

Les gobies d'origine Ponto- Caspienne en France : détermination, biologie-écologie, répartition, expansion, impact écologique et éléments de gestion

**Synthèse des connaissances 10 ans après
les premières observations dans les rivières
du nord-est de la France**



Sébastien Manné (AFB)
Direction régionale Grand-Est

- **AUTEUR**

Sébastien Manné, ingénieur (AFB), sebastien.manne@afbiodiversite.fr

Cartographie : Joséphine Lopez, ingénieur (AFB)

- **REMERCIEMENTS**

aux contributeurs de données, en particulier les **services départementaux de l'AFB** ainsi que les **agents de terrain de la Direction régionale Grand-Est**, les **fédérations pour la pêche et la protection des milieux aquatiques** de l'**Ain**, des **Alpes de Haute-Provence**, des **Ardennes**, de **Meurthe-et-Moselle**, de **Meuse**, de **Moselle** et du **Nord**, le bureau d'études **Dubost Environnement** et **Gérard Masson** (Université de Lorraine), mais aussi à **Eric Sabot** et à **Sébastien Mougenez** (AFB) pour leur aide sur la partie réglementaire, enfin à **Andreas Knutti** (BAFU, Suisse), **Roxane Muller** (Université de Bâle), **Frédéric Vilette**, **Camille Rivière** et **Cindy le Rohic** (AFB)

- **RELECTEURS**

Jean-Nicolas Beisel, professeur (ENGEES), jn.beisel@engees.unistra.fr

Mathieu Keyser, technicien (AFB), mathieu.keyser@afbiodiversite.fr

Florent Lamand, ingénieur (AFB), florent.lamand@afbiodiversite.fr

David Monnier, ingénieur (AFB), david.monnier@afbiodiversite.fr

Nicolas Poulet, ingénieur (AFB), nicolas.poulet@afbiodiversite.fr

Patrick Weingertner, directeur régional (AFB), patrick.weingertner@afbiodiversite.fr

Crédit photos (page de couverture) © S. Manné, AFB – 2007-2014 (Source des données : AFB) :

- *Proterorhinus semilunaris* (gobie demi-lune)

- *Ponticola kessleri* (gobie de Kessler)

- Le Rhin à Gamsheim

- *Neogobius melanostomus* (gobie à tache noire)

- *Neogobius fluviatilis* (gobie fluviatile)

Droits d'usage : accès libre

Niveau géographique : France

Couverture géographique : France

Niveau de lecture : professionnel, expert

- **RESUME**

L'arrivée en France, entre 2007 et 2014, de quatre espèces de gobies d'origine Ponto-Caspienne est un évènement majeur affectant la composition des peuplements de poissons des cours d'eau qu'ils colonisent nouvellement. Ce rapport a pour objectif d'apporter des éléments de connaissance sur ces espèces, en se basant sur de la bibliographie, mais aussi sur des données de terrain recueillies en France. Le regard porté sur leur expansion à partir de leur aire de répartition naturelle, souligne une nouvelle fois le rôle primordial joué par le canal Main-Danube dans la colonisation de l'ouest par les espèces aquatiques du sud-est de l'Europe.

Depuis leur apparition en France, ces quatre espèces étendent plus ou moins rapidement leurs aires de répartition, principalement à partir des grandes voies navigables. Le gobie à tache noire est sans conteste l'espèce la plus remarquable, puisque ses populations représentent 60% à 90% des effectifs capturés par pêche électrique sur le Rhin et l'essentiel de la Moselle, ce qui atteste bien de son caractère envahissant. Sur ces cours d'eau, les effectifs de grémilles, de petites perches et dans une moindre mesure de goujons et de loche franches, ont baissé de façon drastique. Cette modification de la structure des peuplements représente un risque pour l'atteinte de certains objectifs environnementaux, en particulier ceux de la Directive cadre sur l'eau (DCE).

Au regard du milieu de vie de ces espèces (milieux aquatiques) et de leur extraordinaire vitesse d'expansion, voire de prolifération pour le gobie à tache noire, la prévention reste de loin la meilleure forme de gestion. La préservation des milieux les plus sensibles et la restauration des rivières pourraient permettre de limiter l'impact négatif de ces espèces sur les écosystèmes. Néanmoins, la probabilité qu'elles colonisent de nouveaux bassins français dans les années à venir est forte. Les détections toutes récentes sur le bassin du Rhône viennent le rappeler.

- **MOTS CLES (THEMATIQUE ET GEOGRAPHIQUE)**

gobies – *Proterorhinus semilunaris* – *Ponticola kessleri* – *Neogobius melanostomus* – *Neogobius fluviatilis* - espèces exotiques envahissantes - France

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
2. PRESENTATION DES ESPECES	2
2.1. Systématique.....	2
2.2. Détermination	2
2.2.1. Gobie demi-lune	3
2.2.2. Gobie de Kessler.....	4
2.2.3. Gobie à tache noire	4
2.2.4. Gobie fluviatile	5
2.3. Biologie-Ecologie	6
2.3.1. Habitat	6
2.3.2. Âge maximal et taux de croissance	7
2.3.3. Reproduction.....	8
2.3.4. Régime alimentaire	9
3. COLONISATION DES COURS D'EAU DE L'OUEST DE L'EUROPE	10
3.1. Historiques de l'expansion de ces espèces	10
3.1.1. Le gobie demi-lune	10
3.1.2. Le gobie de Kessler	11
3.1.3. Le gobie à tache noire	13
3.1.4. Le gobie fluviatile.....	14
3.2. Les moteurs de la colonisation.....	15
4. DONNEES D'OBSERVATIONS RELATIVES A CES ESPECES EN FRANCE	18
4.1. Recueil des données.....	18
4.2. Répartition des espèces	19
4.2.1. Gobie demi-lune	19
4.2.2. Gobie de Kessler.....	22
4.2.3. Gobie à tache noire	24
4.2.4. Gobie fluviatile	27
4.3. Evolution inter-annuelle des populations	28
4.4. Distribution en taille.....	33
4.5. Relations taille-poids	34
5. IMPACT DES GOBIES.....	35
5.1. Sur la faune locale	35
5.1.1. Revue bibliographique.....	35
5.1.2. Au niveau des stations « Réseaux »	40

5.2.	Autres impacts.....	45
5.2.1.	Sur l'évaluation écologique (DCE) et la Directive habitat faune-flore (DHFF).....	45
5.2.2.	Sur l'activité de la pêche.....	47
6.	QUELS LEVIERS POUR UNE GESTION DES GOBIES INVASIFS ?	47
6.1.	Espèces exotiques envahissantes et GT IBMA	47
6.2.	Réglementation	49
6.2.1.	Introduction des espèces	49
6.2.2.	L'exercice de la pêche	50
6.3.	Comment réagir face à l'arrivée des nouveaux <i>gobiidae</i> ?.....	51
6.4.	Recherche.....	55
7.	CONCLUSION	56
8.	BIBLIOGRAPHIE.....	60

1. INTRODUCTION

Entre 2007 et 2014, quatre espèces de gobies originaires du bassin Ponto-Caspien ont fait leur apparition dans les cours d'eau du nord-est de la France. Il s'agit du gobie demi-lune *Proterorhinus semilunaris* (en 2007), du gobie de kessler *Ponticola kessleri* (en 2010), du gobie à tache noire *Neogobius melanostomus* (en 2011) et du gobie fluviatile *Neogobius fluviatilis* (en 2014).

L'extraordinaire vitesse d'expansion de ces espèces en France, en particulier celle du gobie à tache noire, associée à une forte croissance des effectifs pour ce dernier dans les zones nouvellement conquises, en font des « Espèces Exotiques Envahissantes » (EEE) par excellence. La vigueur de la dynamique de colonisation du gobie à tache noire est sans commune mesure avec celle des autres espèces exotiques de poissons ayant fait leur apparition dans les rivières du nord-est de la France (sandre, aspe, perche-soleil ou pseudorasbora par exemple) depuis que les espèces ichthyologiques sont étudiées.

Ce rapport a pour objectif de dresser un état des lieux le plus complet possible sur les connaissances de ces espèces à partir d'éléments de bibliographie, mais aussi à partir d'observations et de données de terrain acquises sur ces espèces en France. Il marque également une décennie de présence en France du premier d'entre-eux (gobie demi-lune).

Il est destiné aux gestionnaires de la pêche (fédérations de pêche) et aux pêcheurs en général, sachant que le gobie à tache noire est devenu une espèce observée par une majorité des pêcheurs du Rhin et de la Moselle naviguée lors de leurs sorties halieutiques. Il sera aussi utile aux différents acteurs intervenant dans la gestion des EEE, et plus largement à ceux œuvrant pour la reconquête de la qualité des écosystèmes aquatiques ou de la biodiversité, sachant que ces gobies pourraient limiter l'atteinte du « bon état écologique » au sens de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) ou menacer des espèces protégées. Enfin, les ichthyologues et autres scientifiques travaillant sur les nouvelles espèces introduites en France pourront également trouver dans ce document des informations utiles à leurs travaux.

Ce rapport présente dans un premier temps des éléments permettant de déterminer les quatre espèces, ainsi que leurs caractéristiques biologiques et écologiques. Il retrace dans un second temps les phases successives de l'expansion de ces espèces en dehors de leur aire naturelle de répartition, en se focalisant principalement sur les cours d'eau d'Europe de l'ouest (bassins du Danube et du Rhin). Un zoom sur la dynamique de la colonisation en France (principalement le bassin Rhin-Meuse) entre 2007 et 2016 est réalisé dans un troisième temps, en se basant essentiellement sur des données de pêche à l'électricité. Il aborde ensuite l'impact éventuel de ces espèces sur les

communautés ichthyologiques, principalement à partir de données bibliographiques, mais aussi en analysant des données spatio-temporelles recueillies par pêche électrique. Enfin, des éléments de gestion sont évoqués en fin de rapport.

2. PRESENTATION DES ESPECES

2.1. Systématique

La famille des *Gobiidae*, à laquelle appartiennent les quatre espèces, est l'une des plus nombreuses parmi les Téléostéens (poissons osseux représentant la grande majorité des poissons). La systématique de cette famille est complexe. Selon Thacker (in Patzner *et al.*, 2011), elle compte 1 107 espèces pour 167 genres et appartient au sous-ordre des Gobioidi (6 familles), ordre des Gobiiformes (environ 2 000 espèces pour 270 genres). Cette famille est très largement distribuée sur notre planète, fréquentant principalement les zones côtières tropicales. La plupart des espèces sont marines ou de milieux saumâtres, mais quelques-unes fréquentent exclusivement les milieux dulcicoles (Kottelat et Freyhof, 2007).

La systématique étant une science en perpétuel mouvement, les chiffres précédemment cités peuvent évoluer en fonction des auteurs et des avancées de la recherche (en génétique et dans les sciences moléculaires). Pour cette même raison, les noms des espèces évoluent constamment. Ainsi, avant la publication de Stepien et Tumeo (2006), le gobie demi-lune *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) était confondu avec une espèce cryptique *Proterorhinus marmoratus* (Pallas, 1814) qui ne fréquente pas les eaux strictement dulcicoles (contrairement à *P. semilunaris*). La taxonomie du gobie de Kessler a également changé il y a environ 5 ans, pour passer de *Neogobius kessleri* à *Ponticola kessleri* (Günther, 1861).

Communément en France, et dans la suite de ce rapport, le terme «gobie » se rapporte à une espèce de la famille des *Gobiidae*.

2.2. Détermination

Les gobies sont généralement de petits poissons benthiques de forme subcylindrique présentant deux nageoires dorsales qui se distinguent des autres espèces dulcicoles par la présence d'un disque pelvien (appelé parfois ventouse) résultant de la fusion des nageoires pelviennes (figure 1). La

détermination à l'espèce peut être délicate et repose, en partie, sur l'observation d'organes sensoriels (canaux, pores et papilles sensibles) particulièrement développés et situés au niveau de la tête. Cependant, pour les quatre espèces arrivées récemment dans la partie française du bassin du Rhin, la distinction entre elles est facile. Nous insisterons sur les critères qui permettent de les différencier. De plus amples informations sur les critères de détermination concernant les gobies européens fréquentant des milieux dulcicoles sont données dans Kottelat et Freyhof (2007).

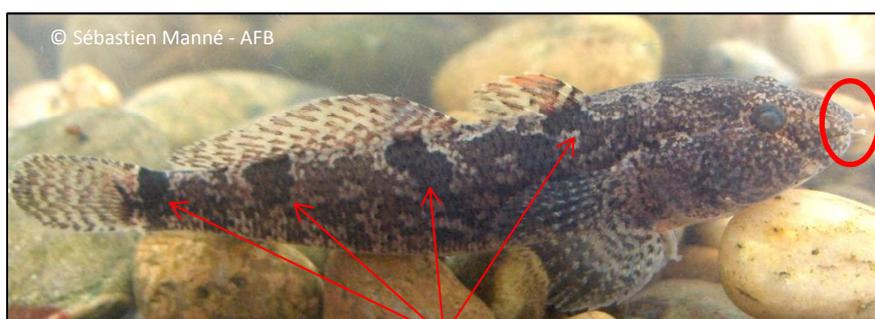


Figure 1 : disque pelvien d'un gobie

L'observation de ce disque pelvien permet d'éviter la confusion éventuelle entre un gobie (et en particulier celui de Kessler) et un chabot.

2.2.1. Gobie demi-lune

Le gobie demi-lune *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) appelé « Western tubenose goby » en anglais, est le seul représentant en France de son genre. Il doit son nom de genre aux deux protubérances tubulaires nasales qu'il porte au niveau de sa lèvre supérieure (figure 2).



Protubérances nasales

Bandes sombres

Figure 2 : gobie demi-lune *Proterorhinus semilunaris* (en rouge, des caractéristiques qui permettent de le distinguer des trois autres espèces)

C'est un gobie de petite taille (maximum : 90 mm) qui présente plusieurs bandes sombres sur son corps. Sa tête est également plus étroite que celle des trois autres gobies.

2.2.2. Gobie de Kessler

Le gobie de Kessler *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) appelé « Pontian bighead goby » en anglais se caractérise avant tout par une tête effectivement très large (vue de dessus) et plutôt aplatie (figure 3).



Tête large et aplatie (pas de protubérance tubulaire)

Figure 3 : gobie de Kessler *Ponticola kessleri*

C'est un gobie de taille plus importante que le précédent avec une taille maximale d'environ 200 mm. Outre l'absence de protubérance tubulaire (contrairement au gobie demi-lune), il ne possède pas de tache noire sur la première nageoire dorsale (contrairement au gobie à tache noire) et les longueurs des premier et avant-dernier rayons mous de la seconde nageoire dorsale sont équivalentes (contrairement au gobie fluviatile).

2.2.3. Gobie à tache noire

Le gobie à tache noire *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) appelé « Round goby » en anglais, se distingue par la présence d'une tache noire située à la base postérieure de la première nageoire dorsale (figure 4). Cette tache est visible chez tous les individus, même si elle est parfois (rarement) peu marquée. Elle est présente chez l'alevin dès l'éclosion (Leslie et Timmins, 2004 in Kornis *et al.*, 2012).

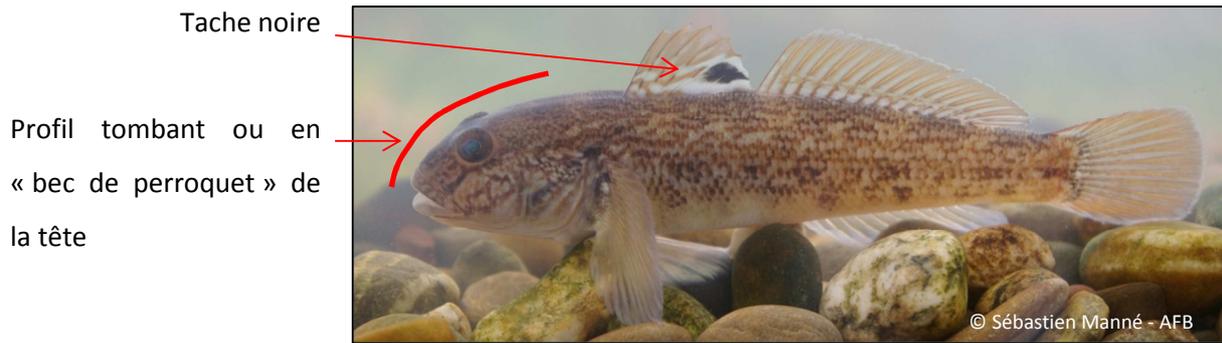


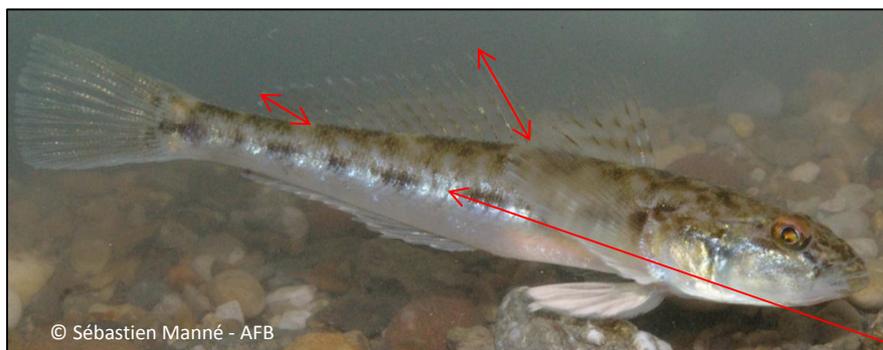
Figure 4 : gobie à tache noire *Neogobius melanostomus*

La taille maximale de cette espèce est de 220 mm. Le profil tombant de sa tête permet également de la distinguer des trois autres espèces.

Notons également que le mâle présente un corps et des nageoires noirs en période de reproduction. D'après Charlebois et al. (1997) (in Kornis *et al.*, 2012), un dimorphisme sexuel permet de distinguer les mâles des femelles. La papille urogénitale érectile de ces dernières, située entre l'anus et la base de la nageoire anale, est moins longue et plus large (forme rectangulaire) que celle des mâles (forme triangulaire).

2.2.4. Gobie fluviatile

Le gobie fluviatile *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814) appelé « Pontian monkey goby » en anglais, se distingue des trois autres gobies par la forme de la seconde nageoire dorsale (photo 5). Celle-ci est en effet plus haute dans sa partie antérieure.



Premier rayon mou de la seconde dorsale à peu près deux fois plus long que l'avant-dernier rayon

Reflets bleutés

Photo 5 : gobie fluviatile *Neogobius fluviatilis*

La taille maximale du gobie fluviatile est de 200 mm. La forme du corps est plus effilée que celle des trois autres gobies. De plus, des reflets bleutés sont visibles sur les flancs.

Un dernier élément permet d'identifier rapidement l'espèce (parmi les quatre) par un œil exercé, la couleur de la robe. En effet, les couleurs et les motifs, bien que variables au sein d'une espèce, diffèrent suffisamment entre les espèces pour les différencier avec un faible risque d'erreur. Néanmoins, une confirmation de l'identification par les autres critères vus précédemment reste indispensable.

2.3. Biologie-Ecologie

Parmi les quatre espèces présentées dans ce rapport, le gobie à tache noire est indiscutablement celui qui a bénéficié du plus grand nombre de publications scientifiques. C'est le mieux connu et donc celui pour lequel nous apporterons le plus d'informations sur la biologie et l'écologie. Cette documentation plus importante dont il bénéficie est liée à son caractère plus « invasif » mais aussi à sa présence dans les grands lacs nord-américains où il a été introduit. Les scientifiques nord-américains l'ont en effet intensément étudié.

