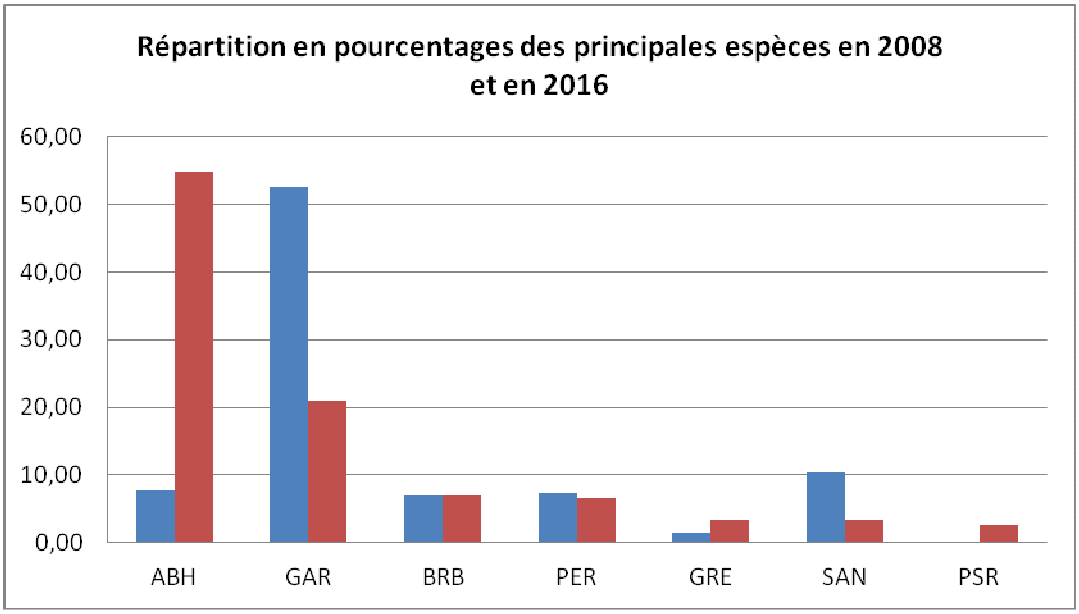


Fig. 7 : Abondance relative en % des espèces principales espèces (2008 en bleu – 2016 en rouge)

Comparaison avec l'étude de 1990 - 1991 (Adam et Elie, 1993)

Si l'on compare les espèces échantillonnées à celles rencontrées sur les campagnes de pêche d'une vaste étude menée en 1990-1991 (*Adam et Elie, 1993*) à partir des captures des pêcheurs professionnels aux verveux à trois poches, certaines évolutions sont notables. La comparaison doit cependant être faite avec prudence du fait de la différence des engins de capture (les verveux capturent des anguilles, à contrario des filets maillants), mais aussi des périodes et des sites d'échantillonnages.

Code	Espèces	Pêche prof. 1990-91	Pêche prof. 2009-2015	verveux 90-91	Pêche électrique 2000-2007	Filets 2008	Filets 2016
ABH	Able de Heckel				■	■	■
ABL	Ablette	■	■				■
ANG	Anguille	■	■	■	■	■	
ASP	Aspe		■				
BBG	Black bass	■					
BOU	Bouvière				■		■
BRB	Brême bordelière	■	■	■	■	■	■
BRE	Brême commune	■	■	■	■	■	■
BRO	Brochet	■	■	■	■	■	■
CAR	Carpe argentée		■				
CAG	Carassin argenté		■		■	■	
CCO	Carpe commune	■	■	■			■
EPI	Epinoche				■		
EPT	Epinochette				■		
FLET	Flet						
GAM	Gambusie				■		
GAR	Gardon	■	■	■	■	■	■
GOU	Goujon				■	■	
GRE	Gremille	■	■	■	■	■	■
LPM	Lamproie marine		■				
LPR	Lamproie fluviatile		■	■			
MUP	Mulet porc		■				■
PCH	Poisson chat	■	■	■	■	■	■
PER	Perche	■	■	■	■	■	■
PES	Perche soleil	■	■	■	■	■	■
PSR	*Pseudorasbora*		■		■	■	■
ROT	Rotengle	■	■	■	■	■	■
SAN	Sandre	■	■	■	■	■	■
SIL	Silure		■				
TAC	Truite arc en ciel	■					
TAN	Tanche	■	■	■	■		
VAN	Vandoise				■		
Richesse		16	22	14	21	15	16

Tableau 7 : Comparaison des captures verveux (Adam et Elie, 1993), pêche professionnelle (2009-2015), pêche électrique (Carpentier, 2011), et pêches filets (2008-2016).

Relève des filets maillants Crédit photo : T. Vigneron – AFB.

En 1990-91, l'anguille et la brème dominaient très largement le peuplement en termes d'effectif et de biomasse. L'anguille est vraisemblablement toujours une des espèces dominantes du plan d'eau ; elle représentait autour de 20 % des captures lors de l'étude de 1990-91 (Adam, 1993). Sa faible représentation dans les échantillonnages aux filets maillants est liée au fait que ce poisson serpentiforme se capture très rarement avec ce type d'engin. La carpe commune, la tanche et le brochet étaient fréquemment capturés, alors qu'ils ne l'ont été que faiblement ou pas du tout en 2008 et 2016. Il est probable que les engins de capture de type verveux avec de plus un effort d'échantillonnage plus conséquent soient plus performants pour la capture de ces espèces. A l'inverse l'able de Heckel, le *pseudorasbora*, la bouvière, le mulet porc, le carassin argenté et le goujon n'étaient pas décrits à cette époque. En ce qui concerne l'able de Heckel, deux hypothèses peuvent être émises : l'espèce a connu vraisemblablement un fort développement dans le plan d'eau depuis 1991 ; mais, son « absence » en 1991 peut être aussi liée à des difficultés de détermination des juvéniles par les pêcheurs.

La capture de mulet peut suggérer de meilleures conditions de circulation des migrateurs depuis la Loire. L'accès du lac pour le mulet est certainement très variable en fonction des conditions hydrologiques de l'année (crues). Cependant les effectifs très faibles et le caractère ponctuel de cette capture ne permet pas de conclure sur l'évolution des conditions de circulation, encore très dépendantes de la gestion des ouvrages entre la Loire et le lac.

Il est à noter aussi que l'écrevisse américaine (*Orconectes limosus*) qui était décrite comme fréquente à cette époque, semble être maintenant dominée par l'écrevisse de Louisiane

(Procambarus clarkii). D'après les observations des agents de la réserve (Gilliers comm.pers.), il semblerait que les deux espèces cohabitent sur des habitats différents : Orconectes est plus présente sur les zones d'eaux libres alors que Procambarus, plus phytophile colonise les zones riches en végétation. La richesse spécifique connue en 1991 par les pêcheurs professionnels était de 16 espèces, et les poissons échantillonnés lors de l'étude de Gilles Adam et Pierre Elie (1993) appartiennent à 14 espèces. Les deux échantillonnages aux filets maillants de 2008 et 2016 ont révélés respectivement **15 et 16 espèces**. Ce constat montre d'une part une bonne efficacité du protocole d'échantillonnage NF14757 pour identifier la richesse spécifique d'un plan d'eau avec un effort « mesuré » et d'autre part suggère une **probable augmentation de la richesse spécifique du lac liée à l'apparition de nouvelles espèces autochtones (mulet – bouvière) ou allochtones (able et *pseudorasbora* ainsi que l'écrevisse de Louisiane** pour les macroinvertébrés). Il est à noter que les nouvelles espèces ont des stratégies de fécondité de type moyenne (bouvière, able) à forte (*pseudorasbora*). Il est probable qu'elles occuperont à l'avenir une place prédominante dans le peuplement du plan d'eau. Pour la bouvière cela sous-entend également une forte présence de colonies d'unionidés dans le lac, compte tenu de son mode de reproduction impliquant ces bivalves.

Comparaison avec les données de pêche électrique (Carpentier & Marion 2011) et les données récentes de la pêche professionnelle (J.M Gilliers com. pers.)

