



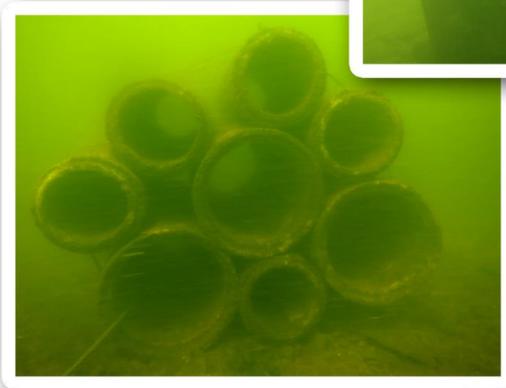
Fédération du Lot pour la Pêche et la Protection du Milieu Aquatique

133, quai Cappus – 46000 CAHORS



Etudes des communautés piscicoles dans le Lot, à Cahors :

- aménagement de dispositifs de concentration de poissons.
- génétique des populations de brochets.



Rapport final

Mathilde Bessières
Vincent Hérin
Frédéric Azémar
Arthur Compin
Nicolas Guillerault
Frédéric Santoul

Coordinateurs :
Patrice Jaubert & Frédéric Santoul



Le présent rapport a pour objectif de présenter les résultats des travaux scientifiques menés sur le Lot au niveau de Cahors. Deux projets ont été développés conjointement :

- Création d'habitats piscicoles dans le Lot, à Cahors : Aménagement de Dispositifs de Concentration de Poissons.

- Les brochets du Lot : de la génétique à la gestion halieutique.

Sommaire

Création d'habitats piscicoles dans le Lot, à Cahors : Aménagement de Dispositifs de Concentration de Poissons

<i>I - Contexte :</i>	6
<i>II - Matériel et méthodes :</i>	7
II.1 Mise en place des dispositifs	7
II.2 Techniques de suivis	9
II.2.1 Caméras subaquatiques	9
II.2.2 Plongées	13
II.2.3 Pêches électriques.....	13
<i>III - Résultats :</i>	15
III.1 Caméras subaquatiques	15
III.1.1 Influence du débit	15
III.1.2 Influence des types récifs	20
III.1.3 Influence des zones	25
III.2 Plongées	31
III.3 Pêches électriques	37
<i>IV - Synthèse :</i>	38

Les brochets du Lot : de la génétique à la gestion halieutique

<i>I - Contexte :</i>	40
<i>II - Matériel et méthodes :</i>	40
<i>III - Résultats :</i>	41
III.1 Analyses génétiques	41
III.2 Analyses des captures par pêches à la ligne et par pêches électriques	45
<i>IV - Synthèse :</i>	46
<i>V - Références :</i>	47

Liste des figures

Figure 1: Carte de localisation des dispositifs de concentration de poissons.....	7
Figure 2: Schéma de dispositif de concentration de poisson (DCP).....	8
Figure 3 : Transport et mise à l'eau des DCP.....	8
Figure 4 : Dispositif vidéo utilisé pour filmer les récifs artificiels in situ.	9
Figure 5 : Disposition des récifs et temps d'observation.	11
Figure 6 : La tourelle immergée et les images fournies par une des caméras devant une structure arbustive.	11
Figure 7 : Saisie d'écran du logiciel de création de panorama qui montre les images des 4 caméras juxtaposées.	11
Figure 8 : Binôme de plongeurs effectuant les comptages.....	13
Figure 9 : Bateau de pêche électrique utilisé au-dessus des structures.	14
Figure 10 : Evolution du débit moyen journalier (à Cahors) et des précipitations (station météo de L'Hospitalet) pendant les enregistrements vidéo en 2015 et 2016.....	15
Figure 11 : Nombre d'individus en fonction des zones et du débit en 2015 et 2016.	16
Figure 12 : Nombre d'individus observés dans les différentes zones en fonction du débit en 2015 et 2016.	17
Figure 13 : Nombre d'individus en fonction du type de récif et du débit en 2015 et 2016.....	18
Figure 14 : Somme des abondances de poissons observés sur les différents types de structures en 2015 et 2016.	19
Figure 15 : Richesse spécifique moyenne (2015-2016) en fonction du type de récif.	20
Figure 16 : Abondance moyenne des poissons en 2015 et 2016, en fonction du type de récif.	22
Figure 17 : Analyse des Correspondances des abondances des espèces de poissons sur les différents types de récifs en 2015, 2016 et les 2 années cumulées. Pour les 3 analyses, les axes 1 et 2 expliquent respectivement 92.22, 78.41 et 91.61 % de la variance.....	23
Figure 18 : Richesse spécifique par zone au cours des deux ans d'observation.....	25
Figure 19 : Nombre d'individus en fonction de la zone.	27
Figure 20 : Analyse des Correspondances des abondances des espèces de poissons sur les différentes zones d'implantation des récifs en 2015, 2016 et les 2 années cumulées. Pour les 3 analyses, les axes 1 et 2 expliquent respectivement 92.96, 85.86 et 90.74 % de la variance.	29
Figure 21 : Substrats (gravier, galets et macrophytes) présents sur le site avant la mise en place des DCP. Vues en condition de faible débit (18/07/2013) en haut, et de fort débit (5/05/2014) en bas.....	31
Figure 22 : Vue de structures tubulaires et arbustives une semaine après leur mise en place (13 mai 2013).	32
Figure 23 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2014.	33
Figure 24 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2015.	33

Figure 25 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2016.	34
Figure 26 : Silure, perches communes et perche arc-en-ciel, près des structures.	35
Figure 27 : Nombre total d'individus par type de récif – pêche de juillet 2015.....	37
Figure 28 : Analyse factorielle des correspondances basée sur l'analyse génétique de chaque individu.	43

Liste des tableaux

Tableau I : Plan d'échantillonnage.	12
Tableau II : Significativité du test de Mann-Whitney, richesse spécifique en fonction du type de récif. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.	20
Tableau III : Nombre total d'individus en fonction des récifs.	21
Tableau IV : Significativité du test Mann-Whitney - nombre d'individus en fonction du type de récif. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.	21
Tableau V : Significativité du test de Mann-Whitney, richesse spécifique en fonction de la zone. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.	25
Tableau VI : Nombre total d'individus par zone.	28
Tableau VII : Significativité du test de Mann-Whitney nombre d'individu en fonction des zones.	28
Tableau VIII : Statistiques descriptives.....	42

Création d'habitats piscicoles dans le Lot, à Cahors : Aménagement de Dispositifs de Concentration de Poissons.

I - Contexte :

Les poissons ont une tendance naturelle à s'agréger autour d'objets, flottants ou posés sur le fond. En milieu marin, les Dispositifs de Concentration de Poissons (DCP) ou *Fish Aggregating Devices* (FAD) sont abondamment utilisés pour des pêcheries artisanales (DCP flottants) et industrielles (DCP dérivants) des poissons pélagiques, pour des pêcheries côtières ainsi que pour le tourisme subaquatique (récifs artificiels). Entre 1996 et 2005, la moyenne annuelle des prises de thons, toutes espèces confondues, sous DCP a atteint 1 115 000 tonnes, soit près du tiers des captures mondiales (source : Grégory Fléchet, IRD). En eau douce, les DCP mis en œuvre sont majoritairement benthiques. Dans les pays asiatiques, cette technique fait partie des méthodes traditionnelles de pêche (Ibrahim *et al.*, 1990, 1996, 2000 ; Ghulam Kibria & Ahmed, 2005). De nombreux programmes d'aménagement ont été menés en milieu lacustre, notamment en Amérique du Nord, par des collectivités locales, des fédérations ou des associations, pourtant peu d'études scientifiques s'y sont intéressées. Baine (2001) dans sa synthèse de 249 articles sur les récifs artificiels et FADs, n'en recense qu'un seul relatif à l'eau douce. Bolding *et al.* (2004) font l'inventaire des structures utilisées en milieu lentique. Les plus efficaces ont un aspect naturel avec une certaine complexité et des tailles de cavités diversifiées. Le succès de ces installations dépend des communautés présentes, de la profondeur et de la pente du site, de la quantité et du type de structure. Pour Freitas *et al.* (2005), les récifs, dans un réservoir, sont d'autant plus efficaces qu'ils sont près des berges. Les espèces présentes restent les mêmes avec ou sans récif. Dans les eaux courantes, à notre connaissance, les DCP n'ont pas été expérimentés.

Les milieux aquatiques présentant une hétérogénéité spatiale, et donc une abondance et une diversité d'habitats, favorisent la structuration de communautés diversifiées et abondantes. Le Lot, au niveau de Cahors, est constitué d'un fond homogène composé de sable, gravier et galets. En l'absence de caches pour les poissons, ces derniers y sont peu abondants. Le but de ce projet est de favoriser l'installation ou le développement d'une communauté piscicole sur des portions de rivière à substrat homogène, faiblement peuplée.

Plusieurs modèles de DCP sont testés à titre expérimental afin d'en définir l'efficacité et la sélectivité pour différentes espèces de poissons, en fonction de leur complexité spatiale.

II - Matériel et méthodes :

II.1 Mise en place des dispositifs

3 stations sur le Lot sont équipées de DCP au niveau de Cahors, entre le Pont Valentré ($44^{\circ}26'42,24''\text{N}$ - $1^{\circ}25'54''\text{E}$) et l'écluse de Coty ($44^{\circ}26'46,34''\text{N}$ - $1^{\circ}26'46,66''\text{E}$). Elles sont suffisamment distantes les unes des autres afin d'être indépendantes (Figure 1). A chaque station, 3 types de structures (tubulaires, arbustives et massives, Figure 2) disposées chacune en 3 exemplaires, permettent de tester la possibilité de sélection des espèces de poissons en fonction de la complexité et de la taille des caches ainsi créées. 3 stations témoin, non équipées de DCP sont également définies dans le même bief.

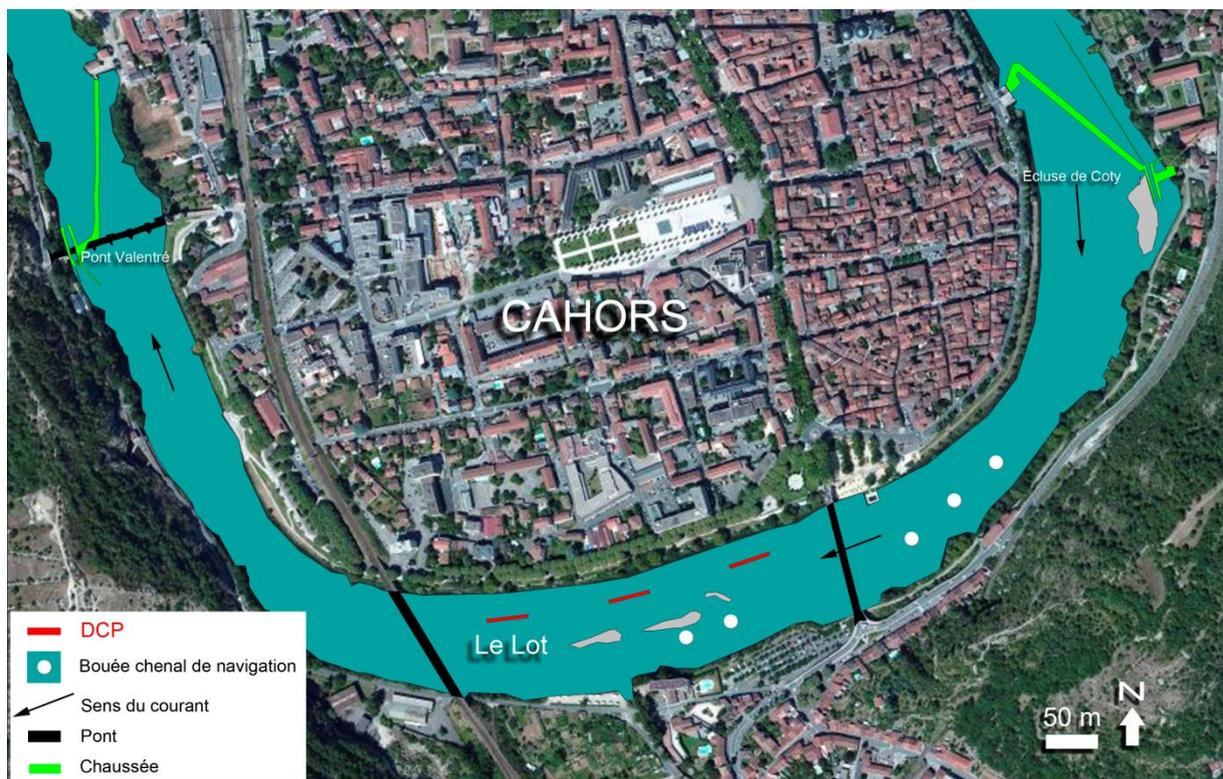


Figure 1: Carte de localisation des dispositifs de concentration de poissons.

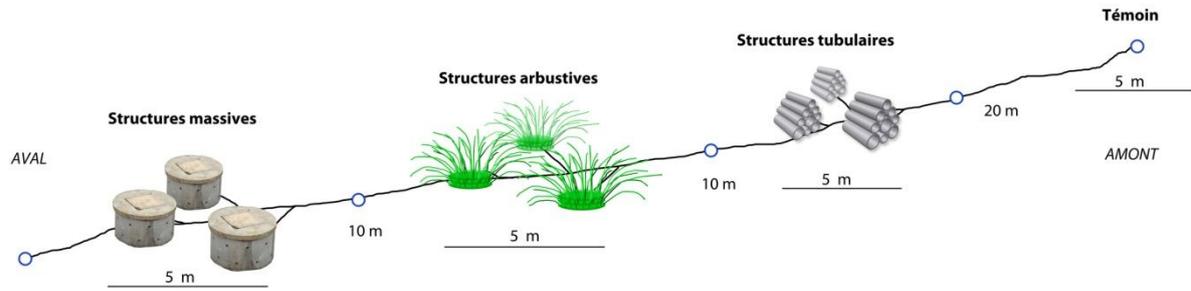


Figure 2: Schéma de dispositif de concentration de poisson (DCP).



Figure 3 : Transport et mise à l'eau des DCP.

La mise en place des structures a été faite entre le 5 et le 17 mai 2014 (Figure 3) : un balisage des stations a préalablement été effectué par les plongeurs scientifiques d'EcoLab ; les structures ont ensuite été positionnées puis amarrées par le TRAQ, société cadurcienne de travaux subaquatiques.