2.3.1. Habitat

Le **gobie demi-lune** montre une assez large tolérance vis-à-vis de son habitat (Erős *et al.*, 2005). Il fréquente des lacs, retenues, estuaires et rivières, présentant des écoulements lents ou des eaux stagnantes, et est souvent associé à des fonds de nature grossière (blocs-enrochements) ou de la végétation dense (Kottelat et Freyhof, 2011).

La nature des berges des stations où il a été mis en évidence en France, montre qu'on le rencontre aussi bien dans des enrochements (de milieux canalisés) que dans des milieux plus naturels plus ou moins végétalisés et constitués d'une granulométrie plus fine.

Le **gobie de Kessler** fréquente les eaux douces à légèrement saumâtres. Il est présent dans des lacs, retenues, estuaires, lagunes, ports fluviaux et de larges rivières. Il fréquente aussi bien des eaux stagnantes que des eaux vives, où les fonds sont préférentiellement constitués de substrats grossiers (blocs) ou bien végétalisés (Kottelat et Freyhof, 2011).

Les stations où il a pu être mis en évidence en France ont un habitat proche de celui où le gobie demi-lune et le gobie à tache noire ont été recensés, à savoir des berges souvent enrochées (milieux canalisés) mais aussi plus naturelles.

Le **gobie à tache noire** se distingue par une très grande tolérance vis-à-vis des conditions d'habitat. Concernant la salinité, on le rencontre aussi bien en eau douce que dans des milieux saumâtres où la concentration en sels peut être élevée. Il est ainsi présent en mer Baltique où la concentration moyenne en sels est de 8 ‰, ainsi que dans la zone côtière des mers Noire et Caspienne. Il n'y a par contre pas de population connue en milieu océanique. On suppose donc que sa tolérance au NaCl (eaux de mer) est inférieure à 30 ‰ (Kornis *et al.*, 2012).

Sa tolérance à l'hypoxie est également remarquable puisque le seuil léthal serait compris entre 0,4 et 1,3 mg/l d'oxygène dissous (Charlebois *et al.*, 1997 in Kornis *et al.*, 2012). Il quitte cependant une zone où la concentration en oxygène dissous est inférieure à 4 mg/l s'il en a la possibilité, probablement en raison d'une croissance limitée (Arend *et al.*, 2011 in Kornis *et al.*, 2012). Cette résistance à l'hypoxie est, en partie, probablement liée à sa capacité de respiration tégumentaire, qui contribue jusqu'à 13 % de la respiration totale (Moskal'kova, 1996 in Masson, 2011).

Le gobie à tache noire possède aussi une grande tolérance à l'égard de la température puisqu'il supporte des valeurs allant de -1 à 30°C (Moskal'kova, 1996 in Kornis *et al.*, 2012). Il préfère néanmoins des eaux plutôt chaudes puisque son optimum thermique sur le plan énergétique serait de 26°C (Lee et Johnson, 2005 in Kornis *et al.*, 2012).

Enfin, il peut fréquenter des profondeurs importantes, puisqu'il a été enregistré à 130 m de profondeur dans le lac Ontario (Walsh *et al.*, 2007 in Kornis *et al.*, 2012).

Le gobie à tache noire affectionne les enrochements et les fonds rocaillieux qu'il recherche préférentiellement. Mais il peut également être très présent lorsque les fonds sont meubles (sable, limons voire vase) ou en présence de macrophytes (Miller, 1986). Les observations des stations où il a été mis en évidence en France confirment ces informations.

Le **gobie fluviatile** fréquente les eaux douces à saumâtres. On le trouve au niveau de la zone côtière de la mer Noire, dans des lacs, estuaires, lagunes et retenues, et dans des rivières de taille moyenne à large (Kottelat et Freyhof, 2011). Contrairement aux trois autres espèces, il a une nette préférence pour les fonds sableux à vaseux et par conséquent, les cours d'eau à très faible pente.

Les quelques secteurs où il a été observé pour l'instant en France sont effectivement caractérisés par ce type de granulométrie.

2.3.2. Âge maximal et taux de croissance

Il y a peu d'information disponible à ce sujet. Kottelat et Freyhof (2011) avancent un âge maximum de 5 ans pour le gobie fluviatile et de 4 ans pour le gobie à tache noire. Ce dernier atteindrait

cependant 6 ans dans le golfe de Gdansk (mer Baltique) selon Sokolowska et Fey (2011) (in Kornis *et al.*, 2012). Le taux de croissance du gobie à tache noire est très variable et spécifique au milieu où il vit (Kornis *et al.*, 2012). Il serait plus élevé dans les milieux saumâtres.

2.3.3. Reproduction

Les quatre espèces présentent des similitudes pour plusieurs traits biologiques relatifs la reproduction. Les informations suivantes sont principalement issues de Kottelat et Freyhof (2011).

Gobie demi-lune : il se reproduit pour la première fois à l'âge de 1-2 ans, et en général, qu'une ou deux fois. La femelle pond plusieurs fois entre les mois d'avril à août. Le mâle garde les œufs qui sont cachés dans des cavités.

Gobie de Kessler : il se reproduit pour la première fois à l'âge de 2 ans. La saison de reproduction s'étale des mois de mars à mai. Les œufs, adhésifs, sont déposés sur des cailloux, des végétaux ou des abris divers puis fécondés et gardés par un mâle jusqu'à l'éclosion.

Gobie à tache noire : le mâle se reproduit pour la première fois à l'âge de 3-4 ans dans les régions où il est natif, les femelles à l'âge de 2-3 ans. La saison de reproduction est longue, des mois d'avril à septembre. Les femelles peuvent pondre tous les 18-20 jours durant une saison de reproduction.



Les œufs, adhésifs, sont déposés en-dessous ou entre des cailloux (figure 6), ou sur des végétaux voire d'autres abris.

Figure 6 : œufs de gobie à tache noire

La littérature nord-américaine donne des informations détaillées supplémentaires. Ainsi, plusieurs femelles (entre 4 et 6) peuvent pondre jusqu'à 10 000 œufs au total dans un même nid. Ces œufs sont particulièrement gros (3,2 mm) par rapport à ceux des autres gobies, ce qui implique par contre un nombre d'œufs par femelle plus faible (entre 328 et 5221) (Kovtum, 1978 in Kornis *et al.*, 2012). Les réserves énergiques de ces œufs sont importantes (en protéines et en lipides), ce qui peut expliquer le taux d'éclosion élevé, 95% (Charlebois, 1997 in Kornis *et al.*, 2012). Le mâle, entièrement

noir durant la reproduction, garde le nid. Il ventile régulièrement les œufs en agitant ses nageoires caudale et pectorales. En cas d'intrusion, il fait preuve d'un comportement agressif qui se caractérise par le déploiement de ses nageoires pectorales et dorsales, par l'émission de sons, enfin par l'attaque de l'importun (Meunier *et al.*, 2009 in Kornis *et al.*, 2012). Pendant qu'il garde le nid, le mâle dépense beaucoup d'énergie et arrêterait de se nourrir, ce qui explique qu'il meurt souvent après la saison de reproduction (Charlebois *et al.*, 1997 in Kornis *et al.*, 2012). Des séquences de cannibalisme sur les œufs ont été observées (Meunier *et al.*, 2009 in Kornis *et al.*, 2012). Concernant le sex-ratio, une forte variabilité suivant les milieux semble également prévaloir (Kornis *et al.*, 2012). Kovtum (1980) (in Kornis *et al.*, 2012) cite un rapport compris entre 1,6 et 1,9 femelles pour un mâle dans son aire d'origine, alors que le ratio est souvent clairement en faveur des mâles dans les régions où il est introduit (grands lacs nord-américains et mer Baltique).

Gobie fluviatile : il se reproduit pour la première fois à l'âge de 2 ans. La saison de reproduction est étalée des mois d'avril à juillet, avec une possibilité de se poursuivre jusqu'en septembre si la température de l'eau le permet (>13°C). La reproduction de la femelle au cours d'une saison est multiple. Les œufs sont également adhésifs, déposés sur des cailloux, des végétaux ou d'autres abris divers. Le mâle dont le corps est totalement noir durant la période de reproduction, creuse un nid dans le substrat dur, puis les garde jusqu'à l'éclosion.

2.3.4. Régime alimentaire

Les quatre espèces ont en commun de consommer une large variété d'invertébrés benthiques. Sur le Danube moyen (Slovaquie), Adamek *et al.* (2007) montrent que les amphipodes (dont les gammars font partie) et les chironomes constituent une grande part de l'alimentation des **gobies demi-lune, de Kessler et à tache noire**. Les mollusques (principalement les dreissènes) peuvent parfois représenter une grande part de l'alimentation du **gobie à tache noire**. Mais ces proies de moindre qualité énergétique, sont plutôt consommées lorsque les autres proies se font rares (Polacik *et al.*, 2009) ou sont difficiles à capturer. Le **gobie fluviatile** consomme également des mollusques (Kottelat et Freyhof, 2011). Parmi les **gobies de Kessler**, les plus grands individus ingèrent souvent de petits poissons (Kottelat et Freyhof, 2011).

De plus amples informations sont disponibles pour le **gobie à tache noire**. Outre les invertébrés benthiques, il se nourrit parfois de zooplancton (au stade juvénile), d'œufs, de larves et de petits poissons. Le régime alimentaire est influencé par l'habitat, la période de la journée et de l'année, ainsi que par la taille de l'individu (Kornis *et al.*, 2011). Dans les grands lacs nord-américains, les

dreissènes constituent l'essentiel des proies. Le gobie à tache noire peut les avaler directement ou, grâce à des dents pharyngiennes adaptées, a la possibilité de les écraser avant. Les tailles les plus consommées de ces mollusques varient entre 8 à 11 mm (Andraso *et al.*, 2011 in Kornis *et al.*, 2012). En cours d'eau, le régime alimentaire est largement dominé par les autres invertébrés benthiques. Cette diversité alimentaire indique que le gobie à tache noire est capable de s'adapter facilement aux ressources alimentaires disponibles.

3. COLONISATION DES COURS D'EAU DE L'OUEST DE L'EUROPE

3.1. Historiques de l'expansion de ces espèces

3.1.1. Le gobie demi-lune

Régions d'origine : cette espèce dulcicole est originaire des bassins fluviaux de la mer Noire (Dniepr, Dniestr et Danube) et de l'est de la mer Egée (Maritza et Struma). Dans le Danube, elle était historiquement présente jusqu'aux environs de Vienne (Autriche) (Kottelat et Freyhof, 2011) (figure 7).



Figure 7 : expansion du gobie demi-lune vers l'ouest de l'Europe à partir de son aire de répartition initiale

Expansion vers l'ouest : les premiers signes d'expansion vers l'amont du Danube datent des années 1970, où il est observé à Linz (Autriche) (Ahnelt *et al.*, 1998) (figure 7). Il rejoint ensuite l'Allemagne en 1985 près de Passau (Danube) pour finalement atteindre le Main (affluent du Rhin) près de Eltmann en 1999 (Reinartz *et al.*, 2000), probablement en empruntant le canal Main-Danube. Il est ensuite signalé dans le Rhin, entre la confluence avec le Main et l'aval immédiat de Coblenche en 2000 (CIPR, 2001), avant d'atteindre les Pays-Bas en 2002 (Kottelat et Freyhof, 2011). En 2005, il est identifié dans la partie aval de la Moselle (Allemagne) (Von Landwüst, 2006). Cammaerts *et al.* (2012) le signale sur la Meuse au niveau de la frontière entre les Pays-Bas et la Belgique en 2008.

En France, il apparaît pour la première fois dans le Rhin à Gamsheim en 2007 (Manné et Poulet, 2008), dans la Moselle en 2014 et dans la Meuse en 2016.

Relevons également qu'il a colonisé les grands lacs nord-américains à partir de 1990 (Jude et Deboe, 1996).

3.1.2. Le gobie de Kessler

Régions d'origine : cette espèce est originaire des bassins de la mer Noire (Dniepr, Dniestr et Danube) (Kottelat et Freyhof, 2011). Dans le Danube, il est signalé en 1910 aux *Portes de Fer* en Serbie (Vutskits, 1911), considérées comme la limite amont de sa répartition naturelle (Banarescu, 1964) (figure 8).



Fond cartographique: CCM River and Catchment Database ©, European Commission (Vogt et al., 2007), Geofla® - ©IGN
Sources des données: AFB, 2017

Figure 8 : expansion du gobie de Kessler vers l'ouest de l'Europe à partir de son aire de répartition initiale

Expansion vers l'ouest : d'après Simonovic *et al.* (2001), il débute son expansion vers l'amont du Danube aux environs de 1992 (figure 8). Il est identifié à 20 km à l'aval de Vienne (Autriche) en 1994 (Zweimuller *et al.*, 1996), en Slovaquie en 1996 (Stránai, 1998), puis en Allemagne (près de Straubing) en 1999 (Seifert et Hartmann, 2000). Il rejoint le bassin du Rhin en 2005, probablement en utilisant le canal Main-Danube (Kottelat et Freyhof, 2011), comme le fit avant lui le gobie demi-lune. On le retrouve ensuite dans le Rhin à l'amont de Bonn (Allemagne) en 2006, puis aux Pays-Bas en 2007 (Van Kessel *et al.*, 2011). Il atteint le Neckar et le Rhin à Mannheim (Allemagne) en 2009 (Hartmann, 2010), le Bade-Württemberg (Allemagne) en 2010 et la Suisse à Bâle en 2011 (Staub, communication personnelle).

En France, il est observé pour la première fois dans le Rhin à Lauterbourg mais aussi à Kembs en 2010 et dans la Moselle en 2011 (Manné *et al.*, 2013).

3.1.3. Le gobie à tache noire

Régions d'origine : contrairement aux deux espèces précédentes, le gobie à tache noire est originaire des zones côtières des mers Noires, d'Azov et Caspienne, ainsi que des estuaires et des parties aval des fleuves Oural, Don, Dniepr, Dniestr et Danube (Kottelat et Freyhof, 2011). La limite historique amont sur le Danube est située à Vidin (Bulgarie) à l'aval des *Portes de Fer* (Smirnov, 1986) (figure 9).

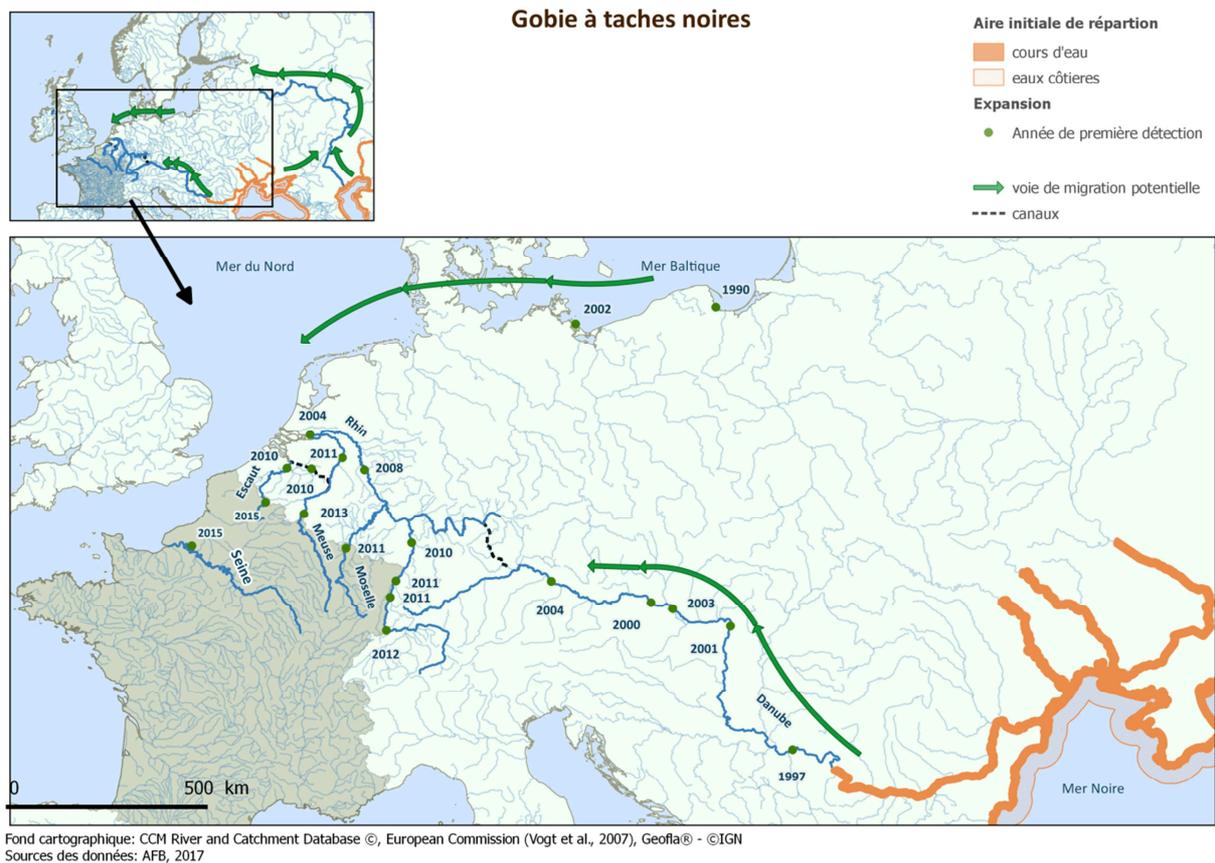


Figure 9 : expansion du gobie à tache noire vers l'ouest de l'Europe à partir de son aire de répartition initiale

Expansion vers l'ouest : sur le Danube, son expansion vers l'amont est constatée pour la première fois en Serbie en 1997 (Simonovic *et al.*, 1998). Puis il est recensé à Vienne en 2000 (Wiesner *et al.*, 2000), près de Budapest en Hongrie en 2001 (Guti *et al.*, 2003), en Slovaquie en 2003 (Stránai et Andreji, 2004) et en Allemagne en 2004 (Freyhof et Kottelat, 2011) (voir figure 9).

Indépendamment de cette première voie migratoire, le gobie à tache noire atteint également le Golfe de Gdansk en mer Baltique vers 1990 (Skora et Stolarski, 1993) et la partie allemande de cette mer en 2002 (Kottelat et Freyhof, 2011).

Il est ensuite observé pour la première fois dans le delta du Rhin (Pays-Bas) en 2004 (Van Beek, 2006). Plus tard, il est signalé en Allemagne entre Düsseldorf et Cologne en 2008, puis à l'amont, à la confluence avec le Neckar en 2010 (Hartmann, 2010) et enfin à Bâle (Suisse) en 2012 (Kalchhauser *et al.*, 2013). Plus à l'ouest, il rejoint le bassin de la Scheldt (Escaut en Français) et le canal Albert en Belgique en 2010 (Verreycken *et al.*, 2011). Il est identifié dans la Meuse aux Pays-Bas en 2011 (Van Kessel *et al.*, 2016).

En France, il apparaît pour la première fois dans le Rhin à Gamsheim et à Rhinau ainsi que dans la partie aval de la Moselle en 2011 (Manné *et al.*, 2013). Il arrive dans la partie aval de la Meuse française à Givet vers 2013. Plus surprenant, il est également détecté dans le port de Rouen (Seine aval) (Villette, communication personnelle) en 2015 et enfin dans la partie française de l'Escaut la même année (Le Rohic, communication personnelle).

Il a également colonisé massivement les grands lacs nord-américains à partir de la rivière St-Clair dès 1990 (Jude *et al.*, 1992).

3.1.4. Le gobie fluviatile

Régions d'origine : il est originaire des bassins fluviaux des mers Noire (Dniepr, Dniestr et Danube principalement) et d'Azov (Don) où il fréquente plutôt les tronçons à proximité des estuaires (Kottelat et Freyhof, 2011) (figure 10).