Les pêches électriques menées entre 2000 et 2007 révèlent une richesse spécifique plus élevée avec quelques petites espèces non révélées par les échantillonnages filets ou les verveux. Il s'agit de **l'épinoche, de l'épinochette et la gambusie**. La vandoise, a également été capturée en pêche électrique. Compte tenu de son caractère rhéophile et d'une certaine sensibilité à la dégradation de la qualité d'eau, cette espèce a dû être capturée à proximité des cours d'eau afférents. Elle est d'ailleurs présente mais avec une très faible abondance sur les inventaires réalisés par l'AFB sur la Boulogne à Saint Philbert de Bouaine (AFB, 2017). Elle peut ainsi être considérée comme une capture accessoire non inféodée au système lacustre.

Les données issues de récentes captures par les pêches professionnelles révèlent la présence de deux nouvelles espèces sur le lac de Grand lieu, **l'Aspe et le Silure**. L'aspe est apparu récemment sur la Loire (pêche Onema de 2007 à Meung sur Loire et de 2009 à Montjean sur Loire). En raison du caractère très rhéophile de cette espèce (Keith et al. 2011), on peut considérer qu'il ne colonisera pas le lac de Grand Lieu. Par contre, **il est vraisemblable que le silure puisse s'implanter durablement** dans cet écosystème lacustre.

Approche comparative des abondances relatives entre 1990-91 et 2008-2016

Parallèlement, nous avons effectué une comparaison des abondances relatives des espèces en y incluant les résultats des campagnes d'été de pêche 1990 et 1991. Le graphique (fig. 8) doit être examiné avec la plus grande prudence, du fait des différences de méthodes d'échantillonnage et du décalage temporel important entre les échantillons.

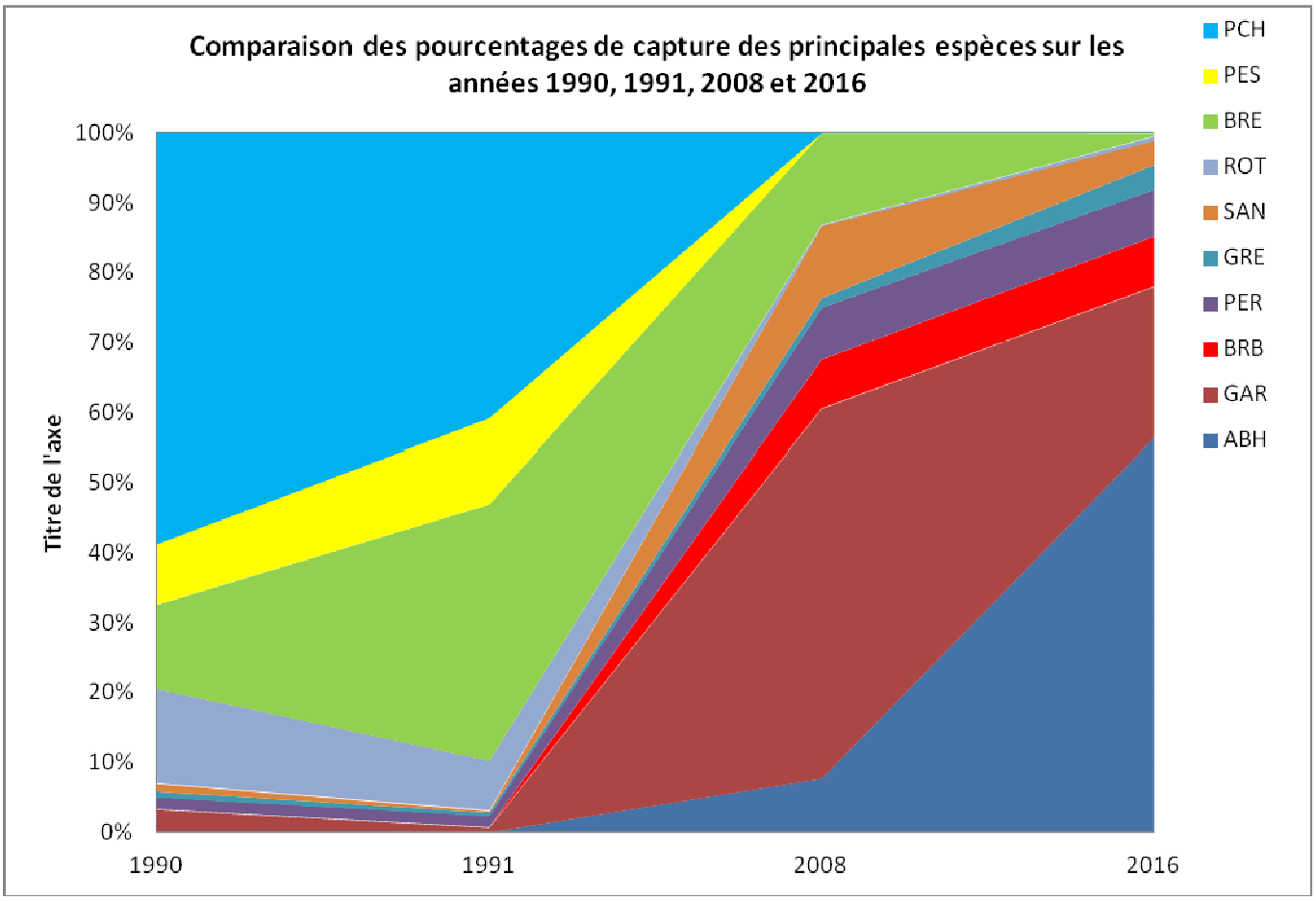


Fig. 8 : Abondances relatives des espèces capturées en 1990-1991, 2008, 2016.

Avec toutes les précautions d'interprétations nécessaires, on observe ici une tendance à la diminution d'abondance du poisson chat, de la perche soleil et du rotengle. **Le poisson chat qui a connu par le passé (années 80) une forte présence et abondance est maintenant en nette régression dans la plupart des eaux continentales** (Poulet et al., 2011). C'est le cas également, dans une moindre mesure, pour la perche soleil. Par contre, la faible représentation du rotengle dans les échantillonnages récents interpelle. En effet, cette espèce phytophile devrait être fortement représentée dans ce type de plan d'eau très végétalisé.

On observe une **forte augmentation de l'able de Heckel et du gardon**, et dans une moindre mesure de la brème bordelière, de la perche et du sandre (espèces bien échantillonnées aux filets maillants).

IV.4/ Analyse de l'évolution des guildes de régime alimentaire

Ratio de prédateurs

Si l'on examine les effectifs de poissons prédateurs (brochet, sandre et perche de plus de 10 cm) on obtient les valeurs suivantes :

	2008		2016	
	Effectif (nb. Ind.)	Biomasse (en kg)	Effectif	Biomasse
BRO	3	86	1	40
PER	2	213	25	1718
SAN	443	6147	538	3570
Total échantillon	**448**	**6446**	**564**	**5329**
Ratio : en % du total	10,42	11,83	3,58	4,21

Tableau 8 : Effectifs, biomasses et ratio d'espèces prédatrices (ind>10 cm)

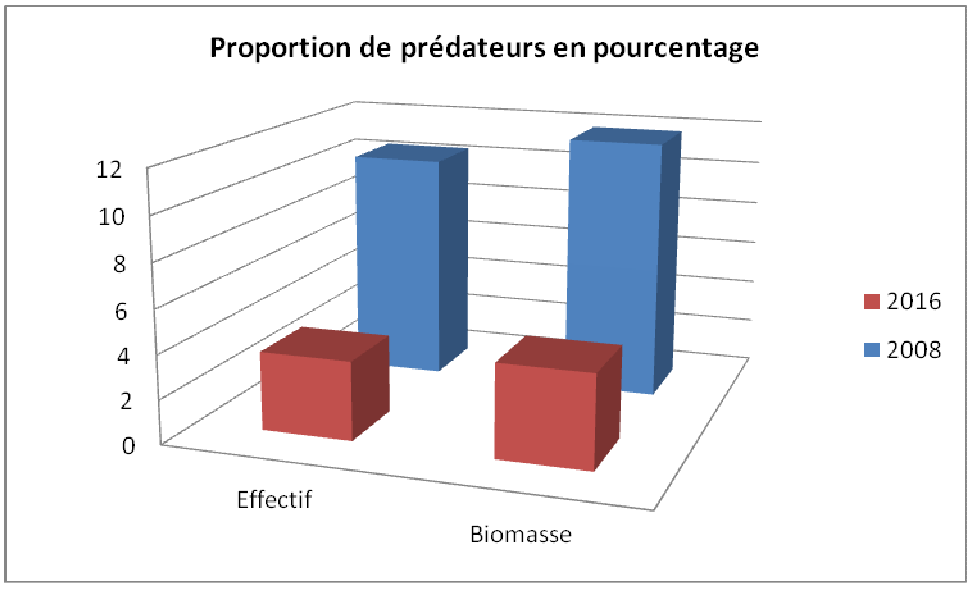


Fig. 9 : Pourcentage de prédateurs (en nombre d'individus et biomasse)

En 2016, la proportion de poissons prédateurs capturés est inférieure à celle de 2008. En effet, même si en valeur absolue, plus de perches et surtout de sandres ont été capturés, leur abondance relative baisse compte tenu de la forte augmentation de l'effectif total (dûe notamment à l'abondance de l'able de Heckel).

