

JUIN 2016



*Evaluation de la phase juvénile
de la lamproie marine
(Petromyzon marinus) sur le
bassin de la Vienne*

Rapport ammocètes bassin de la Vienne 2014-2015

**Pierre PORTAFAIX, Angéline SENECAI, Aurore
BAISEZ**

**Et la participation de : Thomas CLOASTRE et Juliette
KORDEK**

Remerciements pour leur contribution :

Association MIGADO (Isabelle CAUT et Sébastien GRACIA)

FDPPMA de la Vienne, ONEMA DiR 4 Site Poitiers



Association LOGRAMI

Antenne Vienne

112 Faubourg de la Cueilie Mirebalaise

86000 Poitiers

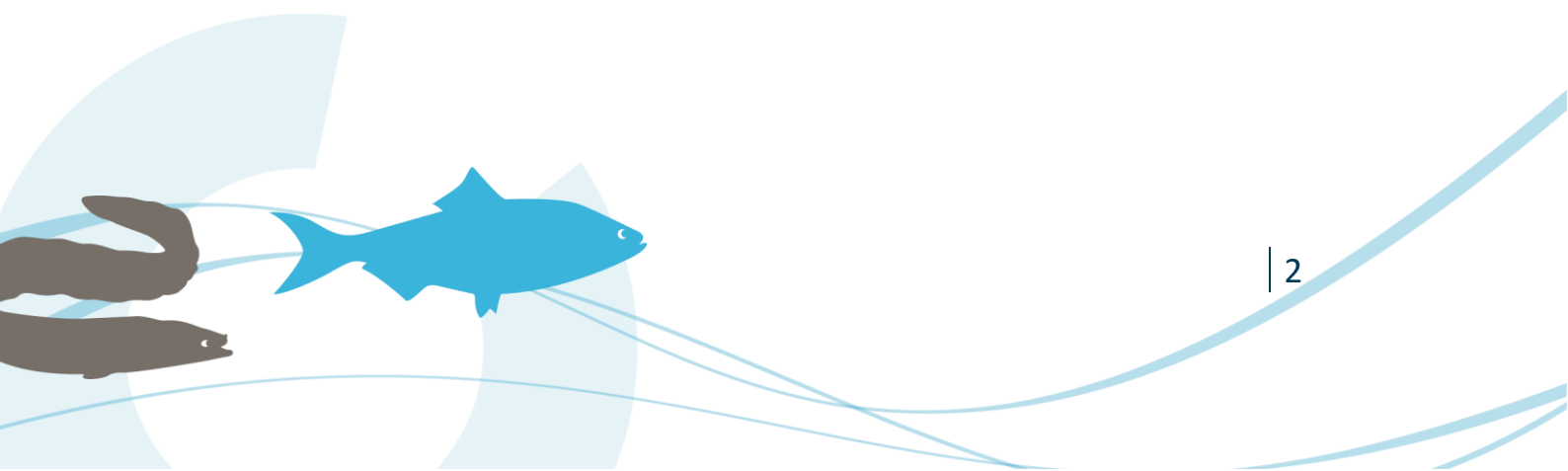
logrami.vienne@logrami.fr

Citation

Pierre PORTAFAIX, Angéline SENECAI, Aurore BAISEZ, 2015. Evaluation de la phase juvénile de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur le bassin de la Vienne. Rapport ammocètes bassin de la Vienne, Association LOGRAMI, 27p.

SOMMAIRE

1. Introduction	4
2. Contexte	5
3. Objectifs et localisation de l'étude	8
3.1. Objectifs	8
3.2. Localisation de l'étude	10
4. Biologie de la lamproie marine	11
4.1. Cycle de vie	11
4.2. La phase juvénile	12
4.3. Les habitats des ammocètes	13
5. Matériel et Méthodes	14
5.1. Choix des sites échantillonnés	14
5.2. Échantillonnage	15
5.3. Biométrie	16
6. Résultats	17
6.1. Caractérisation des habitats	17
6.2. Conditions de pêche	19
6.3. Biométrie des ammocètes	19
7. Conclusion	25
8. Documents cités	26



LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Hydroécorégions sur le bassin de la Vienne (Source : CEMAGREF).....	5
Figure 2 : Evolution du front de colonisation de la lamproie marine sur le bassin de la Vienne.....	6
Figure 3 : Effectifs de lamproie marine comptabilisés (géniteurs migrants) aux stations de suivi du bassin de la Loire, en moyenne de 2004 à 2015.....	7
Figure 4 : Cours d'eau étudiés dans le cadre de l'étude de la phase juvénile de lamproie marine sur le bassin de la Vienne en 2014 et 2015	10
Figure 5 : Cycle biologique de la lamproie marine (Sources LOGRAMI/SAULE P., Photos : BACH J.M.-LOGRAMI, TAVERNY C.).....	11
Figure 6 : Zone de grossissement à ammocètes -substrat sableux avec débris végétaux- sur la Vienne à Port-de-Piles (à gauche) et tri des ammocètes dans des débris organiques (à droite).....	13
Figure 7 : Classification des habitats larvaires selon Slade et al. (2003) (Taverny et all., 2005).....	14
Figure 8 : Classification des méso-habitats (Taverny et all., 2005)	14
Figure 9 : Illustrations d'une pêche électrique à Antran sur la Vienne en 2014.....	15
Figure 10 : Critères d'identification des genres <i>Petromyzon</i> (à Gauche) et <i>Lampetra</i> (à Droite) (illustration : Keith Mutch, Gardiner, 2003)	16
Figure 11 : Carte de répartition des habitats échantillonnés en 2014 et 2015.....	17
Figure 12 : Diversification des caractéristiques de faciès et d'ambiances des habitats étudiés en 2014 (n=16)	18
Figure 13 : Diversification des caractéristiques du substrat des habitats étudiés en 2014 (n=16).....	18
Figure 14 : Illustration de la différenciation <i>Lampetra</i> (haut) <i>Petromyzon</i> (bas) par la pigmentation de la caudale	19
Figure 15 : Photo d'une ammocète métamorphosée	20
Figure 16 : Densité d'ammocètes échantillonnées sur chaque station en 2014.....	20
Figure 17 : Densité d'ammocètes échantillonnées sur chaque station en 2015.....	21
Figure 18 : Distribution par classes de taille des larves de lamproies marines échantillonnées en 2014 (n=279) et en 2015 (n=139)	22
Figure 19 : Décomposition de la distribution de classes de tailles des ammocètes échantillonnées en 2014 en haut (n=279) et en 2015 en bas (n=139) suivant la méthode de Bhattacharya (1967) (n=279) (Sources : LOGRAMI et FiSATII).....	23
Figure 20 : Relation taille – poids des larves de lamproies marines échantillonnées en 2014 (n=261)	24

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage par rivière et type d'habitats en 2014 (Sources : LOGRAMI).....	21
Tableau 2 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage par rivière et type d'habitats en 2014 (Sources : LOGRAMI).....	22
Tableau 3 : Nombre d'ammocètes échantillonnées par année de naissance (estimation par la méthode de Bhattacharya (1967)) (Sources : LOGRAMI et FiSATII)	23



1. Introduction

Depuis la réouverture du bassin de la Vienne, suite à l'arasement du barrage de Maisons-Rouges, la lamproie marine a recolonisé ce bassin au point d'être actuellement une des plus grandes populations européennes. Actuellement, les données de suivi de la lamproie marine sur le bassin de la Vienne proviennent des stations de contrôle et des suivis de la reproduction. Globalement peu connue, la phase juvénile de la lamproie marine n'y était jusqu'ici pas étudiée.

Afin de relier les connaissances sur les géniteurs et sur la reproduction à la production de juvéniles, LOGRAMI a mis en place une évaluation de la phase juvénile de la lamproie marine sur le bassin de la Vienne. Cette action a été soutenue par la Fondation LISEA Biodiversité dans le cadre de son second appel à projets.

Cette étude, menée sur deux années, vise à améliorer les connaissances sur les juvéniles de lamproies et leurs habitats. Pour répondre à cet objectif, un échantillonnage par pêche électrique a été réalisé sur des habitats favorables, durant les périodes automnales 2014 et 2015. L'analyse des données biométriques devrait permettre de définir la structure démographique de la population du bassin et de contrôler la présence de juvéniles de l'année. Cette étude devra par la suite être pérennisée pour mieux comprendre la dynamique de l'espèce.



2. Contexte

Avec 21 000 km², le bassin de la Vienne représente 1/5^e de la surface du bassin de la Loire. Il est caractérisé par un réseau hydrographique dense et diversifié d'environ 17 000 km de cours d'eau. Sa diversité provient notamment d'une géologie marquée par une différence nord-sud. Au sud, on trouve essentiellement un socle cristallin (micaschistes, gneiss et granites) alors que la partie nord du bassin est dominée par les formations sédimentaires. Les hydroécorégions basées sur les éléments primaires déterminant le fonctionnement écologique des cours d'eau (géologie, relief, climat) expliquent la richesse et la diversité du réseau hydrographique du bassin de la Vienne (Figure 1).

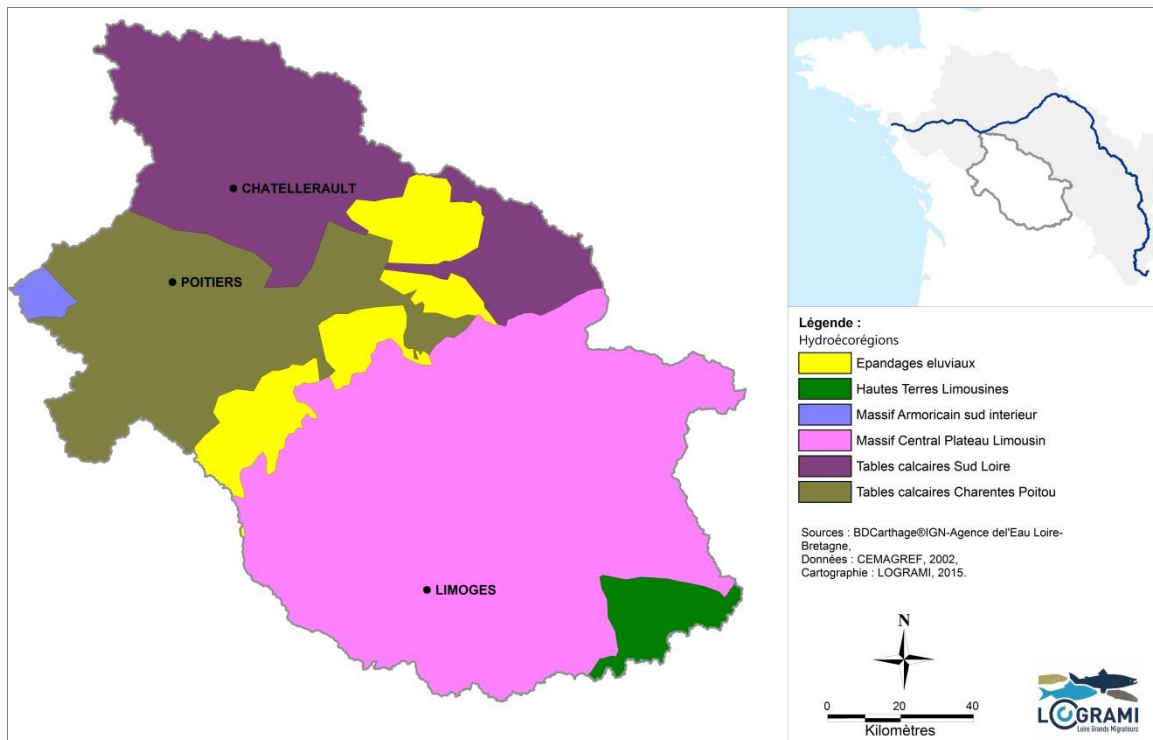


Figure 1 : Hydroécorégions sur le bassin de la Vienne (Source : CEMAGREF).