La bonne tenue des dispositifs a été vérifiée lors de plongées le 20 mai et le 30 juin 2014.

II.2 Techniques de suivis

II.2.1 Caméras subaquatiques

Le dispositif est constitué d'une tourelle équipée de 4 caméras GoPro permettant d'obtenir des prises de vue panoramiques des déplacements des poissons à proximité des dispositifs immergés. La tourelle, elle-même immergée, est reliée à 4 écrans ainsi qu'à une batterie d'alimentation par un câble de 20 mètres (Figure 4). Cela permet d'observer les images à distance, depuis la berge, ou depuis un bateau sans perturber le milieu aquatique. Les cartes mémoire de 32 Go des caméras permettent le stockage théorique de 8h de film et la batterie externe additionnée aux batteries internes des caméras assure une autonomie supérieure à 2h.

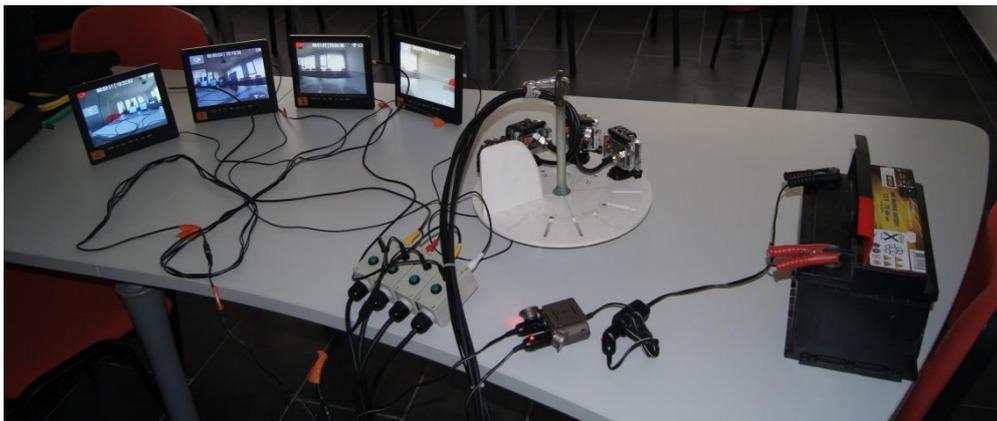


Figure 4 : Dispositif vidéo utilisé pour filmer les récifs artificiels in situ.

Les relevés vidéo ne se feront que sous certaines conditions environnementales :

- Lumière au zénith « 11h-15h »
- Soleil
- Visibilité > 1m

Lorsque ces trois conditions sont réunies les relevés peuvent être réalisés. Une bouée témoin est placée quinze mètres en amont des premiers récifs, elle sert à comparer les densités de poissons présents sur les récifs et la zone témoin. Nous considérons que la zone témoin est assez loin des récifs pour éviter tout biais d'échantillonnage. Une fois aux abords des récifs, nous avons choisi de positionner les caméras à 1 mètre d'eux afin de pouvoir observer les poissons autour des récifs. La pose des caméras s'effectuera une fois sur chacune des 3 zones ainsi que sur la zone témoin (Figure 5). A chaque fois les caméras sont immergées pour une durée de 15 minutes. Nous considérons les 5 premières minutes comme un temps de « réadaptation » et utilisons les 10 minutes suivantes pour les observations et les comptages. Dès que les caméras enregistrent, elles sont synchronisées avec un « clap » généré en frappant deux objets métalliques.

La température de l'eau a été suivie pendant l'étude à l'aide d'une sonde automatique. La turbidité de l'eau a été relevée à chaque sortie grâce à un disque de Secchi. Le débit du Lot a été surveillé durant la durée de l'expérimentation.

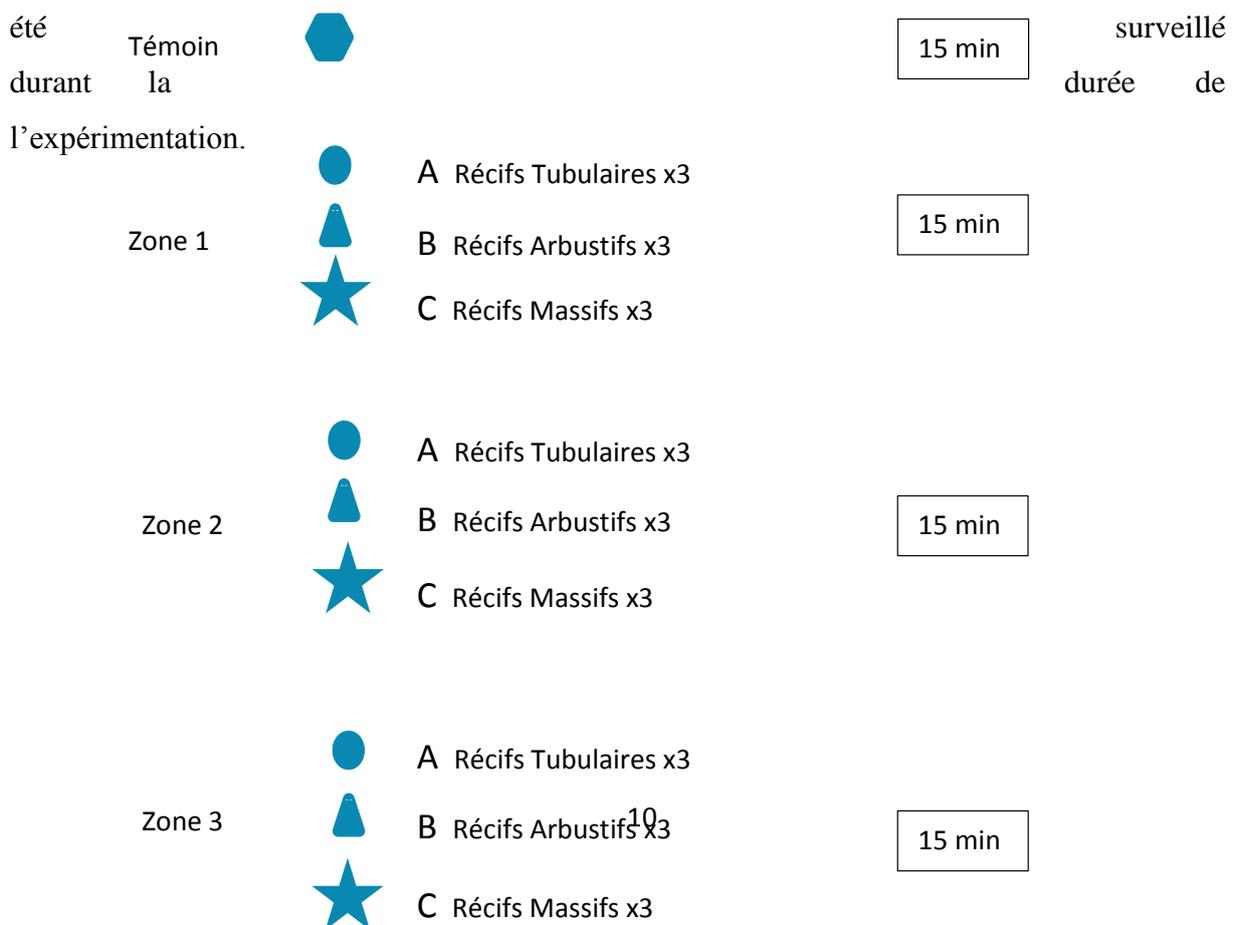


Figure 5 : Disposition des récifs et temps d'observation.



Figure 6 : La tourelle immergée et les images fournies par une des caméras devant une structure arbustive.



Figure 7 : Saisie d'écran du logiciel de création de panorama qui montre les images des 4 caméras juxtaposées.

Tableau I : Plan d'échantillonnage.

Jour 1		Jour 2		Jour 3	
Témoin		Témoin		Témoin	
Zone 1	Arbustif	Zone 1	Tubulaire	Zone 1	Massif
Zone 2	Massif	Zone 2	Arbustif	Zone 2	Tubulaire
Zone 3	Tubulaire	Zone 3	Massif	Zone 3	Arbustif

Jour 4		Jour 5		Jour 6	
Témoin		Témoin		Témoin	
Zone 1	Arbustif	Zone 1	Tubulaire	Zone 1	Massif
Zone 2	Massif	Zone 2	Arbustif	Zone 2	Tubulaire
Zone 3	Tubulaire	Zone 3	Massif	Zone 3	Arbustif

Jour 7		Jour 8		Jour 9	
Témoin		Témoin		Témoin	
Zone 1	Arbustif	Zone 1	Tubulaire	Zone 1	Massif
Zone 2	Massif	Zone 2	Arbustif	Zone 2	Tubulaire
Zone 3	Tubulaire	Zone 3	Massif	Zone 3	Arbustif

II.2.2 Plongées

Deux campagnes de plongée ont été réalisées en juillet 2015 et juillet 2016, comme pour les observations réalisées en 2014, les plongeurs progressent en binôme de l'amont vers l'aval en identifiant et comptabilisant tous les poissons observés sur les différentes zones.

Les plongées s'effectuent en début de semaine, pour profiter de l'absence d'éclusés et de la meilleure visibilité possible (1,50 m au minimum). De plus, comme pour les observations avec les caméras subaquatiques, les plongées ont lieu en milieu de la journée (11h-15h) pour avoir une bonne luminosité.

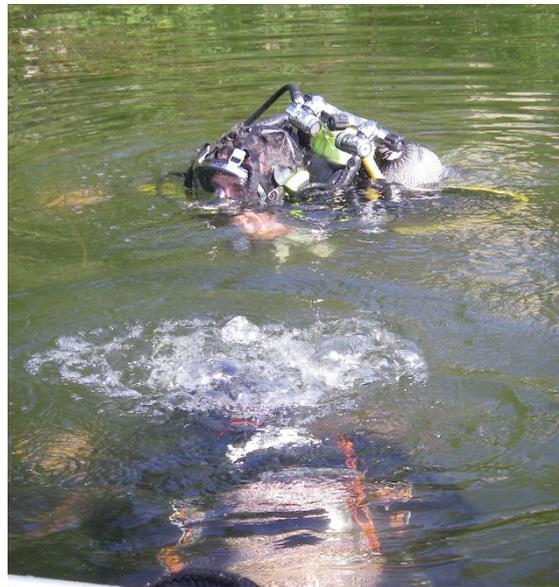


Figure 8 : Binôme de plongeurs effectuant les comptages.

II.2.3 Pêches électriques

La pêche électrique effectuée en 2014 à l'aide d'anodes simples a été inefficace en raison de la profondeur d'eau trop importante. Aucun poisson n'ayant été capturé, une nouvelle technique a été utilisée en 2015. Ainsi un bateau de pêche électrique plus efficace dans ces hauteurs d'eau a été testé en juillet 2015.



Figure 9 : Bateau de pêche électrique utilisé au-dessus des structures.

III - Résultats :

III.1 Caméras subaquatiques

III.1.1 Influence du débit

Le Lot est une rivière très impactée par les éclusées qui en font fortement varier le débit. Au-delà de 60 m³/s, il est difficile d'amarrer le bateau et de stabiliser les caméras pour réaliser les observations. Les débits requis pour la pause des caméras sont donc faibles. Les suivis des débits sont présentés ci-dessous afin de comparer les deux années d'étude.

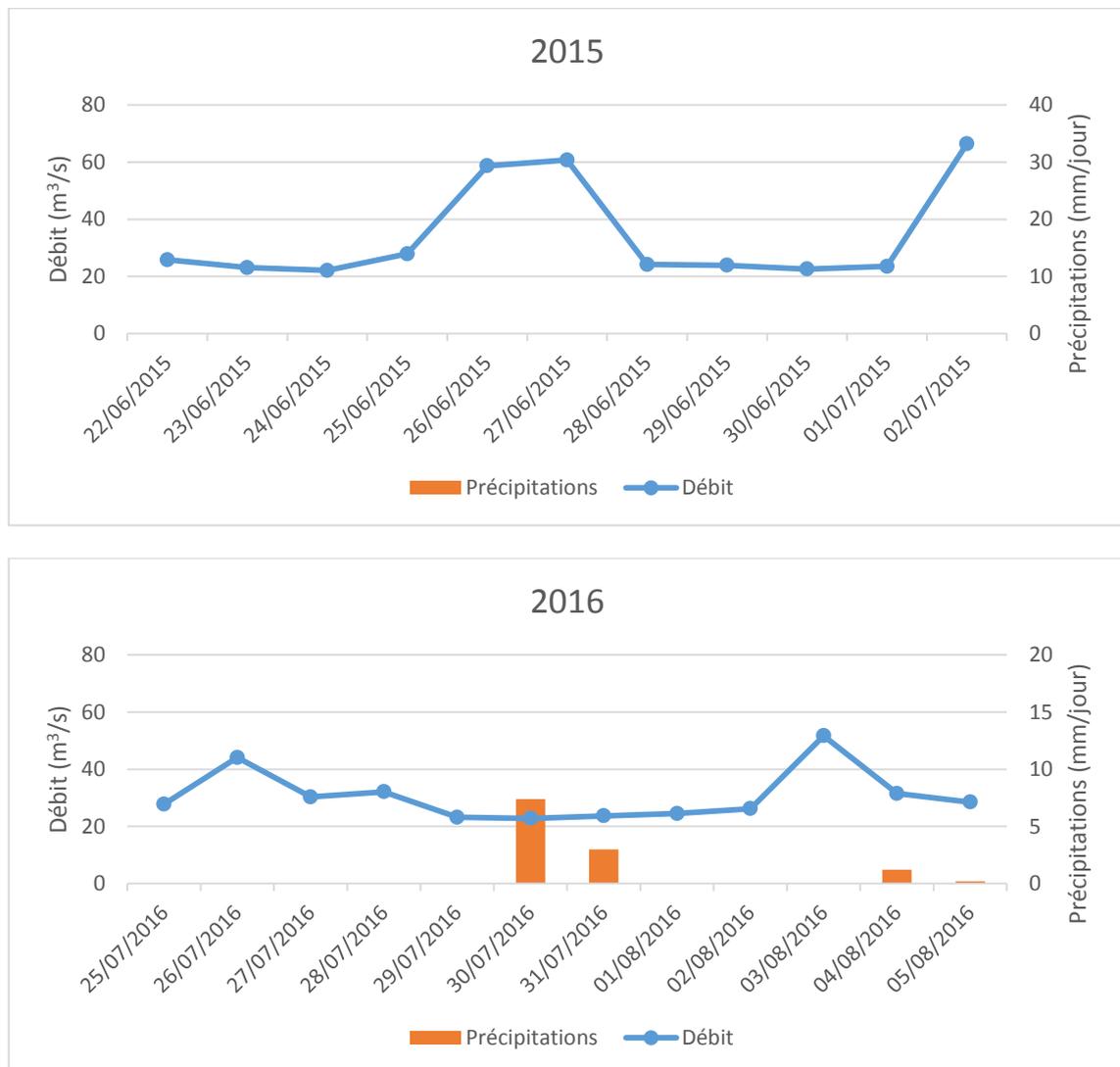


Figure 10 : Evolution du débit moyen journalier (à Cahors) et des précipitations (station météo de L'Hospitalet) pendant les enregistrements vidéo en 2015 et 2016.