Ratio d'omnivores

	omnivores			
	Effectif		Biomasse	
	2008	2016	2008	2016
ABH	331	8641	838	12 598
GAR	2264	3298	20 215	43 619
BRB	299	1092	14 541	15 595
BRE	563	60	9 408	32 106
CAG	1		417	
Total	3458	13097	45 420	103 935
Proportions	80,44	83,04	83,36	82,18

Tableau 9 : Effectifs, biomasses et ratio d'espèces omnivores

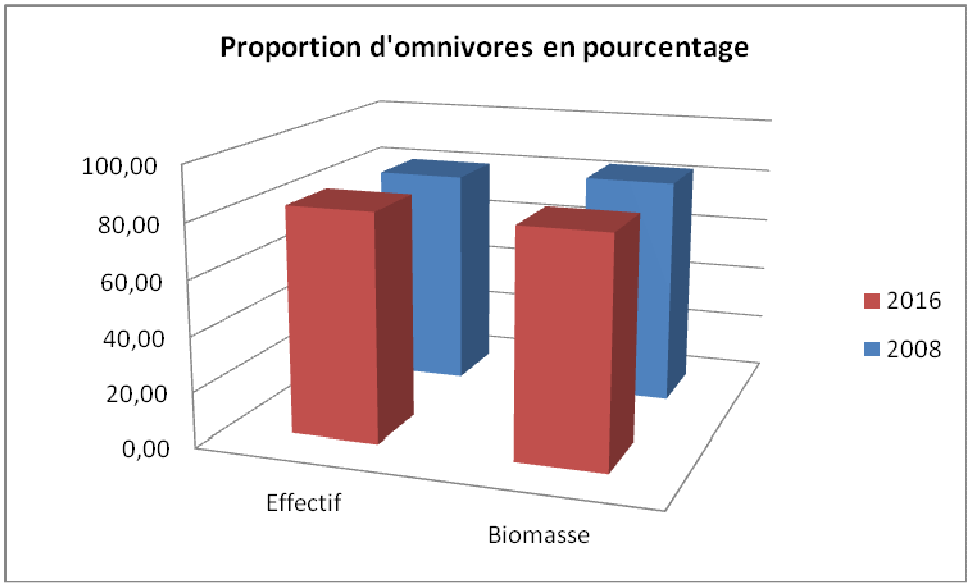


Fig. 10 : Pourcentage d'omnivores (en nombre d'individus et biomasse)

Le ratio d'omnivores est très fort et relativement stable entre 2016 et 2008. **Cette dominance forte d'espèces au régime alimentaire généraliste traduit un important déséquilibre trophique du peuplement et démontre la dystrophie du lac.** Ces valeurs cachent néanmoins une disparité au niveau spécifique, puisque comme nous l'avons vu plus haut l'able de Heckel a remplacé le gardon comme espèce majoritairement représentée.

Ratio d'invertivores

	Invertivores			
	Effectif		Biomasse	
	2008	2016	2008	2016
PES	1	13	23	17
PCH	1	2	23	67
ANG	1		17	
GOU	1		6	
Total	4	15	69	174
Proportions	0,09	0,10	0,13	0,14

Tableau 10 : Effectifs, biomasses et ratio d'espèces invertivores

Une précaution doit être prise en ce qui concerne l'anguille qui est considérée comme invertivore mais qui adopte un régime piscivore en grandissant. **Le ratio d'invertivores est très faible, relativement stable lui aussi, ce qui apparait logique pour un peuplement de lac à tendance dystrophe.**

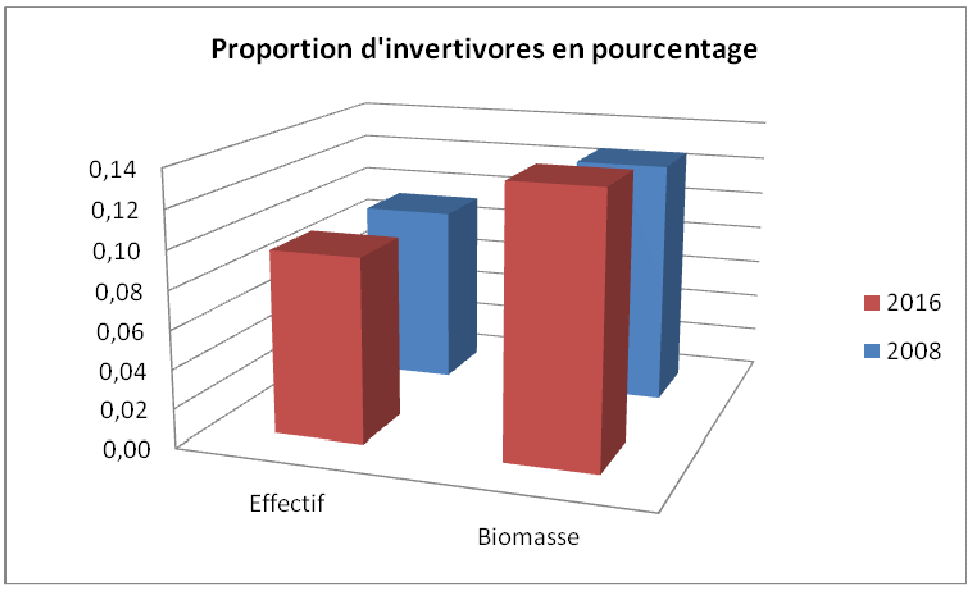


Fig. 11 : Pourcentage d'invertivores (en nombre d'individus et biomasse)

IV.5/ Guilde des espèces résistantes à la pollution organique

	Tolérantes aux pollutions organiques			
	Effectif		Biomasse	
	2008	2016	2008	2016
ABH	331	8641	838	12 598
GAR	2264	3298	20 215	43 619
BRB	299	1092	14 541	15 595
BRE	563	60	9 408	32 106
BRX		4		6
PCH			6	
ABL		1		8
Total	3457	13096	45 009	103 932
Proportions	80,41	83,03	82,60	82,18