Ces caractéristiques naturelles confèrent au bassin de la Vienne une forte vocation piscicole avec d'importantes potentialités d'accueil des poissons migrateurs. Ces potentialités sont confirmées par les données historiques de présence et d'abondance de poissons migrateurs, avant l'édification des grands barrages hydroélectriques au début du 20^e siècle (BACHELIER, 1964).

Dans le cadre du premier Plan Loire Grandeur Nature (1994-1999), l'arasement du barrage hydroélectrique de Maisons-Rouges a été décidé. Situé à l'entrée du bassin, il interdisait l'accès de l'ensemble du bassin aux poissons migrateurs. Réalisé en 1998, cet arasement a permis le retour rapide des poissons migrateurs dont la lamproie marine.

Depuis, le suivi des retours des poissons migrateurs est réalisé dans le cadre du Plan de Gestion des Poissons Migrateurs et du plan Loire. Concernant la lamproie marine, le suivi de la reproduction est annuellement réalisé par l'observation voire le comptage de nids sur les zones de frayères potentielles. Ce suivi permet notamment d'établir les fronts de colonisation et leur évolution éventuelle.

Dès 1999, la lamproie a pu recoloniser ses zones de frayères situées en amont de Maisons-Rouges :

- Jusqu'à l'ouvrage infranchissable de La Roche-Bât-l'Aigue sur la Creuse,
- Jusqu'en Haute-Vienne sur la Gartempe,
- Jusqu'à l'ouvrage de Châtelleraut sur la Vienne.

Les aménagements successifs de dispositifs de franchissement piscicoles ont ensuite permis des gains notoires de linéaire notamment sur l'axe Vienne avec l'aménagement de Châtelleraut en 2004 (+17 km), l'équipement des seuils de Bonneuil et Saint Mars en 2009 (+40 km). Ainsi en 2010-2011, l'évolution positive de la colonisation a été validée avec des fronts établis à Valdivienne et Civaux, soit environ 30 km en amont de Bonneuil. En 2012, l'aménagement de dispositifs de franchissement à Gouex/Villars a permis l'ouverture de 15 km supplémentaires potentiellement colonisables par la lamproie marine jusqu'à Chardes. La dernière évolution du front de colonisation validée date de l'été 2015 puisque des nids ont été observés à Gouex, 12 km en amont du précédent front validé en 2013. Ainsi en 14 ans, ce territoire a vu une ouverture de 98 km sur l'axe Vienne pour la lamproie marine, dont environ 82 km pour lesquels la recolonisation est avérée (Figure 2).

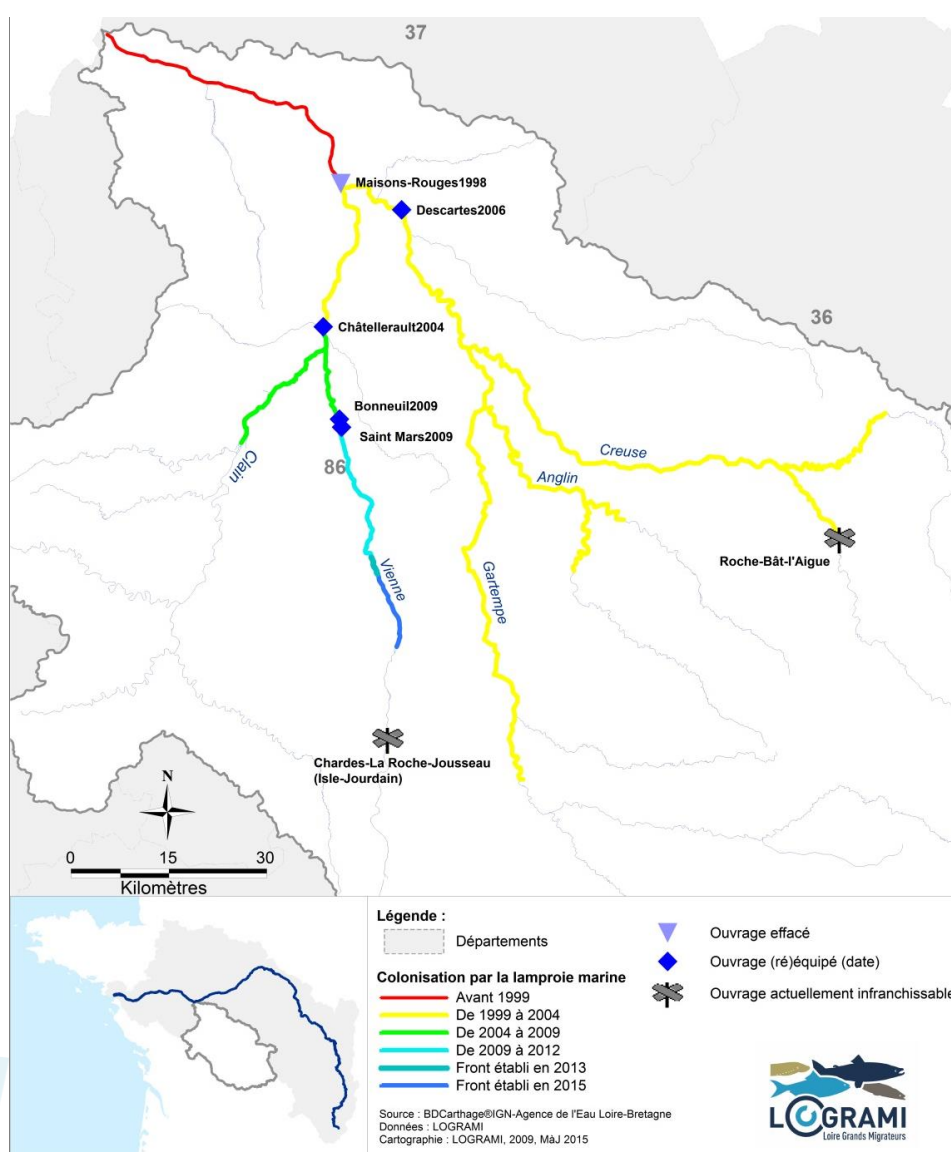


Figure 2 : Evolution du front de colonisation de la lamproie marine sur le bassin de la Vienne

Depuis la réouverture du bassin, les effectifs de lamproie marine constatés grâce aux deux stations de comptage suivies par LOGRAMI et situées respectivement à l'entrée des axes Vienne et Creuse sont conséquents (Figure 3). En effet, depuis 2007 -début des comptages à Descartes sur la Creuse- l'effectif total comptabilisé à l'entrée des deux axes Vienne et Creuse s'élève en moyenne à 46 800 individus. Le plus fort effectif a été observé en 2007 avec un total d'environ 92 900 individus. Ces chiffres font de la population de lamproie marine du bassin de la Vienne une des plus importantes actuellement en Europe.

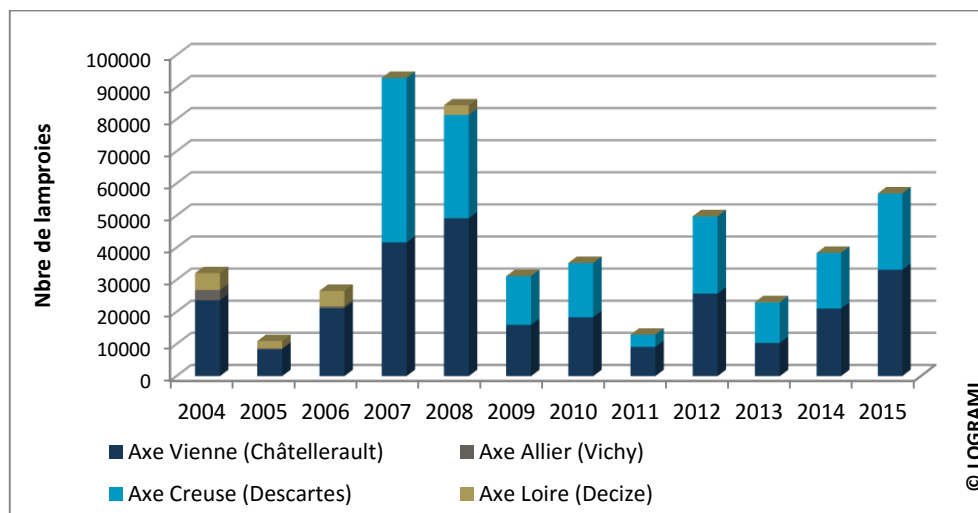
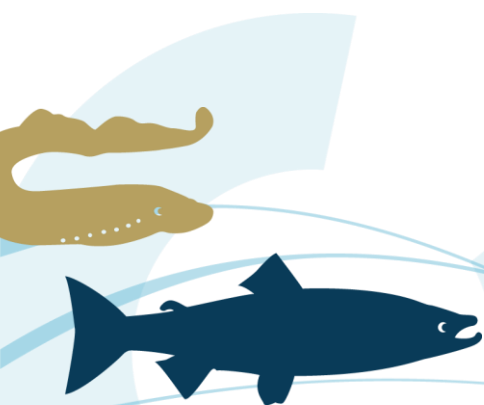


Figure 3 : Effectifs de lamproie marine comptabilisés (géniteurs migrants) aux stations de suivi du bassin de la Loire, en moyenne de 2004 à 2015

Ces suivis portés par LOGRAMI montrent que le secteur de répartition privilégié de la lamproie marine est le bassin de la Vienne (Figure 3). L'affinité de cette espèce avec ce bassin peut notamment s'expliquer par la proximité avec les zones d'engraissement marines. Les lamproies marines semblent donc suivre une répartition géographique orientée.



3. Objectifs et localisation de l'étude

3.1. Objectifs

Sur le bassin de la Vienne, conformément aux mesures du PLAGEPOMI 2009-2013, la connaissance et l'aide à la gestion de la population de la lamproie marine sont actuellement assurés grâce :

- au comptage annuel des adultes migrants avant la période de reproduction au niveau des deux stations de comptage situées à l'entrée de l'axe Vienne (Châtellerault) et de l'axe Creuse (Descartes),
- au suivi annuel de la reproduction par la prospection de terrain des frayères potentielles afin de valider leur fréquentation par les géniteurs et d'établir le front de colonisation actuel sur chacun des axes (Vienne, Creuse et leurs affluents colonisés), lorsque les conditions hydrologiques le permettent.

Outre le nombre de géniteurs de retour, les données des stations de comptage apportent des informations précieuses sur la population. Des traitements annuels permettent notamment d'étudier les migrations (temporalité) et les individus (tailles). Des analyses interannuelles sont réalisées afin de caractériser la migration de l'année. Les données de migrations sont notamment analysées au regard des différents paramètres environnementaux (température de l'eau, débit).

En complément, la cartographie des zones potentielles de reproduction est régulièrement mise à jour, soit ponctuellement lors des suivis de la reproduction, soit sur un linéaire plus conséquent au cours d'une étude spécifique. Ce fut le cas sur la Creuse aval et la Vienne aval en 2011 (GUERIT, 2011). Ces mises à jour permettent de vérifier que les caractéristiques des zones cartographiées sont toujours favorables à la reproduction et, le cas échéant, de faire évoluer la cartographie de ces zones.

Malgré tout, ces deux volets ne suffisent pas à caractériser la population de lamproie marine ni à établir si le niveau actuel de la population est en rapport avec les potentialités d'accueil du bassin.

Le suivi de la reproduction permettant d'établir la fréquentation des frayères potentielles cartographiées est soumis à de multiples contraintes en particulier météorologiques et hydrologiques :

- Niveaux d'eau trop importants pendant la période de reproduction et/ou dans les semaines qui suivent ne permettant pas la visibilité des nids,
- Effacement partiel des nids de ponte après des niveaux d'eau élevés (déstructuration des nids, colmatage par les matières en suspension...),
- Présence de plus en plus importante de macrophytes sur les zones de frayères recouvrant et empêchant l'observation de nids.