Aucune précipitation n'a eu lieu en 2015 pendant la période d'enregistrement des vidéos. En 2016, les épisodes orageux n'ont pas modifiés les débits. Les pics de débits observés sur la Figure 10, le 26-27/06/2015, le 26/07/2016 et le 3/08/2016, sont uniquement dus aux éclusés.

Les observations réalisées en 2016 ont été faites à débit relativement faible avec des valeurs maximales atteintes le 26/07/2016 (58 m³/s) et le 03/08/2016 (67 m³/s) (Figure 11). Les débits sont donc restés relativement stables durant 7 jours en 2016. En 2015, un pic est observé les 26/6/2015 (76 m³/s), 27/06/2015 (73 m³/s) et 2/07/2015 (72 m³/s).

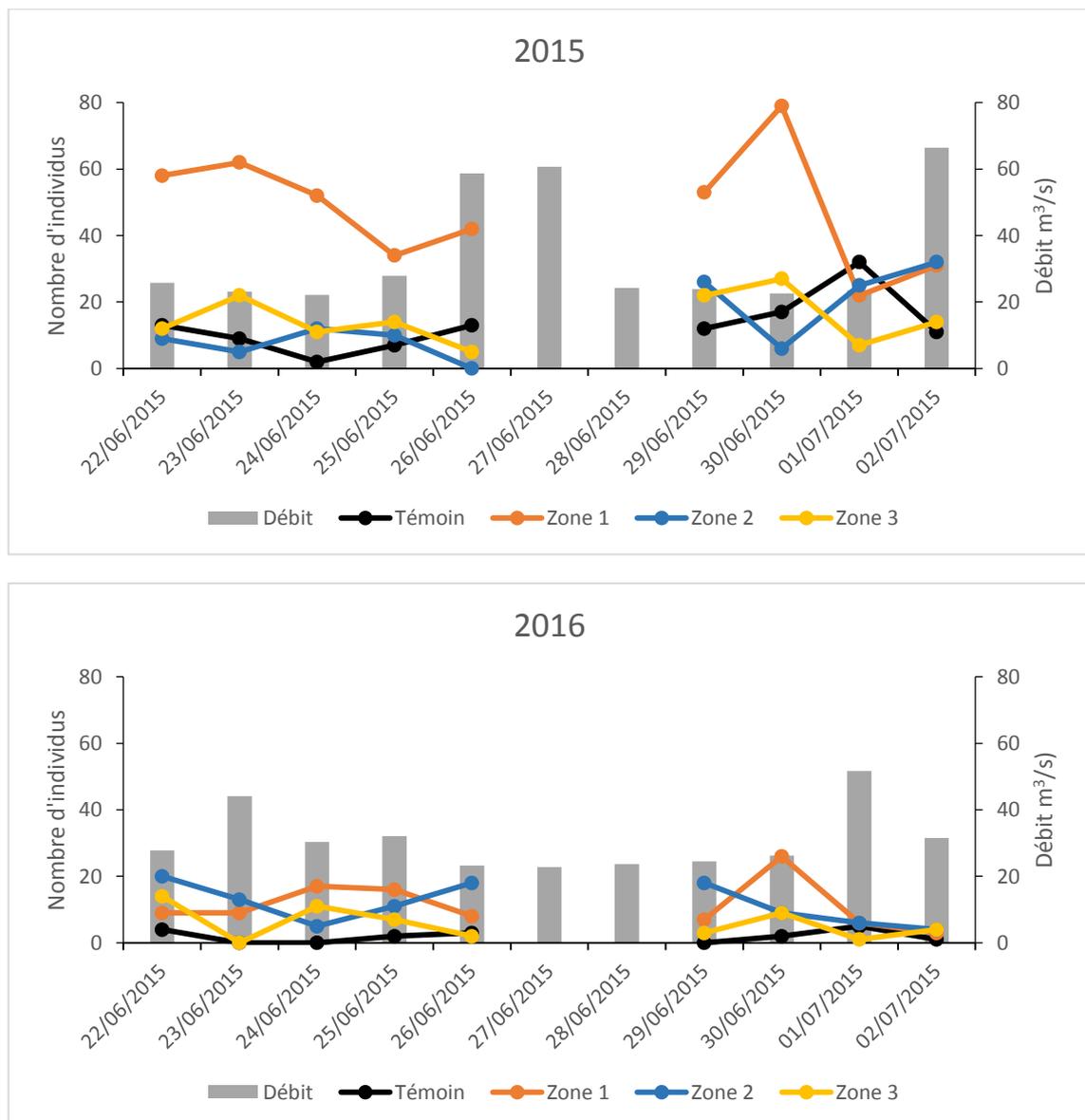


Figure 11 : Nombre d'individus en fonction des zones et du débit en 2015 et 2016.

- Nombre d'individus en fonction des zones et du débit

En 2015, le nombre d'individus est presque toujours maximal dans la zone 1, qui est la station où les récifs sont les moins profonds (Figure 11). Les abondances observées dans les zones 2 et 3 ne sont pas différentes de celle observées dans la zone témoin, sans récif.

En 2016, les zones 1, 2 et 3 ont des abondances en poissons presque toujours supérieures à celles de la zone témoin. Aucune différence ne ressort de la comparaison des 3 zones équipées de récifs.

Le débit semble avoir une influence négative sur l'abondance des poissons en 2015 dans la zone 1 uniquement et en 2016 dans les zones 1, 2 et 3 (Figure 12). Toutefois, ces résultats ne concernent qu'une faible gamme de valeurs de débit.

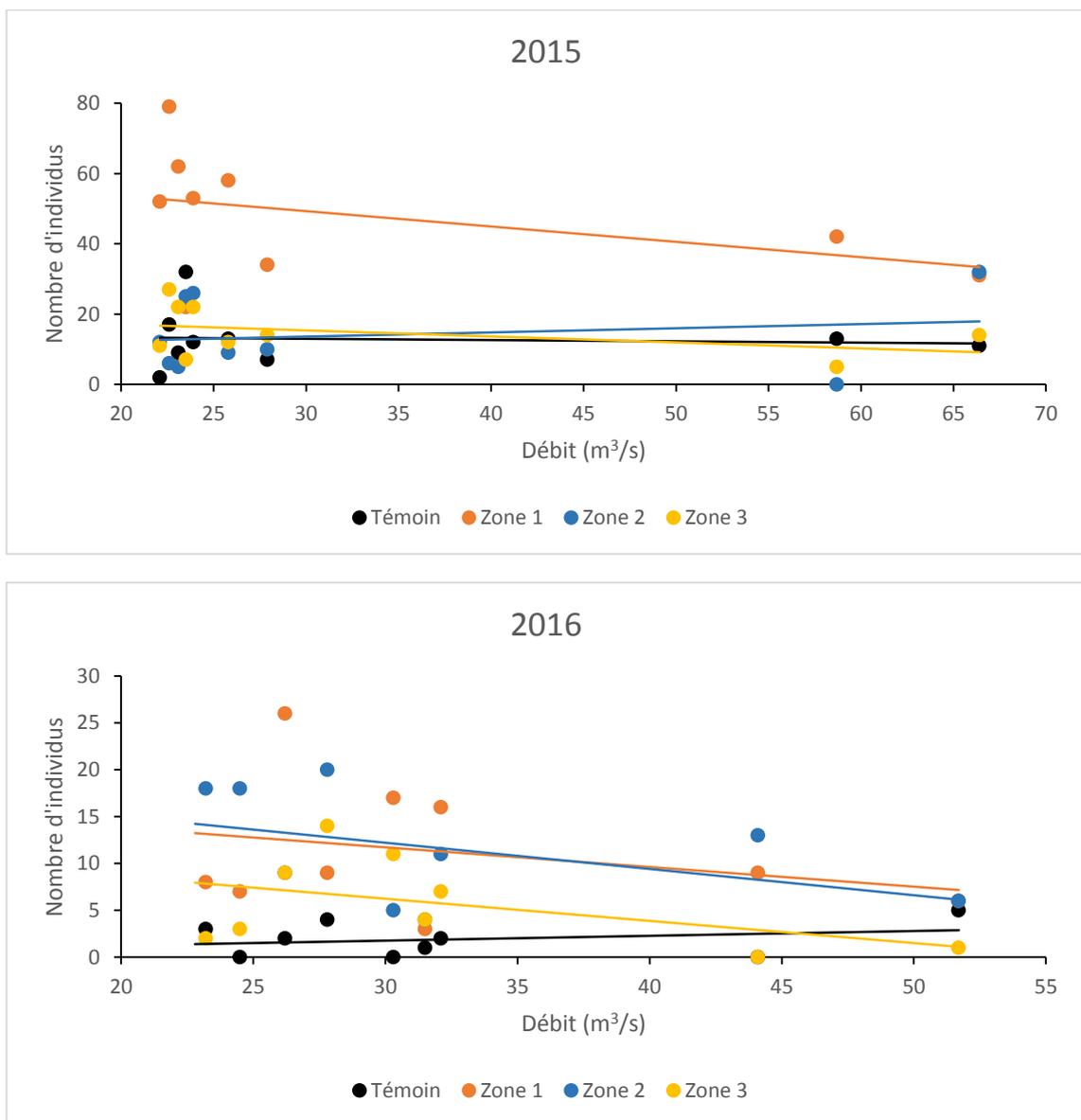


Figure 12 : Nombre d'individus observés dans les différentes zones en fonction du débit en 2015 et 2016.

- Nombre d'individus en fonction du type de récif et du débit

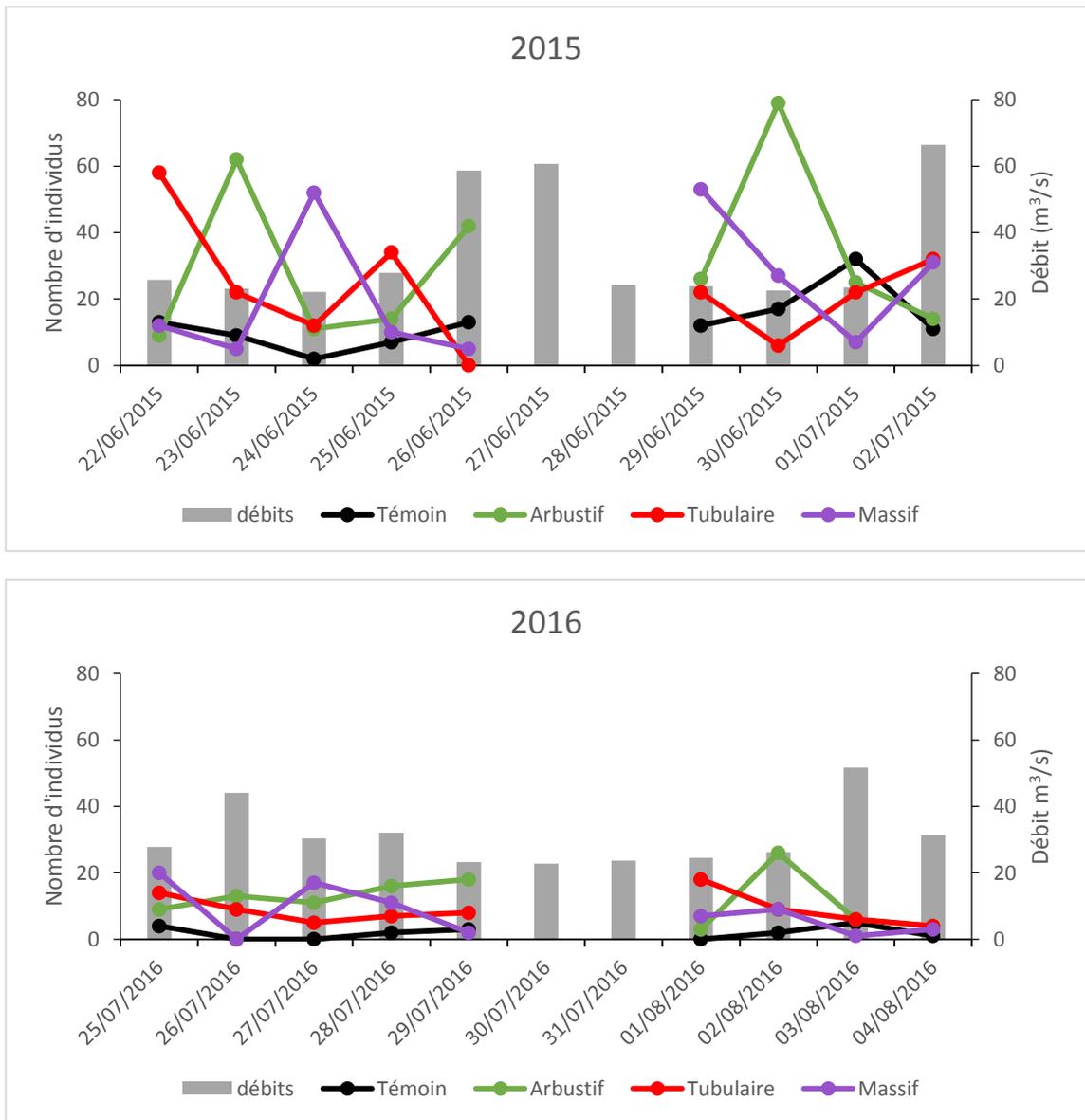


Figure 13 : Nombre d'individus en fonction du type de récif et du débit en 2015 et 2016.