Tableau 11 : Effectifs, biomasses et ratio d'espèces d'espèces tolérantes

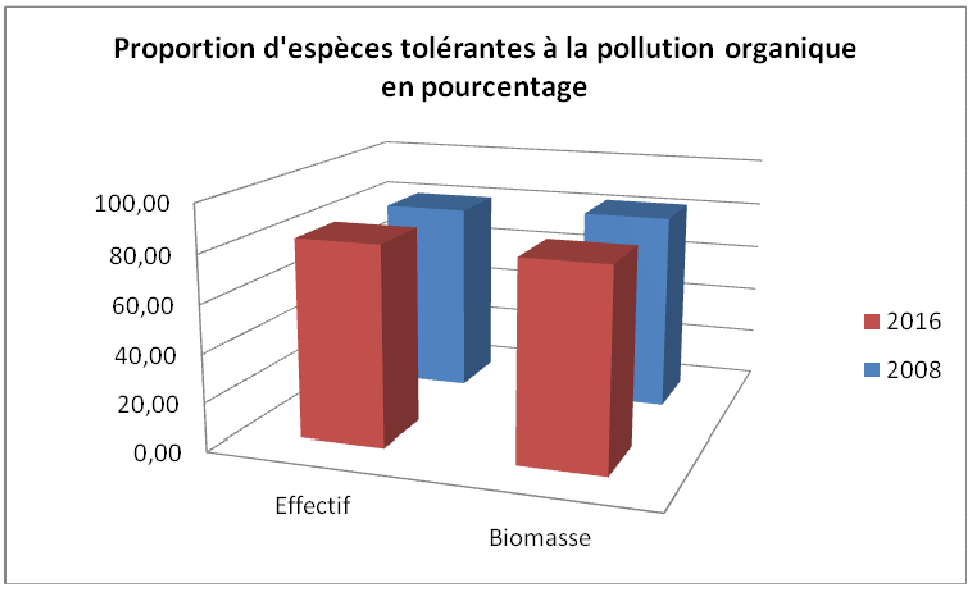


Fig. 12 : Pourcentage d'individus tolérants (en nombre d'individus et biomasse)

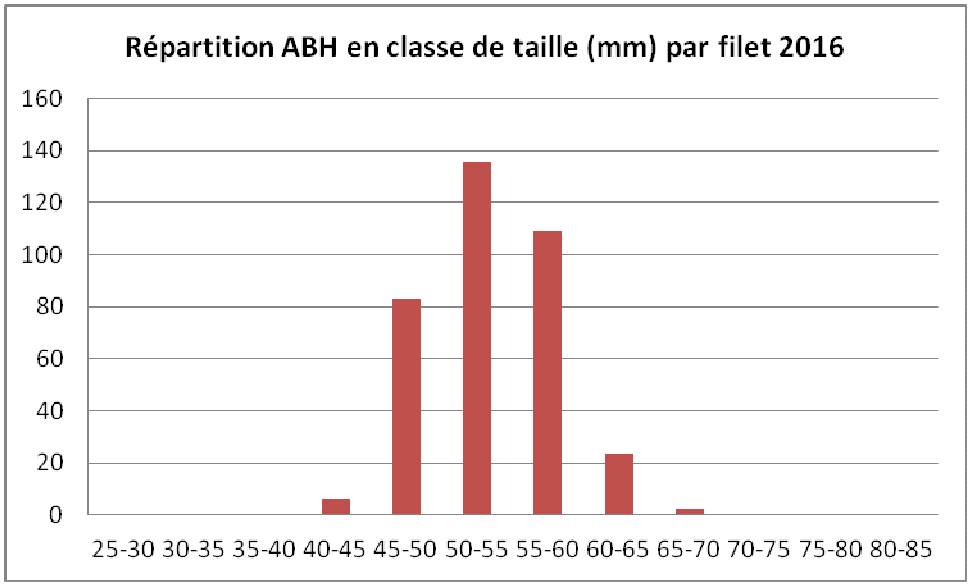
Le ratio d'espèces tolérantes à la pollution organique est quant à lui élevé, ce qui est là aussi logique pour un peuplement de lac dystrophe. On retrouve dans cette guilde proche de celle des omnivores, une dominance de l'able de Heckel. La proportion reste stable entre 2008 et 2016, avec les mêmes disparités spécifiques que pour les omnivores.

V- Etudes des principales populations échantillonnées

Il est ensuite intéressant d'étudier les structures de taille des espèces les plus abondantes en nombre d'individus. Pour une meilleure comparaison entre 2008 et 2016, le nombre d'individus par classe de taille est ramené à sa valeur moyenne par filet. L'interprétation des données est à faire avec prudence, car si les filets possèdent des mailles différentes (cf. chap. 2.2) afin d'échantillonner un maximum de classes de taille, la taille des mailles est néanmoins très sélective des classes de tailles capturées.

Stand de démaillage des filets. Crédit photo : T. Vigneron – AFB.

V.1/ Able de Heckel



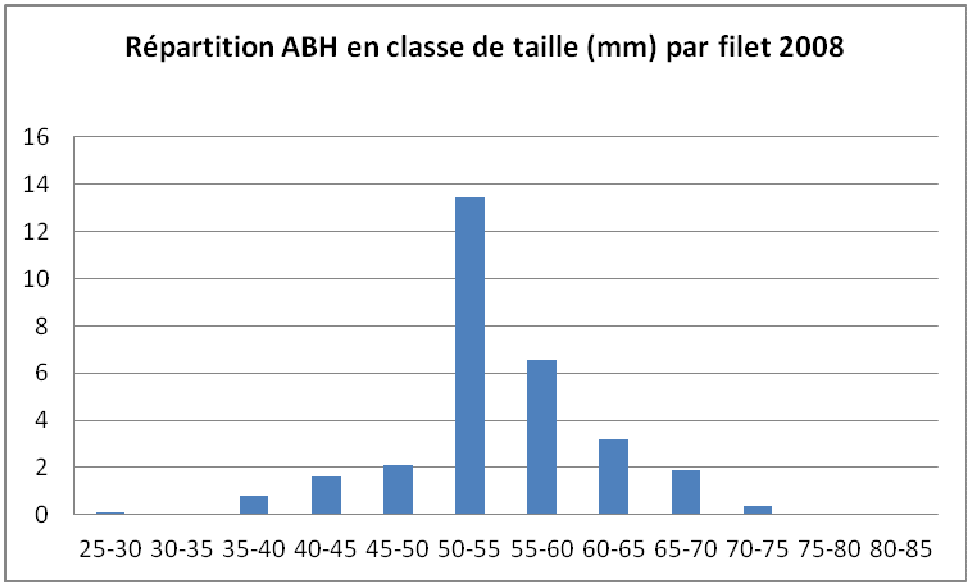


Fig. 13 : histogrammes des classes de taille d'able de Heckel (en nombre d'individus)

On observe, si l'on ne tient pas compte de l'échelle (rapport de 10 entre 2016 et 2008), quelques similitudes dans la répartition entre 2008 et 2016. A l'inverse de 2008 où au moins trois cohortes sont présentes, la distribution des tailles est resserrée pour l'année 2016, avec une seule cohorte représentée (individus entre 50-65 mm).