Ainsi, les fenêtres favorables au suivi de la reproduction sont souvent assez faibles et ne permettent pas de réaliser un suivi complet des 389 zones identifiées sur les axes colonisables du bassin, obligeant à réaliser un choix en termes de suivi. Celui-ci se porte en général sur le front de colonisation des différents axes permettant de caractériser l'évolution de la colonisation des cours

d'eau par l'espèce en fonction du nombre de migrants, de l'hydrologie et de la franchissabilité des ouvrages présents ;

Afin de caractériser la population du bassin de la Vienne, il est essentiel de connaître la phase larvaire jusqu'ici totalement méconnue sur le bassin, et en particulier être capable de :

- cartographier les habitats favorables aux ammocètes disponibles,
- s'assurer du bon état du recrutement annuel (à mettre en relation avec les nids de ponte recensés lors des suivis de reproduction),
- connaître l'état de la population par sa structure.

Pour cela, le suivi d'un nombre identifié de zones favorables aux ammocètes sur le bassin a pour objectifs de :

- caractériser les différents types d'habitats (substrats) colonisés par les ammocètes aux différents stades,
- vérifier la présence annuelle d'individus 0+,
- établir la distribution des différentes cohortes.

Les résultats attendus du projet sont la caractérisation sur deux années de la composition en âge et structure de taille de la population de lamproie marine au stade larvaire sur les principaux axes colonisés actuellement ainsi que la caractérisation des habitats propices aux différents stades (LOGRAMI, 2014).

La caractérisation du recrutement annuel et de la structure de la population devrait permettre de déceler d'éventuelles perturbations dans la réussite de la reproduction et/ou le développement larvaire.

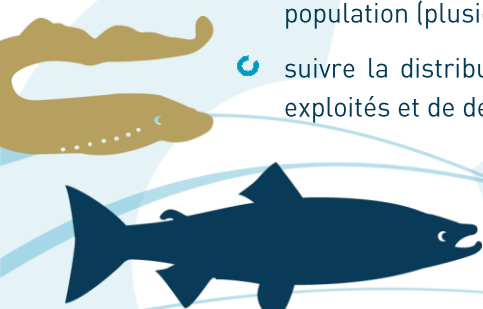
Enfin, les travaux effectués durant les deux années du projet a pour but d'établir un suivi de la phase ammocète sur le bassin de la Vienne qui pourra être poursuivi les années suivantes. Ce suivi participera à compléter les données sur la population de lamproie marine et à enrichir les indicateurs de suivi permettant d'alerter les gestionnaires sur l'état des populations. En effet, actuellement les suivis permettent de connaître le nombre de géniteurs potentiels remontant mais pas le nombre de juvéniles produits par ces géniteurs. Or, cette information est primordiale pour connaître l'état de la population et anticiper d'éventuels déficits dans le recrutement en adaptant la gestion de l'espèce au niveau du bassin Loire (pêcheur).

La caractérisation des habitats d'ammocètes devrait fournir les données nécessaires à la réalisation, à terme, d'une cartographie des zones les plus sensibles et susceptibles de pouvoir bénéficier de mesures de protection et au minimum de suivis interannuels.

Des sites de références pourraient être déterminés et leurs échantillonnages réguliers permettront de dresser un bilan du succès reproducteur.

Au final, la mise en place d'une veille des habitats sur le grossissement des ammocètes serait à mettre en place chaque année afin de :

- s'assurer du bon état du recrutement par la présence des ammocètes de l'année (0+),
- s'assurer du bon état de la population par le suivi de la structure démographique de la population (plusieurs cohortes),
- suivre la distribution des ammocètes afin de compléter les connaissances sur les habitats exploités et de déceler un éventuel déclin (CAUT I. et GRACIA S., 2014),



- suivre les habitats spécifiques des ammocètes et déterminer des mesures de gestion.

3.2. Localisation de l'étude

L'étude porte sur les cours d'eau de la Vienne aval et de la Creuse aval :

- La Vienne de Chinon à Bonneuil-Matours, soit environ 80 km,
- La Creuse de la confluence Vienne-Creuse à la confluence Creuse-Gartempe, soit 43 km (Figure 4).

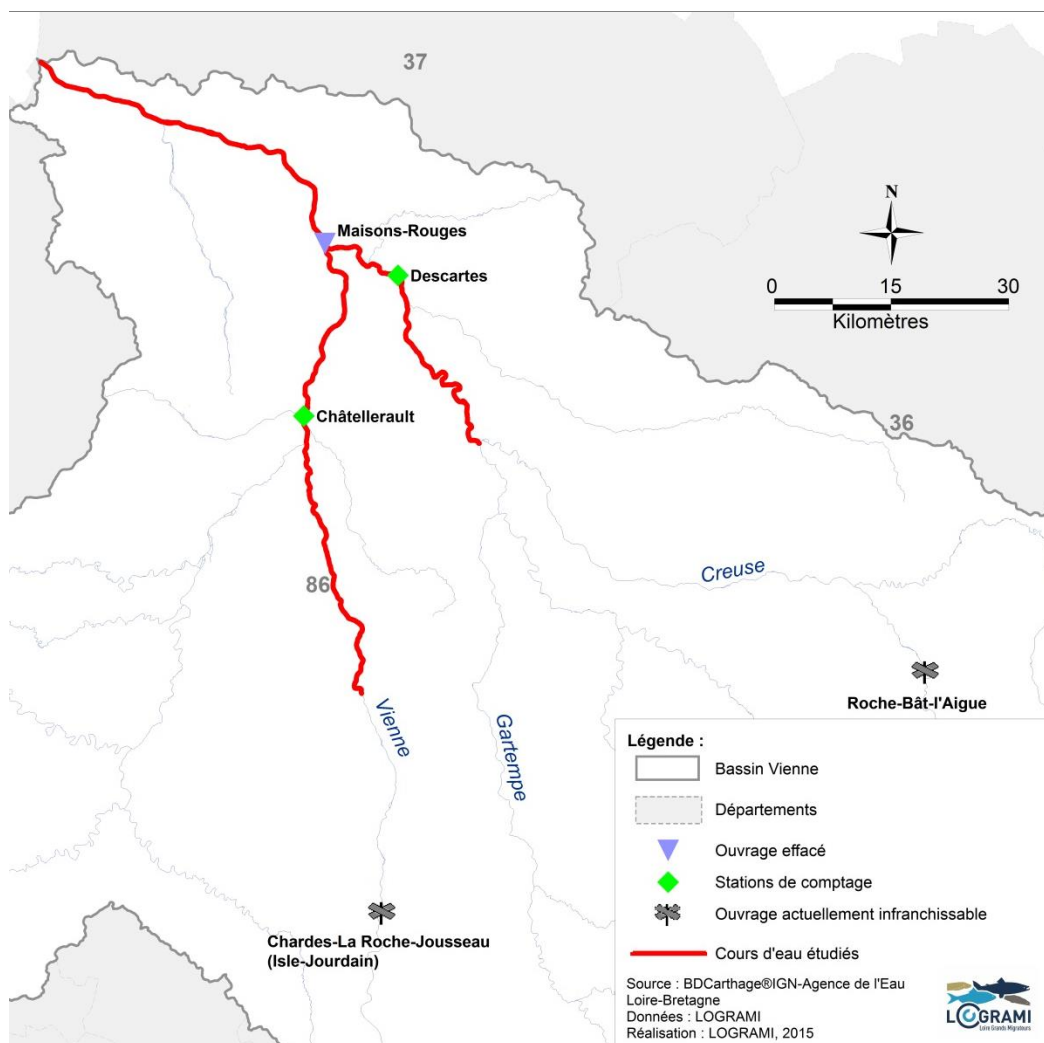


Figure 4 : Cours d'eau étudiés dans le cadre de l'étude de la phase juvénile de lamproie marine sur le bassin de la Vienne en 2014 et 2015

4. Biologie de la lamproie marine

4.1. Cycle de vie

Au bout de 5 à 7 ans de vie en eau douce, les larves de lamproie marine, appelées ammocètes, effectuent, à l'automne ou au début du printemps, leur migration d'avalaison qui les mène jusqu'aux eaux des milieux estuarien et marin à la recherche d'un poisson proie support (Taverny et Elie, 2010).

L'ectoparasitisme des lamproies marines débute donc en mer et dure 1 à 3 ans (Ducasse et Leprince, 1980). Elles se fixent sur d'autres poissons ou mammifères marins pour se déplacer et se nourrir de leur sang majoritairement et des produits de la dissolution des tissus. Suite à cette phase où elles grossissent de façon considérable, elles remontent les cours d'eau, sans se nourrir, jusqu'à leur maturité sexuelle.

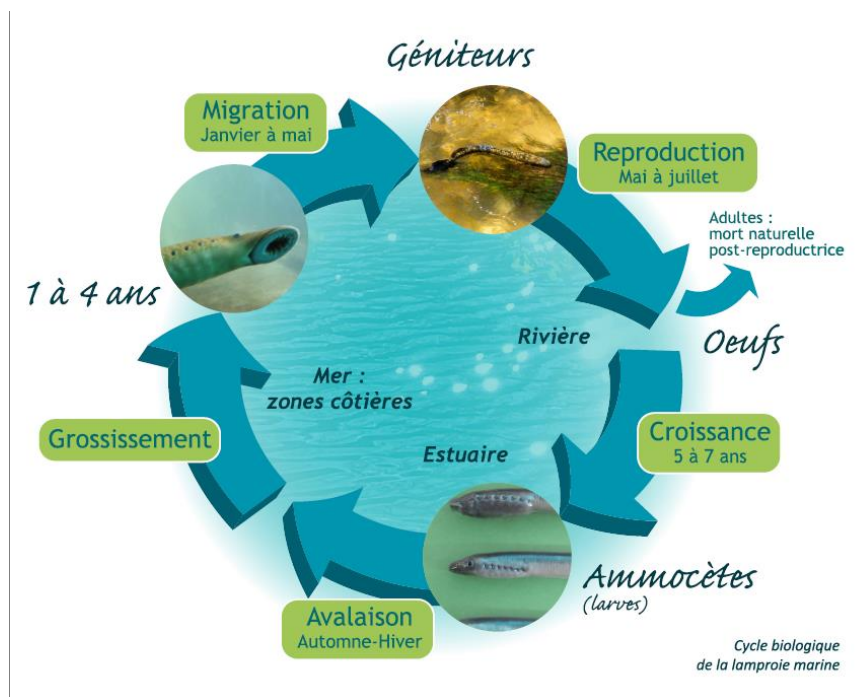


Figure 5 : Cycle biologique de la lamproie marine (Sources LOGRAMI/SAULE P., Photos : BACH J.M.-LOGRAMI, TAVERNY C.)

La migration de montaison, s'étend du mois de décembre à la mi juin avec un pic en mars-avril et s'effectue essentiellement de nuit (Bach et al., 2010). La température de l'eau et les niveaux d'eaux sont des facteurs importants de déclenchement de leur migration (Sabatie, 1998 ; Maitland, 2000 ; Taverny et Elie, 2010). De forts débits favoriseraient l'arrivée massive de migrants au sein des bassins versants ainsi que leur migration (Taverny et Elie, 2009). Lors de simulations en milieu expérimental, Binder et McDonald (2008) ont rapporté que, pour des températures inférieures à 7°C, les lamproies seraient inactives ; qu'entre 7 et 15°C, seul un tiers des lamproies seraient actives ; qu'au-dessus de 15°C la quasi-totalité des lamproies testées seraient actives. De plus, pour des températures supérieures à 20°C, les lamproies deviendraient plus actives le jour que la nuit (Binder et McDonald, 2008).