Fond cartographique: CCM River and Catchment Database ©, European Commission (Vogt et al., 2007), Geofla® - ©IGN
Sources des données: AFB, 2017

Figure 10 : expansion du gobie fluviatile vers l'ouest de l'Europe à partir de son aire de répartition initiale

Expansion vers l'ouest : il rejoint le bassin de la Vistule (Pologne) à partir du Dniepr et d'un canal de navigation vers 1997 et est trouvé dans le lac Balaton (Hongrie) vers 1970 (Kottelat et Freyhof, 2011). Il est ensuite repéré dans le Danube en Hongrie (partie aval) en 1984, dans la partie slovaque-hongroise en 2001, à la frontière autrichienne en 2003, puis sur le Rhin dans les ports de Duisbourg (Allemagne) en 2008, avant d'être capturé aux Pays-Bas en 2009 (Van Kessel et al., 2009).

En France, il fait sa première apparition sur la Moselle en 2014 (Manné, 2014).

3.2. Les moteurs de la colonisation

Le passage de ces espèces des bassins ponto-caspiens d'où ils sont originaires au bassin du Rhin en moins de deux décennies ne peut s'expliquer que par des facteurs liés aux activités humaines.

Les canaux de navigation :

Le premier élément majeur a été l'achèvement de la construction du **canal à grand gabarit Main-Danube en 1992** qui relie le bassin du Danube à celui du Rhin, le Main étant un important affluent de ce dernier. Plus généralement, de nombreux auteurs partagent l'hypothèse que les canaux, permettant la connexion entre les grands bassins fluviaux, constituent l'une des principales causes de l'expansion géographique des espèces exotiques aquatiques (Rahel, 2007), en particulier des gobies. Cammaerts *et al.* (2012) ont ainsi suggéré que l'arrivée du gobie demi-lune dans le bassin de la Meuse a été rendue possible par le canal Waal-Meuse. Cependant, la construction des canaux reliant de grands bassins européens a débuté dès le XVII^{ème} siècle (Bij de Vaate *et al.*, 2002). Un canal à petit gabarit (canal du roi Ludwig) reliait déjà le Danube au Main entre 1845 et 1950. Les canaux n'expliquent donc pas à eux seuls l'arrivée massive de ces espèces.

La navigation :

La colonisation des grands lacs nord-américains par le gobie demi-lune et le gobie à tache noire au début des années 1990 est due aux **eaux de ballast** des grands navires marchands transatlantiques (Corkum *et al.*, 2004). Les ballasts sont remplis d'eau pour assurer un bon équilibre au navire marchand lorsque celui-ci navigue à vide ou faiblement chargé. Lorsqu'il est rempli de marchandises dans un port, il évacue cette eau dans le milieu environnant et peut ainsi potentiellement libérer des organismes vivants.

Les œufs des gobies ont la capacité de **s'accrocher à la coque des navires** et de voyager ainsi sur de grandes distances (Ahnelt *et al.* 1998). C'est pourquoi les navires de plaisance représentent également un vecteur potentiel important de propagation de ces espèces.

La forte augmentation du commerce international ces dernières décennies a été accompagnée par un accroissement des échanges fluviaux (et maritimes), ce qui a probablement contribué à l'expansion des gobies. Les ports fluviaux de Vienne (sur le Danube), Duisbourg et Rotterdam (sur le Rhin) apparaissent comme des points importants de dissémination possible pour ces populations (Roche *et al.*, 2013). D'autres ports peuvent jouer ce rôle pour la partie alsacienne du Rhin, ceux de Strasbourg et de Bâle (Suisse) en particulier.

Le rôle de la navigation dans l'arrivée du gobie de Kessler dans la partie franco-allemande du Rhin et dans la partie française de la Moselle a été mis en évidence (Manné *et al.*, 2013).

La pêche, l'aquaculture et l'aquariophilie :

L'utilisation des gobies en tant qu'appât peut également participer à leur dissémination. En effet, celui-ci peut se détacher de l'hameçon et survivre dans le milieu où il est alors nouvellement introduit. Il y a aussi un risque qu'un pêcheur jette ces vifs (appâts vivants) à la fin d'une partie de pêche et les introduise ainsi dans une rivière.

Il est reconnu que l'aquaculture (qui inclut le réempoissonnement des rivières à des fins halieutiques à partir de piscicultures) et l'aquariophilie sont également des activités pouvant mener à l'introduction d'individus exotiques dans un nouveau milieu. Bien qu'aucun élément factuel de ce type n'ait été porté à notre connaissance concernant l'arrivée des gobies dans le nord-est de la France, il convient de les garder à l'esprit.

La dispersion active :

Plus localement (à plus petite échelle), les gobies peuvent se disperser par la nage. Verreycken *et al.* (2011) n'excluent pas l'hypothèse d'une colonisation active dans la Scheldt (en Belgique) à partir du canal Rhin-Scheldt par le gobie à tache noire. Browscombe et Fox (2012) ont observé que quelques gobies à tache noire particulièrement mobiles ont pu remonter naturellement une rivière en Amérique du nord avec une vitesse moyenne de 27 km par an. Manné *et al.* (2013) supposent que la colonisation relative lente du Rhin et de l'aval de l'Ill (affluent du Rhin) dans le secteur de Strasbourg par le gobie demi-lune entre 2007 et 2012 peut s'expliquer par une dispersion active (nage).

La dispersion passive :

Arrivés en un lieu donné d'un cours d'eau par le biais de la navigation par exemple, les gobies ont aussi la possibilité de coloniser rapidement l'aval du cours d'eau par la dérive de leurs larves. L'importance de ce moyen de dispersion a été montrée pour les gobies demi-lune et à tache noire sur la rivière Dyje (en République Tchèque) (Janáč *et al.*, 2013).

Autres facteurs abiotiques favorisant la colonisation :

L'anthropisation des milieux diminue la résilience des écosystèmes face aux invasions biologiques (Mack *et al.*, 2000). Ainsi, l'artificialisation des rivières et en particulier l'enrochement des berges

(Rhin et Moselle navigués par exemple) contribue au succès de l'implantation des gobies, et à partir de là, à la colonisation de nouveaux milieux.

L'augmentation de la température de l'eau avec le réchauffement climatique ainsi que par les aménagements (retenues par exemple), peut aussi favoriser l'expansion de ces espèces.

4. DONNEES D'OBSERVATIONS RELATIVES A CES ESPECES EN FRANCE

4.1. Recueil des données

Pêche à l'électricité :

L'essentiel des observations qui ont été faites sur les quatre espèces identifiées en France proviennent de pêches à l'électricité, en particulier celles réalisées par l'ONEMA (ou son prestataire) dans le cadre de ses réseaux de suivi des peuplements de poissons (Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), Réseau Hydrobiologique et Piscicole (RHP) et Réseau de Référence Pérenne (RRP)). Les stations « Réseaux » où des gobies ont été capturés ont toutes été échantillonnées par la méthode appelée « pêche par points » (Belliard *et al.*, 2008).

Quelques données de pêches à l'électricité ont été produites par d'autres acteurs (fédérations de pêche 08, 54, 55, 59 et bureau d'études Dubost Environnement), dans le cadre de pêches de sauvetage ou d'études.



Photo 11 : pêche à l'électricité – station avec des gobies

L'efficacité de la pêche à l'électricité sur les gobies est globalement assez faible, bien que ces espèces aient un comportement de fuite devant les opérateurs nettement moindre que d'autres espèces, en raison de leur caractère benthique fortement marqué (photo 11). L'absence de vessie natatoire que l'on retrouve d'ailleurs chez le chabot leur confère une réaction, à proximité d'une anode, analogue à celle de ce dernier.

Rapidement après l'immersion de l'anode, les individus sont plaqués sur le fond, rendant leur capture avec une épuisette très difficile, en particulier dans leur habitat favori, les enrochements (photo 11). On peut donc grossièrement estimer que l'efficacité de pêche pour ces gobies est comparable à celle des chabots.

Autres méthodes d'observation :

Le suivi mensuel de la passe à poissons de Kembs sur le Rhin (par vidange de plusieurs bassins) pendant de nombreuses années par l'ONEMA (département 68) a fourni une donnée reprise dans ce rapport.

L'université de Lorraine se sert d'une senne de plage dans le cadre d'une étude qu'elle mène sur les gobies sur la Moselle dans les départements de Moselle et de Meurthe-et-Moselle. Certaines de ces données ont été utilisées pour compléter la connaissance de la répartition de ces espèces.

Des données sporadiques obtenues auprès des pêcheurs à la ligne ont également été utilisées. Ce sont d'ailleurs les seules permettant actuellement de signaler la présence de gobies dans le bassin Rhône-Méditerranée-Corse (fédérations de pêche 01, 04, et 57, communications personnelles).

4.2. Répartition des espèces

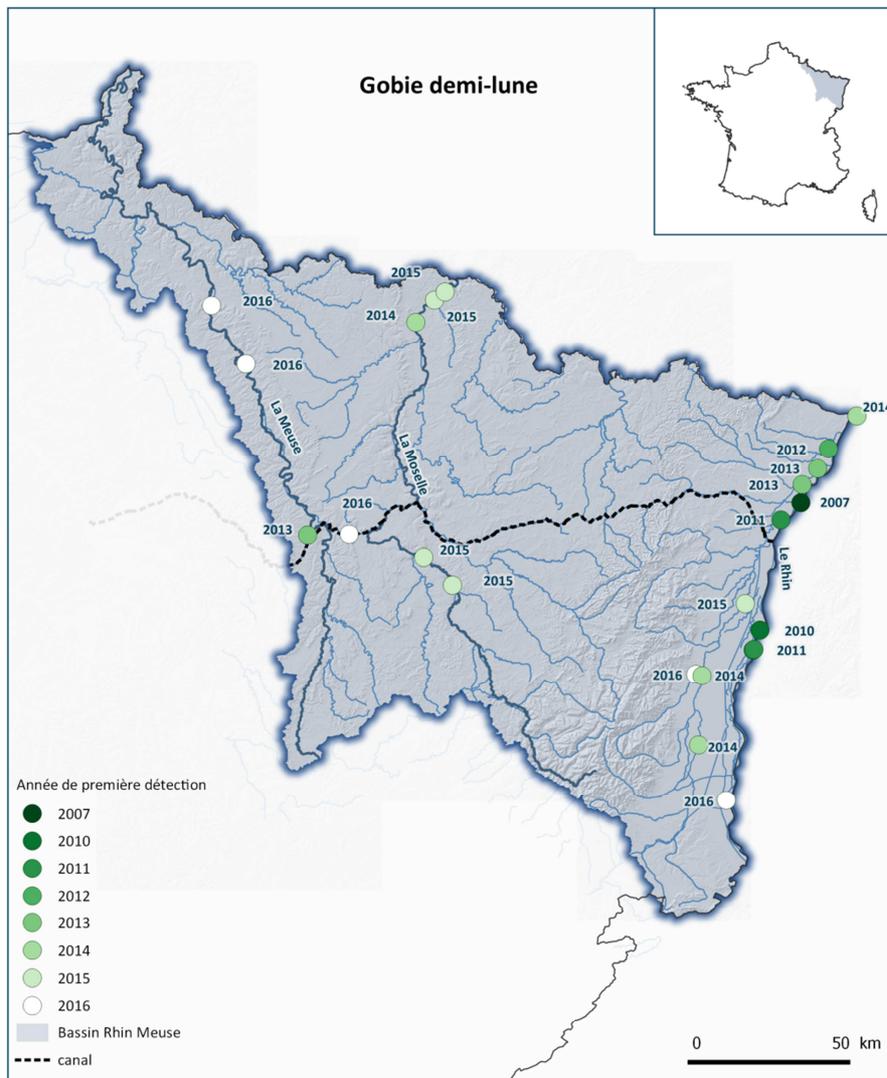
4.2.1. Gobie demi-lune

Répartition et expansion :

Le gobie demi-lune a été observé pour la première fois en France en septembre 2007 sur le Rhin à Gamsheim (figure 12). Il a ensuite progressivement étendu son aire de répartition sur le Rhin tout d'abord (observé à Rhinau en 2010) et dans la partie aval de certains de ses affluents ensuite (observé sur l'Ill à l'aval de Strasbourg en 2011 et sur la Sauer en 2012).

En 2013, il est capturé à l'occasion d'une pêche de sauvetage dans le canal de la Marne au Rhin à Void-Vacon dans la Meuse. Cette donnée assez surprenante laisse supposer que le gobie demi-lune a profité de la navigation de plaisance (œufs collés sur la coque des bateaux par exemple) pour atteindre ce secteur à partir du Rhin à hauteur de Strasbourg (zone de connexion entre ce canal et le Rhin), sachant qu'il n'avait pas été observé sur le bassin de la Moselle à cette époque. Une autre donnée dans ce canal est rapportée en 2016 à Foug (département de Meurthe-et-Moselle).

En 2014, il est signalé pour la première fois sur le bassin de la Moselle à Illange. Il est ensuite détecté à l'aval à proximité de la frontière avec le Luxembourg et à l'amont, où sa limite de répartition en 2015 se situe à Tonnoy.

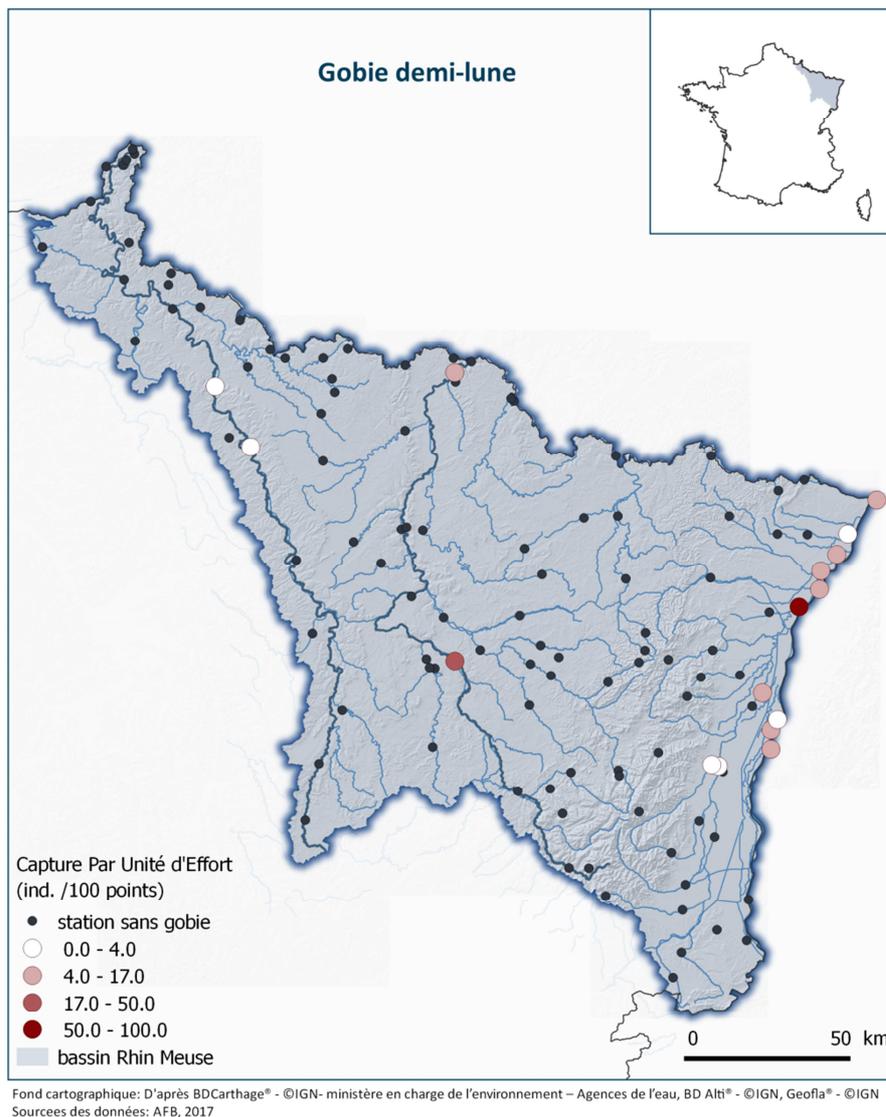


Il a atteint la partie française de la Meuse vers 2016, où il est observé sur deux stations, à Bras-sur-Meuse et à Sassey-sur-Meuse.

Figure 12 : répartition et expansion du gobie demi-lune en France (bassin Rhin-Meuse). Données utilisées : toutes les données du §4.1.

En Alsace, il poursuit la colonisation des affluents du Rhin. Entre 2014 et 2016, il s'est répandu sur un linéaire important de l'III. Ce mouvement s'est également opéré de l'amont vers l'aval, puisqu'il a été observé dès 2014 à Oberhergheim (limite la plus amont connue) alors qu'il n'a été capturé à Osthouse qu'en 2015 (station située environ 60 km à l'aval, échantillonnée tous les ans). L'espèce apparaît dorénavant dans des affluents de l'III (dans la Fecht aval à Guémar par exemple) ainsi que dans le Muhlbach de la Hardt (Haut-Rhin). Il n'est par contre pas connu dans le Vieux-Rhin haut-rhinois.

Abondance :



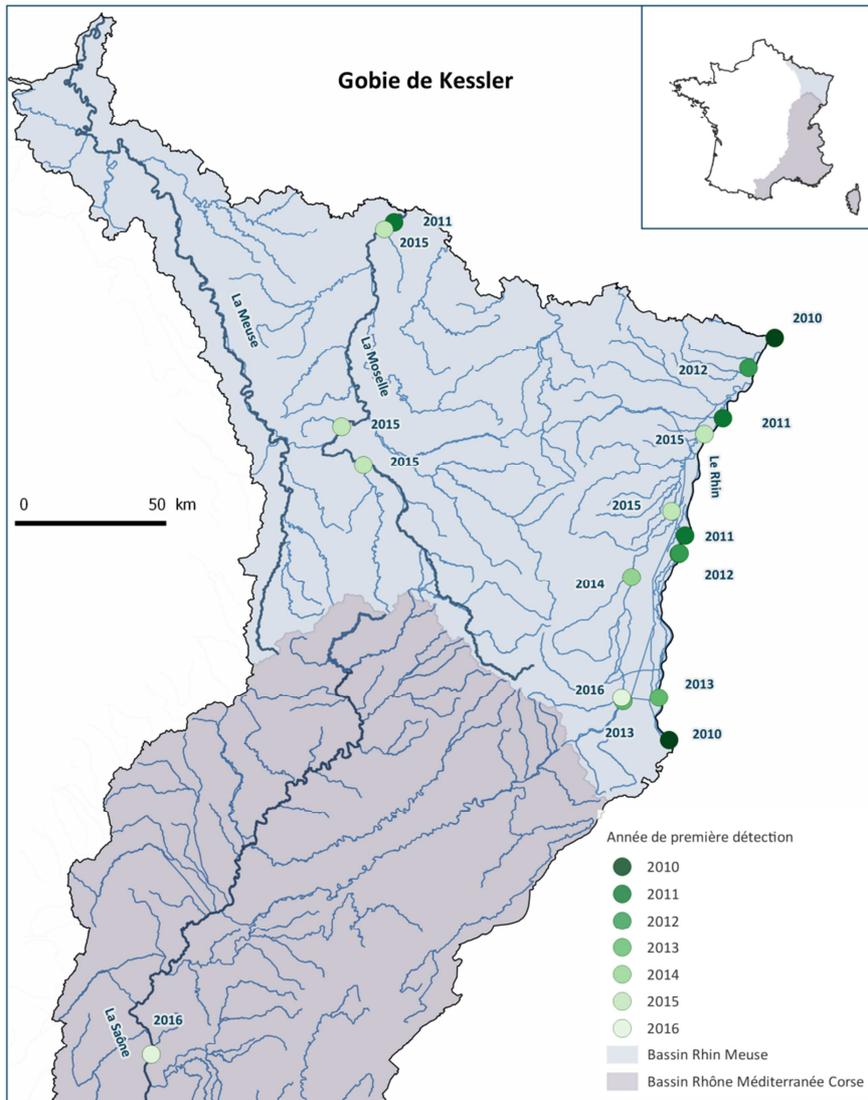
Les abondances les plus fortes sont en général observées en Alsace (figure 13), région où l'espèce est apparue en premier. La station où l'effectif le plus élevé a été capturé (l'Ill à la Wantzenau, CPUE = 72 individus/100 points) est caractérisée par des berges pseudo-naturelles (morphologie du cours d'eau modifiée mais berges végétalisées).