De façon générale, les sites équipés de récifs abritent plus de poissons que les sites qui en sont dépourvus (Figures 13-14). Ces abondances ont été plus variables, et généralement plus élevées, en 2015 qu'en 2016. Pour les deux années, les plus fortes valeurs ont été atteintes autour des récifs arbustifs.

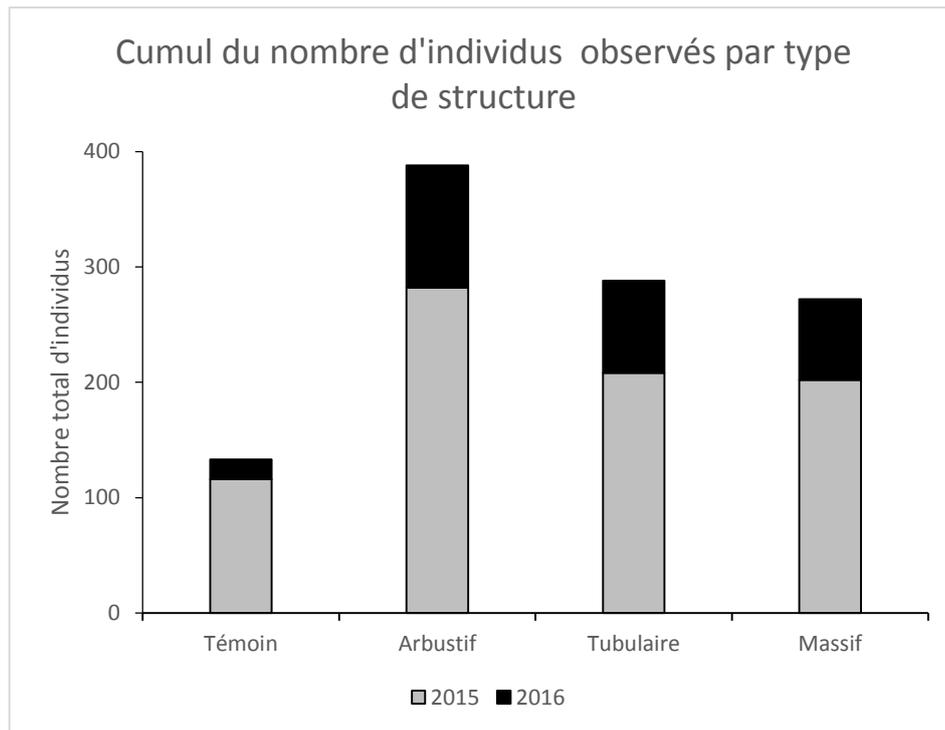


Figure 14 : Somme des abondances de poissons observés sur les différents types de structures en 2015 et 2016.

En 2016, lors du léger pic de débit observé (les 3-4/08/2016), une diminution générale du nombre d'individus autour des récifs a observée.

Les conclusions sont les suivantes :

- **2015 : L'abondance des poissons est influencée par les débits uniquement en zone peu profonde (zone 1) uniquement.**
- **2016 : En cas d'augmentation débit, les poissons semblent moins nombreux sur tous les récifs.**
- **Attractivité plus importante des zones aménagées, dans ces conditions de débit.**

III.1.2 Influence des types récifs

- Etude de la richesse spécifique

La richesse spécifique de la zone témoin (1.22) est significativement différente de celle observée sur les différents types de récifs (Figure 15, Tableau II). Les zones équipées ont une richesse spécifique supérieure à la zone témoin.

Quel que soit le type de récif, les valeurs moyennes de richesse spécifique sont comparables (Figure 15, Tableau II): respectivement 3.44, 3.50 et 2.83 pour les récifs arbustifs, tubulaires et massifs. Notons que les récifs massifs présentent une plus grande variabilité de valeurs de richesse spécifique que les autres structures (Figure 15).

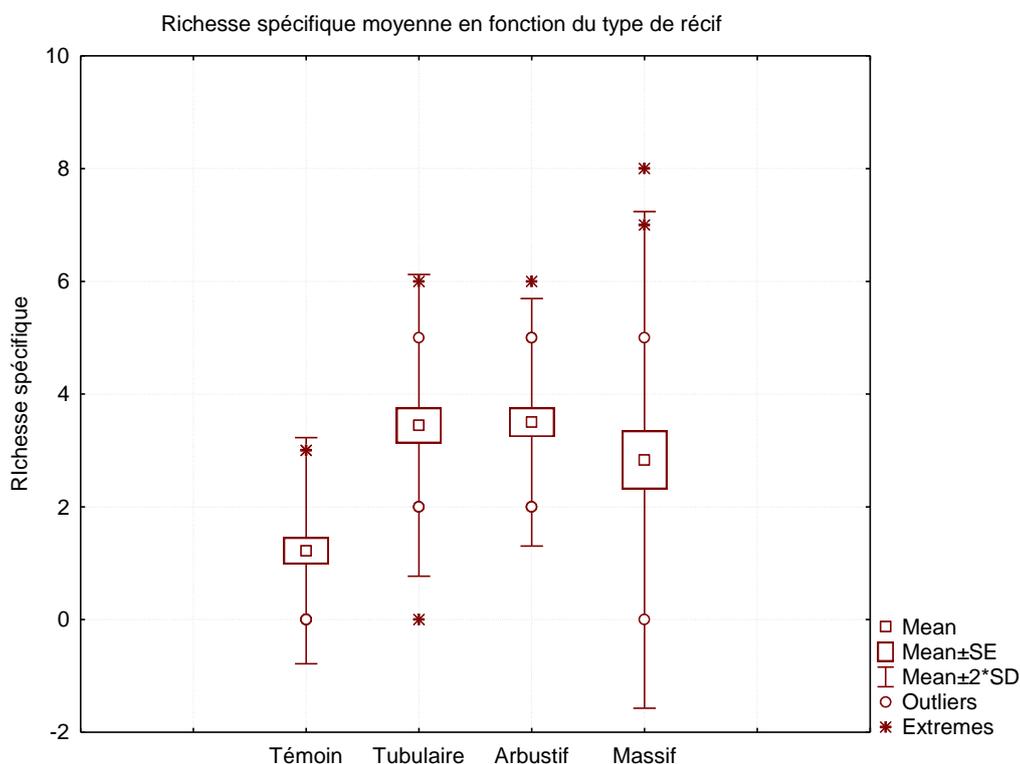


Figure 15 : Richesse spécifique moyenne (2015-2016) en fonction du type de récif.

Tableau II : Significativité du test de Mann-Whitney, richesse spécifique en fonction du type de récif. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.

	Tubulaire	Arbustif	Massif
Tubulaire		Non	Non
Arbustif	Non		Non
Massif	Non	Non	
Témoin	Oui	Oui	Oui*

Les conclusions concernant la richesse spécifique en fonction des récifs sont les suivantes :

- La richesse spécifique de tous les types de récifs est plus importante que celle de la zone témoin.
- Il n'y pas de différence de richesse taxonomique entre les récifs, mais une plus grande variabilité de cette diversité sur les récifs massifs.

- Effectifs par récifs

La figure 16 présente le nombre moyen d'individus observés en fonction du type de récif, en 2015 et 2016. Comme dit précédemment, le nombre d'individus observés est nettement supérieur en 2015 (Tableau III).

Au vue des abondances en poissons, il existe une différence significative (Tableau IV) entre la zone témoin, d'une part, et les récifs arbustifs et tubulaires, d'autre part. Notons cependant que les abondances ne restent pas significativement différentes entre le témoin et les récifs tubulaires si une correction de Bonferroni est appliquée. Les structures tubulaires et arbustives semblent donc avoir des effectifs plus élevés que le témoin. Par contre, les récifs massifs ne présentent aucune différence significative avec les autres types de récifs ou la zone témoin.

Tableau III : Nombre total d'individus en fonction des récifs.

	Tubulaire	Arbustif	Massif	Témoin
2015	208	282	202	116
2016	80	106	70	17
2015 +2016	288	388	272	133

Tableau IV : Significativité du test Mann-Whitney - nombre d'individus en fonction du type de récif. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.

	Tubulaire	Arbustif	Massif
Tubulaire		Non	Non
Arbustif	Non		Non
Massif	Non	Non	
Témoin	Oui*	Oui	Non

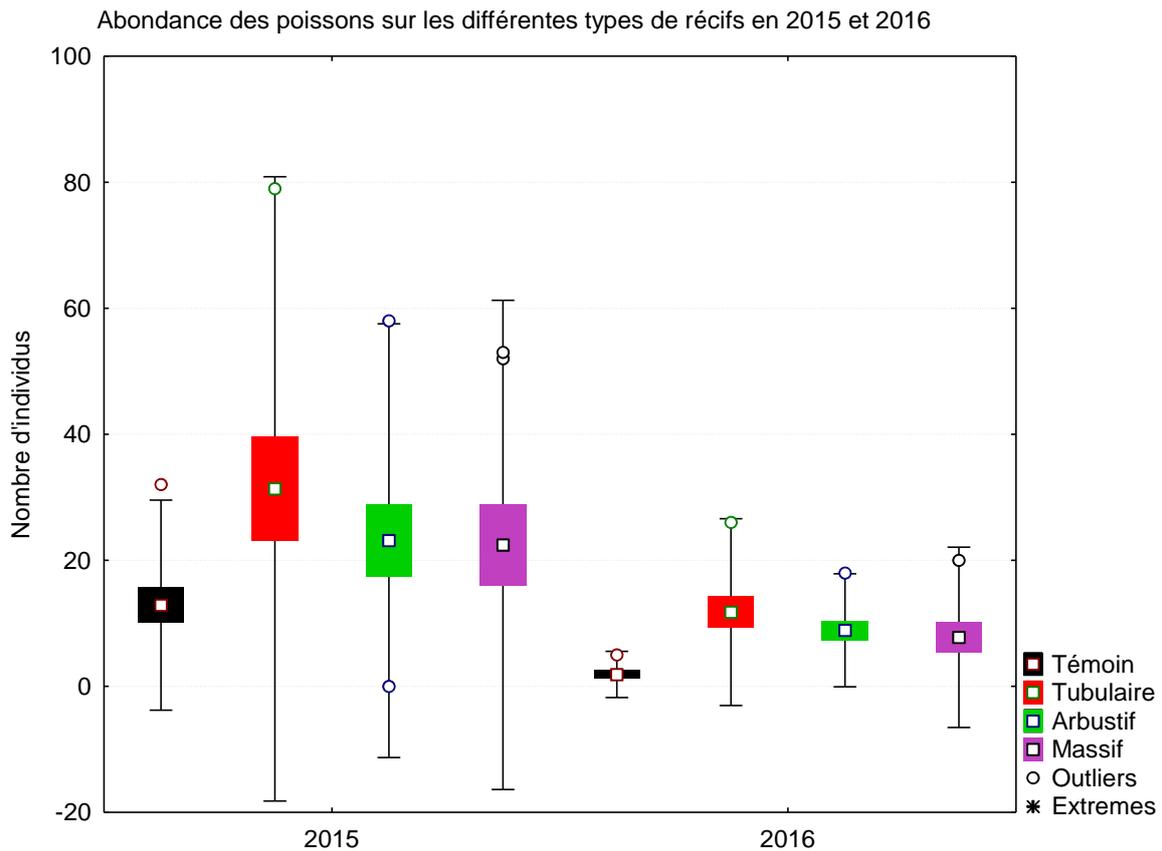


Figure 16 : Abondance moyenne des poissons en 2015 et 2016, en fonction du type de récif.

- Les récifs arbustifs et tubulaires n'ont pas un nombre d'individus significativement différent entre eux, en revanche la différence est significative par rapport à la zone témoin. Ils semblent avoir des effectifs plus élevés.
- Les récifs massifs ne sont pas significativement différents ni des autres types de récifs, ni la zone témoin. Ils accueillent un nombre d'individus similaire.

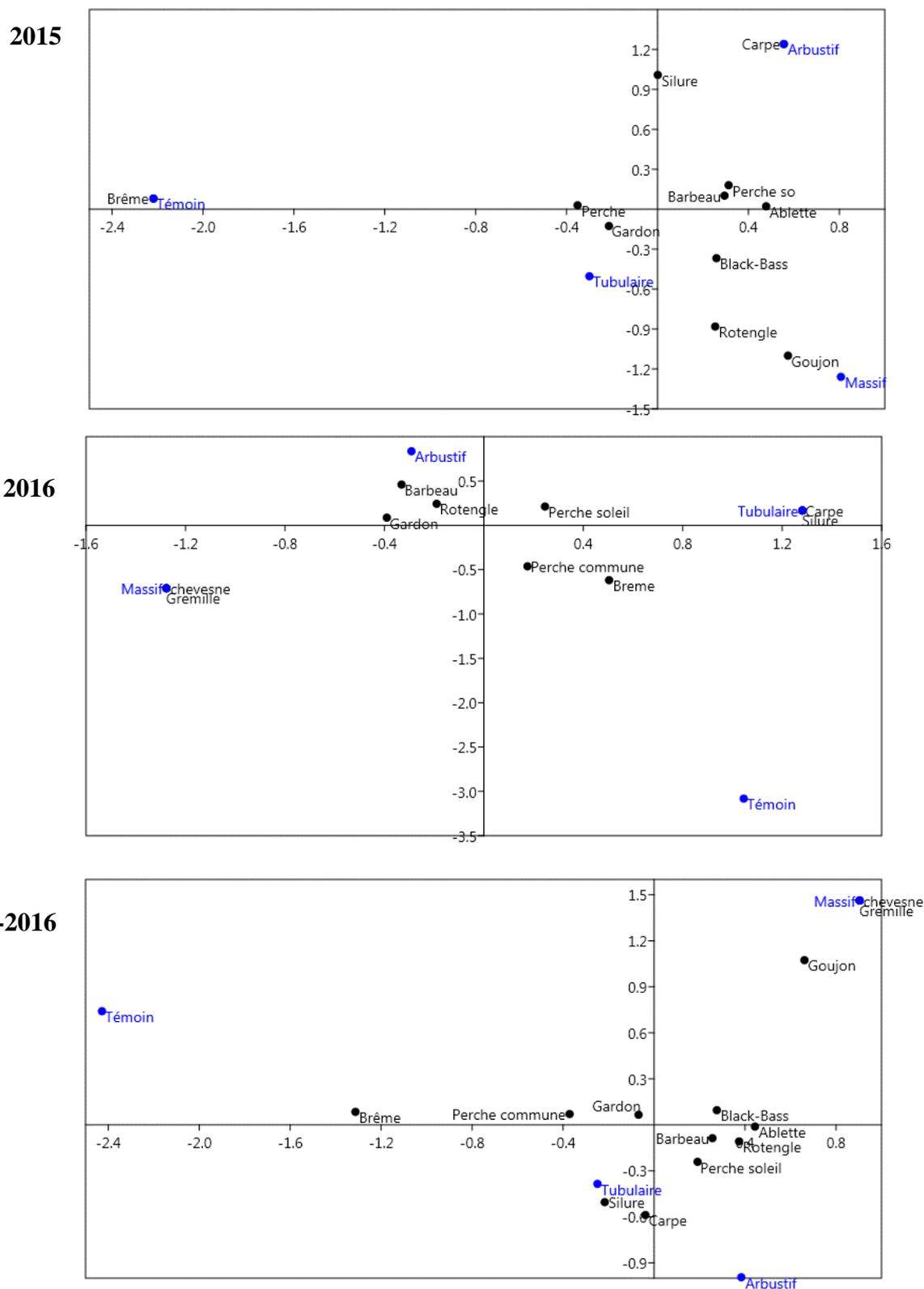


Figure 17 : Analyse des Correspondances des abondances des espèces de poissons sur les différents types de récifs en 2015, 2016 et les 2 années cumulées. Pour les 3 analyses, les axes 1 et 2 expliquent respectivement 92.22, 78.41 et 91.61 % de la variance.