V.2/ Gardon

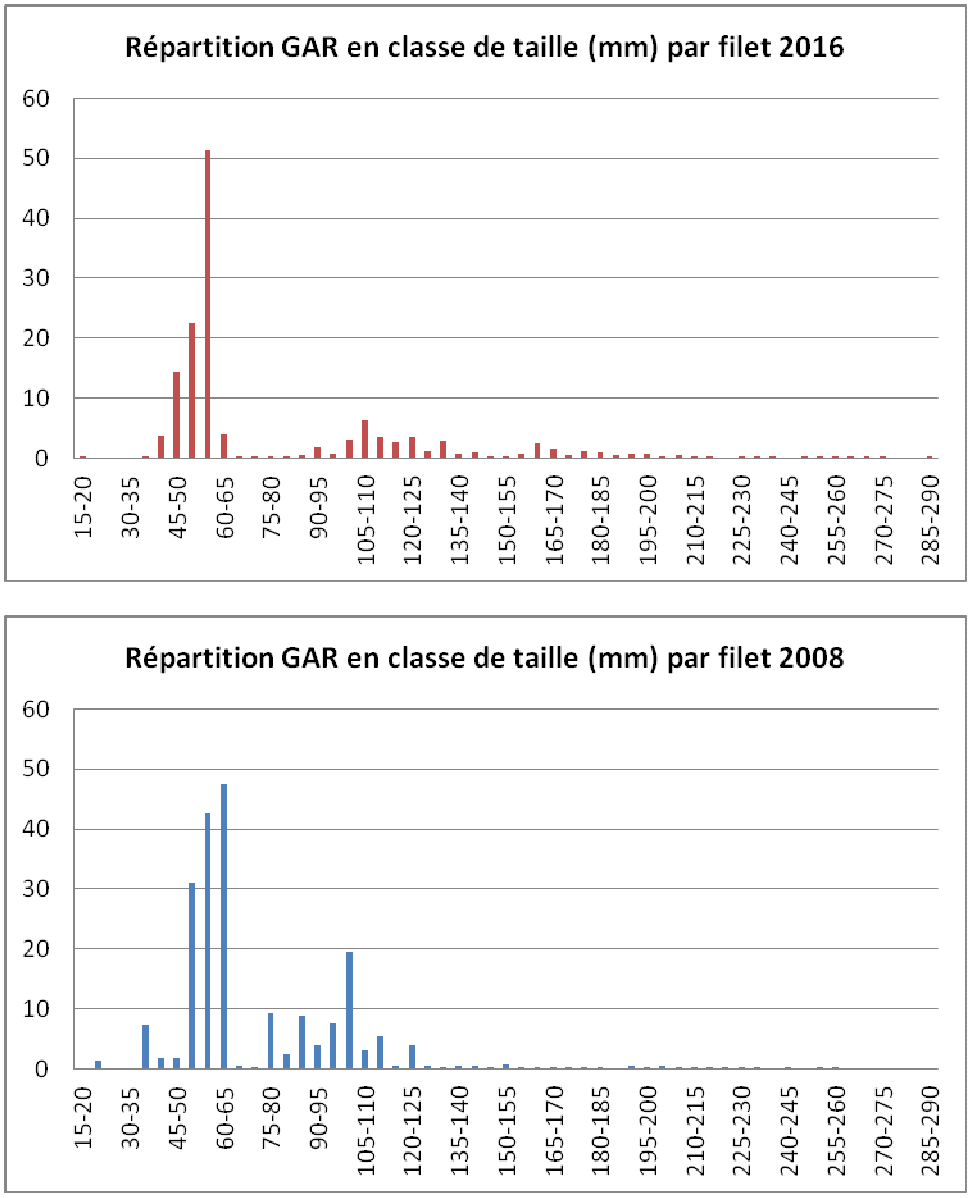


Fig. 14 : histogrammes des classes de taille de gardons (en nombre d'individus)

Le gardon a une gamme de tailles bien plus large, puisque les individus capturés en 2016 ont des tailles comprises entre 15 à 287 mm.

On visualise pour cette espèce en 2016 trois cohortes. La première (0+), plus importante numériquement, se situe majoritairement entre 50 et 60 mm. Elle illustre une croissance rapide des juvéniles de gardons durant la première année (cohorte centrée sur 55 mm) alors qu'en cours d'eau hypertrophe (Basse Vilaine), à cette saison, les gardons mesurent autour de 40mm. La seconde cohorte (1+) voit son pic aux alentours de 100 à 125 mm et la troisième entre 155 et 170 (2+). La présence d'individus plus âgés (> 200 mm) est à noter.

En 2008, les deux premières cohortes (0+ et 1+) étaient bien représentées et la population avait également un pic important représenté par des individus de tailles comprises entre 55 et 65 mm (0+). En 2016, la cohorte 1+ parait plus faible que celle de 2008.

V.3/ Brème bordelière

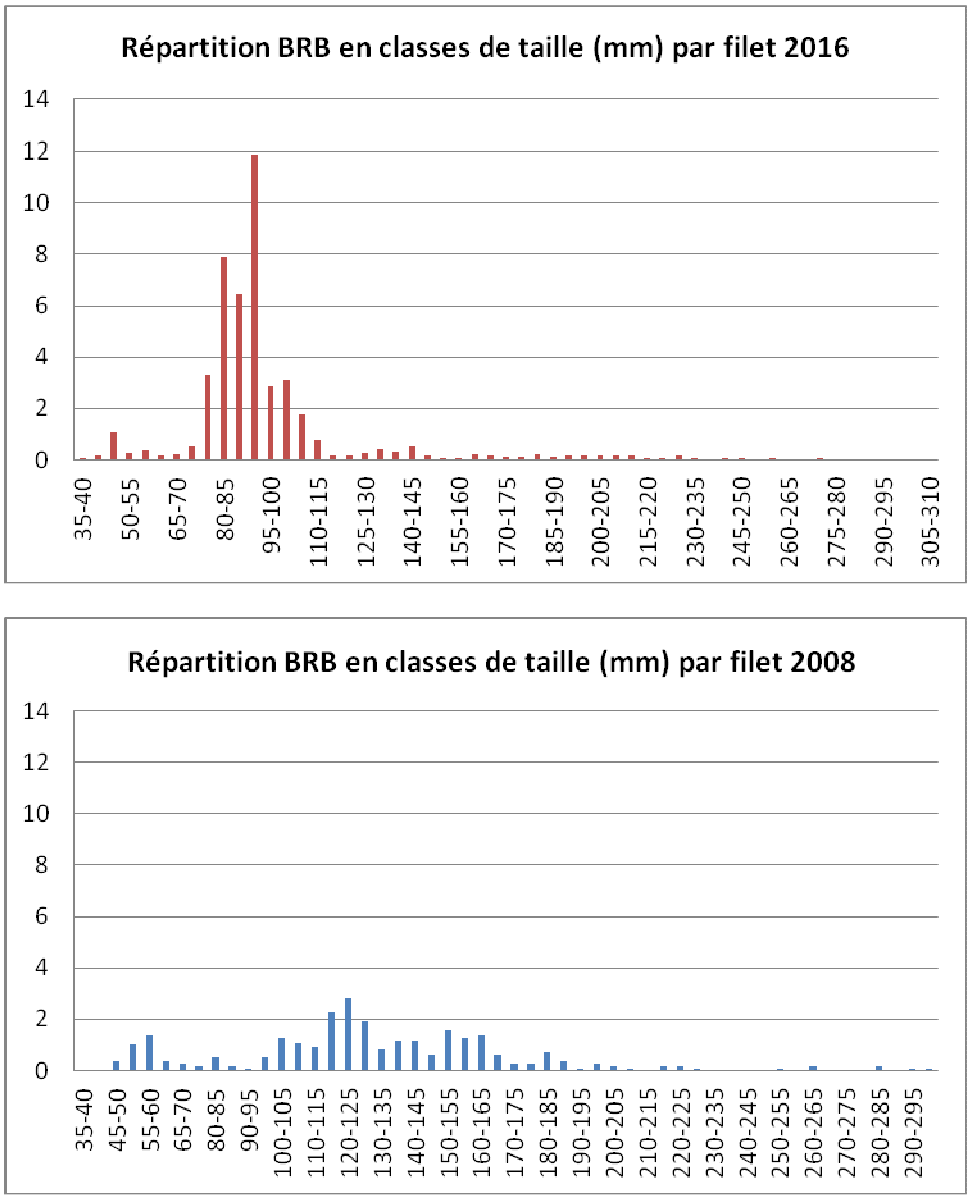


Fig. 15 : histogrammes des classes de taille de brème bordelière (en nombre d'individus)

La brème bordelière présente une large amplitude de taille dans les deux d'échantillons.

En 2016 comme en 2008, on n'observe pas nettement de cohorte de juvéniles (0+) qui semble se situer autour de 40-55 mm. Ce niveau de croissance est cohérent avec les

valeurs moyennes de taille des 0+ de 39 mm au premier été relevées sur le marais de Bourgneuf (Feunteun, 1994 in Schlumberger, 2008) ;

Ensuite, en 2016, Il semble que deux cohortes se chevauchent avec un premier pic important autour de 80-85 mm (1+) et un second autour de 100-105 mm (2+). On croit percevoir ensuite deux cohortes plus faibles, l'une autour de la taille 130-150mm (3+), et l'autre entre 190 et 210 mm. Ces valeurs de croissance apparaissent plus élevées que ce qui a été relevé par Feunteun sur le marais de Bourgneuf qui mentionne des 1+ autour de 86mm et des 2+ autour de 119mm (Feunteun, 1994 in Schlumberger, 2008). Là encore, il faut préciser que les individus ont été pêchés en début de saison et n'ont ainsi que quelques mois de croissance.