Figure 13 : Capture Par Unité d'Effort (CPUE) de gobie demi-lune en France (bassin Rhin-Meuse) – Données utilisées : pêches électriques sur les stations « Réseaux » entre 2015 et 2016

Ailleurs, les abondances sont souvent assez faibles (entre 1 et 8 individus/100 points) ou moyennes (entre 10 et 20 individus/100 points).

4.2.2. Gobie de Kessler

Répartition et expansion :



Fond cartographique: D'après BD Carthage® - ©IGN- ministère en charge de l'environnement - Agences de l'eau, BD Alt® - ©IGN, Geofla® - ©IGN
Sources des données: AFB, 2017

Figure 14 : répartition et expansion du gobie de Kessler en France.

Données utilisées : toutes les données du §4.1.

Ce constat plaide pour une colonisation de la partie amont du Rhin favorisée par la navigation (proximité du port de Bâle pour Kembs).

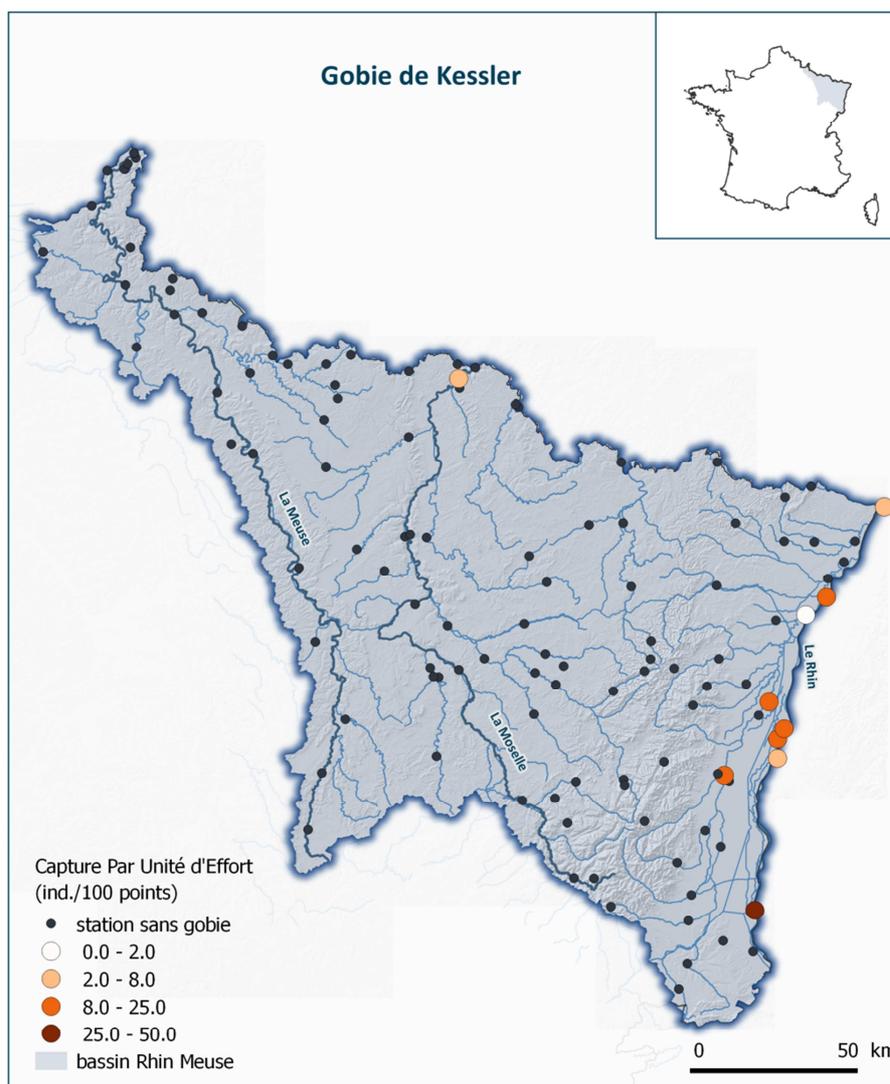
En 2011, il est également signalé dans la partie aval de la Moselle, avant d'être observé plus à l'amont à Pont-Saint-Vincent (limite la plus amont connue) en 2015. En Alsace, il est présent sur l'essentiel du linéaire de l'Ill (limite amont connue en 2016 : Illzach) où, à l'instar du gobie demi-lune, il a été observé à l'aval immédiat de Colmar (2014) avant d'avoir été échantillonné plus à l'aval à Osthouse (2015).

Apparu pour la première fois en France en 2010 sur le Rhin (figure 14), à la fois aux extrêmes nord (Lauterbourg) et sud de l'Alsace (Kembs), il a fallu attendre l'année suivante pour le capturer à Rhinau et à Gamsheim, stations échantillonnées tous les ans et situées entre Lauterbourg et Kembs.

L'espèce n'est actuellement pas connue dans le bassin de la Meuse.

Fin mai 2017, nous identifions, sur la base de deux photographies, un gobie capturé par un pêcheur à la ligne fin 2016 sur la Saône au niveau du barrage d'Ormes (Saône-et-Loire). La qualité de ces photographies laisse apparaître une petite incertitude sur l'espèce en question. Mais il s'agit très probablement d'un gobie de Kessler (tête relativement large et aplatie). C'est l'unique individu connu et identifié à ce jour dans le bassin du Rhône.

Abondance :

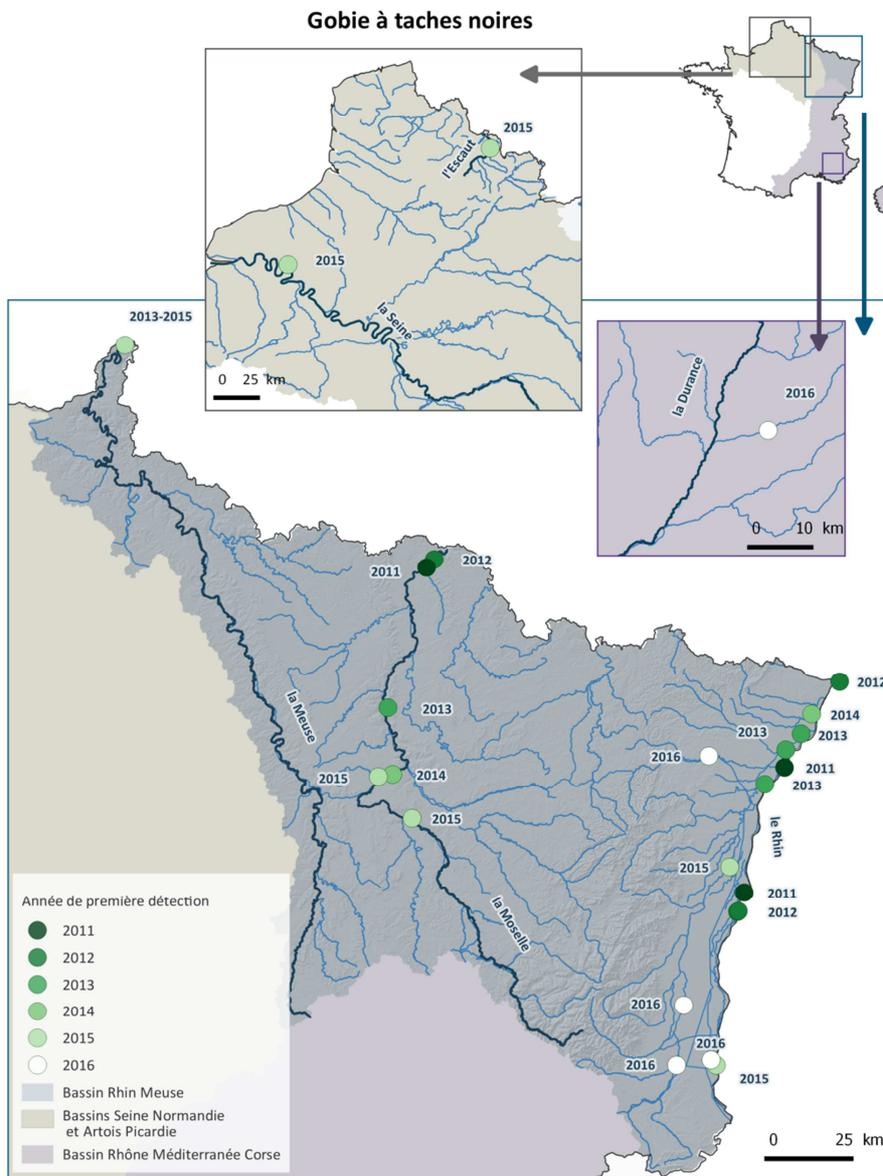


Les abondances sont en général faibles (sur la Moselle par exemple) à moyennes (CPUE max. = 31 individus/100 points sur le Vieux-Rhin à Hombourg) (figure 15). Les stations présentent des berges enrochées (ex: le Rhin à Rhinau, CPUE = 13 individus/100 points) ou pseudo-naturelles (l'III à l'aval de Colmar, CPUE = 13 individus/100 points).

Figure 15 : Capture Par Unité d'Effort (CPUE) du gobie de Kessler en France (bassin Rhin-Meuse) – Données utilisées : pêches électriques sur les stations « Réseaux » entre 2015 et 2016

4.2.3. Gobie à tache noire

Répartition et expansion :



Le gobie à tache noire a été identifié pour la première fois en France en 2011 dans le Rhin à Gambenheim et à Rhinau, suite à des pêches à l'électricité (figure 16). La même année, les premiers individus apparaissent sur la Moselle. Il a ensuite rapidement colonisé l'ensemble du Rhin mais aussi l'Ill jusqu'à Illzach (à proximité de Mulhouse) et la partie aval de nombreux affluents (Sauer, Moder, dérivations du Rhin ou de l'Ill).

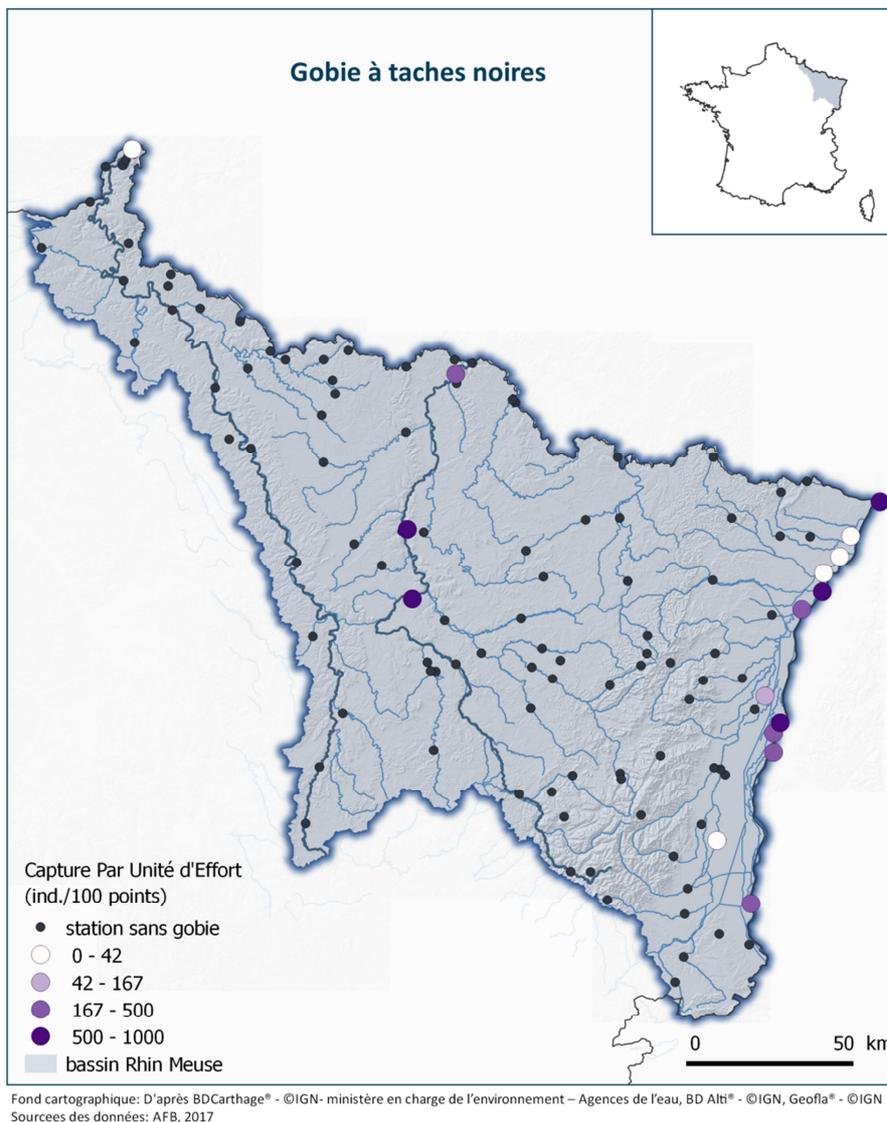
Figure 16 : répartition et expansion du gobie à tache noire en France. Données utilisées : toutes les données du §4.1.

Sur le bassin de la Moder, il a été observé assez loin à l'amont (Hochfelden). Sur la Moselle, il a atteint l'aval du barrage de Méréville en 2015 (Meurthe-et-Moselle). Il a été identifié formellement dans la partie aval de la Meuse à Givet (aval du barrage des quatre cheminées) en 2015, mais serait présent dans ce secteur depuis 2013 (témoignage d'un garde particulier), arrivant de Belgique.

Enfin, le gobie à tache noire a également fait son apparition en Normandie et dans le Nord de la France. Il a ainsi été capturé par un pêcheur à la ligne dans le port de Rouen en 2015, information confirmée par une pêche à l'électricité (Villette, communication personnelle). Le rôle des ports fluviaux a été mis en avant par plusieurs auteurs comme étant une base pour la colonisation de nouveaux milieux par les gobies d'origine Ponto-Caspienne. Le trafic maritime puis fluvial entre les Pays-Bas où l'espèce est bien implantée et le port de Rouen est probablement à l'origine de cette introduction. Puis il a été mis en évidence dans l'Escaut à Bruay-sur-Escaut (à proximité de Valenciennes) en 2016, sachant qu'il avait été observé sur l'Escaut par la fédération de pêche du Nord dès 2015 (Le Rohic, communication personnelle). Cette nouvelle voie de migration vient probablement de la Belgique voisine où l'espèce est également en pleine expansion.

Début mai 2017, la fédération de pêche des Alpes de Haute-Provence nous fournit des photographies sur lesquelles nous identifions des gobies à tache noire. Ces poissons ont été capturés fin 2016 par des pêcheurs à la ligne dans le plan d'eau de Brunet, au sud-est de la commune d'Oraison. Ce plan d'eau est contigu à l'Asse, affluent de la Durance. Des investigations sont en cours pour tenter de déterminer l'origine de ces poissons.

Abondance :



Les densités sont souvent très fortes puisque les CPUEs sur les milieux navigués et enrochés (Rhin à Lauterbourg, Gamsheim et Rhinau ou Moselle à Berg-sur-Moselle et Liverdun) sont comprises entre 500 et près de 1000 individus/100 points (figure 17).

Mais les abondances peuvent également être élevées sur d'autres types de milieu (figure 18).

Figure 17 : Capture Par Unité d'Effort (CPUE) du gobie à tache noire en France) – Données utilisées : pêches électriques sur les stations « Réseaux » entre 2015 et 2016



Ainsi, sur le Vieux-Rhin à Hombourg, les CPUEs sont de près de 400 individus/100 points. Sur la Moselle à Champey-sur-Moselle, station non naviguée où les berges sont pseudo-naturelles (peu d'enrochements), les CPUEs sont de plus de 500 individus/100 points.

Figure 18 : gobies à tache noire issus d'une pêche à l'électricité

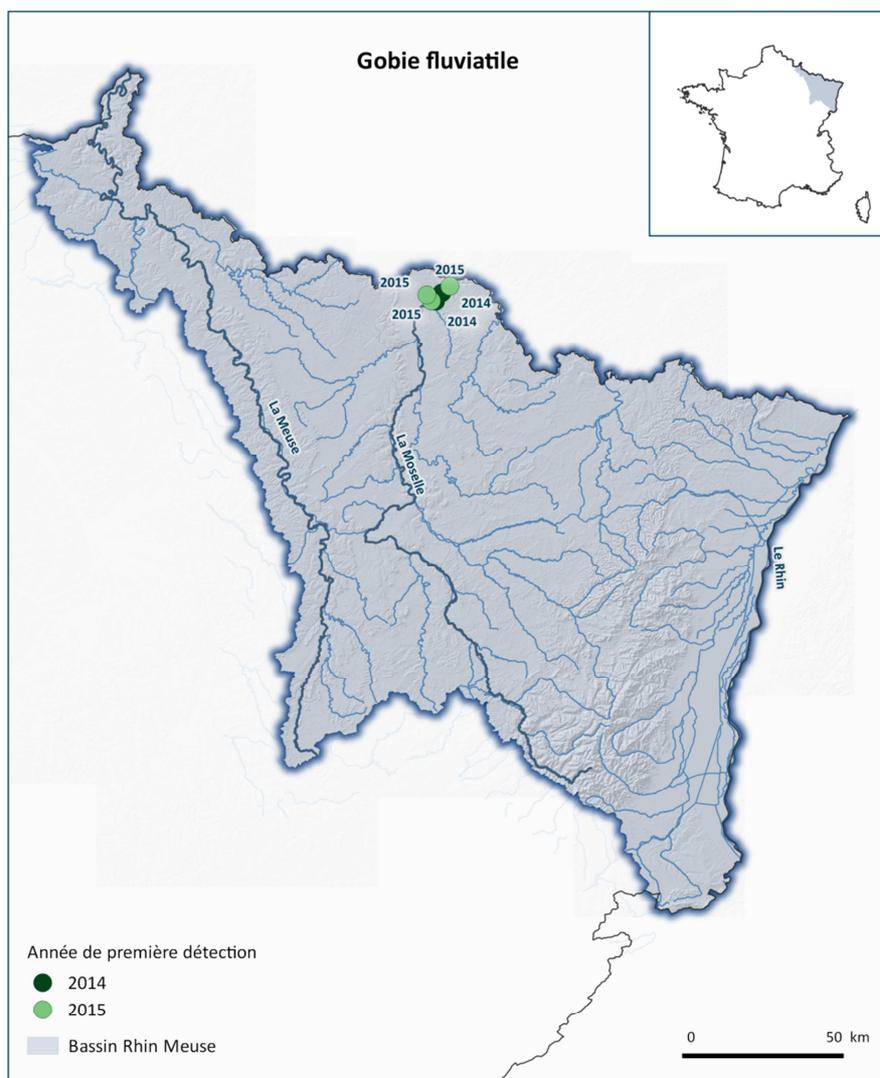
L'abondance sur le Schaftheu à Schoenau, station où les berges sont naturelles et les écoulements diversifiés, est également élevée (CPUE = 200 individus/100 points). Cette station est en revanche située à proximité du Vieux-Rhin où le gobie à tache noire est déjà fortement représenté.