Une analyse des Correspondances a été faite afin de définir les relations existant entre les espèces et les différents types de récifs. Au vu du nombre très différent d'individus observé en 2015 et 2016, les deux années ont été traitées séparément puis en commun (Figure 17). Dans tous les cas, le test d'indépendance du χ^2 montre qu'il existe un lien entre le nombre d'individus par espèces et le type de récif.

En 2015 et 2016, la station témoin présente un profil très éloigné des stations équipées de récifs. Les récifs tubulaires et massifs ont des profils relativement proches en 2015, mais sont opposés en 2016. En considérant les 2 années cumulées, les récifs tubulaires et arbustifs ont des profils proches alors que les récifs massifs sont opposés.

La zone témoin est peu attractive pour les poissons. Seules les brèmes y sont associées. Toutes les autres espèces sont attirées par les récifs, en particulier tubulaires et arbustifs. Toutefois, au vu de ces 2 années, aucune tendance ne se dégage quant à une préférence des différentes espèces pour un type de récif particulier.

Les conclusions concernant l'attractivité globale des récifs sont les suivantes :

- **Tous les récifs sont plus attractifs que la zone témoin.**
- **Les récifs arbustifs et tubulaires sont les plus attractifs.**

III.1.3 Influence des zones

Richesse spécifique selon les zones

La zone témoin est la zone où la richesse spécifique est la plus faible. Certains jours aucun individu n'y a été observé. La richesse spécifique en poissons est donc plus élevée dans toutes les zones équipées de récifs que dans la zone témoin (Figure 18). Sa moyenne est respectivement de 4.11, 3.11 et 2.89 dans les zones 1 à 3, contre seulement 1.22 dans la zone témoin dépourvue de récif. Cette différence entre la zone témoin et les zones 1, 2 et 3 est significative (test de Mann-Whitney, Tableau V).

La zone 1 et la zone 3 sont significativement différentes l'une de l'autre du point de vue de leur richesse spécifique mais cette significativité est non vérifiée après correction de Bonferroni. Les zones 2 et 3 semblent présenter une richesse spécifique similaire

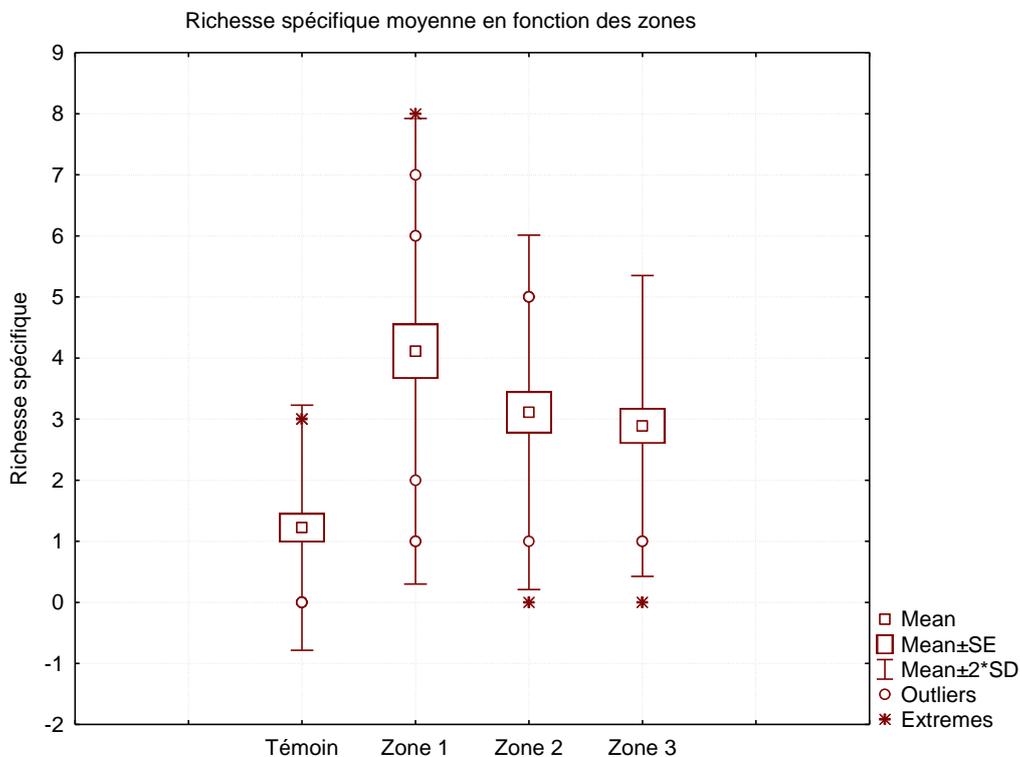
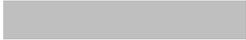


Figure 18 : Richesse spécifique par zone au cours des deux ans d'observation.

Tableau V : Significativité du test de Mann-Whitney, richesse spécifique en fonction de la zone. L'astérisque indique une absence de significativité si une correction de Bonferroni est appliquée.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Zone 1		Non	Oui*
Zone 2	Non		Non

Zone 3	Oui*	Non	
Témoin	Oui	Oui	Oui

Les conclusions concernant la richesse spécifique en fonction des zones sont les suivantes :

- **La zone témoin présente une richesse spécifique plus pauvre que les récifs.**
- **La richesse spécifique est comparable dans les 3 zones équipées de récifs.**
- **La zone 1 semble avoir une plus grande richesse spécifique, à cause des hauts effectifs observés en 2015.**

Effectifs selon les zones

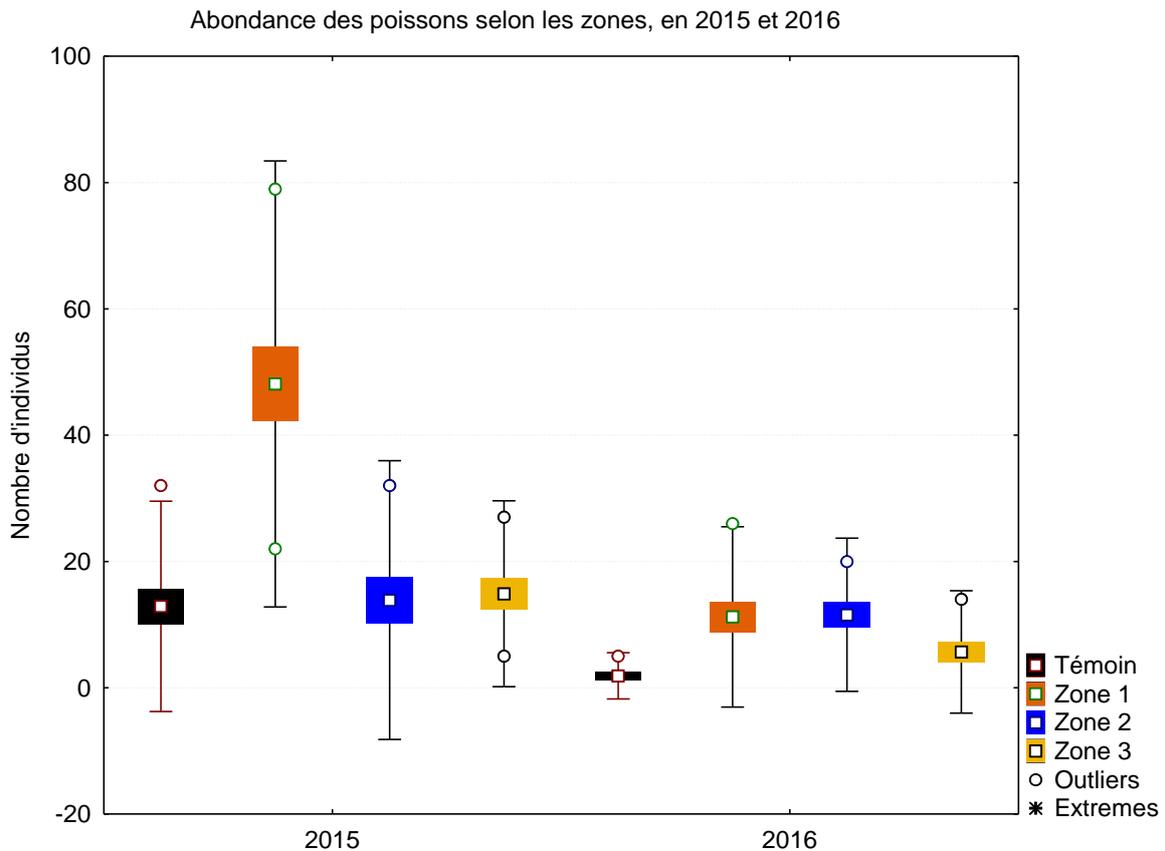


Figure 19 : Nombre d'individus en fonction de la zone.

Il existe une différence d'effectif observé entre les deux années (Figure 19). Un nombre plus important d'individus a été compté en 2015, notamment dans la zone 1 : cette zone avait l'abondance la plus élevée en 2015 mais elle se ne démarque pas autant des autres zones en 2016 (Tableau VI).

La zone 1 est significativement différente de toutes les autres (Tableau VII). La zone 2 semble se différencier de la zone témoin et de la zone 1, mais pas de la zone 3. Toutefois, la significativité zone 1-zone 2 n'est pas valide avec une correction de Bonferroni. La zone témoin a des effectifs en poissons significativement différents de ceux des zones 1 et 2, mais pas de la zone 3.

Tableau VI : Nombre total d'individus par zone.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone témoin
2015	443	125	134	116
2016	101	104	51	17
2015+2016	534	229	185	133

Tableau VII : Significativité du test de Mann-Whitney nombre d'individu en fonction des zones.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3
Zone1		Oui*	Oui
Zone 2	Oui*		Non
Zone 3	Oui	Non	
Témoin	Oui	Oui*	Non

Les conclusions concernant le nombre d'individus en fonction des zones sont les suivantes :

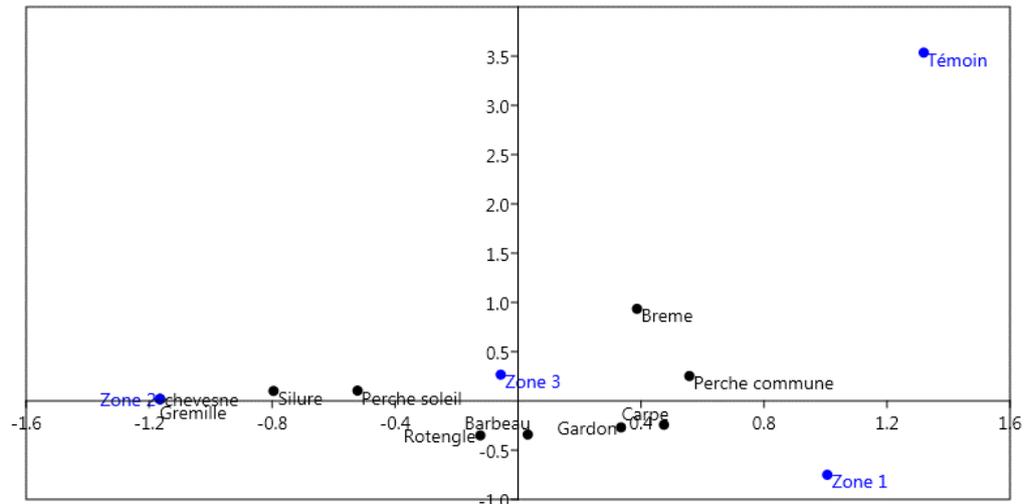
- Les zones 1 et 2 semblent attirer plus d'individus que la zone témoin.
- La zone 1 est plus attractive que la 2 (essentiellement en 2015).
- La zone 3 et la zone témoin ont des abondances similaires.

Comme pour les différents types de récifs, une analyse des Correspondances a été faite afin de définir les relations existant entre les espèces et les différentes zones d'implantation des récifs (Figure 20).

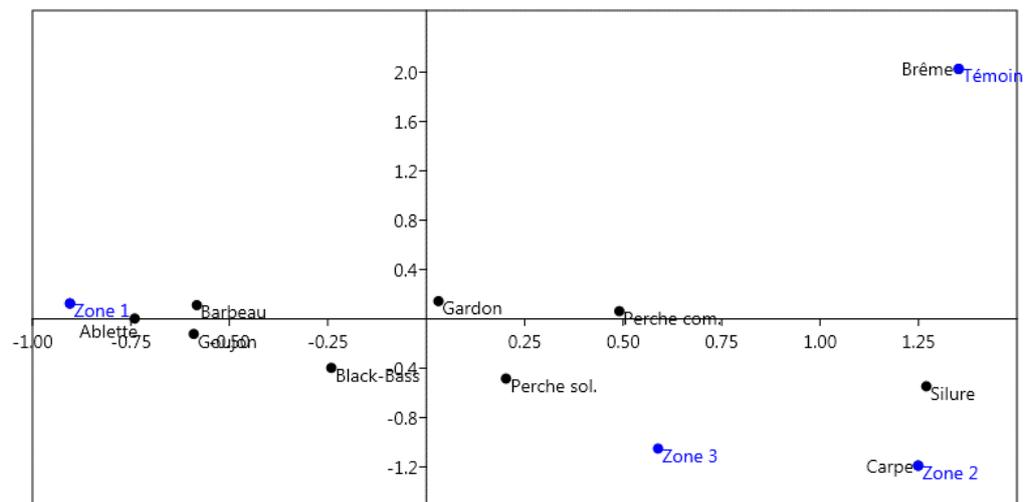
La zone témoin reste bien différente des zones équipées de récifs. Parmi ces derniers, la zone 1 tend à se démarquer des deux autres, en particulier en 2016. C'est la zone la moins profonde de l'étude.