Une absence de homing chez les lamproies marines a été constatée (Waldman et al. 2008 ; Taverny et Elie, 2010). Elles sont attirées, grâce à leur système olfactif, par les cours d'eau dans lesquels se trouvent une quantité importante d'ammocètes (Li et al. 1995). En effet, les ammocètes libèrent, via leurs fèces, des phéromones migratoires attractives sous forme d'acides biliaires du type sulfate de petromyzonol (Wagner et al. 2009 ; Taverny et Elie, 2010). Une eau contenant des larves est très attractive car une seule larve peut « activer » près de 4000 litres d'eau par heure. Ces phéromones s'avèrent donc induire le choix de l'axe migratoire des géniteurs (Wagner et al. 2009 ; Taverny et Elie, 2010).

La concentration élevée du fer chez les ammocètes pourrait également jouer un rôle dans l'attraction des géniteurs, avec ou sans les phéromones (Taverny et Elie, 2010).

La reproduction a lieu en amont de bassin, dans zones d'eau peu profondes de mai à juillet lorsque la température de l'eau approche 15°C (Taverny et al. 2005). Les géniteurs construisent un nid semi-circulaire de 1 à 2 m de diamètre en déplaçant le substrat grossier en périphérie du nid via leur ventouse. Les nids sont observés dans des zones d'accélération de courant de type plat-courant profonds (40-100 cm), rapide (40-60 cm) ou tête de radier où les vitesses de courant sont régulières et de l'ordre de 30 à 40 cm/s (Beamish, 1974 ; Ducasse et Leprince, 1980). Espèce lithophile, la granulométrie recherchée par les géniteurs est fonction de leur taille. Cependant, la granulométrie des frayères observées est caractérisée par la prédominance des types galets [20 à 100 mm] et graviers [2 à 20 mm] (Taverny et Elie, 2009). La mortalité des géniteurs est quasi immédiate après la reproduction : la lamproie est une espèce semelpare.

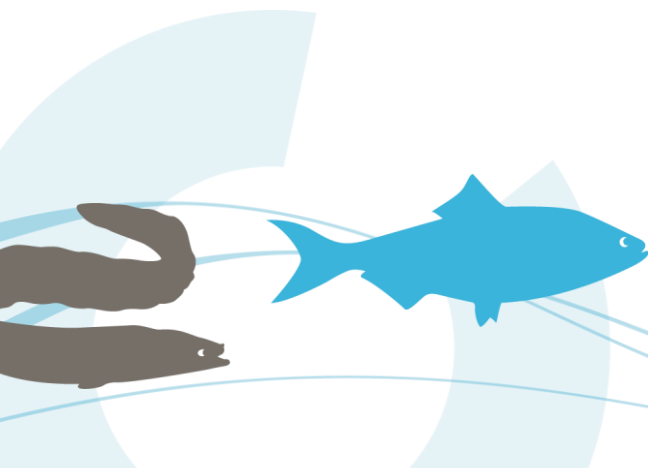
4.2. La phase juvénile (Rivard, 2012)

Après une phase embryonnaire de 40 jours au sein de la frayère, les larves de 10 mm, quittent le nid. Elles poursuivent leur croissance, enfouies dans les sédiments sablo-limoneux (Ducasse et Leprince, 1980). Dépourvues de disque buccal, les ammocètes sont des filtreurs sélectifs microphages, elles se nourrissent essentiellement de diatomées et de détritus organiques (Hardisty, 1983 ; Taverny et Elie, 2010).

Généralement de 5 à 7 ans en Europe (Ducasse et Leprince ; 1980), la durée de vie larvaire, qui semble dépendre de l'abondance de nourriture, de la température de l'eau et de la latitude, est encore méconnue. Elle peut varier au sein d'un bassin versant.

C'est seulement quand les ammocètes possèdent de hauts niveaux de réserves lipidiques, une longueur totale supérieure à 12 cm, un poids supérieur à 3 g, un facteur de condition supérieur à 1,5 et suite à une élévation de température de l'eau (Holmes et Youson, 1994 ; Manzon et Youson, 1999 ; Taverny et Elie, 2009) qu'elles débutent leur dernière métamorphose. Cette période se caractérise par des changements majeurs à la fois morphologique (apparition des yeux, formation du disque buccal, individualisation des pores branchiaux, nageoires distinctes et développées) et anatomique (réorganisation des systèmes digestifs, respiratoires, hépatiques) (Taverny et Elie, 2010). Les ammocètes sont alors appelées macrophtalmia (Kircheis, 2004).

A l'issue de cette phase qui s'étend de 3 à 10 mois, les subadultes ont acquis une grande capacité d'osmorégulation. La mortalité peut atteindre près de 80% au cours de cette écophase de transition.



4.3. Les habitats des ammocètes

Les ammocètes effectuent leur phase de grossissement sur des secteurs à substrats meubles et à faible courant situés, le plus souvent, à l'aval immédiat de zones de frayères. Elles se concentrent, en général, sur des faciès lenticques (mouilles, bordures de lit et de banc, zones d'étalement, chenaux).

Les sites les plus fréquentés contiennent des débris organiques en cours de décomposition (petites branches, amas de feuilles), dans les contre-courants, tourbillons, sous et derrière les embâcles (arbres, racines) et les herbiers sablo-vaseux.

Le premier critère clé est la taille des grains des sédiments. Les **substrats optimaux** pour les ammocètes sont caractérisés par :

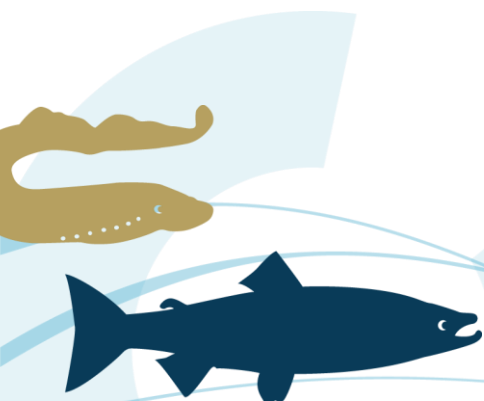
- Une dominante de sables (sables fins à grossiers à 80 %),
- Une taille du grain qui s'étend dans la majorité des cas entre 0,05 et 1 mm,
- Une présence de matière organique même en faible quantité,
- Une taille plus hétérogène et grossière chez les larves de plus grande taille.

La **vitesse de courant** est le second critère pour le choix des zones de grossissement des ammocètes. Une vitesse d'écoulement faible (inférieure à 5-10 cm/s) près du fond ressort comme une condition optimale pour les larves. En effet, le dépôt de sable ne s'opère plus au-delà d'une vitesse d'écoulement de 7 cm/s. Néanmoins, des larves en moindre abondance peuvent être présentes dans des zones à vitesse plus élevée (jusqu'à 45 cm/s).

Pour les ammocètes, la **profondeur d'eau** n'est pas limitative, pouvant aller de quelques centimètres jusqu'à plusieurs mètres. Cependant, les habitats les plus fréquentés sont de faible profondeur (<50 cm).



Figure 6 : Zone de grossissement à ammocètes -substrat sableux avec débris végétaux- sur la Vienne à Port-de-Piles (à gauche) et tri des ammocètes dans des débris organiques (à droite).



5. Matériel et Méthodes

5.1. Choix des sites échantillonnés

Les sites d'échantillonnage ont été choisis préalablement, lors de prospections de terrain réalisés en juillet 2014 (durant 3 jours). Ils correspondent à des habitats optimaux (type I) à sub-optimaux (type 2) pour les larves de lamproies (Figure 7). La localisation des sites a été choisie en fonction de trois paramètres : la proximité d'une frayère de lamproie, une répartition homogène des sites sur le réseau hydrographique concerné par l'étude et la facilité d'accès. Les mêmes sites, ou à minima les mêmes secteurs d'échantillonnage, ont été conservés durant les deux années d'étude.

Type I	Type II	Type III
Substrat doux	Substrat ferme	Substrat dur
mélange de sable et de matières organiques, végétaux aquatiques, zones de dépôt	sable remanié, avec parfois des particules grossières présentes et peu de matières organiques	particules grossières tassées, couche argileuse, roche

Figure 7 : Classification des habitats larvaires selon Slade et al. (2003) (Taverny et al., 2005)

Pour chaque site échantillonné, une description détaillée des habitats est réalisée. Les faciès rencontrés sont caractérisés à partir de la clé de détermination proposée par Malavoi et Souchon en 2002. L'ambiance générale est elle aussi notifiée à partir d'une classification basée sur des critères granulométriques, organiques et morphodynamiques (Figure 8).

Code	Définition synthétique	Observations complémentaires
SS	Sables stables	sables fins en surface, mélangé parfois avec des débris de bois grossiers en surface ou en profondeur
SC	Sables changeant	sables grossiers, sables dominants en surface et graviers dessous
LO	Litière organique	tapis de feuilles mortes plus ou moins décomposées, de petits débris de bois, d'algues en aval d'obstacles tels que les embâcles et dans les zones de contre-courant (bordures, anses)
SVA	sables et végétaux aquatiques	végétaux aquatiques poussant sur fond sablonneux de manière assez clairsemée pour que la nature du fond se voit
BVA	boue et végétaux aquatiques	en zone lenticque Exemples avec les zones à nénuphars en bordure de lit et dans les zones d'étalement
ESM	embâcles et sédiments meubles	Débris de bois grossiers avec du limon, de la vase
MVA	substrat grossier colonisé par des massifs de végétaux aquatiques compacts	en zone ± lenticque substrat graveleux à caillouteux *
GVA	substrat grossier colonisé par des pieds disséminés de végétaux aquatiques	en zone ± lotique substrat graveleux à caillouteux
SD	Substrat grossier pur	substrat graveleux, caillouteux, roche mère

* : non visible depuis la surface au dessus du massif lui-même

Figure 8 : Classification des mésos habitats (Taverny et al., 2005)

D'autres critères tels que la vitesse du courant, la profondeur moyenne, la nature et l'épaisseur du substrat sont renseignés. La surface de la zone échantillonnée est par ailleurs précisément mesurée de manière à pouvoir calculer une densité d'individus.

5.2. Échantillonnage

L'échantillonnage est réalisé en fin de d'été, début d'automne, dans le but de capturer les individus nés dans l'année (0+). Cette période normalement de basses eaux permet aussi de réaliser la capture dans des conditions hydrologiques optimales.

Ces pêches électriques sont réalisées à l'aide du matériel Hans Grassl EL 64 II délivrant un courant continu. Ce matériel est composé d'un générateur fonctionnant sur moteur thermique et d'une unité de contrôle (Figure 9). En 2014, les pêches ont été effectuées à pied avec un déplacement en véhicule entre chaque station. En 2015, les déplacements ont été effectués essentiellement en bateau dans le but de faciliter l'accès aux habitats.



Figure 9 : Illustrations d'une pêche électrique à Antran sur la Vienne en 2014

La zone est échantillonnée par un déplacement lent de l'anode sur l'ensemble de la surface. Cette dernière ne doit pas être placée directement sur le substrat, des mouvements de haut en bas sont réalisés de manière à faire ressortir les ammocètes. Pour éviter la tétanisation des individus dans le sédiment, une alternance de phases avec courant (entre 15 et 20 secondes) et de phases sans courant (5 secondes) est réalisée. Ce procédé de marche/arrêt permet de faire sortir les ammocètes dans la colonne d'eau. Les individus remontant ainsi à la surface sont capturés à l'aide d'épuisettes à mailles fines (1 mm) par deux opérateurs se trouvant de part et d'autre du porteur de l'anode. Elles sont ensuite placées dans un sceau pour réaliser la biométrie.

Si des ammocètes ont été capturées lors du premier passage, un second passage est réalisé. Si le nombre d'individu lors de ce second passage est supérieur à celui du précédent, d'autres passages seront réalisés jusqu'à obtenir un nombre inférieur de captures à celui du passage précédent. Un laps de temps de plusieurs minutes entre chaque passage est parfois nécessaire pour permettre aux matières mises en suspension de se redéposer. Cette technique de passages successifs permet d'éviter de réaliser une pêche jusqu'à épuisement tout en obtenant une densité minimale d'individus présents sur l'habitat pêché. Une estimation de la densité totale sera ensuite réalisée par la méthode du maximum de vraisemblance pondérée (Carle et Strub, 1978).