Les abondances sont pour l'instant plus faibles (tout en demeurant à un niveau moyen) dans la partie aval de certains affluents (Sauer et Moder, entre 15 et 30 individus/100 points), exceptée dans la partie aval de l'III (> 100 individus/100 points).

La population sur la station de Givet sur la Meuse (amont du barrage des quatre cheminées) était encore très faible en 2016.

4.2.4. Gobie fluviatile

Répartition et expansion :

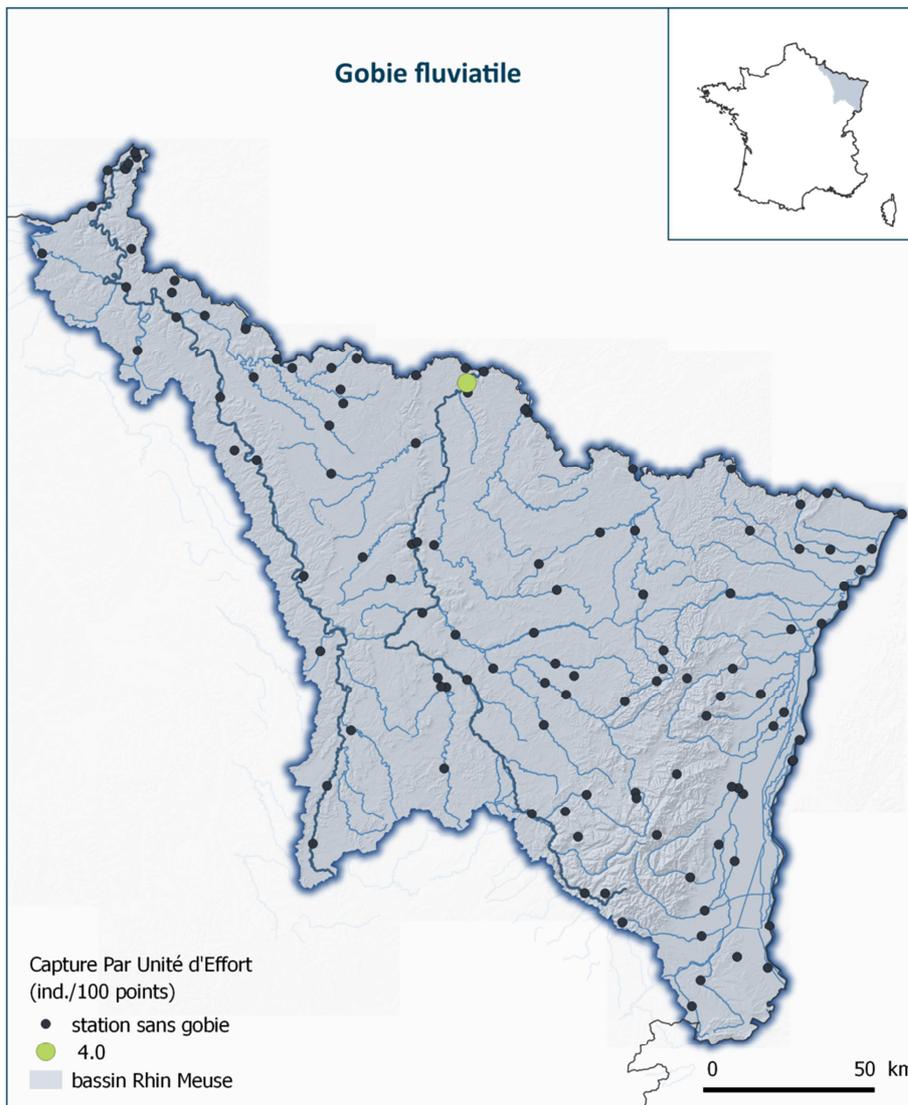


La première observation du gobie fluviatile en France date de 2014 sur la Moselle à Berg-sur-Moselle. Depuis, l'espèce semble être restée cantonnée à la partie aval de la Moselle, entre Sierck et Cattenom (figure 19). Elle est présente dans la retenue du Mirgenbach (retenue de refroidissement de la centrale nucléaire de Cattenom), où elle est curieusement le seul représentant de la famille.

Figure 19 : répartition et expansion du gobie fluviatile en France. Données utilisées : toutes les données du §4.1.

Les habitats où il est capturé sont tous caractérisés par un fond meuble, sableux ou sablo-vaseux.

Abondance :



Les abondances relevées sur la seule station « Réseaux » où il est présent sont assez faibles (CPUE = 4 individus/100 points) (figure 20).

Figure 20 : Capture Par Unité d'Effort (CPUE) du gobie fluviatile en France – Données utilisées : pêches électriques sur les stations « Réseaux » entre 2015 et 2016

4.3. Evolution inter-annuelle des populations

L'évolution inter-annuelle entre 2007 et 2016 des populations des quatre espèces est présentée pour les stations « Réseaux » répondant aux critères suivants :

- Suivi avec un pas de temps annuel
- Pas de changement de méthode d'échantillonnage depuis 2007
- Pas de changement d'opérateur (dans le sens structure ou établissement)
- Présence d'une espèce de gobiidae depuis au moins 5 années

Cinq stations pour lesquelles existent des suivis des peuplements de poissons depuis plus de 20 ans (mais présentant parfois un changement de méthode d'échantillonnage) répondent à ces critères.

L'échantillonnage par pêche électrique sur ce type de stations ne concerne que les berges (excepté pour le Schaftheu). La pêche par points est une méthode particulièrement bien adaptée à ce type de milieu au regard des objectifs poursuivis dans le cadre des pêches « Réseaux ». Néanmoins, la variabilité des résultats liée à l'échantillonnage sur des cours d'eau aussi larges et profonds reste importante. C'est pourquoi, les abondances brutes par espèces sont à prendre avec précaution, et les résultats sont aussi présentés sous la forme d'abondances relatives (effectif d'une espèce divisé par l'effectif total capturé), descripteur plus robuste.

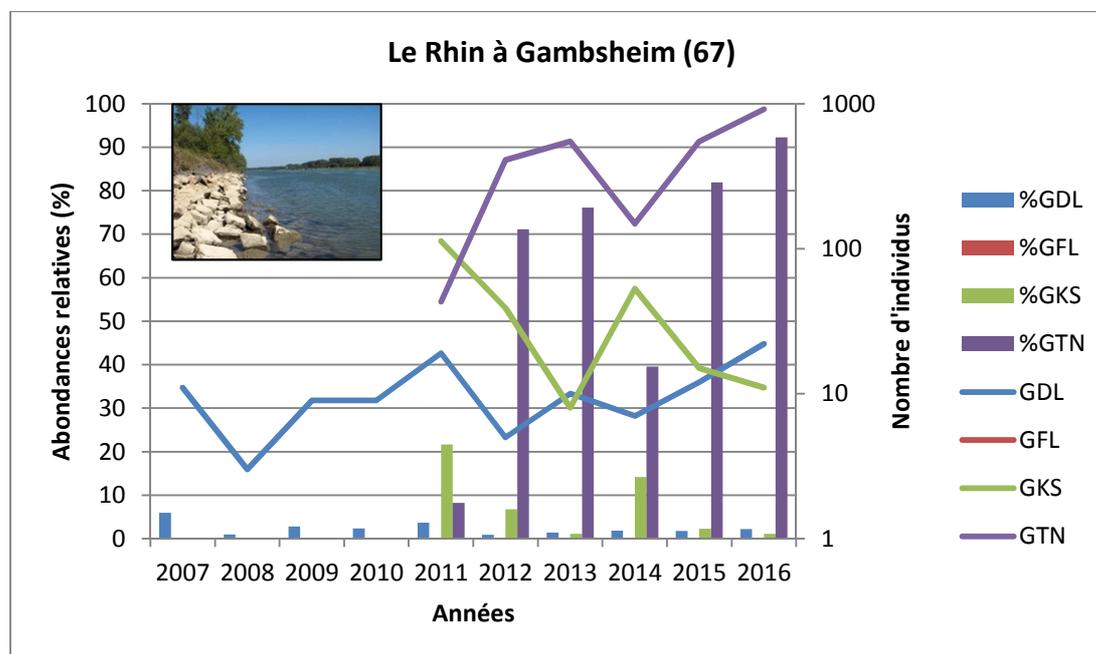


Figure 21 : évolution inter-annuelle des abondances relatives (histogrammes, axe vertical de gauche) et du nombre d'individus capturés (courbes, axe vertical de droite) de gobies demi-lune (GDL), gobies fluviatile (GFL), gobies de Kessler (GKS) et gobies à tache noire (GTN) sur le Rhin à Gamsheim (station naviguée, dont environ 90% du linéaire de berges sont enrochées (le reste étant constitué de plages de gravier)).

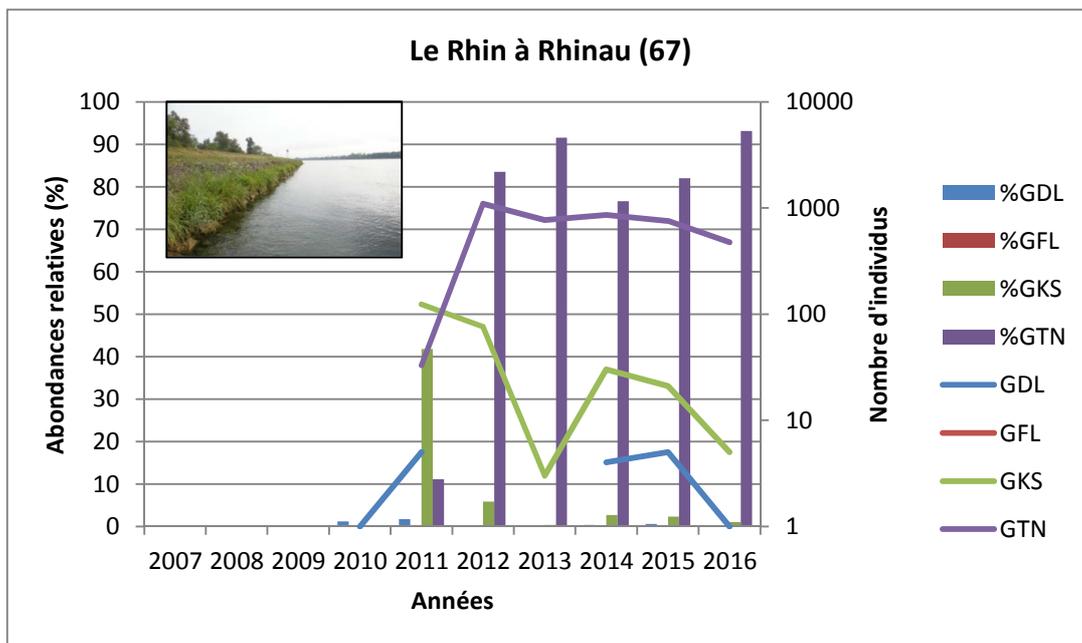


Figure 22 : évolution inter-annuelle des abondances relatives (histogrammes, axe vertical de gauche) et du nombre d'individus capturés (courbes, axe vertical de droite) de gobies demi-lune (GDL), gobies fluviatile (GFL), gobies de Kessler (GKS) et gobies à tache noire (GTN) sur le Rhin à Rhinau (Station naviguée dont le profil hydromorphologique est très proche de la station de Gambsheim. Berges enrochées).

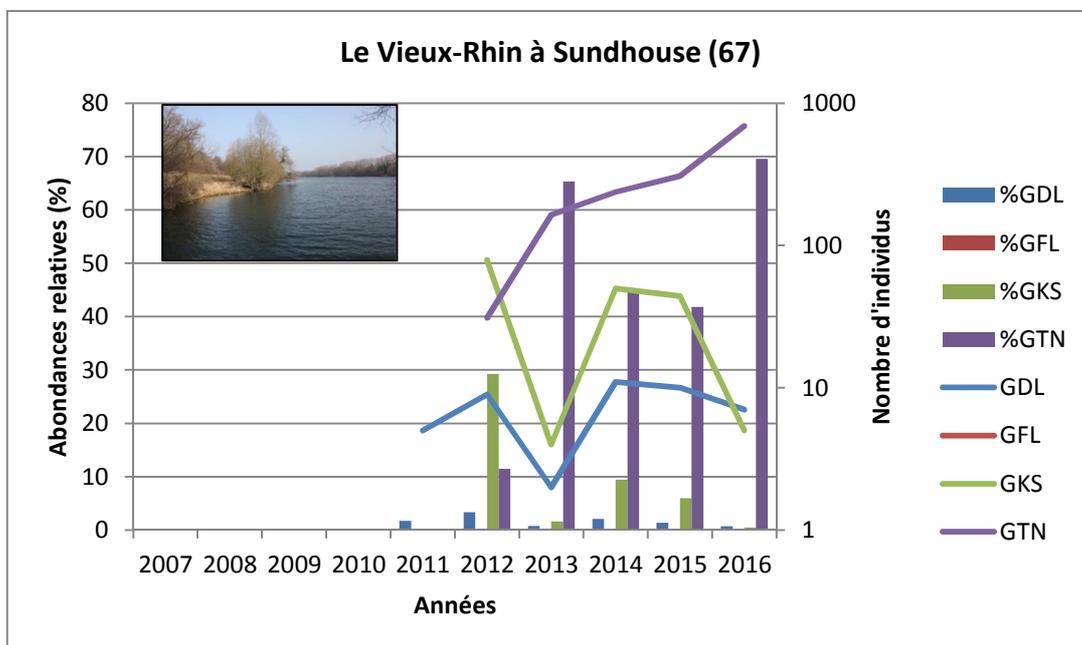


Figure 23 : évolution inter-annuelle des abondances relatives (histogrammes, axe vertical de gauche) et du nombre d'individus capturés (courbes, axe vertical de droite) de gobies demi-lune (GDL), gobies fluviatile (GFL), gobies de Kessler (GKS) et gobies à tache noire (GTN) sur le Vieux-Rhin à Sundhouse (Station non naviguée mais qui correspond néanmoins au Rhin rectifié. Alternance de berges enrochées et pseudo-naturelles).

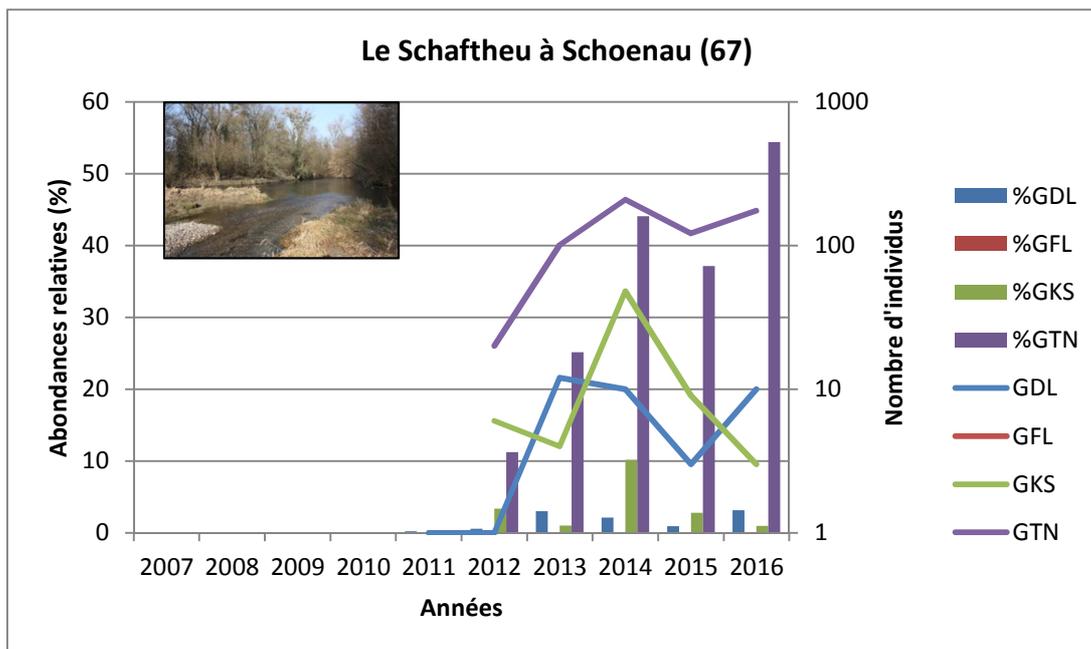


Figure 24 : évolution inter-annuelle des abondances relatives (histogrammes, axe vertical de gauche) et du nombre d'individus capturés (courbes, axe vertical de droite) de gobies demi-lune (GDL), gobies fluviatile (GFL), gobies de Kessler (GKS) et gobies à tache noire (GTN) sur le Schaftheu à Schoenau (Station présentant une bonne qualité morphologique (mais hydrologie modifiée), en connexion avec le Vieux-Rhin).

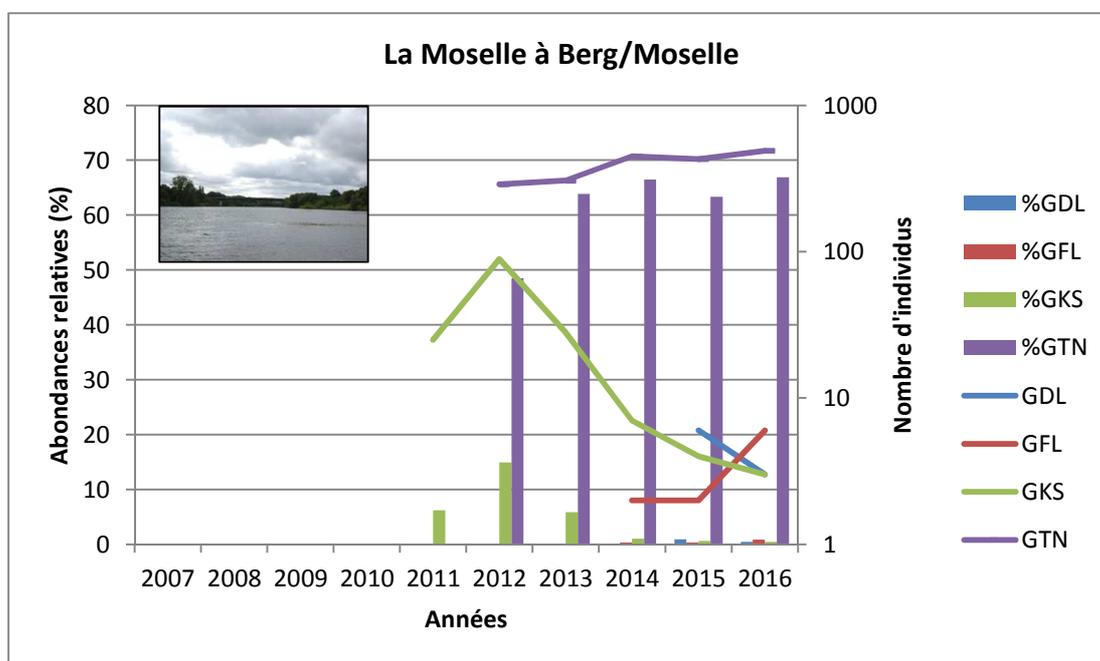


Figure 25 : évolution inter-annuelle des abondances relatives (histogrammes, axe vertical de gauche) et du nombre d'individus capturés (courbes, axe vertical de droite) de gobies demi-lune (GDL), gobies fluviatile (GFL), gobies de Kessler (GKS) et gobies à tache noire (GTN) sur la Moselle à Berg-sur-Moselle (Station naviguée présentant des berges enrochées, exceptées dans le bras que sépare une île où les habitats sont plus naturels).