Bien que certaines espèces semblent être liées à certaines zones en 2015 ou 2016, ces associations ne sont pas les mêmes d'une année sur l'autre. Aucun groupement d'espèces ne peut donc être associé aux différents récifs à la suite de ces 2 années.

2015



2016



2015-2016

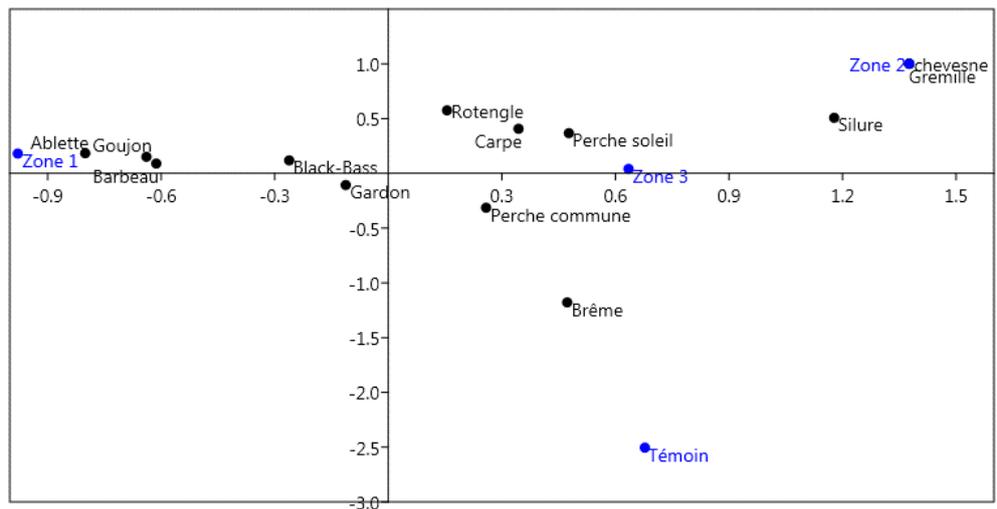


Figure 20 : Analyse des Correspondances des abondances des espèces de poissons sur les différentes zones d'implantation des récifs en 2015, 2016 et les 2 années cumulées. Pour les 3 analyses, les axes 1 et 2 expliquent respectivement 92.96, 85.86 et 90.74 % de la variance.

En conclusion, cette méthode d'imagerie s'est montrée efficace pour estimer la fréquentation des poissons sur les récifs. Ces derniers, quels qu'ils soient, ont une diversité et un nombre de poissons supérieurs à la zone sans récifs, dans ces conditions faibles de débit. Les récifs arbustifs et tubulaires semblent être les plus attractifs.

Pour confirmer ou infirmer les tendances observées, il serait intéressant de multiplier cette expérience avec des conditions de débit plus larges mais les contraintes techniques rendent cette tâche difficilement réalisable.

III.2 Plongées

Deux campagnes de plongées ont été effectuées sur site avant la mise en place des DCP afin de faire l'inventaire des populations piscicoles sur substrat homogène. La première, le 18 juillet 2013, a été réalisée avec un débit de 38,4 m³/s et une visibilité de 2 à 3 m ; la seconde, le 5 mai 2014, avec un débit de 94,70 m³/s et une visibilité de seulement 1 à 1,50 m (Figure 21). Aucun poisson n'a été observé lors de ces plongées témoins. Ce résultat est conforme à ce que nous avons observé en 2007 au même endroit lors de plongées réalisées hors du cadre de cette étude.

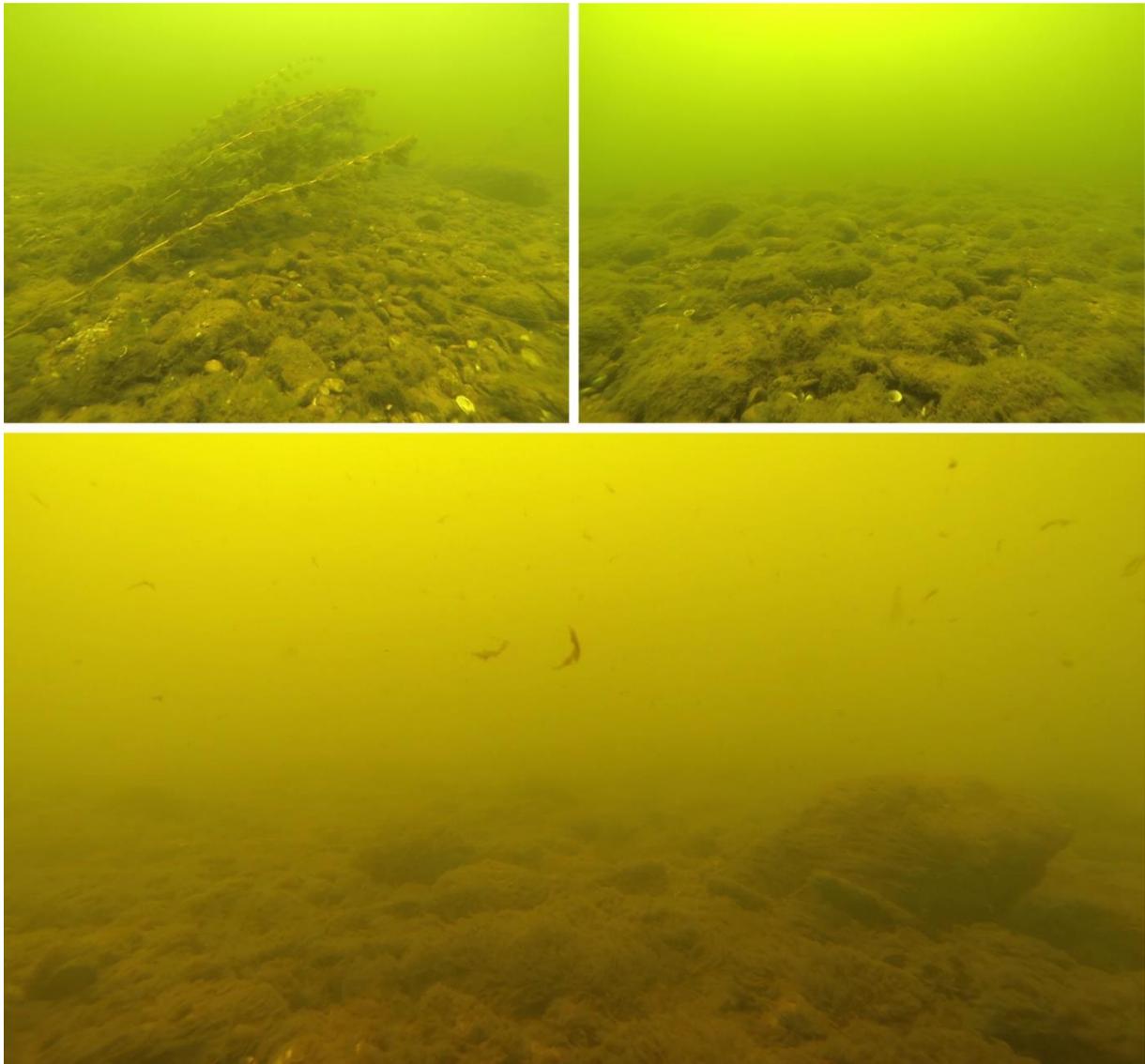


Figure 21 : Substrats (gravier, galets et macrophytes) présents sur le site avant la mise en place des DCP. Vues en condition de faible débit (18/07/2013) en haut, et de fort débit (5/05/2014) en bas.

Après l'installation des DCP, des plongées ont été réalisées le 9 septembre 2014 dans des conditions de faible débit ($54,60 \text{ m}^3/\text{s}$) et avec une visibilité d'environ 1,50 m permettant d'évaluer correctement leur colonisation. Les observations sont reportées ci-dessous.

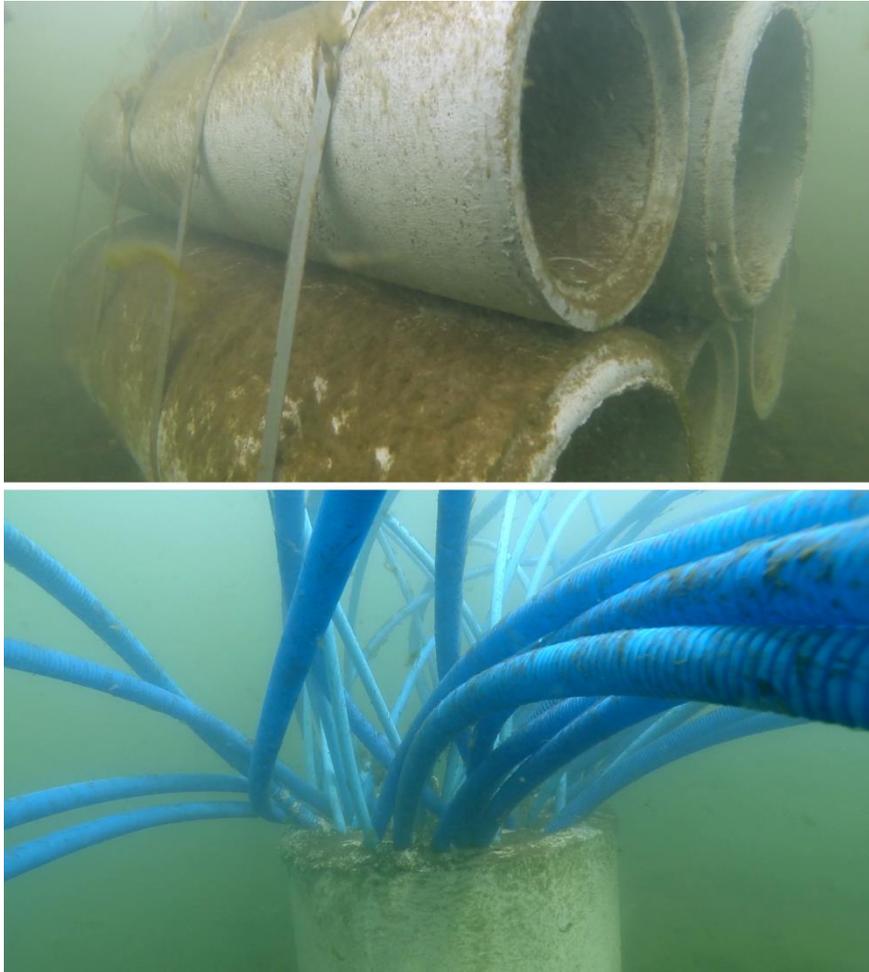


Figure 22 : Vue de structures tubulaires et arbustives une semaine après leur mise en place (13 mai 2013).

Synthèse par type de structures en 2014 : (présence de macrophytes en zone témoin)

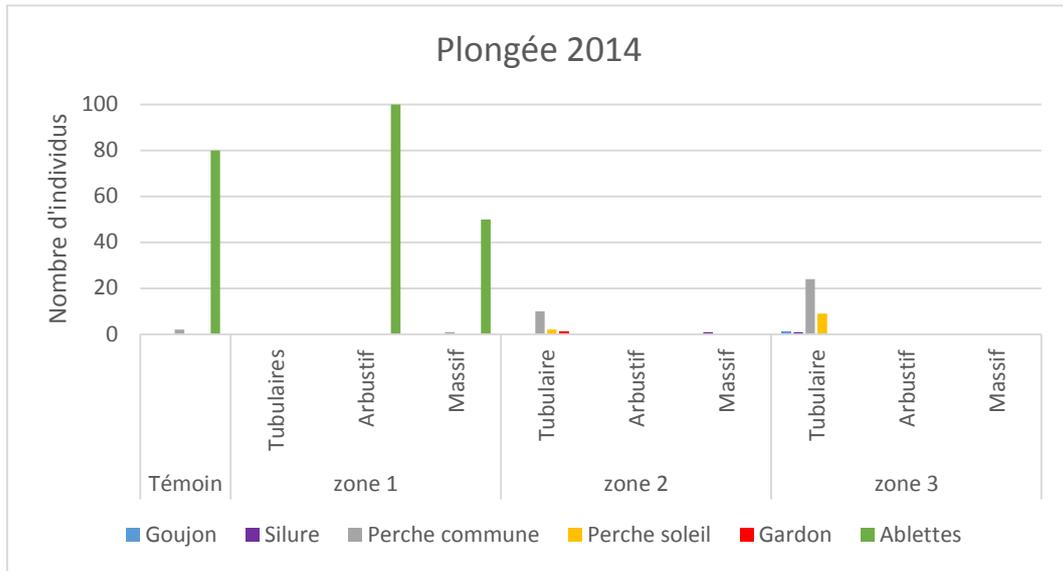


Figure 23 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2014.

Synthèse par type de structures en 2015 :

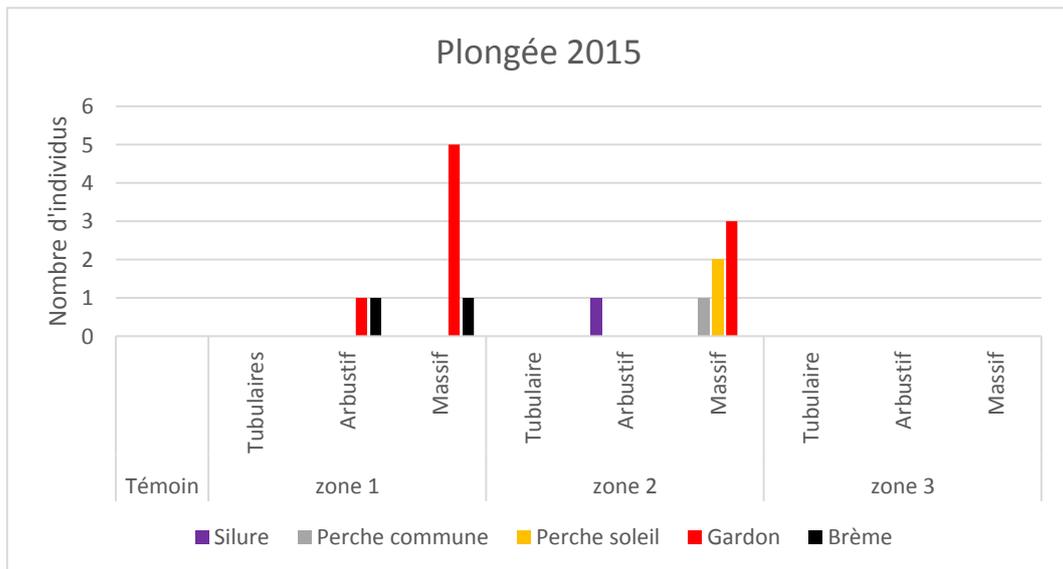


Figure 24 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2015.