5.3. Biométrie

Les lamproies échantillonnées sont anesthésiées à l'aide d'une solution d'eugénol. Cette anesthésie a pour but d'éviter d'induire un stress supplémentaire aux individus et ainsi de réduire le risque de traumatisme physique.

Les ammocètes sont ensuite identifiées à l'aide de pigmentations sombres situées au niveau du capuchon oral et de la nageoire caudale (Figure 10). Ce critère ne permet cependant pas de distinguer entre elles les larves de *Lampetra fluviatilis* et *Lampetra planeri*. L'identification portera donc sur les seuls genres *Petromyzon* et *Lampetra*.

Chez les larves de *Petromyzon marinus* des mélanophores sont présents sur toute la surface du capuchon oral jusqu'à la bordure des lèvres. Ils descendent latéralement jusqu'au-dessus du sillon branchial. Une large pigmentation est par ailleurs présente à l'extrémité postérieure de la caudale. Chez les larves de *Lampetra*, les mélanophores descendent peu latéralement et n'atteignent pas la bordure du capuchon oral. La pigmentation de la caudale n'est pas marquée (Gardiner, 2003).

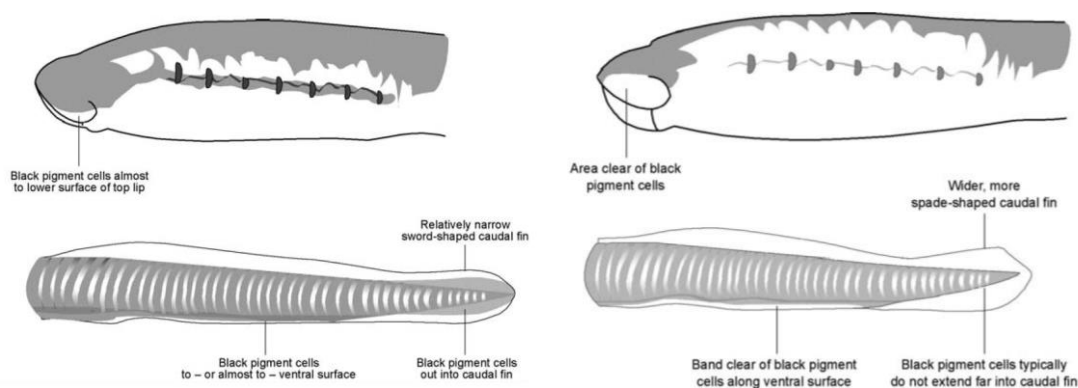
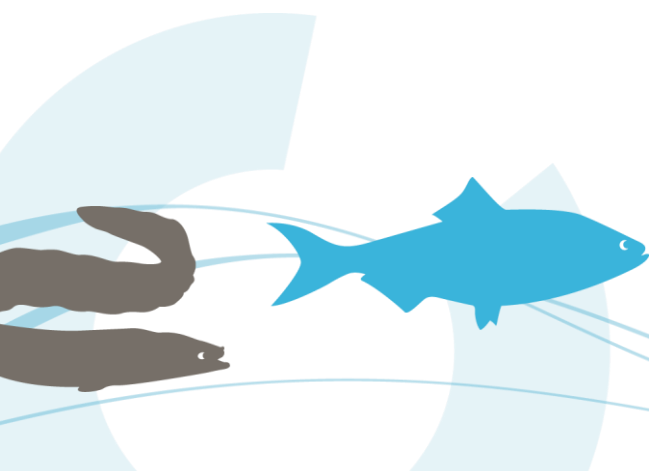


Figure 10 : Critères d'identification des genres *Petromyzon* (à Gauche) et *Lampetra* (à Droite) (illustration : Keith Mutch, Gardiner, 2003)

Cette technique d'identification n'est pas toujours fiable notamment pour les individus en dessous de 60 mm qui peuvent posséder des pigmentations atypiques (Taverny et Elie, 2010). Un test génotypique pourrait confirmer l'appartenance à l'un des deux groupes (Urdaci et al., 2013). Ce test n'a cependant pas été utilisé dans cette étude.

Les ammocètes identifiées sont ensuite mesurées et pesées individuellement. L'appareil de mesure est une balance Ohaus Valor 3000 Xtreme W de précision 0,2 g. Des informations sur l'avancement de leur métamorphose sont aussi notées (apparition de l'œil, développement du disque buccal...)



6. Résultats

6.1. Caractérisation des habitats

En 2014, seize habitats ont été échantillonnés, 7 se situent sur la Creuse et 9 sur la Vienne (dont 3 en aval de la confluence avec la Creuse). La surface des zones échantillonnées représente un total de 77,0 m², soit en moyenne 4,8 m² ($\pm 1,6$) par habitat. En 2015, 23 stations ont été pêchées, 11 sur la Creuse et 12 sur la Vienne (dont 4 en aval de la Confluence avec la Creuse). Leurs surfaces représentent 73,8 m², soit en moyenne 3,2 m² ($\pm 1,6$) par habitat.

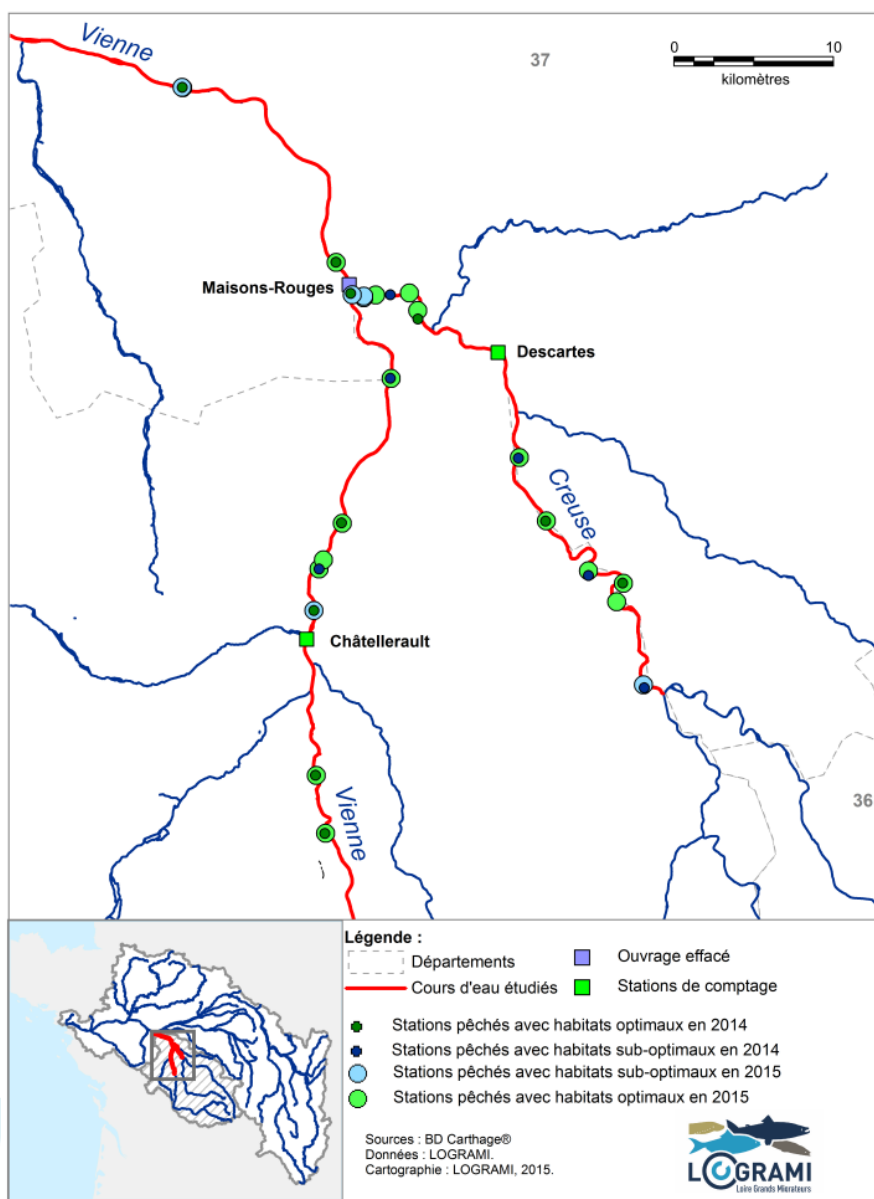


Figure 11 : Carte de répartition des habitats échantillonnés en 2014 et 2015

Ces 39 sites sont répartis de manière homogène sur l'ensemble du réseau hydrographique suivi (Figure 11). Les habitats évoluant assez rapidement au fil des mois, seules 9 habitats communs ont pu être échantillonnés durant les deux campagnes.

L'ensemble des habitats échantillonnés durant les deux campagnes présentent des caractéristiques de faciès et d'ambiance différentes. Le faciès d'écoulement « bordure de lit » est le plus représenté (82 %), les conditions de pêche ainsi que l'accès y étant facilité. Les méso-habitats sont beaucoup plus diversifiés, majoritairement ces ambiances sont décrites par un substrat fin (Figure 12).

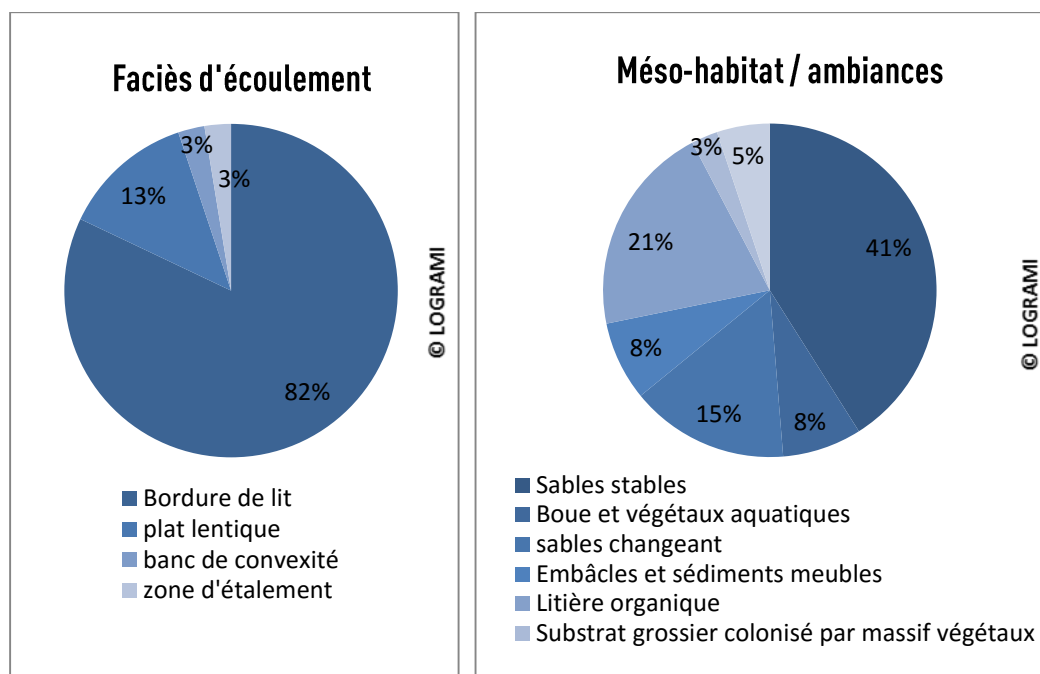


Figure 12 : Diversification des caractéristiques de faciès et d'ambiances des habitats étudiés en 2014 (n=16)

Le substrat dominant des habitats échantillonnés est rarement plus gros que le sable. Il est majoritairement épais (> 20 cm) et très souvent meuble (Figure 13).