Gobie demi-lune (figures 21 à 25) : apparu en 2007 à Gambsheim et en 2015 à Berg-sur-Moselle, il conserve sur les 5 stations un effectif relativement constant de quelques individus à une dizaine d'individus en général, l'abondance relative étant souvent comprise entre 0,2% et 3%.

Gobie de Kessler (figures 21 à 25) : sur le Rhin navigué (Gambsheim et Rhinau), l'effectif le plus élevé a été enregistré l'année de son apparition (2011), ce qui est assez surprenant (entre 110 et 120 individus). L'abondance relative sur ces 2 stations était alors élevée (20% et 40%). Depuis, l'effectif a globalement chuté et son abondance relative en 2015 et 2016 ne représente plus que 1% à 2%. Sur le Vieux-Rhin à Sundhouse, l'évolution de l'effectif et de l'abondance relative de l'espèce a suivi une tendance similaire. Sur la Moselle à Berg/Moselle, l'effectif a également rapidement chuté entre 2012 et 2016. Enfin sur le Schaftheu, l'abondance relative en 2016 est redescendue à moins de 1%, après avoir atteint 10% en 2014.

Gobie à tache noire (figures 21 à 25) : les effectifs et les abondances relatives pour cette espèce ont considérablement augmenté en l'espace d'une seule année sur les 3 stations naviguées. A Rhinau par exemple, l'effectif capturé de gobies à tache noire en 2012 était de 1094 (pour un échantillonnage comprenant 100 points), alors que l'espèce était apparue sur cette station l'année précédente seulement. Cet effectif représentait 83 % de l'effectif total. Les abondances relatives sur ces 3 stations varient entre 60% et plus de 90% depuis 2012-2013, ce qui est très élevé. Sur le Vieux-Rhin à Sundhouse, effectif capturé et abondance relative sont désormais également très élevés. Enfin sur le Schaftheu qui est pourtant une station où la morphologie est globalement naturelle (nombreuses zones courantes, berges pour l'essentiel naturelles et bien végétalisées, granulométrie variée, ...) mais qui se situe à proximité immédiate du Vieux-Rhin, l'effectif varie entre 100 et 200 individus depuis 2013 (pour 75 points) et l'abondance relative entre 25% et 54% du peuplement total.

Gobie fluviatile (figure 25) : parmi les 5 stations retenues dans cette analyse, l'espèce est uniquement présente sur la Moselle à Berg-sur-Moselle. L'effectif capturé est faible (quelques individus) et l'abondance relative est inférieure à 1%. L'habitat favori du gobie fluviatile est composé d'un substrat meuble que l'on trouve à certains endroits du bras formant l'île présente sur cette station. La surface

relativement limitée de ce type d'habitat est probablement un frein à l'augmentation forte de cette population. Cette station est d'ailleurs la seule où les 4 espèces de gobies sont présentes.

4.4. Distribution en taille

A l'occasion des pêches à l'électricité réalisées par l'ONEMA dans le cadre des réseaux de suivi, les poissons sont mesurés individuellement ou par lots, lorsque les effectifs par espèces sont élevés. Lors de certains échantillonnages, des mesures individuelles de la taille des gobies ont néanmoins été systématiquement effectuées pour recueillir des données précises sur les distributions en taille.

Quelques distributions en taille sont données ci-dessous à titre informatif (uniquement pour des stations où des mesures individuelles ont été réalisées en totalité). Bien que les mesures aient été faites au millimètre près, les tailles ont été regroupées en classes de taille de 5 mm dans les graphiques ci-dessous (figure 26), ceci pour une question de lisibilité.

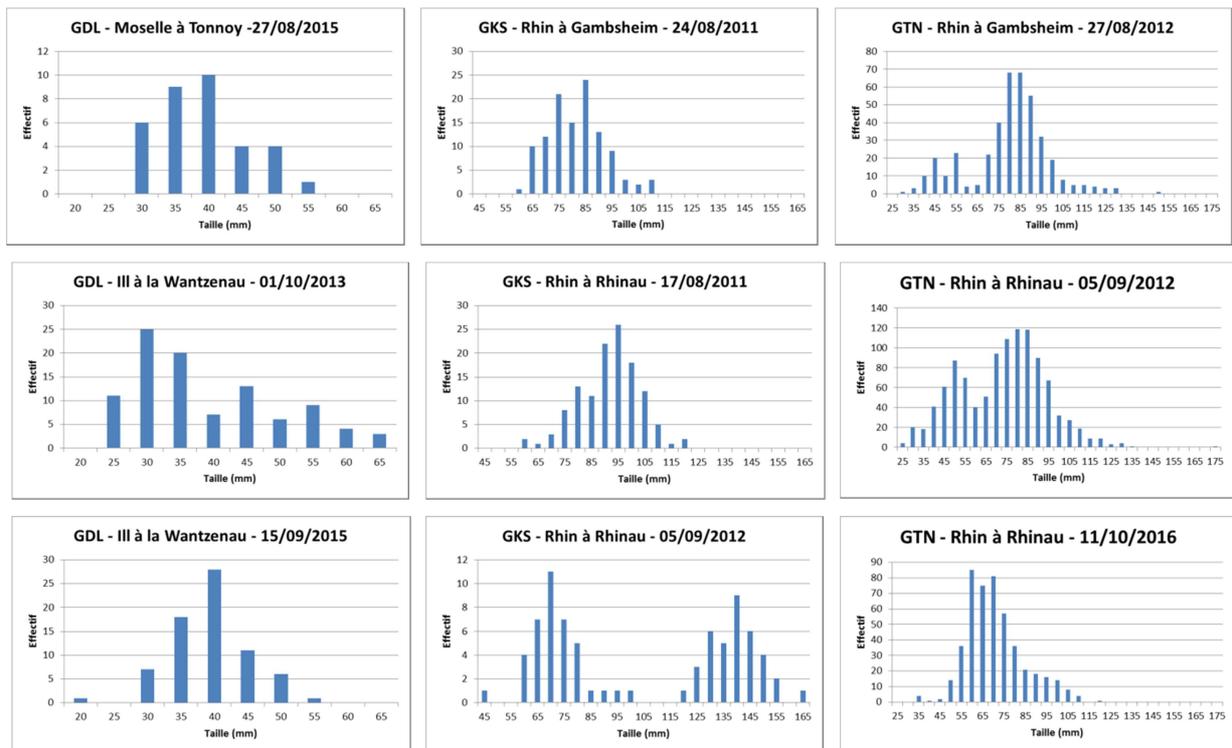


Figure 26 : distribution en taille des effectifs de gobies demi-lune (GDL), de gobies de Kessler (GKS) et de gobies à tache noire (GTN) sur des stations « Réseaux »

Les distributions en taille observées sur ces graphiques, associées à l'absence de données de scalimétrie pour ces données, ne permettent pas de déterminer avec une bonne fiabilité des groupes d'individus d'un même âge (GDL, GKS à Gamsheim et à Rhinau en 2011 et GTN à Rhinau en 2016) ou l'âge des groupes d'individus qui se dégagent (GKS à Rhinau en 2012 et GTN à Gamsheim et à Rhinau en 2012). De surcroît, l'existence de reproductions fractionnées pour ces espèces compliquerait cet exercice.

Néanmoins, nous pouvons donner les tailles minimales et maximales observées pour l'ensemble des poissons mesurés individuellement à l'occasion des pêches « Réseaux » (tableau 1).

	Mini (mm)	Maxi (mm)	Effectif
GDL	20	83	563
GKS	27	172	1061
GTN	16	183	6534
GFL	35	102	24

Tableau 1 : tailles minimum et maximum des gobies demi-lune, des gobies de Kessler, des gobies à tache noire et des gobies fluviatile mesurés individuellement lors des pêches « Réseaux »

4.5. Relations taille-poids

En 2016, un effort pour peser des poissons individuellement a été réalisé afin d'établir des relations taille-poids (figure 27). Les poissons dont la taille était supérieure à 80 mm ont été mesurés et pesés individuellement sur le terrain à l'aide d'une balance dont la précision était de 1 gramme. Pour les poissons de taille inférieure, les mesures ont été réalisées au laboratoire, avec une balance dont la précision était de 0,01 gramme. Seul l'effectif du gobie à tache noire était suffisamment important pour établir une relation taille –poids robuste. Pour le gobie de Kessler et plus encore le gobie demi-lune, ces relations sont données à titre indicatif (nombre de données insuffisantes). Des données de ce type seront encore à recueillir dans les années suivantes pour ces deux espèces afin de consolider ces relations.

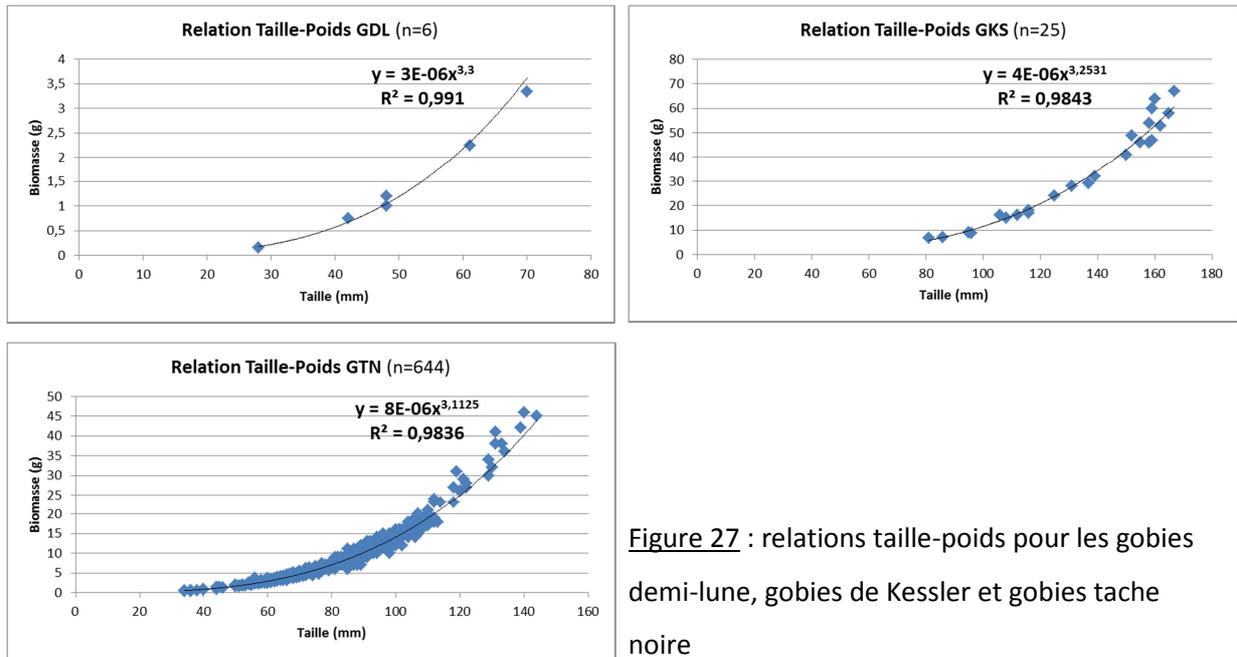


Figure 27 : relations taille-poids pour les gobies demi-lune, gobies de Kessler et gobies tache noire

5. IMPACT DES GOBIES

Les espèces invasives constituent l'une des principales menaces qui pèsent sur la biodiversité mondiale (UICN, 2014). La vitesse d'expansion des gobies d'origine ponto-caspienne dans le nord-est de la France et les densités, en particulier du gobie à tache noire, constatées sur le Rhin et la Moselle amènent de nombreux observateurs à se poser la question de leur impact, principalement sur la faune piscicole locale. Deux approches complémentaires permettent de tenter d'y répondre, celle de l'étude des travaux des scientifiques sur ce sujet et celle de l'analyse des données de pêche électrique sur les stations françaises possédant de longues chroniques et ayant vu l'arrivée massive des gobies. L'impact de ces nouvelles espèces peut également affecter l'atteinte de certains objectifs environnementaux fixés par la France dans le cadre de l'application de textes européens ou encore l'activité de la pêche.

5.1. Sur la faune locale

5.1.1. Revue bibliographique

L'étude de l'impact de ces gobies sur les écosystèmes aquatiques a donné lieu à plus d'une centaine d'articles scientifiques (Hirsch *et al.*, 2015a) principalement en Amérique du nord, mais aussi en Europe centrale et depuis peu, dans l'ouest de l'Europe. Ils ont très majoritairement porté sur le

gobie à tache noire, mais quelques observations sont également rapportées pour le gobie demi-lune et le gobie de Kessler.

Il ressort de l'ensemble de ces publications que l'impact de ces gobies sur la faune locale (native) est globalement important, tout en restant difficile à évaluer en raison de la complexité des relations en jeu. L'impact est fortement dépendant de l'écosystème étudié et de l'échelle temporelle prise en compte (Hirsch *et al.*, 2015a). Ce constat peut être lié aux conclusions régulièrement différentes auxquelles aboutissent des scientifiques sur l'impact des gobies sur les faunes locales, sachant que les contextes (facteurs environnementaux, durée de présence des gobies dans les milieux étudiés, ...) sont fréquemment différents. Il y a aussi des impacts « négatifs » et quelque fois « positifs » sur des espèces natives (i.e. qui respectivement défavorisent et favorisent le développement d'une espèce) par le biais de phénomènes de compétition, de prédation (dans les deux sens) et de modifications des chaînes trophiques. Mais ces impacts, quels qu'ils soient, constituent toujours une perturbation du fonctionnement des écosystèmes préexistants.

L'impact dépend aussi du stade de vie des espèces considérées. Ainsi pour la perche fluviatile (*Perca fluviatilis*), il peut être « négatif » dans un premier temps en raison du régime alimentaire commun entre les gobies et les juvéniles de perches (invertivores), alors qu'il peut être « positif » lorsque la perche grandit et devient en partie piscivore.

5.1.1.1. Compétition

Pour la ressource alimentaire :

Sachant que les quatre espèces de gobies ont une alimentation principalement basée sur les macroinvertébrés benthiques, ils sont potentiellement en compétition avec toutes les espèces natives invertivores. Kornis *et al.* (2012) ont inventorié, à l'occasion d'un intense travail bibliographique, un nombre élevé d'espèces susceptibles d'entrer en concurrence, pour les ressources alimentaires, avec le gobie à tache noire dont des chabots, les juvéniles de perches (dont *Perca fluviatilis*), le flet, l'anguille européenne ou encore le gardon.

Pour les abris :

Il a été montré qu'en milieu expérimental (*ex situ*), le chabot fluviatile (*Cottus perifretum*) était évincé de son habitat optimal pour un habitat moins favorable, lorsqu'il était mis en présence du

gobie demi-lune ou du gobie de Kessler (Van Kessel *et al.*, 2011). La même expérience avec la loche franche (*Barbatula barbatula*), en lieu et place du chabot, a en revanche indiqué qu'elle conservait son habitat optimal. D'autres auteurs évoquent la possibilité que le gobie à tache noire évince des espèces natives de leur habitat optimal dans les grands lacs nord-américains, comme Kornis *et al.* (2012) pour *Percina caprodes* ou encore *Cottus bairdii*.

5.1.1.2. Prédation

Par les gobies :

Quelques études révèlent que la prédation du gobie à tache noire sur les œufs, alevins et parfois juvéniles de poissons pouvait limiter le succès du recrutement d'espèces natives (Van Kessel *et al.*, 2016). Ainsi, l'émergence des alevins de *Salvelinus namaycush* (espèce bénéficiant de mesures de conservation) est tombée à presque zéro dans une zone de reproduction du lac Ontario après l'arrivée du gobie à tache noire. Toujours dans les grands lacs nord-américains, la consommation des œufs de l'esturgeon *Acipenser fulvescens* (espèce menacée), mais aussi de *Micropterus dolomieu* et de *Sander vitreus* a été constatée (Kornis *et al.*, 2012).

D'un autre côté, la consommation d'œufs et de juvéniles de poissons par le gobie demi-lune et le gobie à tache noire dans la rivière Dyje (bassin du Danube, Europe centrale) semble être très faible, leur régime alimentaire étant largement dominé par les macroinvertébrés benthiques (Vašek *et al.*, 2013). Ces auteurs supposent que l'impact des gobies invasifs sur les espèces natives de poissons s'exprime plutôt par une compétition pour l'alimentation ou pour l'habitat que par la prédation.

Des gobies :

Les gobies entrent clairement dans le régime alimentaire de nombreuses espèces piscivores. Le gobie à tache noire représente ainsi la principale espèce consommée par le sandre (*Sander lucioperca*) dans le canal de Kiel (nord de l'Allemagne). Les sandres dont la taille est supérieure à 200 mm se nourrissent massivement de ce gobie, au moins durant les 6 mois les plus chauds de l'année. Depuis l'arrivée du gobie à tache noire dans ce canal, la croissance du sandre est plus rapide et son facteur de condition s'est améliorée (Hempel *et al.*, 2016).

En Amérique du nord, des analyses de contenus stomacaux ont également montré que le gobie à tache noire représente une part importante du régime alimentaire d'espèces comme la lotte (*Lota*

lota), *Perca flavescens* ou encore *Micropterus dolomieu*. Dans le cas de la lotte, il est possible qu'elle soit à l'origine de la diminution de la population du gobie à tache noire dans le lac Erié entre 2004 et 2008 (Kornis *et al.*, 2012).

Almqvist *et al.* (2010) ont déterminé un taux de près de 70% de la biomasse ingérée de gobie à tache noire dans l'alimentation de la perche fluviatile (*Perca fluviatilis*) dont la taille est comprise entre 100 mm et 250 mm en mer Baltique.

5.1.1.3. Modification de la chaîne trophique

Les populations de gobies à tache noire ont atteint de telles dimensions dans de nombreux écosystèmes, qu'elles ont souvent modifié les chaînes trophiques de ces milieux (Kornis *et al.*, 2012). La consommation parfois importante de dreissènes (*Dreissena sp.*) par le gobie à tache noire favorise un transfert d'énergie vers des niveaux trophiques supérieurs. Ce gobie peut en effet être la seule espèce à consommer massivement ces bivalves dans les grands lacs nord-américains et en mer Baltique, sachant qu'il est lui-même une proie importante pour des poissons piscivores.

En mer Baltique, il a contribué à l'augmentation de certaines espèces d'oiseaux piscivores comme le héron (*Ardea cinerea*) ou encore le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*). En Amérique du nord, le serpent d'eau douce *Nerodia sipedon insularum* qui est d'ailleurs en danger, bénéficie de la présence du gobie à tache noire pour se nourrir (plus de 90% de son bol alimentaire).

L'un des principaux impact supposé des gobies est la prédation sur les macroinvertébrés benthiques (Mikl *et al.*, 2017). Ces auteurs ont montré que sur la rivière Dyje, le gobie demi-lune et le gobie à tache noire ont fait chuter la densité d'invertébrés de 15% à 36% suivant les sites étudiés. Ces deux espèces consommant préférentiellement des macroinvertébrés benthiques de grande taille, la taille moyenne de ces derniers a diminué. Ils ont observé que le gobie demi-lune et le gobie à tache noire réduisent significativement les populations d'annélides, de bivalves (dreissènes principalement), de gastéropodes, de crustacés, d'éphéméroptères, d'odonates et de chironomes. Ils peuvent donc modifier significativement la composition spécifique et la densité des communautés de macroinvertébrés aquatiques.