La comparaison avec la population échantillonnée l'année 2008, paraît difficile. Cependant, en 2008 nous pouvons observer des pics de capture à des tailles différentes : 45-65 mm (0+), 100-110 (2+), 120-125 mm (3+), 135-140 mm et 150-165 mm. Il est à noter la quasi absence de la cohorte 1+ (80-85 mm) dans notre échantillon de 2008 qui peut être la traduction d'un événement environnemental durant l'année 2007 ou l'hiver 2007-2008. Enfin l'analyse de l'histogramme de distribution des fréquences de tailles pour les brèmes bordelières échantillonnées en 2008 montre une présence importante de cohortes plus âgées alors qu'en 2016 la présence d'individus plus jeunes dont les tailles sont comprises entre 75 et 105 mm, est très marquée par les 1+ et 2+.

Néanmoins on constate, à l'instar du gardon, en 2016 un effectif plus important de brème bordelière au niveau de la cohorte de taille 75 et 105 mm (1+).

V.4/ Perche

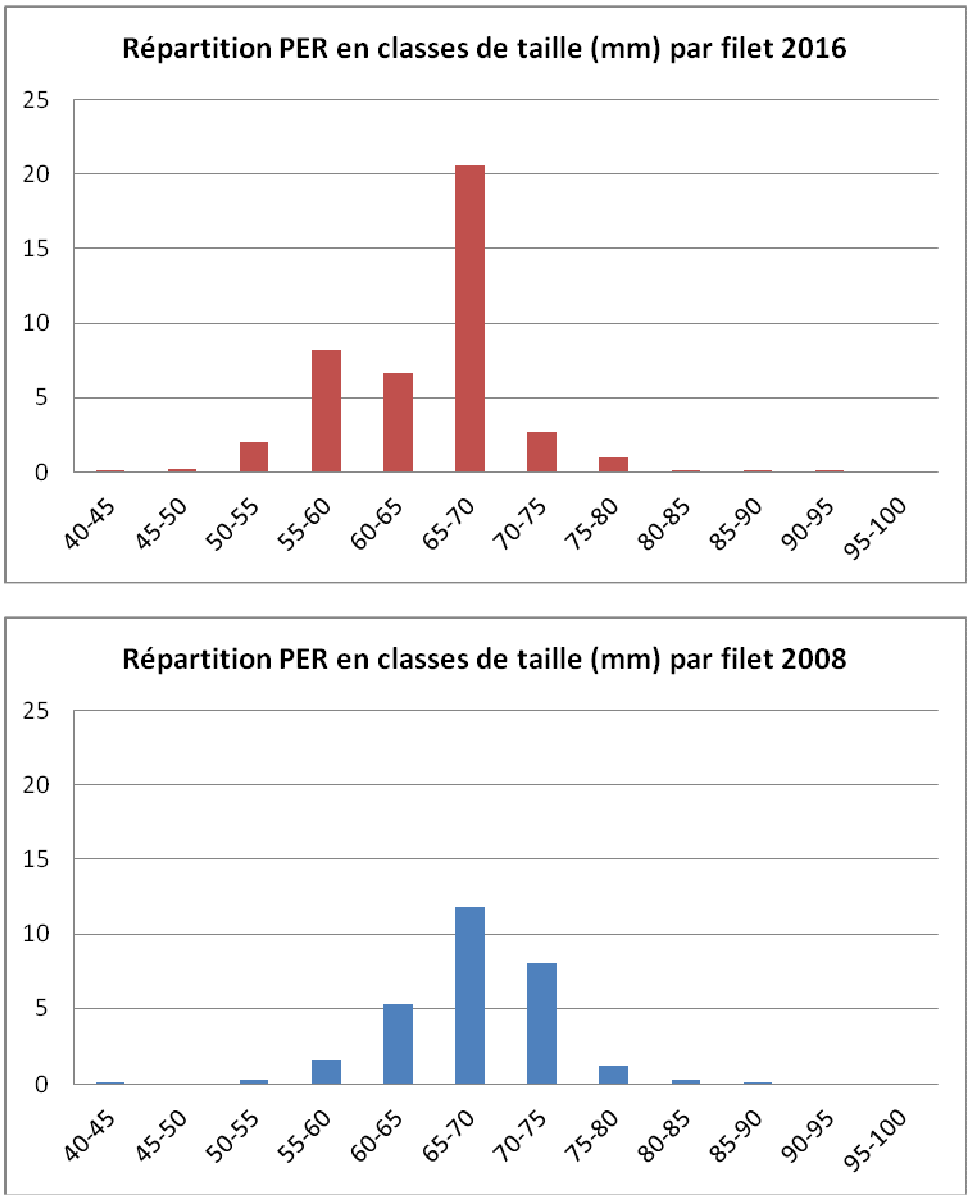


Fig. 16 : histogrammes des classes de taille de perche commune (en nombre d'individus)

La perche a en 2016 fait l'objet de capture d'individus entre 40 et 315 mm. Néanmoins sur les 1024 individus capturés, seuls 25 dépassent les 100 mm et sont répartis assez régulièrement. La population capturée est constituée essentiellement de juvéniles.

Ainsi, pour une meilleure lisibilité, les histogrammes ne représentent que les individus, dont les tailles sont comprises entre 40 et 100mm. En 2016, on observe un seul pic qui représente près de 98% de la population (tailles comprises entre 60 et 75mm). En 2008 la distribution des fréquences de tailles de la population de perche est toujours centrée sur la

même classe de taille dominante comprise entre 60 et 75 mm. Cette croissance apparaît forte au regard de références sur des lacs vendéens où les individus d'un an sont centrés autour de 94 mm (Schlumberger et Elie, 2008). Il faut préciser que les juvéniles capturés à Grand lieu en début de saison sont âgés de seulement 3 à 4 mois.

V.5/ Sandre

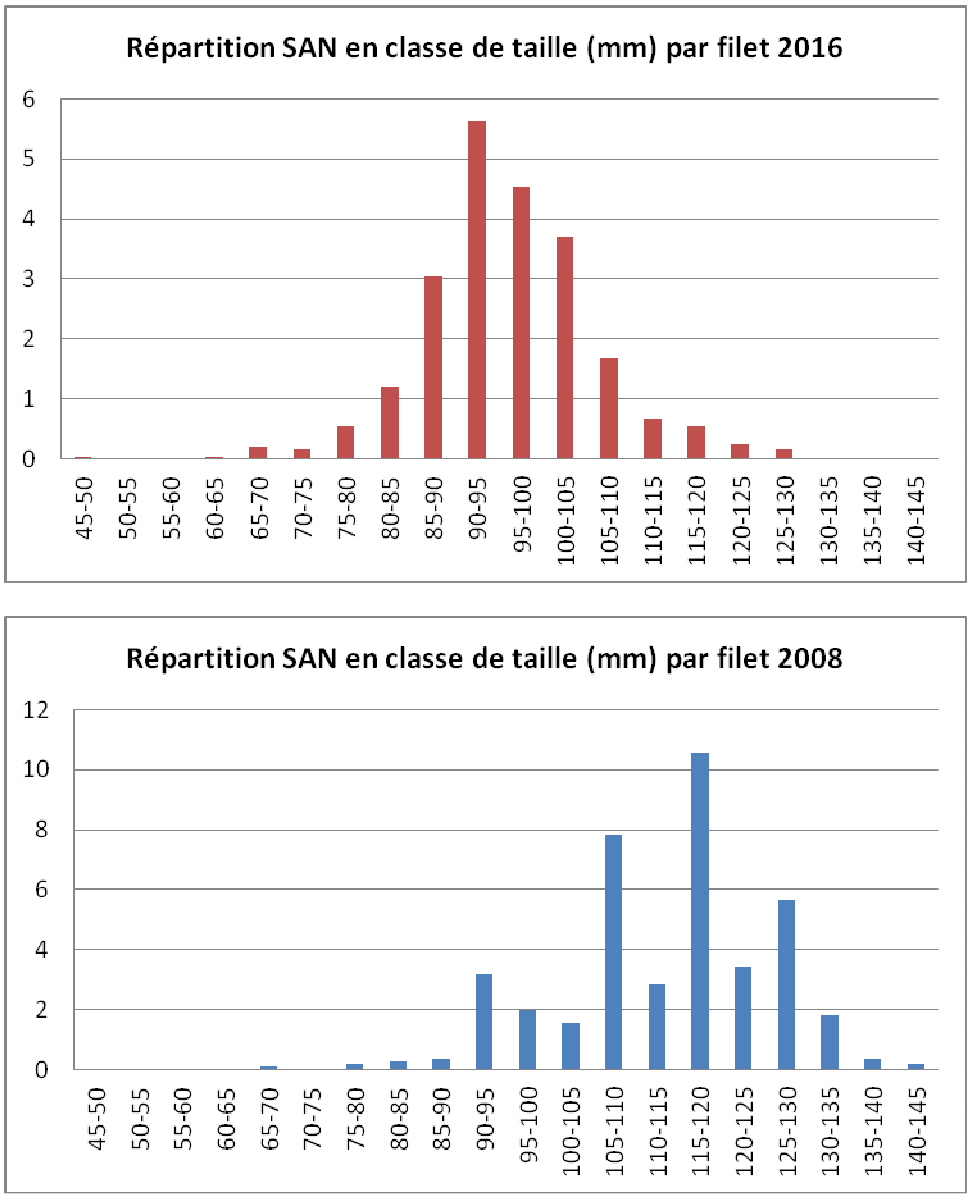


Fig. 17 : histogrammes des classes de taille de sandre (en nombre d'individus)