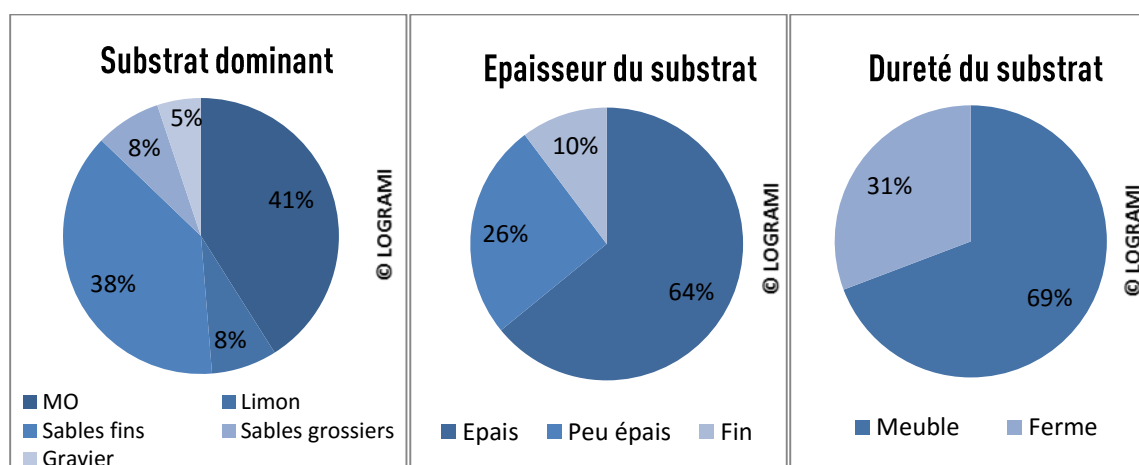


Figure 13 : Diversification des caractéristiques du substrat des habitats étudiés en 2014 (n=16)

Ces critères principaux ont permis de déterminer si ces habitats sont optimaux pour les ammocètes : 27 sites échantillonnés correspondent à des habitats de type I (optimaux) et 12 à des habitats de type II (sub-optimaux) (Figure 11).

6.2. Conditions de pêche

Les deux campagnes de pêche électrique se sont déroulées du 15 au 19 septembre 2014 et du 21 au 25 septembre 2015. Les conditions hydrométriques durant ces périodes furent relativement stables. Les débits moyens rencontrés à Nouâtre sur la Vienne durant ces périodes étaient en effet de 67 m³/s ($\pm$ 5 m³/s) en 2014 et de 55 m³/s ($\pm$ 5 m³/s) en 2015. Ces débits sont proches de ceux rencontrés historiquement sur le mois de septembre à cette même station : 70 m³/s (données calculées sur 58 ans). (Origine des données : SPC VCA - Centre de Poitiers / HYDRO-MEDDE/DE)

La température et la conductivité de l'eau varient selon la rivière ou la station de pêche. En 2014, la température fut en moyenne de 19,2 °C ($\pm$ 4,8 °C) en 2014, alors qu'en 2015 elle fut légèrement plus faible (17,3 °C $\pm$ 1,0 °C). La conductivité a été similaire pour les deux campagnes d'échantillonnage avec une moyenne de 365 μ S/cm ($\pm$ 49 μ S/cm)

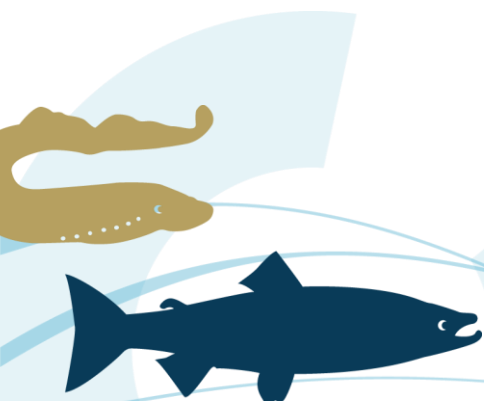
6.3. Biométrie des ammocètes

6.3.1. Identification

Un total de 419 lamproies a été échantillonné (280 en 2014 et 139 en 2015), dont 418 *Petromyzon marinus* et 1 *Lampetra sp* (Figure 14). Cette dernière a été capturée en 2014 sur la station la plus aval de l'axe Vienne sur la commune de L'Île Bouchard. L'étude portant sur les lamproies marines, cet individu ne sera pas pris en compte dans les résultats suivants. Des investigations complémentaires devront cependant être réalisées, si d'autres individus du genre *Lampetra* sont capturés dans les années à venir. Il serait en effet intéressant de savoir s'il s'agit d'une lamproie de planer ou d'une lamproie fluviatile. L'aire de répartition de cette dernière étant très peu connue sur la Vienne et plus généralement sur le bassin de la Loire.



Figure 14 : Illustration de la différenciation *Lampetra* (haut) *Petromyzon* (bas) par la pigmentation de la caudale



Parmi les 418 ammocètes de lamproie marine échantillonnées, 30 présentent des critères de début de métamorphose (apparition des yeux, développement du disque buccal...) (Figure 15).



Figure 15 : Photo d'une ammocète métamorphosée

6.3.2. Densité

A partir des surfaces des habitats échantillonnés et du nombre d'ammocètes capturées lors des différents passages, une estimation de la densité totale de lamproie peut être réalisée avec la méthode Carle et Strub,

6.3.2.1 Densité par habitat en 2014

En 2014, la méthode n'a pas pu être appliquée à trois stations (Les Plissons et Bec des deux eaux sur la Vienne et L'éveillé sur la Creuse), l'estimation étant trop imprécise lorsque la probabilité de captures entre les différents passages est inférieure à 30 %. Pour ces trois stations une densité minimale est donc calculée à partir du nombre d'ammocètes échantillonnées (Figure 16).

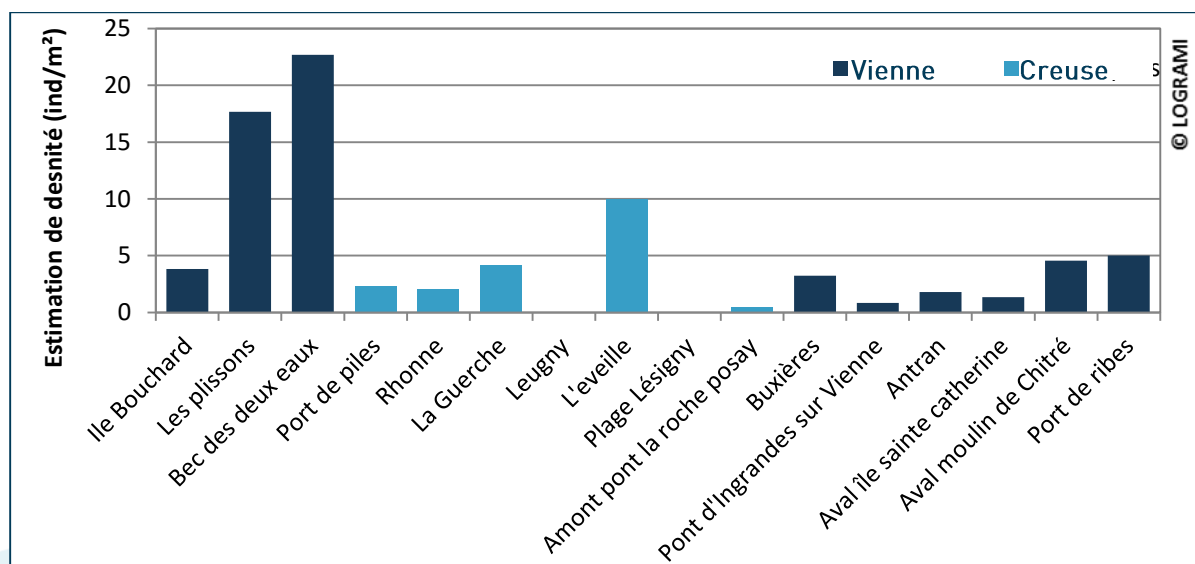


Figure 16 : Densité d'ammocètes échantillonnées sur chaque station en 2014

La densité moyenne, toutes stations confondues, est de 5,0 ind/m² ($\pm 6,5$). Les sites présentant la plus forte densité sont situés sur la Vienne à l'aval de la confluence avec la Creuse, avec un maximum de 22,7 ind/m². A l'amont du Bec des deux eaux, les densités sont en moyenne similaires sur l'axe

Creuse ($2,7 \pm 3,5$ ind/m²) et l'axe Vienne ($2,8 \pm 1,7$ ind/m²). La densité est logiquement plus importante sur les habitats de type I dits optimaux ($7,2 \pm 7,4$ ind/m²) que sur les habitats de type II dits sub-optimaux ($1,3 \pm 1,3$ ind/m²) (Tableau 1).

Tableau 1 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage par rivière et type d'habitats en 2014 (Sources : LOGRAMI)

Rivière	Vienne		Creuse	
Type d'habitat	Optimaux	Sub-Optimaux	Optimaux	Sub-Optimaux
Nombre de stations	7	2	3	4
Nombre moyen d'ammocètes	25 ± 21	14 ± 2	19 ± 11	5 ± 9
Densité moyenne (ind/m ²)	$8,0 \pm 8,6$	$2,5 \pm 1,0$	$5,4 \pm 4,1$	$0,7 \pm 1,1$

6.3.2.1 Densité par habitat en 2015

En 2015, l'estimation par la méthode Carle et Strub est trop imprécise pour quatre stations (probabilité de captures entre les différents passages inférieure à 30 %) : Aval Port de Piles La Caline, Pont d'Ingrandes sur Vienne et aval île sainte Catherine. Pour ces quatre stations une densité minimale, sans estimation, a été retenue. Les résultats de densité sont variables, ils sont compris entre 0 et 6,8 ind/m² (Figure 17).

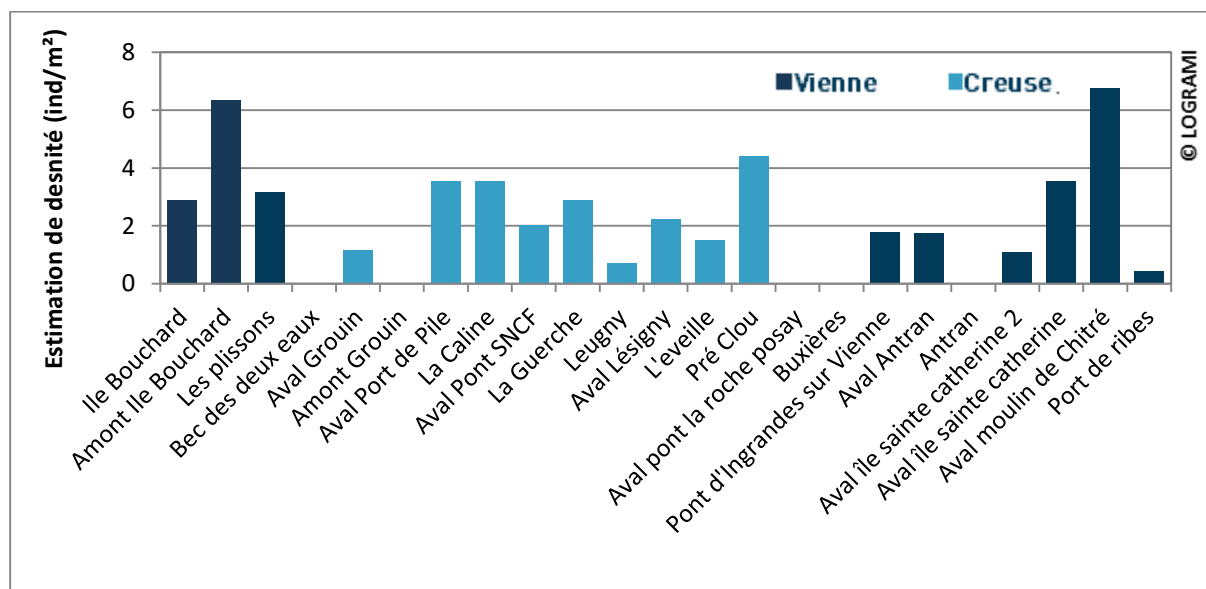


Figure 17 : Densité d'ammocètes échantillonnées sur chaque station en 2015

La densité moyenne est plus faible qu'en 2014 ($2,2 \pm 1,9$ ind/m²). Cette différence est essentiellement due aux stations situées à l'aval de la confluence Vienne Creuse où la densité moyenne est de $3,1$ ind/m² ($\pm 2,6$) contre $14,7$ ind/m² ($\pm 9,8$) l'année précédente. A l'amont de la confluence, les densités sont en moyenne assez proche sur l'axe Creuse ($2,0 \pm 1,5$ ind/m²) et l'axe Vienne ($1,9 \pm 2,3$ ind/m²).