Synthèse par type de structures en 2016 :

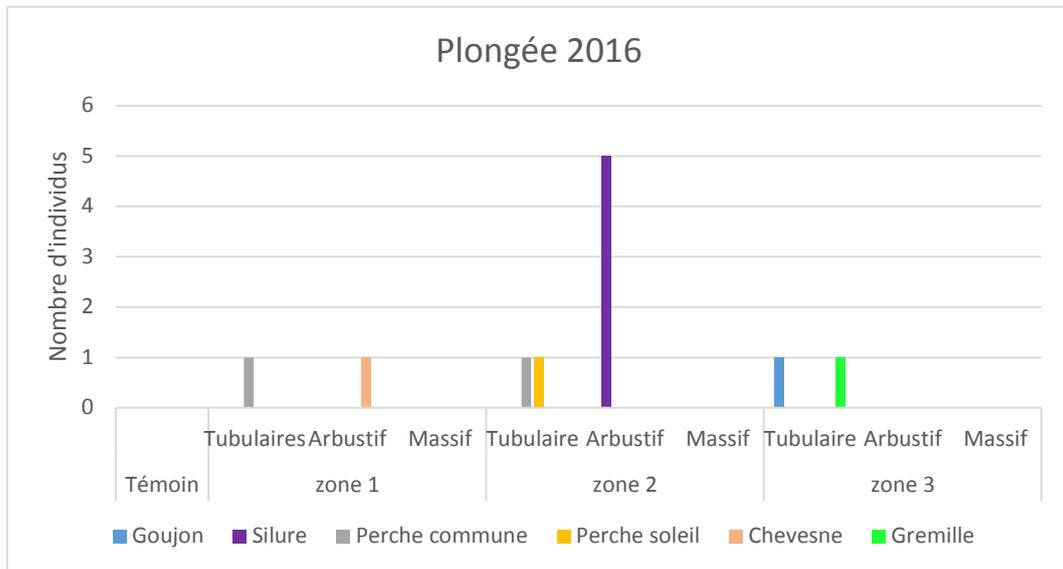


Figure 25 : Nombre total d'individus par type de récif – plongée juillet 2016.

Contrairement aux observations réalisées en 2014 où les macrophytes étaient assez développées notamment au niveau de la zone témoin, en 2015 et 2016 cette zone plus dégagée n'abrite pas d'individus et notamment les ablettes très abondantes la première année (Figures 23-25).

La taille des silures observés au niveau des récifs a évolué, de 25 à 50 cm au début de l'étude elle est se situe actuellement entre 50 et 80 cm. Le nombre d'individu est aussi en augmentation. Ces observations reflètent une colonisation du bief par l'espèce qui devrait aussi se traduire par une augmentation des captures par les pêcheurs à la ligne.



Figure 26 : Silure, perches communes et perche arc-en-ciel, près des structures.

Le suivi des plongées 2016 a eu lieu le 29 Juillet. Ces observations, même si elles sont seulement ponctuelles permettent aussi d'évaluer l'état global des récifs un peu plus de deux ans après leur mise en place. Plusieurs changements ont été observés :

- Sur les récifs arbustifs : sur la zone 1 un embâcle pris entre les trois récifs les a considérablement rapprochés les uns des autres ; sur la zone 2 plusieurs d'entre eux sont couchés sur le côté
- Sur les récifs massifs : plusieurs d'entre eux se sont couchés sur le côté, un s'est retourné, plusieurs ont perdu leur couvercle rendent la buse accessible aux poissons par le haut et un creusement du sol a été observé en aval des récifs rendant accessible les buses de puits par le fond.

Ces changements impactent la nature des abris offerts, particulièrement au niveau des récifs massifs.

III.3 Pêches électriques

Synthèse par type de structures en 2015 :

Nom scientifique des espèces en abscisses - Nombre total d'individus en ordonnées

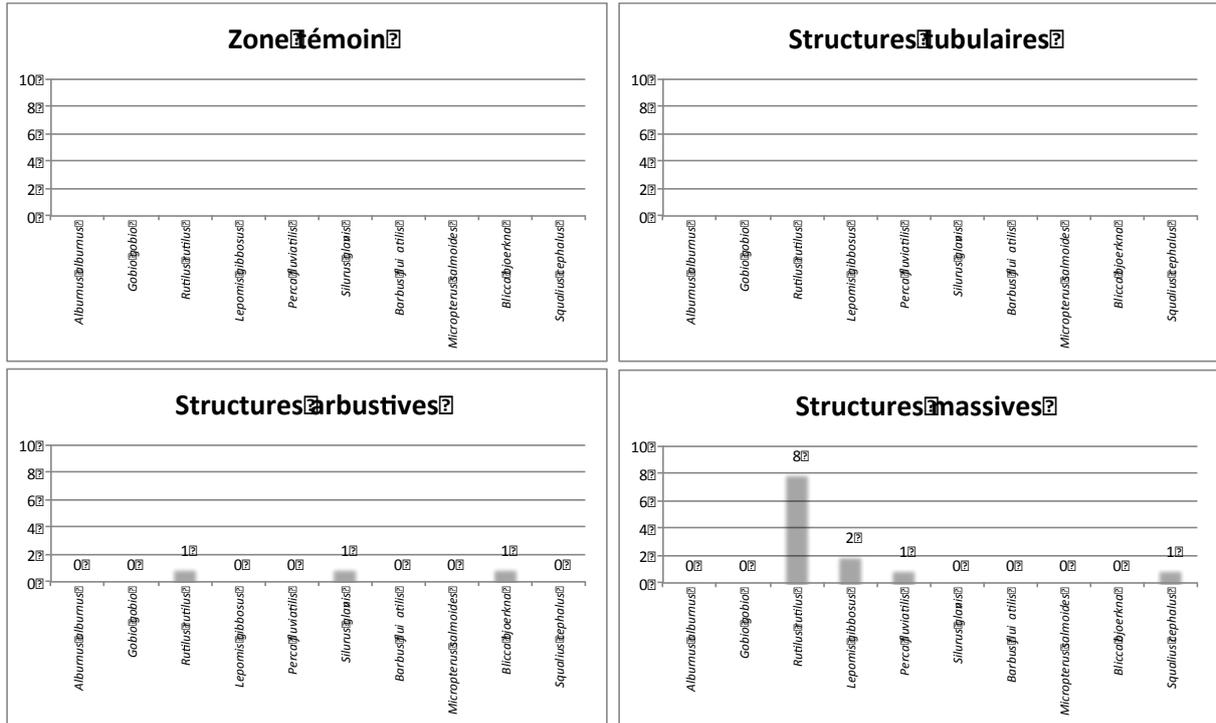


Figure 27 : Nombre total d'individus par type de récif – pêche de juillet 2015.

Les résultats obtenus par pêche électrique ne sont pas satisfaisants (Figure 27), même en utilisant un engin puissant (bateau de pêche électrique). La profondeur importante (jusqu'à 3m) reste un facteur limitant pour l'utilisation de cette technique.

IV - Synthèse :

Les récifs artificiels ont été rapidement colonisés par les poissons après leurs installations (quelques semaines). La plupart des espèces représentatives de ce tronçon du Lot fréquentent actuellement les structures immergées. Trois de ces espèces sont des prédateurs, la perche commune, le black-bass et le silure ; les autres espèces sont essentiellement des petits cyprinidés.

Trois méthodes d'échantillonnage ont été combinées au cours de l'étude : l'utilisation de caméras subaquatiques, les plongées et les pêches électriques. Aucune de ces méthodes n'est parfaite mais la combinaison des trois renforce les résultats. L'utilisation des caméras et de la plongée ne sont applicables qu'aux conditions de faible débit et de bonne visibilité. Ainsi les poissons peuvent être vus, mais en contrepartie, ils peuvent aussi voir le dispositif d'observation, ce qui peut occasionner un biais. Certaines espèces ou individus s'approchent rapidement des caméras ou des plongeurs par curiosité (certains ont été attirés par le voyant rouge des caméras) ; d'autres, plus peureux, fuient et ne sont pas comptabilisés. En plongée, alors que des poissons fuient le bruit des bulles expiratoires, d'autres s'approchent impassiblement ou poussés par la curiosité, ou profitent des plongeurs qui lèvent des particules et organismes benthiques avec leurs palmes.

Le nombre de poissons observés avec les caméras est bien supérieur à celui vu en plongée en scaphandre ouvert. Les observations indirectes avec les caméras représentent probablement la méthode d'estimation de l'effectif la plus réaliste des trois. L'usage de scaphandres autonomes à circuit fermé (recycleurs) pourrait probablement réduire cet écart d'estimation, grâce à l'absence de bulles rejetées dans l'eau.

Malgré ces défauts dont il faut tenir compte pour l'interprétation des données, l'utilisation de caméras et l'observation en plongées sont les techniques les plus efficaces pour estimer qualitativement et quantitativement la colonisation des différentes structures.

Même si les prélèvements par pêche électrique ont permis de collecter certaines espèces, ceux-ci ne permettent pas un échantillonnage fiable du point de vue quantitatif compte tenu des hauteurs d'eau.

Les récifs artificiels installés dans le Lot à Cahors ont tous montrés leur efficacité à concentrer les poissons. L'abondance et la diversité des poissons y sont toujours supérieures à celles des zones témoins, dépourvues de récifs. La distribution des espèces vues sur les différents types de structures est variable d'une année sur l'autre. Ainsi il n'est actuellement pas possible de statuer formellement sur l'attractivité relative des 3 types de structures testés. Cependant, les récifs arbustifs et tubulaires semblent être les plus favorables. Ce sont les modèles qui ont la plus grande complexité spatiale et qui peuvent ainsi fournir des abris les plus diversifiés. Les variations de débit, mêmes faibles, peuvent influencer la distribution des poissons au sein de ces récifs, les poissons recherchant en priorité une protection vis-à-vis du courant. Cette expérience n'a cependant été menée que dans une gamme réduite de valeurs de débit, pour des raisons techniques. Quel rôle peuvent jouer ces récifs dans le cadre de forts débits ?

Les individus ayant colonisé les structures immergées sont généralement de petite taille même si depuis cette année des silures de plus de 80 cm sont observés. Les dimensions et, la disposition (non agrégée) des structures expliquent probablement cette observation.

Alors que l'ensemble des observations confirme l'efficacité des récifs à accueillir des poissons, d'autres interrogations subsistent. Quelle est l'influence de la présence de ces récifs sur l'ensemble du bief ? Les récifs immergés sont-ils à l'origine d'un déplacement des poissons issus des autres zones du bief ou augmentent-ils la capacité d'accueil générale du bief et donc la densité de poissons ? Dans un milieu grand et ouvert il est à ce jour difficile de répondre à ces interrogations.

Les brochets du Lot : de la génétique à la gestion halieutique.

I - Contexte :

Plus gros poisson carnassier autochtone des eaux douces de France métropolitaine, le Brochet représente une espèce à forts intérêts patrimonial, écologique et halieutique. Néanmoins, les populations de brochet régressent en raison de la destruction ou de la dégradation physique de ses lieux d'habitats et de reproduction, de l'altération de l'hydrologie et des modifications de l'occupation des sols responsables de crues plus brèves et/ou de la déconnexion des annexes hydrauliques. La pollution, la surpêche ainsi que la présence de barrages empêchant sa libre circulation contribuent également à fragiliser l'espèce.

Des rempoissonnements de brochets sont souvent réalisés par les fédérations de pêche pour soutenir de faibles populations ou augmenter les effectifs pour la pêche récréative. A ce jour, la plupart des études ayant quantifié la rentabilité et les conséquences de ces interventions ont été menées en Amérique du Nord et principalement chez les salmonidés. Ceci est surprenant compte tenu des coûts financiers relatifs aux pratiques de rempoissonnements. Nous proposons de développer une approche unique afin de quantifier l'effet des rempoissonnements sur les populations de brochets.

II - Matériel et méthodes :

100 brochets ont été déversés dans le Lot en novembre 2013 dans le bief de Cahors. Avant que les poissons soient déversés, un fragment de nageoire annale a été découpé sur chaque individu. Ces échantillons de nageoire ont pour but de caractériser/identifier génétiquement chaque poisson. Ces poissons ont également été marqués grâce à des marques spaghetti. Une gestion sans lâchers et avec graciassions (ou No kill) a ensuite été mise en place sur le site.

Un microsatellite (ou séquence microsatellite) est une séquence d'ADN formée par une répétition continue de motifs de nucléotides (élément de base de l'ADN). La localisation de ces séquences dans le génome est caractéristique d'une espèce. La longueur de ces séquences (ou nombre de répétitions) varie selon l'espèce et d'un individu à l'autre. L'intérêt des microsatellites réside dans leur polymorphisme (ou variation du nombre d'unités de répétition constituant le microsatellite). Les caractéristiques génétiques d'un individu sont le produit des caractéristiques génétiques de ses parents et variations aléatoires (mutations) ayant lieu lors de la division cellulaire.

L'utilisation de 18 microsatellites permet d'identifier chaque individu, sans utiliser de marque externe. Nous souhaitons donc pouvoir répondre aux questions suivantes : Les poissons capturés ont-ils été lâchés précédemment ? Ces poissons proviennent-ils de parents issus de pisciculture ou de parents « sauvages » ?