5.1.1.4. Bioaccumulation

Kornis *et al.* (2012) ont abordé la question de la bioaccumulation de certains micropolluants par le gobie à tache noire. Leur analyse est que le gobie à tache noire favorise probablement la remobilisation du mercure piégé dans les sédiments fins, alors que cela ne semble pas être le cas avec les PCBs.

5.1.1.5. Etat des populations natives

Diminution observée des populations :

En Europe, l'espèce pour laquelle une diminution des populations est la plus fréquemment citée est le chabot (*Cottus sp.*). Ainsi, Jurajda *et al.* (2005) supposent que les populations de chabots communs (*Cottus gobio*) et de goujons à nageoire blanche (*Romanogobio albipinnatus*) de la partie slovaque du Danube ont diminué avec l'augmentation de celle du gobie demi-lune. Bien que ses données n'aient pas été suffisamment nombreuses pour établir un lien statistique entre la diminution du chabot et l'arrivée du gobie demi-lune dans la partie aval de la Moselle à Coblenz, Von Landwüst (2006) y voit néanmoins un premier signe de l'impact négatif de ce gobie sur les espèces benthiques natives de la rivière. Dans les années qui ont suivi l'arrivée du gobie à tache noire en 2011 dans la rivière Meuse aux Pays-Bas, une forte et rapide diminution du chabot fluviatile (*Cottus perifretum*) de 20 à 1 individus pour 100 m² de berges échantillonnées a été observée, probablement en raison d'une compétition pour les abris et/ou alimentaire (Van Kessel *et al.*, 2016). Dans cette étude, le chabot fluviatile avait également diminué (mais dans une moindre mesure) dans les stations colonisées uniquement par le gobie demi-lune et/ou le gobie de Kessler.

En mer Baltique, une corrélation négative a été constatée entre les populations de gobies à tache noire et celles de flet (*Platichthys flesus*), espèce commercialement importante, probablement en raison d'une forte similitude de leur régime alimentaire (Karlson *et al.*, 2007).

Dans le lac Michigan (Amérique du nord), les espèces *Cottus bairdii* et *Etheostoma nigrum* ont rapidement décliné dans les captures par chalut après l'arrivée du gobie à tache noire (Kornis *et al.*, 2012).

Pas d'impact significatif observé :

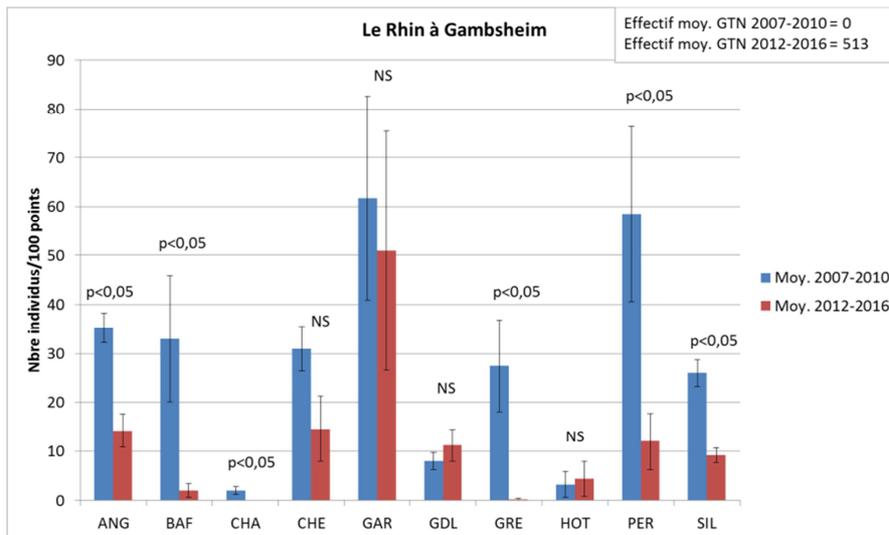
Les relations de compétition exercée entre les espèces avec l'arrivée des gobies invasifs varient probablement avec le type de milieu. Ainsi, l'accroissement du gobie à tache noire dans vingt cours d'eau du Wisconsin (Etats Unis d'Amérique) n'a pas modifié les Captures Par Unité d'Effort (CPUE) pour quatre espèces étudiées (*Cottus bairdii*, *Percina maculata*, *Etheostoma flabellare* et *Percina caprodes*) (Kornis *et al.*, 2012).

5.1.2. Au niveau des stations « Réseaux »

L'impact de l'arrivée du gobie à tache noire sur les populations d'espèces natives dans le nord-est de la France a été étudié à partir des données recueillies sur les cinq stations « Réseaux » sélectionnées dans le § 4.3. (évolution interannuelle des populations). Pour chacune des stations et chacune des principales espèces (hors gobies) capturées entre 2007 et 2016, un test statistique de Mann-Whitney (test non paramétrique) a été réalisé entre les captures annuelles effectuées avant l'arrivée du gobie à tache noire et les années qui ont suivi. Ces résultats ainsi que les effectifs moyens par espèces capturés avant et après l'arrivée de ce gobie sont présentés sur les figures 28 à 32. En complément, le même test a été effectué pour chacune des stations sur la richesse spécifique observée, le nombre total des captures et le nombre total des captures hors *gobiidae*.

Résultats par stations :

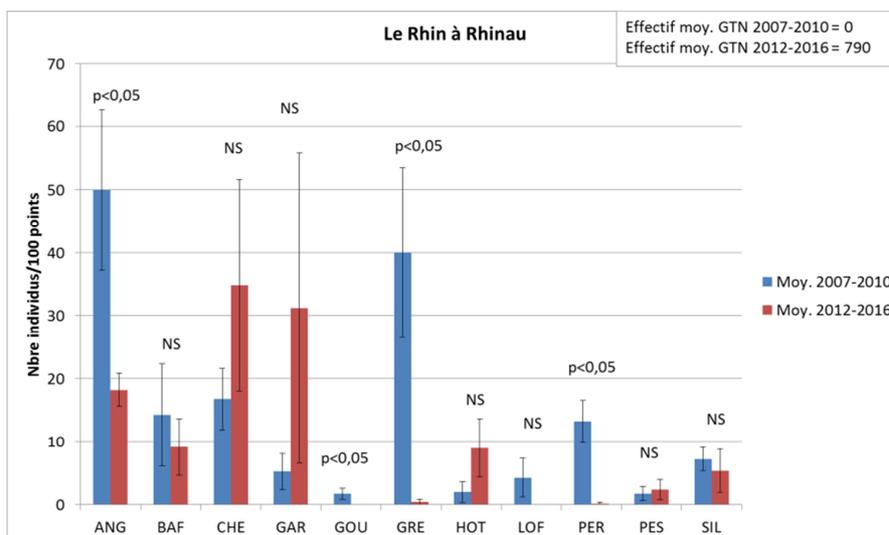
La richesse spécifique totale observée n'évolue significativement sur aucune des cinq stations.



Sur le Rhin à Gamsheim, les captures de six espèces ont significativement diminué : celles de la grémille, de l'anguille, du silure, du barbeau, du chabot et de la perche.

Figure 28 : effectifs moyens capturés des principales espèces échantillonnées sur le Rhin à Gamsheim avant et après l'arrivée du gobie à tache noire en 2011. Tests statistiques de Mann-Whitney entre les effectifs par espèces capturés avant et après l'arrivée du GTN. NS : différence non significative et différence avec p<0,05.

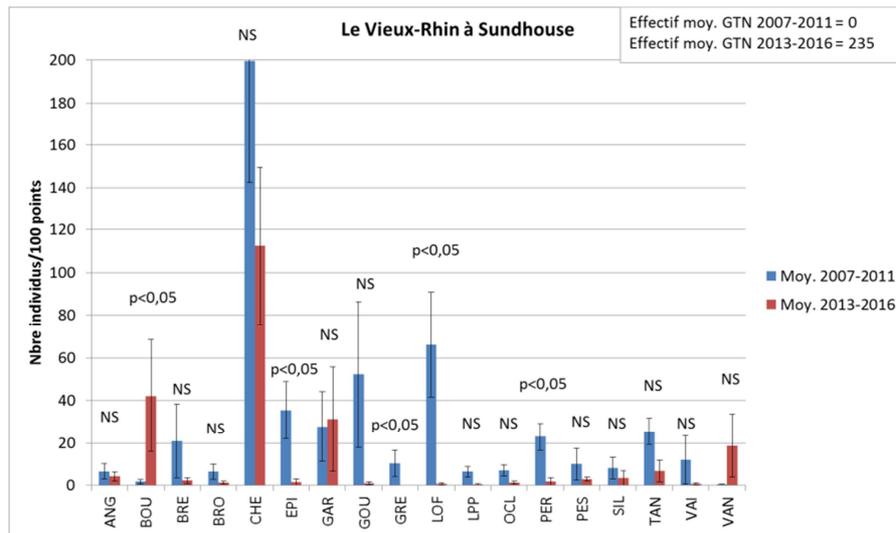
Concernant l'anguille, une diminution générale est observée sur d'autres stations, y compris des stations où il n'y a pas de gobie. Un autre facteur explicatif doit donc être recherché pour elle. Les captures totales hors *gobiidae* ont significativement chuté après 2011 à Gamsheim, alors qu'elles ont augmenté (p<0,05) si on en tient compte.



Sur le Rhin à Rhinau, les captures de quatre espèces ont significativement diminué : celles de la grémille, de la perche, de l'anguille et du goujon. Concernant l'anguille, la remarque faite précédemment reste valable ici.

Figure 29 : effectifs moyens capturés des principales espèces échantillonnées sur le Rhin à Rhinau avant et après l'arrivée du gobie à tache noire en 2011. Tests statistiques de Mann-Whitney entre les effectifs par espèces capturés avant et après l'arrivée du GTN. NS : différence non significative et différence avec p<0,05.

Les captures totales ont significativement augmenté après 2011 à Rhinau (mais sans diminution significative des captures hors gobiidae).

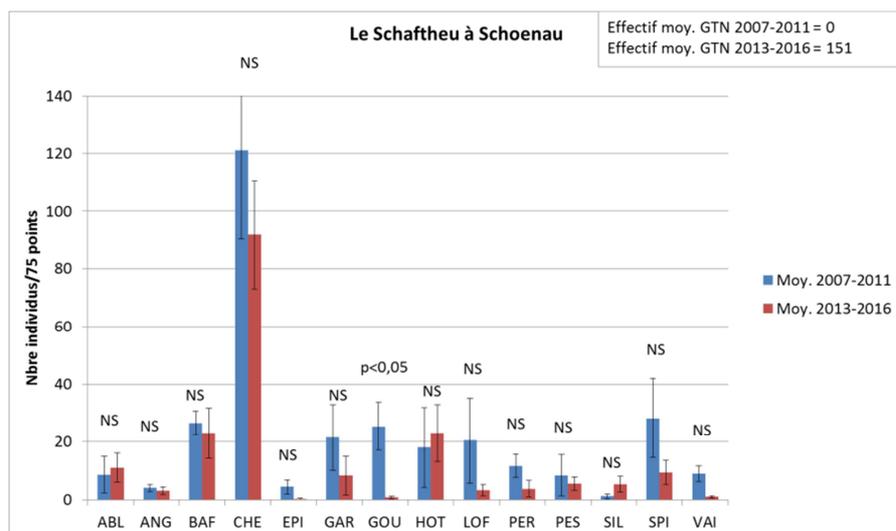


Sur le Vieux-Rhin à Sundhouse, les captures de quatre espèces ont significativement diminué : celles de la perche, de la loche franche, de l'épinoche et de la grémille.

Figure 30 : effectifs moyens capturés des principales espèces échantillonnées sur le Vieux-Rhin à Sundhouse avant et après l'arrivée du gobie à tache noire en 2012. Tests statistiques de Mann-Whitney entre les effectifs par espèces capturés avant et après l'arrivée du GTN. NS : différence non significative et différence avec $p<0,05$.

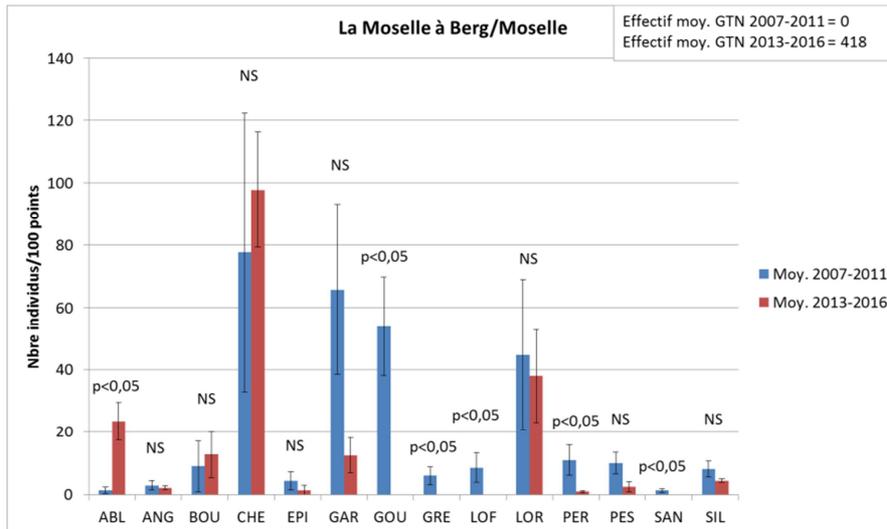
En revanche, l'effectif de la bouvière a augmenté ($p<0,05$). Cette tendance est également observée sur d'autres stations où les gobies ne sont pas présents et devrait donc être attribuée à d'autres facteurs.

L'effectif total capturé n'a pas évolué significativement à Sundhouse (avec ou sans gobiidae).



Sur le Schaftheu à Schoenau, les captures d'une seule espèce ont significativement diminué : celles du goujon. L'effectif total capturé n'a pas évolué significativement (avec ou sans gobiidae).

Figure 31 : effectifs moyens capturés des principales espèces échantillonnées sur le Schaftheu à Schoenau avant et après l'arrivée du gobie à tache noire en 2012. Tests statistiques de Mann-Whitney entre les effectifs par espèces capturés avant et après l'arrivée du GTN. NS : différence non significative et différence avec $p<0,05$.



Sur la Moselle à Berg/Moselle, les captures de cinq espèces ont significativement diminué : celles du goujon, de la grémille, du sandre, de la loche franche et de la perche. Les captures d'ablettes ont augmenté ($p < 0,05$).

Figure 32 : effectifs moyens capturés des principales espèces échantillonnées sur la Moselle à Berg/Moselle avant et après l'arrivée du gobie à tache noire en 2012. Tests statistiques de Mann-Whitney entre les effectifs par espèces capturés avant et après l'arrivée du GTN. NS : différence non significative et différence avec $p < 0,05$.

Les captures totales ont significativement augmenté après 2012 à Berg-sur-Moselle (mais sans diminution significative des captures hors *gobiidae*).

Synthèse :

L'impact du gobie à tache noire (le plus abondant) sur les populations principalement autochtones a été analysé uniquement pour des espèces bien représentées avant son arrivée sur les cinq stations retenues dans le cas présent. De plus, seule la fraction colonisant les berges de ces stations a pour l'essentiel été étudiée. Que se passe-t-il dans le chenal des grands milieux navigués ? Ainsi, les enseignements recueillis pour la perche par exemple ne concernent que les juvéniles, les adultes n'étant presque pas échantillonné par pêche électrique sur ces stations (milieux plus profonds). Enfin, il n'est pas à exclure que la diminution constatée d'une population ne soit pas liée à l'arrivée du gobie à tache noire, mais à un facteur confondant (un autre facteur explicatif comme un effet cyclique par exemple). Cependant, lorsque les populations d'une espèce donnée chutent dans l'année qui suit l'arrivée du gobie à tache noire sur plusieurs stations (et sur plusieurs cours d'eau), la probabilité que cette chute soit due à un autre facteur diminue. D'un autre côté, le test statistique utilisé (test de Mann-Whitney) est basé sur le rang des effectifs annuels capturés dans une série constituée par l'ensemble des opérations retenues pour une station. Par cette approche, des tendances plus faibles des changements des effectifs des espèces natives suite à l'arrivée des gobies

ne sont pas détectées. Des analyses à plus long terme seront bien entendu très intéressantes à réaliser pour confirmer ou infirmer les résultats déjà obtenus.

Malgré les limites du jeu de données analysé, un résultat fort est que les effectifs **des grémilles et des petites perches** que l'on capture habituellement le long des berges **ont fortement chuté** (diminution significative observée respectivement pour 4 stations/4 et 4 stations/5). Avant l'arrivée du gobie à tache noire, elles étaient quasi-systématiquement détectées avec régulièrement des effectifs de plusieurs dizaines d'individus, ce qui n'est plus le cas depuis lors. La grémille est par ailleurs devenue rare sur ces stations.

La **situation semble être identique pour le chabot** (1 station/1). Pour cette espèce, une diminution des captures est également constatée sur d'autres stations suite à l'arrivée du gobie à tache noire (pas d'analyse statistique en raison de séries de données moins adaptées aux tests) comme sur l'III à Osthouse et la Moselle à Liverdun.

Le goujon et la loche franche semble également pâtir de la présence du gobie à tache noire. Pour le goujon, les effectifs capturés ont diminué significativement pour 3 stations/4, sachant que l'effectif est aussi en diminution sur la quatrième station sans être significative. De plus, les effectifs sont en diminution sur d'autres stations (l'III à Osthouse, la Moselle à Liverdun et le Vieux-Rhin à Hombourg) depuis l'arrivée du gobie à tache noire. Pour la loche franche, les effectifs capturés ont diminué significativement pour 2 stations/4, sachant que l'effectif est aussi en diminution sur les deux autres stations sans être significative. Les effectifs sont de surcroît en diminution sur les stations de l'III à Osthouse et du Vieux-Rhin à Hombourg.

Enfin, **les populations d'épinoches et peut-être de barbeaux fluviatiles pourraient être affectées par la présence massive du gobie à tache noire.** En effet, les effectifs capturés ont significativement diminué pour 1 station/2 pour l'épinoche (sachant que l'effectif de la seconde station a également diminué, mais sans être significative) et pour 1 station/3 pour le barbeau.

Lorsqu'on examine les guildes fonctionnelles retenues dans le travail de révision de l'indice poisson rivière + (IPR+) (Pont *et al.*, 2013), on constate que la grémille, la perche (juvénile), le chabot, la loche franche et l'épinoche sont classés en invertivores. La grémille, le chabot, le goujon, la loche franche et le barbeau fluviatile sont classés en espèces benthiques. Manifestement, et en accord avec les données bibliographiques, **les espèces invertivores et/ou benthiques sont les plus impactées par l'arrivée des gobies d'origine ponto-caspienne.** Il est cependant à noter que toutes les espèces invertivores et/ou benthiques natives ne seront peut-être pas forcément impactées de la même manière. Ainsi, la loche de rivière, invertivore, benthique et bien implantée sur la Moselle à Berg-sur-

Moselle, ne montre pour l'instant pas de diminution notable de ses effectifs. L'habitat que fréquente cette espèce (fonds sablo-vaseux) est clairement différent de l'habitat optimal du gobie à tache noire (enrochements), ce qui pourrait expliquer cette observation.