La densité sur les habitats de type I dits optimaux est globalement plus importante ($2,5 \pm 2,0$ ind/m²) que sur les habitats de type II dits sub-optimaux ($1,5 \pm 2,1$ ind/m²). Ce constat n'est pas vérifié sur les seules stations de la Vienne où la densité moyenne sur les habitats sub-optimaux est semblable à celle des habitats optimaux (Tableau 2). La présence en nombre de lamproies de petites tailles sur l'un de ces habitats sub-optimal peut expliquer ce résultat. En effet, les individus de l'année peuvent s'enfoncer à proximité de la frayère dans un substrat instable plus dur et plus grossier.

Tableau 2 : Récapitulatif des résultats d'échantillonnage par rivière et type d'habitats en 2014 (Sources : LOGRAMI)

Rivière	Vienne		Creuse	
Type d'habitat	Optimaux	Sub-Optimaux	Optimaux	Sub-Optimaux
Nombre de stations	9	3	8	3
Nombre moyen d'ammocètes	5 ± 4	10 ± 11	7 ± 3	1 ± 2
Densité moyenne (ind/m ²)	2,4 ± 2,6	2,6 ± 2,5	2,6 ± 1,2	0,4 ± 0,7

Le nombre de stations échantillonnées sur les deux années de suivi n'est pas suffisant pour définir des substrats ou ambiances optimums pour la présence et la croissance d'ammocètes. Il permet cependant de comparer. Les futures campagnes permettront d'augmenter ce jeu de données.

6.3.3. Structure démographique

Les tailles des ammocètes de lamproie marine varient de 19 mm à 164 mm. Les individus capturés sont en moyenne plus petit en 2015 qu'en 2014 (85 mm (± 43 mm) contre 100 mm (± 30 mm)). La taille moyenne des individus présentant des caractéristiques de métamorphose est de 139 mm (± 11 mm). Ces ammocètes appartiennent toutes à la dernière classe d'âge (4+) et doivent donc rejoindre l'océan l'année après l'échantillonnage (Tableau 3).

Plusieurs classes d'âge ayant été échantillonnées, les distributions annuelles ne suivent pas une loi normale (Figure 18).

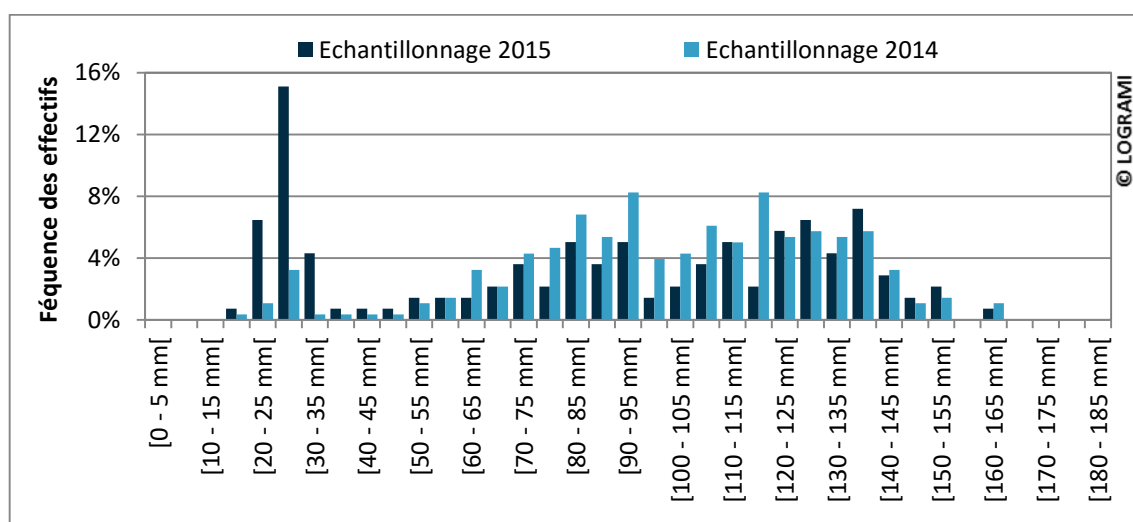


Figure 18 : Distribution par classes de taille des larves de lamproies marines échantillonnées en 2014 (n=279) et en 2015 (n=139)

En dehors de la classe de taille [25 - 30 mm[pour l'année 2015, il est difficile de faire ressortir un pic, correspondant à une classe d'âge. Une estimation peut cependant être réalisée à partir de la méthode de Bhattacharya (1967). Cette méthode permet de scinder une distribution composée de plusieurs classes d'âge en sous distributions normales distinctes. A l'aide du logiciel FISAT II, les distributions annuelles sont décomposées en cinq classes de tailles (Figure 19).

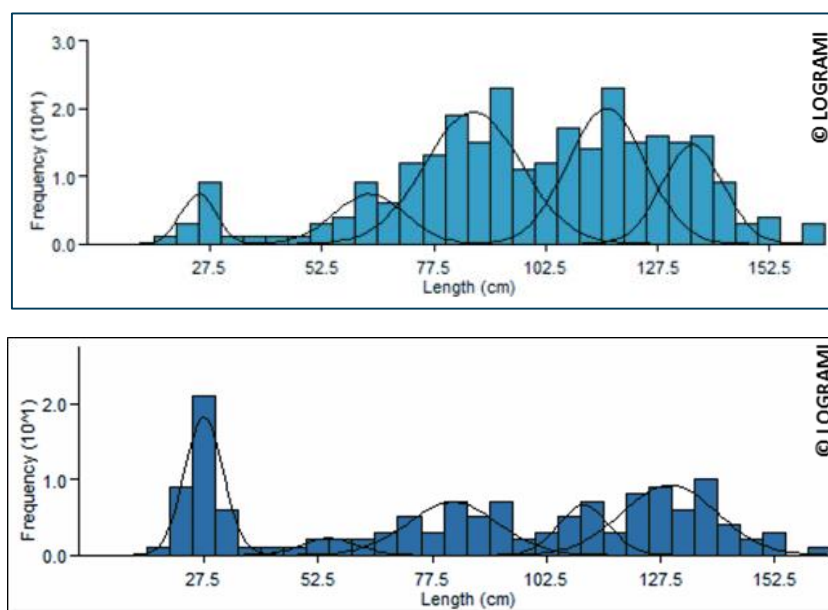


Figure 19 : Décomposition de la distribution de classes de tailles des ammocètes échantillonnées en 2014 en haut (n=279) et en 2015 en bas (n=139) suivant la méthode de Bhattacharya (1967) (n=279) (Sources : LOGRAMI et FiSATII)

En 2014, cinq classes d'âge semblent composer la population d'ammocètes du bassin de la Vienne. Seulement 14 individus nés dans l'année (0+) ont été pêchés (soit 8 % de l'effectif). Les cohortes de 2 et 3 ans ont été majoritairement échantillonnées, représentant respectivement 37 % et 30 % de l'effectif total. Ces ammocètes sont issues des reproductions des années 2011 et 2012.

En 2015, cinq classes d'âge peuvent aussi se distinguer. Avec 37 individus, les 0+ représentent 26 % de l'effectif capturé. A noter que 21 d'entre eux ont été pris sur la même station de pêche, à Châtellerault sur la Vienne. Les ammocètes âgées de 4 ans sont les plus nombreuses avec 46 individus échantillonnés (soit 33 % de l'effectif annuel).

Tableau 3 : Nombre d'ammocètes échantillonnées par année de naissance (estimation par la méthode de Bhattacharya (1967)) (Sources : LOGRAMI et FiSATII)

Année de naissance	2015	2014	2013	2012	2011	2010
Nombre d'individus en 2014		14 (5 %)	29 (10 %)	103 (37 %)	84 (30 %)	49 (18 %)
Taille moyenne en 2014 (mm)		25 ($\pm$ 4)	63 ($\pm$ 8)	86 ($\pm$ 11)	116 ($\pm$ 9)	135 ($\pm$ 7)
Nombre d'individus en 2015	37 (26 %)	6 (5 %)	33 (24 %)	17 (13 %)	46 (33 %)	
Taille moyenne en 2015 (mm)	28 ($\pm$ 4)	55 ($\pm$ 6)	82 ($\pm$ 10)	111 ($\pm$ 6)	130 ($\pm$ 10)	

Les ammocètes issues de la reproduction de 2014 sont peu nombreuses (5 % de l'échantillon annuel de 2014 et de 2015). Le nombre de géniteurs présent sur le bassin cette année-là est pourtant assez élevée (38 408 lamproies adultes aux stations de comptage de Descartes et de Châtellerault). Le suivi de la reproduction n'a par ailleurs pas été mené sur ce secteur en 2014. La fréquentation des frayères à proximité des zones échantillonnées n'est pas connue et ne peut pas être mis en relation avec les densités d'ammocètes.

Les différences de proportions d'ammocètes issues des reproductions 2012 et 2013 montrent que l'échantillonnage n'est pas totalement représentatif de la population présente en rivière (Tableau 3). Le faible nombre de stations échantillonnées vis-à-vis du linéaire de l'étude, l'éloignement des points de pêche entre eux ainsi que le manque de diversité des habitats peuvent expliquer entre autres cette sous représentativité.

6.3.4. Relation taille-poids

Suite à un dysfonctionnement de l'appareil de mesures, les lamproies échantillonnées en 2015 ne seront pas prises en compte pour cette analyse. Par ailleurs, compte tenu de la précision de la balance utilisée, les plus petits individus ne peuvent pas être pesés. Ainsi seules 261 ammocètes ont pu être pesées sur les 279 échantillonnées en 2014. Le poids moyen de l'échantillon est de 2,3 g ($\pm 1,5$ g) et le poids médian de 1,9 g.

La taille et le poids des ammocètes sont fortement corrélés, la droite de régression exponentielle permet d'obtenir un coefficient de détermination de 0,9 (Figure 20).