Au vu des histogrammes, la structure de la population de sandres en 2016 est centrée sur un pic principal de tailles situé autour de 90-95 mm. Il s'agit vraisemblablement de la cohorte 0+ (juvéniles de l'année) mais cela reste à vérifier. Si tel est le cas, la croissance la première année est très forte et suggère un passage rapide à l'ichtyophagie. Cette croissance est du même ordre que celle observée en Camargue (Poulet, 2004). Ceci peut être en lien avec la densité très forte de proies et l'hypertrophie du lac. La courbe en cloche

constatée pour la distribution de fréquence de taille (limites de tailles comprises entre 75 et 120 mm) peut toutefois suggérer la présence de plusieurs cohortes (âges différents). Au vu des descriptions de croissance en Camargue (Poulet, 2004), la présence de plusieurs classes d'âge est peu probable car les 1+ ont une taille centrée autour de 300 mm.

En 2008, l'analyse de l'histogramme montre une structure polymodale de la distribution des fréquences de taille, vraisemblablement due à la présence dans notre échantillon de plusieurs cohortes ou de pontes fractionnées. Une analyse fine de ces cohortes reste aussi à réaliser. Il faut noter qu'il existe une nette différence dans les structures des populations de sandre si l'on compare les deux années d'échantillonnage. En effet, nous constatons qu'en 2016 la population de sandre est composée d'individus de tailles nettement moins importantes (inferieures à 110 mm pour l'essentiel des individus) que celles des sandres de l'année 2008 (supérieures à 105 mm). Ceci peut venir d'un problème environnemental durant l'année 2007 ayant impacté le recrutement des juvéniles de sandre (0+ <105 mm) ou de pontes fractionnées induisant une pluri-modalité de la distribution des 0+.

Par ailleurs, dans les deux opérations, nous n'observons pas d'individus adultes (taille maxi de capture de 145 mm) alors que les engins de pêche utilisés sont très efficaces pour cette espèce. Deux hypothèses peuvent être formulées pour expliquer ce phénomène :

- La pression de pêche sur le lac peut contribuer à raréfier fortement les sandres adultes.
- Les stades adultes qui regagnent les affluents durant la période printanière n'ont pas encore regagné le lac.

Un échantillonnage complémentaire réalisé sur les zones d'embouchure de l'Ognon et de la Boulogne serait souhaitable.

V.6/ Brème commune

Le cas de la brème est aussi intéressant à observer, puisque c'est la seule population qui est beaucoup moins représentée en 2016 qu'en 2008.

L'échantillon de brèmes comporte un large panel de tailles, comprises entre 35 et 615 mm. Les gros individus sont bien représentés avec quelques spécimens de très grande taille. Néanmoins, pour une meilleure lisibilité de la structure des populations et compte tenu de la faible présence des plus grandes brèmes (110 et 615 mm), les histogrammes ont été réduits aux individus dont les tailles sont comprises entre 35 et 110mm. Bien que le nombre de poissons capturés soit un peu faible pour être vraiment significatif, il semble se dégager deux fractions de population, l'une composée d'individus d'une taille comprise entre 35 et 55mm et l'autre entre 90 et 110 mm. La comparaison des deux structures permet de distinguer la présence de deux pics de juvéniles en 2008 (un pic entre 45 et 50 mm et un autre entre 55 et 65) et un seul pic en 2016 centré sur la classe de taille 40-50 mm. Cette comparaison permet aussi de remarquer l'absence en 2008 d'individus dont les classes de tailles sont comprises entre 90 et 110 mm. Enfin nous pouvons aussi constater pour 2016 l'absence totale des individus dont les classes de tailles sont comprises entre 55 et 90 mm, ce qui sous-entend vraisemblablement des mauvaises conditions de recrutement peut être durant l'année 2015.

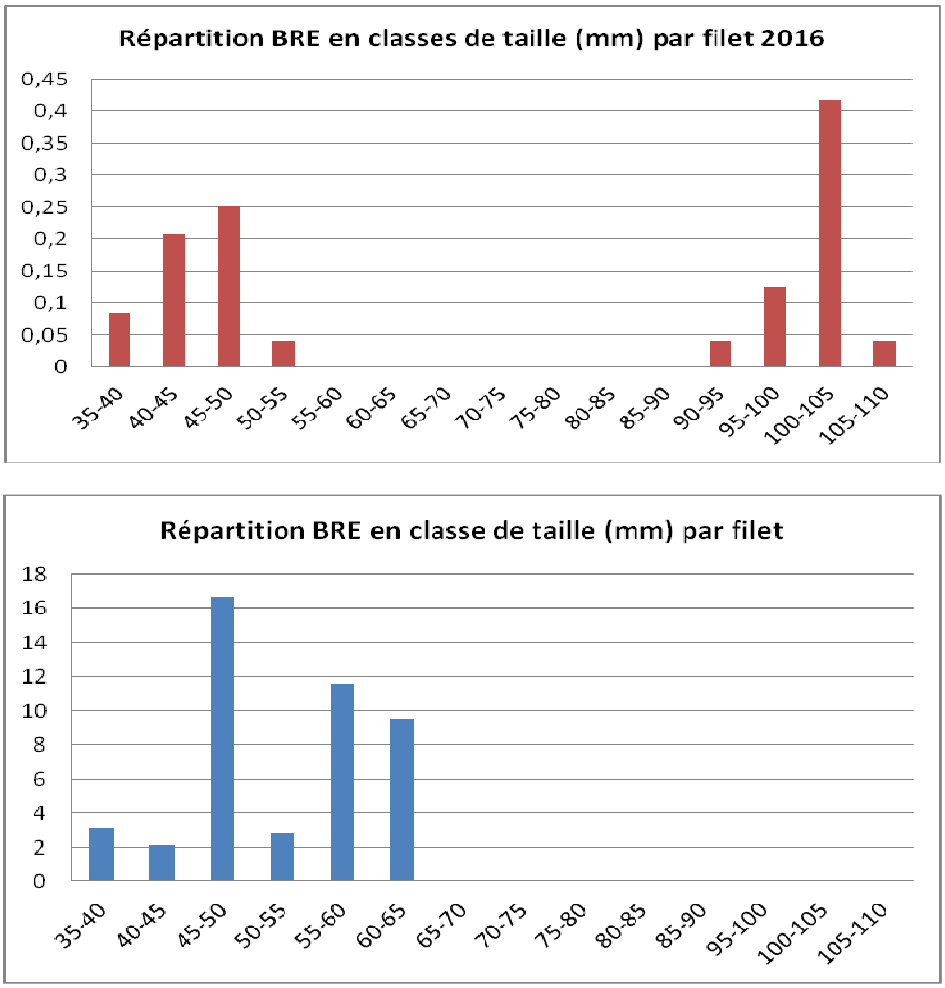


Fig. 18 : histogrammes des classes de taille de brème commune (2016-2008)

Brème commune Crédit photo : T. Vigneron – AFB.