III - Résultats :

Une quinzaine de poissons provenant de ce déversement ont été capturés et identifiés grâce aux marques spaghetti. Les captures de poissons marqués ont eu lieu dans les mois suivant le déversement pour devenir nulle en 2015. Le premier volet de l'« étude des carnassiers du Lot » a montré que le taux de perte de marque peut atteindre 70% après un an. Des poissons provenant du déversement de 2013 pourraient donc être présent sur le site mais ne plus porter de signe distinctif.

III.1 Analyses génétiques

Le tableau VIII a été produit à partir des logiciels Cervus et Fstat. Les différents paramètres de ce tableau nous permettent de montrer que les deux populations, « ligne » (sans marque) et lâchés (issus de pisciculture et avec marque) sont génétiquement différentes.

Tableau VIII : Statistiques descriptives

Loci	Fis		N allèles			Richesse allélique			HObs	HExp	Hobs	Hexp	Hobs	Hexp
	Ligne	Lâchés	Ligne	Lâchés	total	Ligne	Lâchés	total	Ligne	Lâchés	Total			
EL02	0,102	0,018	11	10	12	11	7,613	8,164	0,765	0,848	0,784	0,798	0,791	0,812
EL09	0,079	0,019	12	13	17	10,195	8,768	9,567	0,769	0,834	0,7	0,713	0,714	0,742
Eluc40	0,105	-0,041	14	14	17	11,915	8,742	10,087	0,769	0,857	0,857	0,823	0,839	0,841
Eluc03	0,058	0,121	9	11	12	7,694	6,006	7,032	0,731	0,775	0,52	0,592	0,565	0,655
EL27	0,025	0,007	6	6	7	5,538	5,653	5,754	0,769	0,789	0,73	0,735	0,738	0,767
EL05	-0,225	0,063	6	5	7	5,304	4,254	4,567	0,885	0,725	0,535	0,566	0,606	0,628
EL20	-0,001	0,018	24	20	28	19,719	14,391	16,325	0,96	0,96	0,9	0,916	0,912	0,93
EL21	0,058	0,109	8	5	8	7,427	3,6	4,768	0,731	0,775	0,584	0,65	0,614	0,695
EL17	-0,045	0,036	24	7	24	19,7	5,02	9,643	1	0,958	0,677	0,702	0,742	0,795
EluB38	-0,175	-0,03	6	6	12	5,304	3,23	6,29	0,846	0,722	0,212	0,206	0,334	0,491
Total	0,002	0,032												

- Richesse ou diversité allélique

Elle est calculée en divisant le nombre total d'allèles par le nombre de loci. La richesse allélique est nettement plus importante pour les brochets « ligne ».

- HObs et HExp

Il s'agit du taux d'hétérozygotie (hétérozygote = plusieurs allèles sur un même gène). Il représente la variabilité génétique d'une population. HObs est la variabilité observée ; HExp est celle théorique. Plus l'observé est inférieur au théorique et moins il y a de brassage génétique. Dans le cas de notre étude, pour les poissons issus de lâchers le Hobs de 8 des 10 loci étudiés est inférieur au HExp. Cette proportion est de 6/10 pour les brochets sans marque. Le brassage génétique est donc plus important chez les brochets « ligne » (sans marque).

- Fis

Il s'agit de l'indice de fixation de Wright aussi appelé coefficient de consanguinité, il est calculé à partir de la formule suivante :

$$1 - \frac{Hobs}{Hexp}$$

Il représente la différenciation des individus au sein d'une même population. Si il est inférieur à 1 l'hétérozygotie est excédentaire (il peut être négatif), si il est égal à 1, il y a autofécondation et si il est nul, la population est à l'équilibre. Dans le cas de notre étude on remarque un Fis de la population de brochets « ligne » nettement inférieur à ceux introduits dans le milieu.

- Brochets issus de pisciculture et « ligne » (sans marque) sont génétiquement différents.
- Richesse allélique et brassage génétique, plus importants pour les brochets « ligne »

La figure 28 représente l'analyse factorielle des correspondances, elle est basée sur l'analyse des 10 microsatellites ne présentant pas d'allèles nuls. Chaque individu est représenté par un score pour les différentes variables pondéré par plusieurs facteurs. Il a été réalisé grâce au logiciel génétix. Il montre bien que les deux populations sont différentes. Cependant certains individus sans marque (en jaune) semblent proches génétiquement des brochets issus de pisciculture (en bleu).

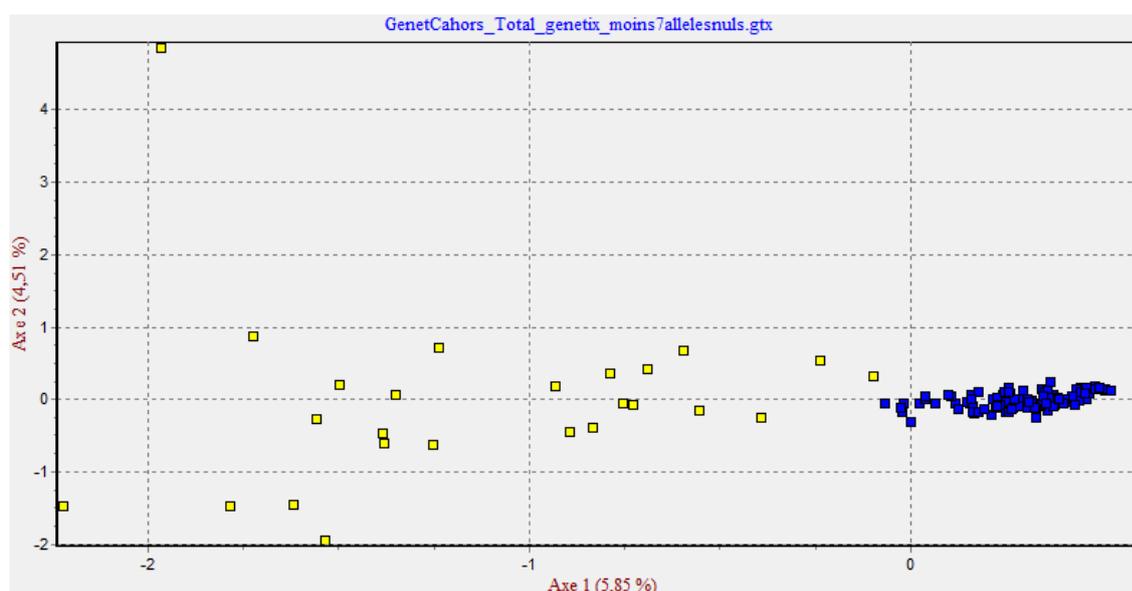


Figure 28 : Analyse factorielle des correspondances basée sur l'analyse génétique de chaque individu.

Les tests de parenté ont été réalisés grâce au logiciel Cervus. Deux types de tests de parenté ont été effectués : en prenant pour parents potentiels seulement les brochets issus de pisciculture puis, en prenant tous les brochets (sans marque et issus de pisciculture) comme parents potentiels.

Les tests de parentés sont effectués de deux façons à l'aide du logiciel Cervus : à attribuer un individu comme parent potentiel (single parent) et à attribuer le couple de géniteur le plus probable (parent pair).

- Parents potentiels : issus de pisciculture

Pour réaliser les tests de parenté le stock de parents candidats doit être connu. Deux hypothèses ont été formulées.

La première hypothèse est la suivante : après la date de la dernière capture de brochets marqués, il n'y a plus de brochets issus de pisciculture ; cela implique que le pourcentage de parents potentiels correspond au nombre de brochets marqués et capturés divisé par le nombre total de poissons capturés à la date de dernière capture du poisson avec marque.

La deuxième hypothèse est la suivante : après la date de la dernière capture de brochets marqués, ils continuent à être présents dans le milieu ; cela implique que le pourcentage de parents potentiels correspond au nombre de brochets marqués et capturés divisé par le nombre total de poisson capturé pendant la durée de l'étude.

Pour les deux hypothèses posées, les résultats sont les mêmes ; il ne semble pas y avoir de lien entre les poissons capturés sans marque et ceux issus de pisciculture.

Ce qui signifie que les poissons lâchés (issus de pisciculture) n'ont pas participé à la production de poissons sans marque.

- Parents potentiels : tous les brochets capturés

Il ressort de ce test contrairement au précédent qu'il existe un lien entre certains poissons. Celui-ci indique que 5 poissons sans marques pourraient avoir participé à la reproduction.

- **Les brochets sans marques sont des poissons « sauvages », natifs du Lot**
- **Les brochets issus de pisciculture n'ont pas participé à la reproduction**
- **Les brochets « sauvages » pourraient avoir participé à la reproduction**
- **Il n'y a pas d'impact mesurable des brochets issus de pisciculture sur les brochets « sauvages »**

Les résultats sont cependant limités par :

- le faible nombre de poissons capturés (notamment aucun juvénile, même lors des pêches électriques).
- l'absence de connaissance des caractéristiques génétiques des poissons « sauvages ».
- l'absence d'estimation de la taille de la population de brochets présente sur le site.

III.2 Analyses des captures par pêches à la ligne et par pêches électriques

Nous pouvons remarquer que les captures sont de plus en plus rares et leur nombre reste faible. La collecte des échantillons est réalisée par des pêcheurs amateurs à la ligne bénévoles. Cette stratégie est très pertinente pour ce type de milieu et pour le modèle biologique étudié mais elle présente une faiblesse quant à l'effort de pêche (quantité et répétabilité). L'effort d'échantillonnage est bien réparti tout au long de l'année mais la collecte de données est dépendante d'un très petit nombre de personnes. La satisfaction des pêcheurs dépend bien souvent du nombre et de la taille des poissons capturés. Il semble que le nombre de captures réalisées sur le bief de Cahors ait nettement diminué depuis l'arrêt des déversements. Ceci pourrait provenir d'une diminution des effectifs de brochets mais aussi même si c'est moins probable d'une moindre motivation des pêcheurs à se rendre sur le secteur concerné : le nombre de capture diminuant alors en raison de la diminution de l'effort de pêche.

Afin de compléter ces prélèvements, nous avons réalisé des échantillonnages à l'aide d'un bateau de pêche électrique permettant de capturer cette espèce là où les niveaux d'eau rencontrés sur ce tronçon du Lot ne permettraient pas de captures par pêche électrique « classique ». Cette méthode a été validée par ailleurs sur des milieux fermés.

Ainsi 3 campagnes de pêches ont été effectuées sur ce tronçon de Cahors. Aucun brochet n'a été vu ou capturé. A titre de comparaison une campagne réalisée sur le bief juste en amont de celui de Cahors a permis de mettre en évidence 4 individus en moins de 2 heures de pêche. Ces résultats viennent donc conforter les observations réalisées par les pêcheurs à la ligne.

Le nombre de brochets sur le bief de Cahors est faible et semble diminuer fortement depuis les arrêts d'alevinage. Une présence bien plus importante de brochets (pêche à la ligne et pêches électriques) sur le bief en amont est observée alors que les alevinages ont également été arrêtés pour cette étude. Ces différences sont certainement dues à (i) une différence très marquée d'habitat entre les deux zones, la partie amont possédant une diversité et une densité de caches bien plus importantes, (ii) une pression de pêche moins importante sur la zone amont même si celle-ci n'est pas en mode de gestion « no-kill ». Ce dernier point est important à souligner, l'habitat semblant donc prépondérant vis à vis des différents modes de gestion halieutique.

IV - Synthèse :

L'expérience réalisée en novembre 2013 dans le secteur de Cahors a consisté à déverser 100 brochets marqués et identifiés génétiquement issus de pisciculture, à classer le tronçon de rivière concerné en mode de gestion de type « no-kill » ou grâciation et à y suspendre les déversements de brochets. Les objectifs étaient de savoir si (i) les poissons capturés sont issus du déversement en question et sinon, si (ii) les poissons capturés proviennent de parents issus de pisciculture ou de parents « sauvages » ?

15 poissons marqués ont été recapturés dans les premiers mois et aucun à partir de 2015. Parmi les 26 autres poissons recapturés, susceptibles d'avoir perdu leur marque, aucun n'était issu du déversement ni apparentés à des poissons déversés. Le déversement a un effet à court terme sur la capture des individus et ne semble pas/peu contribuer au recrutement naturel dans le Lot, même en mode de gestion « no kill ».

Le nombre de brochets sur le bief de Cahors est faible et semble diminuer fortement depuis les arrêts de déversement. Une présence bien plus importante de brochets (pêche à la ligne et pêches électriques) sur le bief en amont est observée alors que les alevinages ont également été arrêtés dans le cadre de cette étude. Ces différences sont certainement dues à (i) une différence très marquée d'habitat entre les deux zones, la partie amont possédant une diversité et une densité de caches bien plus importantes, (ii) une pression de pêche moins importante sur la zone amont même si celle-ci n'est pas en mode de gestion « no-kill ». Ce dernier point est important, il met en évidence que l'habitat semble donc prépondérant par rapport au mode de gestion halieutique.

V - Références :

- Baine, M. (2001). Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance, *Ocean Coast. Manage.* 44, 241-259.
- Bolding, B., Bonar, S., & Divens, M. (2004). Use of Artificial Structure to Enhance Angler Benefits in Lakes, Ponds, and Reservoirs: A Literature Review. *Reviews in Fisheries Science*, 12, 75–96.
- Freitas, C. E. C., Petrere, M., & Barrella, W. (2005). Natural and artificially-induced habitat complexity and freshwater fish species composition. *Fisheries Management and Ecology*, 12(1), 63–67.
- Ghulam Kibria, M., & Ahmed, K. K. U. (2005). Diversity of Selective and Non-Selective Fishing Gear and their Impact on Inland Fisheries in Bangladesh. *NAGA, WorldFish Center Newsletter*, 1 & 2(1), 43–48.
- Ibrahim, S., Ambak, M. A., Shamsudin, L., & Samsudin, M. Z. (1996). Importance of fish aggregating devices (FADs) as substrates for food organisms of fish. *Fisheries Research*, 27, 265–273.
- Ibrahim, S., Matusin, J., & Hajisamae, S. (2000). Natural and combination fish aggregating devices (FADs) as tools for fish aggregation in Lake Kenyir, Terengganu, Malaysia. *ASEAN Journal on Science and Technology for Development*, 17(2), 39–49.
- Ibrahim, S., Kawamura, G., & Ambak, M. A. (1990). Effective range of traditional Malaysian FAD as determined by fish-releasing method. *Fisheries Research*, 9(4), 299–306.

Annexe 1 : Batymétrie du secteur d'étude