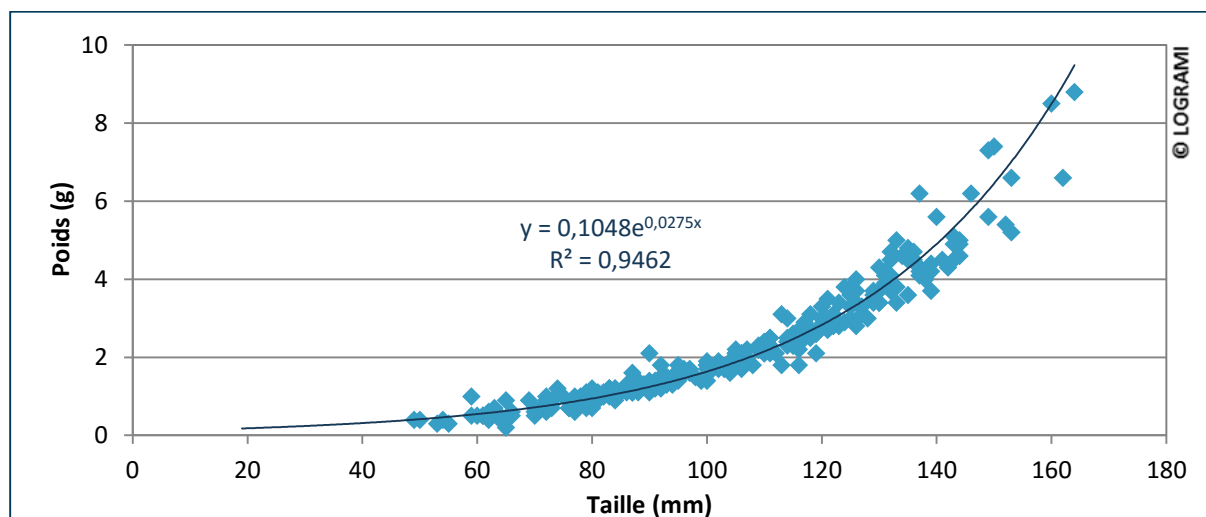


Figure 20 : Relation taille – poids des larves de lamproies marines échantillonnées en 2014 (n=261)

La relation taille-poids des poissons peut s'écrire $\log P = b \log L + \log a$, a étant un facteur caractéristique du milieu et b le coefficient d'allométrie de l'espèce (Le Cren, 1951). Les ammocètes présentent une allométrie minorante avec un coefficient de 2,7. Ce coefficient indique que les lamproies marines ont une meilleure croissance en longueur qu'en poids.

7. Conclusion

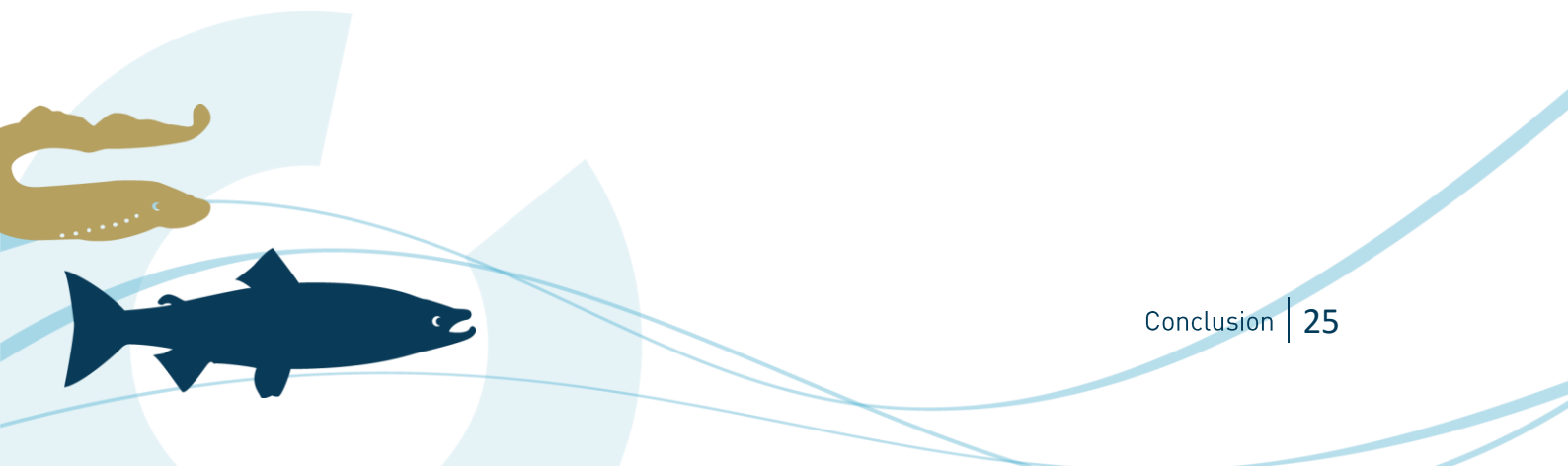
Cette étude, menée sur deux années, a permis dans un premier temps de valider la méthode d'échantillonnage par pêche électrique sur des grand cours d'eau tel que la Vienne et la Creuse. Le nombre de stations échantillonnées et l'absence de données antérieures ne permettent cependant pas de tirer de conclusions sur la dynamique de l'espèce sur le bassin de la Vienne.

Les résultats ont toutefois permis de montrer la présence de nombreuses ammocètes sur des habitats diversifiés. Les densités présentent une grande variabilité d'un habitat à l'autre. Elles sont logiquement plus importantes sur les habitats décrits comme optimaux ($4,2 \pm 5,2$ ind/m²). Elles restent toutefois assez faibles au regard du nombre de géniteurs fréquentant le bassin de la Vienne et des comparaisons bibliographiques. Sur certains cours d'eau les densités peuvent en effet atteindre plus de 40 larves/m² (Harvey et Cowx, 2003). L'étendue et le nombre important d'habitats présents sur le bassin de la Vienne laissent penser que les ammocètes se dispersent, réduisant ainsi fortement la densité.

La décomposition des distributions de tailles a permis de montrer la présence de cinq classes d'âges d'ammocètes sur le bassin de la Vienne. La présence d'individus nés dans l'année (0+) montre que la reproduction a été efficace sur plusieurs secteurs. Leur faible nombre en 2014 interroge toutefois sur l'état du recrutement annuel (5 % de l'effectif total échantillonné).

La durée du cycle de la lamproie pouvant atteindre huit ans, l'acquisition de données pluriannuelles est primordial pour appréhender au mieux la dynamique de la population. Cette étude sera donc prolongée dans le cadre du programme de recherches appliquées proposé par LOGRAMI au Plan Loire. Ce programme vise à apporter des éléments de réponses à différents questionnements de gestion, décrits dans la PLAN de GEstion des POissons Migrateurs. Il devrait ainsi permettre de pérenniser le suivi des ammocètes sur le bassin de la Vienne.

Le plan d'échantillonnage devra cependant être revu de manière à diversifier les habitats pêchés. L'augmentation du nombre de point de pêche sur l'ensemble du linéaire colonisé par la lamproie marine ne semble pas être réalisable au regard des moyens humains et financiers disponibles. Des secteurs stratégiques pour l'espèce devront donc être ciblés de manière à concentrer les habitats échantillonnés et ainsi être plus représentatif de la population en place. La poursuite de l'étude dans les années à venir devrait donc permettre d'acquérir de nouvelles données permettant de suivre l'évolution des cohortes d'une année à l'autre.



8. Documents cités

BACH J.M., PAROUTY T., LEON C., SENECAI A., CORNU V., PORTAFAIX P., JOUIN TREMEUR E., LELIEVRE M., BAISEZ A., 2010 – Recueil de données biologiques sur les populations de poissons migrateurs du bassin de la Loire, 2009. LOGRAMI, 361 pages.

BACHELIER, 1964. L'histoire du Saumon en Loire. Bulletin de la Pêche et de la Pisciculture.

BEAMISH F.W.H., 1974. Swimming performance of adult sea lamprey *Petromyzon marinus* in relation to weight and temperature. Transactions of the American Fisheries Society 2: 355-358.

BHATTACHARYA C.G., 1967. A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics, 23: 115-135.

BINDER T.R., MCDONALD D.G., 2008. The role of temperature in controlling diel activity in upstream migrant sea lampreys (*Petromyzon marinus*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65: 1113-1121.

CAUT I., GRACIA S., 2014. Suivi de la reproduction naturelle de la grande alose et de la lamproie marine sur la Dordogne en 2013. Association MIGADO. 64 p.

CARLE F.L., STRUB M.R., 1978 - A new method for estimating population size from removal data. Biométries, 34, p. 621—630

DUCASSE J., LEPRINCE Y., 1980. Etude préliminaire de la biologie des lamproies marines dans le bassin de la Garonne et de la Dordogne. ENITEF-Cemagref Bordeaux. 151 p.

GARDINER R., 2003. Identifying Lamprey. A Field Key for Sea, River and Brook Lamprey. Conserving Natura 2000 Rivers Conservation Techniques Series No. 4. English Nature, Peterborough.

GUERIT A., 2011. Suivi de la migration de la Lamproie marine : Estimation du contingent de géniteurs et évaluation des habitats de reproduction sur le bassin de la Vienne. Association LOGRAMI, 34p.

HARDISTY M.W., 1983. The significance of lampreys for biological research. Endeavour, New Series, Volume 7, No. 3. 6 p.

HARVEY J., COWX I., 2003. Monitoring the River, Brook and Sea Lamprey, *Lampetra fluviatilis*, *L. planeri* and *Petromyzon marinus*. Conserving Natura 2000 Rivers Monitoring Series No. 5, English Nature, Peterborough

HOLMES J.A., YOUSON J.H., 1994. Fall condition factor and temperature influence the incidence of metamorphosis in sea lampreys *Petromyzon marinus*. Division of Life Science, University of Toronto. 7 p.

KIRCHEIS F.W., 2004. Sea lamprey, *Petromyzon marinus* Linnaeus 1758. Carmen, Maine. 25 p.

LE CREN E.D., 1951. The Length-weight Relationship and Seasonal cycle in Gonadal Weight and condition of Perch (*Perca fluviatilis*) Journal of Animal Ecology, 20: 201-219.

LI W., SORENSEN P.W., GALLAHER D.D., 1995. The olfactory system of migratory adult sea lamprey (*Petromyzon marinus*) is specifically and actually sensitive to unique bile acids released by conspecific larvae. Department of fisheries and wildlife, University of Minnesota. Volume 105. 569-587



LOGRAMI, 2014. Candidature à l'appel à projet de la fondation d'entreprise LISEA Biodiversité. Evaluation de la phase juvénile de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) sur le bassin de la Vienne. 26 p.

MAITLAND P.S., 2000. Review of the Ecology of Lampreys in Northern Europe

MALAVOI J.R., SOUCHON Y., 2002. Description standardisée des principaux faciès d'écoulement observables en rivière : clé de détermination qualitative et mesures physiques. . Note Technique. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 365/366 : 357-372.

MANZON R., YOUSON J., 1999. Temperature and KClO₄-induced metamorphosis in the sea lamprey (*Petromyzon marinus*) Comparative Biochemistry and Physiology. Part C 124 : 253-257.

RIVARD Q., 2012. Suivi de la migration et de la reproduction de la lamproie marine en 2012 (*Petromyzon marinus*), Association LOGRAMI, 61p.

SABATIE J.M., 1998 : Eléments d'écologie de la lamproie marine (*Petromyzon marinus*) dans une rivière bretonne : le Scorff. Rapport final de la convention région Bretagne N° 12172/95, 53p.

TAVERNY C., URDACI M., ELIE A.M., BEAULATON L., ORTUSI I., DAVERAT F., ELIE P., 2005. Biologie, écologie et pêche des lamproies migratrices (Agnathes amphihalins) - Troisième tranche fonctionnelle. Rapport final (novembre 2005). Etude Cemagref, Groupement de Bordeaux, n°99 : 71 p.

TAVERNY C., ELIE P., 2009. Bilan des connaissances biologiques et de l'état des habitats des lamproies migratrices dans le bassin de la Gironde. Propositions d'actions prioritaires. Rapport final. Cestas, Cemagref Bordeaux. 120 p.

TAVERNY C., ELIE P., 2010. Les lamproies en Europe de l'Ouest. Ecophases, espèces et habitats. ISBN 978-2-7592-0378-9, Editions QUAE, 111 p.

URDACI M.C., TAVERNY C., ÉLIE A.M., ÉLIE P., 2013. A genetic method to differentiate *Petromyzon marinus* ammocoetes from those of the paired species *Lampetra fluviatilis* and *L. planeri*. Revue Cybium, vol. 38, num. 1, p. 3.

WAGNER M., TWOHEY M., FINE M., 2009. Conspecific cueing in the sea lamprey: do reproductive migrations consistently follow the most intense larval odour. Animal Behaviour, 78: 593-599.

WALDMAN J., GRUNWALT C., WIRGIN I., 2008. Sea lamprey *Petromyzon marinus*: An exception to the rule of homing in anadromous fishes. Biology Letters 4: 659-662.