IV/ CONCLUSIONS

L'échantillonnage du lac de Grand-Lieu s'est effectué du 5 au 7 juillet 2016, avec un effort de 8 filets maillants benthiques par nuit pendant trois nuits, soit au total **24 poses**.

Seize espèces différentes de poissons ont été pêchées dans le lac, représentant un effectif brut de **15772 poissons**. L'échantillon est **largement dominé par l'able de Heckel** qui représente à lui seul près de **55% des individus capturés**. Avec l'able, six autres espèces (gardon, brème bordelière, perche, gremille, sandre, *pseudorasbora*) au **caractère opportuniste et tolérant totalisent la majeure partie des captures**. **Cet assemblage brème-sandre-gardon est symptomatique de la dystrophie (hyper-eutrophisation) du lac**. La persistance de la perche et du brochet, suggère que **le peuplement du lac a évolué d'un assemblage perche – brochet - rotengle plus typique d'un lac de plaine très végétalisé aux eaux peu turbides vers un assemblage brème – sandre – carpe – gremille, qui traduit une augmentation forte de la turbidité et de l'eutrophisation** (Schlumberger et Elie, 2008).

L'examen des résultats obtenus par d'autres moyens de capture comme la pêche électrique (Carpentier et Marion, 2011) et les captures professionnelles aux verveux (Adam, 1993, Gillier, comm pers.) complète bien la connaissance de la diversité alpha pisciaire du lac et confirme l'image représentative de la structure du peuplement donnée par l'échantillonnage filet. Les analyses de la faune ichtyologique montrent une certaine complémentarité des différentes techniques (verveux, pêche électrique, filets maillants) pour une bonne connaissance du peuplement du lac. L'inadaptation du protocole filet à l'échantillonnage de l'anguille, ne permet pas de mesurer l'évolution de cette espèce significative de Grand Lieu qui est en danger critique d'extinction selon la liste rouge nationale et régionale UICN. Si l'anguille est l'objet de nombreuses études sur Grand lieu (Adam, 1997 ; Feunteun & al., 2016) qui pallient en partie à ce manque, un suivi temporel de cette espèce sur ce lac particulièrement productif et exploité serait fort utile.

Cette étude comparative permet de mettre en évidence des tendances évolutives du peuplement avec l'apparition de certaines espèces et la progression (à confirmer) de quatre autres depuis 2008 :

L'able de Heckel est passé de 331 individus capturés en 2008 à **8641** en 2016. Le ***pseudorasbora***, espèce invasive qui n'avait été échantillonnée qu'une seule fois en 2008 a suivi une **forte croissance** avec 411 individus capturés en 2016. Cette dernière espèce est donc en phase de colonisation du plan d'eau. Le phénomène de colonisation du *pseudorasbora* est parallèlement mis en évidence sur les cours d'eau à l'échelle du bassin Loire Bretagne (Vigneron, 2006) ou à l'échelle nationale (Poulet N., Beaulaton L., Dembski S., 2011).

Une comparaison des abondances relatives montre qu'entre 2008 et 2016, les proportions de brème bordelière, de perche et de grémille sont restées relativement stables. En revanche, le gardon qui représentait 52.66% des effectifs échantillonnés en 2008 a laissé sa place l'able de Heckel qui représente 54.79% des poissons en 2016.

L'examen des classes de taille par espèce montre que les **juvéniles dominent largement** l'échantillon et que leur **croissance apparaît forte à très forte** au regard de la bibliographie. Cette croissance rapide est en accord avec l'hypertrophie du lac. La population de sandre échantillonnée est exclusivement constituée de juvéniles. Une étude spécifique de cette espèce devrait permettre de mieux connaître le fonctionnement de cette population entre le lac et les affluents.

Le peuplement échantillonné dans le lac de Grand lieu montre **un fort déséquilibre trophique** avec une grande **majorité d'espèces tolérantes et omnivores**. La grande quantité de poissons ayant des affinités pour les milieux riches en matière organique (gardon, brèmes, gremille), illustre bien **l'hypertrophie du lac** également mise en évidence par les études physico-chimiques menées dans le cadre de la surveillance DCE.

Un examen pathologique des poissons permettrait aussi de compléter le diagnostic de l'état de santé de cet écosystème (relation dystrophie – taux de pathologie).

Compte tenu des évolutions envisagées dans la gestion hydrauliques du lac, il apparaît important de continuer les suivis à des pas de temps plus fins et de regarder de plus près l'évolution :

- des espèces migratrices (anguille, mulet) qui répondent aux problématiques de continuité à large échelle (relation Grand Lieu – Loire),
- du brochet dont l'écologie permet de tracer les continuités lac – zones littorales amphibies et ainsi les variations de niveaux d'eau,
- des espèces allochtones en cours de colonisation qui sont susceptibles de modifier les équilibres interspécifiques (able de Heckel, silure, pseudorasbora…).

L'existence d'une activité de pêche importante peut être un atout pour la connaissance du peuplement et de son évolution.

Bibliographie

Agence de l'eau Loire Bretagne, SCE, 2014. Programme de surveillance année 2013 des masses d'eau Plans d'eau. Lac de Grand Lieu – Synthèse.15 p.

Agence française pour la biodiversité, 2017. Réseau de Contrôle de Surveillance. Annuaire des résultats 2016. Départements de Loire Atlantique.

ADAM G. & ELIE P. (1993).Etude de la faune ichthyologique et de l'exploitation halieutique professionnelle du lac de Grand-lieu, Loire Atlantique. CEMAGREF, MNHN, Bordeaux, 171 p.

ADAM G., 1997. L'anguille européenne (Anguilla anguilla L. 1758) : dynamique de la sous-population du lac de Grand-Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Thèse, Université Toulouse III.

BRUSLE J., QUIGNARD J.P, 2001 ; Biologie des poissons d'eaux douces européens. Tec et Doc, Paris. 625p.

CARPENTIER A., MARION L., 2011. Suivi ichtyologique du Lac de Grand-Lieu : évolution du peuplement selon les habitats et estimation du stock sur la période 2000-2007. Rapport DIREN, Région Pays de la Loire, UMR ECOBIO 6553, 41 p.

FEUNTEUN Eric, MACE Didier, Erwann LE FLOC'H, Antony ACOU, Virgile, MAZEL, Fabien CHARRIER, Dominique ROBION 2016. EDAAGL : Echappement des Anguilles sur le Lac de Grand Lieu. Diaporama. 77p.

Fédérations Départementales pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique 44, 49, 53, 72, 85. 2013. La Liste rouge des poissons et des macro-crustacés d'eau douce des Pays de la Loire.

KEITH P., PERSAT H., FEUNTEUN É. & ALLARDI J. (coord.) 2011. — *Les Poissons d'eau douce de France*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris ; Biotope, Mèze, 552 p. (Inventaires & biodiversité ; 1).

NF EN 14757 (2005-11-01) – T90-366. Qualité de l'eau – Échantillonnage des poissons à l'aide de filets maillants.

POULET N ., 2004. Le sandre (Sander lucioperca (L.)) : biologie, comportement et dynamique des populations en Camargue (Bouches du Rhône, France). Thèse, Université Toulouse III.

POULET N ., BEAULATON L, DEMBSKI S.,2001. Time trends in fish populations in metropolitan France: insights from national monitoring data. 2011 Dec;79(6):1436-52.

SCLUMBERGER O., ELIE P., 2008. Poissons des lacs naturels français. Ecologie des espèces et évolution des peuplements. Editions QUAE. 211p.

UICN France, MNHN, SFI, & *ONEMA* (2010). La *Liste rouge* des espèces menacées en *France* - Chapitre *Poissons* d'eau douce de *France* métropolitaine. Paris, France.

VERNEAUX J., VERNEAUX V*.,* et GUYARD A., 1995. *Classification* biologique des *lacs* jurassiens à l'aide d'une nouvelle méthode Annales Limnol.31(4)1995:277-288.

VIGNERON T., 2006. Réseau Hydrobiologique et Piscicole Loire-Bretagne. Synthèse des données 1995-2004 - C.S.P, Délégation régionale n° 2 - Agence de l'Eau Loire- Bretagne, 36 p. annexes.