5.2. Autres impacts

5.2.1. Sur l'évaluation écologique (DCE) et la Directive habitat faune-flore (DHFF)

L'atteinte de certains objectifs environnementaux de la Directive cadre sur l'eau (DCE) et de la Directive habitat faune-flore (DHFF) pourraient ne pas être atteints en raison de l'impact des gobies invasifs sur des espèces en danger et protégées (Van Kessel *et al.*, 2016). En Amérique du nord, le gobie à tache noire menace une espèce de poisson et six espèces de bivalves classées « en danger » établies dans des tributaires du lac Ontario (Poos *et al.*, 2010). On a vu précédemment que d'autres espèces menacées et protégées sont impactées, comme *Salvelinus namaycush* et *Acipenser fulvescens*.

Le chabot (*Cottus sp.*), espèce fortement impactée par l'arrivée de ces espèces exotiques, est inscrit à l'annexe 2 de la DHFF et a un poids important dans le calcul de l'Indice poissons rivière (IPr) (NF T90-344, 2004) qui intervient en France dans la détermination de l'état écologique pour la DCE. Plus globalement, l'impact sur d'autres espèces (voir ci-dessus, § 5.1.2.) peut également modifier les résultats de l'IPr, sachant que cet indice est particulièrement sensible à la présence des espèces benthiques qui paraissent justement les plus affectées par les gobies. Parmi les espèces inscrites à l'annexe 2 de la DHFF et parfois présentes sur des tronçons de cours d'eau où les gobies invasifs sont arrivés, on peut citer la lamproie de Planer (*Lampetra planeris*), la loche de rivière (*Cobitis taena*) et le saumon atlantique (*Salmo salar*). Ce dernier bénéficie d'un important programme de restauration de ses populations en Alsace notamment. Une attention particulière devra être portée sur l'impact éventuel du gobie à tache noire sur le saumon, principalement dans le Vieux-Rhin où 64 ha de zones de grossissement ont été cartographiés et où le gobie est déjà très présent.

La comparaison de l'IPr avant et après l'arrivée du gobie à tache noire pour les cinq stations vues dans le § 5.1.2. montre qu'il est significativement (test de Mann-Whitney) moins bon pour deux d'entre elles après l'apparition du gobie (tableau 2). Il s'agit du Rhin à Gamsheim et de la Moselle à Berg-sur-Moselle. La disparition du chabot et la régression du barbeau fluviatile prennent une part importante dans ce résultat. Par contre, les gobies ne sont pas directement pris en compte dans le calcul de l'IPr. Les scores de l'IPr en 2016 sur le Rhin à Rhinau et à Gamsheim n'ont jamais été aussi médiocres depuis près de 20 ans. Sur le Schaftheu à Schoenau en revanche, station où la qualité

morphologique est plutôt bonne, le score de l'IPr reste très bon. Ceci est cohérent avec nos analyses montrant que les espèces natives sont, sur cette station, faiblement impactées depuis l'arrivée des gobies. Au regard de ces résultats, le risque à moyen terme, d'une dégradation globale de l'état des peuplements de poissons et donc de l'état écologique des stations du bassin Rhin-Meuse suivies dans le cadre de la DCE est réel.

	Rhin à Gambshheim (arrivée GTN 2011)	Rhin à Rhinau (arrivée GTN 2011)	Vieux-Rhin à Sundhouse (arrivée GTN 2012)	Schaftheu à Scoenau (arrivée GTN 2012)	Moselle à Berg/M (arrivée GTN 2012)
2007	2,81	6,31	19,51	5,83	24,71
2008	4,05	2,43	16,51	10,53	14,68
2009	6,03	7,43	14,11	4,27	13,75
2010	4,48	11,58	16,69	5,12	28,90
2011	12,09	3,61	22,35	7,14	14,08
2012	6,24	6,96	20,76	5,80	26,19
2013	24,31	7,56	12,08	5,47	34,42
2014	9,84	7,82	26,72	5,41	31,67
2015	9,84	13,83	12,53	4,57	34,84
2016	35,86	24,30	23,18	5,80	27,86
Moyenne avant l'arrivée de GTN	4,34	6,94	17,84	6,58	19,22
Moyenne après l'arrivée de GTN	17,22	12,09	18,63	5,31	32,20
Test de Mann- Whitney (p-value)	< 0,05	> 0,05	> 0,05	> 0,05	< 0,05

Tableau 2 : Indice poisson rivière (IPr) sur cinq stations du RCS Rhin-Meuse avant et après l'arrivée du gobie à tache noire. Les couleurs correspondent aux classes de qualité (Arrêté du 27/07/2015). Tests statistiques de Mann-Whitney entre l'IPr avant et après l'arrivée du GTN. L'année d'arrivée du GTN est indiquée avec le nom de la station et correspond aux encadrés en gras.

Pour le prochain cycle de gestion de la DCE, l'outil d'évaluation de la qualité des peuplements de poissons qui pourrait être utilisé en France est l'IPr+. A l'instar de l'IPr, les guildes fonctionnelles qui le constituent ne prennent pas en compte les gobies d'origine Ponto-Caspienne, ce qui pourrait

s'avérer problématique pour des stations où le peuplement est numériquement dominé par ces espèces. **Il conviendrait donc d'examiner si l'IPr+ ne pourrait pas rapidement évoluer en intégrant ces espèces nouvelles dans ses guildes.**

5.2.2. Sur l'activité de la pêche

L'arrivée massive des gobies invasifs et en particulier celle du gobie à tache noire a considérablement affectée la pêche à la ligne. En effet, cette espèce est très rapidement devenue particulièrement commune dans les prises de la majorité des pêcheurs à la ligne du Rhin et de la Moselle canalisés. Ce gobie est capturé avec de nombreux appâts, asticots et vers de terre par exemple. Son caractère agressif l'amène aussi à attraper facilement les leurres souples dont la dimension peut atteindre sa propre taille. Le gobie de Kessler est régulièrement capturé par des pêcheurs au vif, avec des poissons dont la taille dépasse la moitié de sa longueur. La capture des gobies ne se limite pas qu'aux berges de ces grands cours d'eau. Elle concerne aussi le chenal pour lequel les pêches à l'électricité n'apportent aucune information sur ces espèces, faute d'une efficacité suffisante.

Le gobie à tache noire est également devenu une prise abondante du seul pêcheur professionnel du département du Haut-Rhin. Celui-ci les capture à l'aide de nasses principalement dans le Grand canal d'Alsace et les commercialise sous forme de filets pour les individus les plus grands ou de friture (Vonarb, communication personnelle).

6. QUELS LEVIERS POUR UNE GESTION DES GOBIES INVASIFS ?

6.1. Espèces exotiques envahissantes et GT IBMA

Le terme « Espèce exotique envahissante » (EEE) revêt plusieurs définitions dont nous retiendrons celle de Sarat *et al.* (2015). Il s'agit d'une espèce non indigène ou allochtone, dont l'introduction (volontaire ou fortuite) par l'Homme, l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences négatives sur les services écosystémiques et/ou socio-économiques et/ou sanitaires. En France, les végétaux exotiques sont plutôt distribués le long de la côte ouest, alors que les animaux exotiques sont clairement regroupés dans le nord-est (bassin du Rhin) (Beisel *et al.*, 2017).

Les quatre espèces de gobies de ce rapport sont allochtones pour le territoire français (origine ponto-caspienne) et leur présence en France est due aux activités humaines. Leurs aires de répartition augmentent plus ou moins vite selon l'espèce considérée. L'évaluation de leur impact sur les écosystèmes diffère pour l'instant, sachant qu'il est surtout connu pour le gobie à tache noire. Pour cette espèce, les données bibliographiques mais aussi celles observées dans les rivières où il est présent en France, montrent qu'il a un impact très fort sur les écosystèmes. Les impacts sont très probablement densité-dépendants : plus il y a d'individus, plus les conséquences sur l'écosystème sont importantes. L'impact élevé du gobie à tache noire est sans doute liée aux fortes densités qu'il atteint rapidement. Quelques références bibliographiques mettent également en exergue l'impact probable du gobie demi-lune et du gobie de Kessler sur des espèces natives. L'impact du gobie fluviatile est le moins connu.

Sur la base de ces informations, le gobie à tache noire, le gobie demi-lune et le gobie de Kessler sont clairement des espèces exotiques envahissantes. Au titre du principe de précaution (expansion potentielle à suivre et impact à approfondir), le gobie fluviatile peut également être considéré comme tel.

D'ailleurs Manné *et al.* (2013) avaient évalué en 2012, par la méthode FISK (Fish Invasiveness Screening Kit), le risque pour les gobies d'origine ponto-caspienne arrivés dans le Rhin d'être invasif en France. Il avait été évalué moyen pour le gobie demi-lune et élevé pour le gobie de Kessler et le gobie à tache noire.

Toutes les espèces exotiques ne deviennent cependant pas invasives. Sur le Rhin par exemple, l'arrivée de la brème du Danube (*Ballerus sapa*) (observée jusqu'à hauteur de la passe à poissons de Gamsheim) ou du goujon d'Ukraine (*Romanogobio belingi*) (resté cantonné à l'aval de l'Alsace) il y a une quinzaine d'années, ne s'est pour l'instant pas traduit par une expansion manifeste de leurs populations.

La place des poissons allochtones dans le bassin Rhin-Meuse est de plus en plus importante ces cinq dernières années. Ainsi, parmi les 44 espèces de poissons et d'écrevisses identifiées dans le cadre du Réseau de contrôle de surveillance (-RCS-, réseau de 96 stations représentatif de l'ensemble des cours d'eau du bassin) du bassin Rhin-Meuse entre 2007 et 2012, 16 espèces sont considérées comme allochtones (arrivées en France après l'année 1500), représentant 1,5% des individus capturés durant cette période (Manné, 2014). En 2015-2016, ces espèces allochtones représentaient 6,90 % des poissons capturés sur ce même réseau de suivi. Cette nette augmentation est liée à l'expansion des *gobiidae* dans le bassin et au fort accroissement de certaines de leurs populations sur plusieurs stations.

Afin de mieux étudier et gérer les EEE, un groupe de travail national a été créé en 2009, le GT IBMA (Invasions Biologiques en Milieux Aquatiques). Ce groupe de travail réunissant des chercheurs, des établissements publics, les services de l'état, des gestionnaires et des associations a pour principales missions de faciliter les échanges sur la connaissance de ces espèces, leur impact et surtout leur gestion. Le retour d'expérience de différents modes de gestion de ces espèces et la communication vers les gestionnaires constituent un socle important de ce groupe de travail. Les gobies d'origine ponto-caspienne font pleinement partie de son périmètre d'études.

6.2. Réglementation

La réglementation est un outil permettant, dans une certaine mesure, de limiter l'expansion des EEE. En France, celle susceptible de s'appliquer aux gobies d'origine ponto-caspienne est issue du Code de l'Environnement et concerne l'introduction des espèces et l'exercice de la pêche. Dans les articles de loi et réglementaires cités ci-dessous, seuls les alinéas pouvant concerner ces gobies seront précisés.

Au niveau européen, le règlement n°1143/2014 du 22 octobre 2014 du Parlement européen et du Conseil relatif à la prévention et à la gestion de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes ne s'applique pas directement à ces gobies originaires d'Europe (le règlement cible au départ des EEE extra-communautaires). Néanmoins, les pays membres de l'Union européenne ont la possibilité de proposer une seconde liste complémentaire d'espèces incluant des EEE d'origine européenne.

6.2.1. Introduction des espèces

L'introduction des espèces est encadrée par l'article L. 432-10 du Code de l'Environnement, modifié par la loi « Biodiversité » du 8 août 2016 – art. 136 :

« Est puni d'une amende de 9 000 € le fait :

1° D'introduire dans les eaux mentionnées par le présent titre des poissons appartenant à des espèces susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques, et dont la liste est fixée par décret ;

2° D'introduire sans autorisation dans les eaux mentionnés par le présent titre des poissons qui n'y sont pas représentés ; la liste des espèces représentées est fixée par le ministre chargé de la pêche en eau douce ;

3°

Le présent article ne s'applique pas à la remise à l'eau des poissons pêchés, lorsque celle-ci a lieu immédiatement après la capture et que les poissons concernés n'appartiennent pas à une espèce figurant sur la liste mentionnée au 1° du I de l'article L. 411-5 du présent code»

Le gobie demi-lune (*Proterorhinus semilunaris*), le gobie de Kessler (*Ponticola kessleri*), le gobie à tache noire (*Neogobius melanostomus*) et le gobie fluviatile (*Neogobius fluviatilis*) n'appartiennent pas à la liste des poissons susceptibles de provoquer des déséquilibres biologiques (cf alinea 1°). En revanche, ce sont des espèces non représentées en France (ne figurant pas sur l'Arrêté du 17 décembre 1985) (cf alinea 2°) et, à ce titre, **ne peuvent donc pas être introduites** dans les eaux libres, ni dans les eaux closes (L. 431-4), ni dans les étangs de pisciculture (L. 431-7). Une exception est possible. Les éventuelles autorisations évoquées au 2° sont régies par l'article R. 432-6 qui, pour les gobies d'origine ponto-caspienne, ne peuvent être accordées qu'à des fins scientifiques dans les eaux libres, après avis du Conseil national de protection de la nature.

La remise à l'eau immédiatement après leur capture par un pêcheur à la ligne par exemple ou lors d'une pêche à l'électricité, n'est donc pas interdite pour l'instant. En effet, la liste mentionnée au 1° du I de l'article L. 411-5 n'est pas encore parue. Cet article concerne la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces exotiques envahissantes. La publication de cette liste est par conséquent à suivre avec attention.

6.2.2. L'exercice de la pêche

L'article L. 436-5 (loi « Eau » du 30 décembre 2006 – art. 98) du Code de l'Environnement donne des éléments relatifs à l'exercice de la pêche.

« Des décrets en Conseil d'Etat, ..., déterminent les conditions dans lesquelles sont fixés, éventuellement par bassin :

....

8° Les espèces de poissons avec lesquelles il est défendu d'appâter les hameçons, nasses, filets ou autres engins ;

.... »

La liste des espèces de cet alinea 8° est précisée par l'article R. 436-35 :

« Il est interdit d'appâter les hameçons, nasses, filets, verveux et tous autres engins avec ..., et des espèces mentionnées aux 1° et 2° de l'article L. 432-10, ... »

Les gobies d'origine ponto-caspienne n'étant « pas représentés » en France (faisant donc partie du 2° du L. 432-10), **leur utilisation comme appât par les pêcheurs à la ligne par exemple est donc interdite.**

6.3. Comment réagir face à l'arrivée des nouveaux *gobiidae* ?

Dans la collection « Comprendre pour agir », l'ONEMA a édité un double recueil sur les EEE dans les milieux aquatiques (Sarat *et al.*, 2015). Certains éléments-clef de ces ouvrages peuvent être repris dans le cadre de la gestion des gobies invasifs.

Il est clair qu'au regard du milieu de vie de ces gobies (rivières et plans d'eau), de la vitesse d'expansion de leurs aires de colonisation en France depuis 2007, des moyens de dispersion utilisés (canaux et navigation principalement) et de la très forte augmentation de la population du gobie à tache noire en l'espace d'une seule année sur le Rhin et la Moselle, **on ne pourra au mieux que ralentir leur progression vers de nouveaux milieux.** Néanmoins cet objectif doit être mis en avant pour protéger aussi longtemps que possible certains écosystèmes.

Constitution d'un réseau de partenaires :

Un réseau de partenaires constitué principalement des acteurs institutionnels et des usagers pourrait être créé afin de favoriser des échanges précoces concernant les points suivants.

Prévenir :

La prévention reste le moyen le plus efficace pour limiter l'expansion et donc l'impact de ces nouvelles espèces. Elle est d'ailleurs la pierre angulaire du nouveau règlement sur les EEE.

Surveiller :

La surveillance du territoire et en particulier des axes de migrations potentiels doit permettre de suivre au plus près l'extension de leurs aires de répartition et de prévenir les acteurs locaux de leur

présence. En France, une attention particulière devrait être apportée au bassin de la Meuse, à l'amont (au niveau de la connexion du canal de la Marne au Rhin) et à l'aval (amont de Rouen) du bassin de la Seine (ou affluents comme la Marne), en Artois-Picardie (bassin de l'Escaut et bassins voisins) ou encore au bassin de la Saône à hauteur du canal Rhin-Saône et dans le secteur d'Ormes (71 et 01). Le bassin de la Durance où le gobie à tache noire a récemment été signalé devrait également être surveillé de près.

L'essentiel des informations relatives à l'expansion des gobies en France, l'évolution inter-annuelle des populations et l'impact sur la faune piscicole native est issue des données de pêches à l'électricité réalisées dans le cadre de monitorings (réseaux de suivis). L'évaluation rapide de l'impact en particulier, nécessite d'avoir un réseau de stations fixes suivi de préférence tous les ans, avec la même méthode d'échantillonnage, et de préférence la même équipe d'opérateurs (pour limiter autant que possible les biais liés à l'échantillonnage).

Afin de bénéficier d'un réseau d'observation plus dense, les pêcheurs à la ligne constituent une source d'information potentiellement très importante pour connaître la répartition de ces espèces à une échelle plus fine. Ceci a été démontré tout récemment avec la découverte des gobies sur la Saône et le bassin de la Durance. La mise en place d'un système de remontée de leurs observations avec une procédure de validation serait donc très utile.

Sensibilisation et communication :

La sensibilisation des usagers et du grand public à la présence de ces gobies, aux menaces qu'ils représentent pour la faune locale et à leurs vecteurs potentiels (bateaux, pêcheurs, ...) est à promouvoir. Il faudrait augmenter la prise de conscience collective du risque que représentent ces espèces sur les écosystèmes aquatiques. Bateliers, plaisanciers, gestionnaires des voies navigables et pêcheurs à la ligne devraient être les premières cibles de cette sensibilisation.

Interventions possibles :

Les populations de gobies à tache noire sont trop abondantes et largement réparties dans les grands lacs nord-américains et la mer Baltique pour pouvoir être éradiquées (Kornis *et al.*, 2012). Ce constat est également valable pour la France. Néanmoins, quelques actions ont été testées à travers le monde, dont les suivantes (liste non exhaustive),

Actions directes :

- Le nettoyage de la coque des bateaux de plaisance passant d'un milieu aquatique à un autre est fortement recommandé en Allemagne, Autriche et Suisse (Holm *et al.*, 2014). Hirsch *et al.* (2015b) ont constaté, en milieu expérimental, que les œufs du gobie à tache noire restaient fixés à un support lorsqu'ils étaient exposés à de l'eau dotée d'une vitesse de 2,8 m/s durant une heure. Ils ont également observé un taux d'éclosion de ces œufs supérieur à 95% lorsqu'ils ont été hors d'eau durant 24h. Ces observations militent pour la mise en place de mesures de gestion efficaces pour empêcher que les bateaux de plaisance ne soient les vecteurs de ces espèces invasives vers de nouveaux environnements aquatiques.



En Suisse, l'état fédéral incite les propriétaires de bateaux de plaisance à nettoyer la coque de leur bateau (ainsi que l'hélice, l'ancre et d'autres éventuels accessoires) à l'aide d'un puissant jet d'eau (de préférence avec de l'eau chaude > 45°C) puis à les faire sécher durant quatre jours au minimum, avant de les transférer vers un nouveau milieu aquatique. Cette incitation prend avant tout la forme de plaquettes d'informations largement distribuées dans le canton de Bâle (figure 33).

Figure 33 : plaquette d'information incitant les plaisanciers à nettoyer leur bateau

- Un essai de barrière électrique pour empêcher le gobie à tache noire de rejoindre le bassin du Mississippi a été mis en place dans un canal près de Chicago. Cette barrière électrique s'est montrée efficace vis-à-vis du passage du gobie à tache noire et d'autres espèces. Cependant, ce gobie avait franchi le site de la barrière avant son activation électrique (Kornis *et al.*, 2012).

Ce type d'installation ne peut éventuellement se concevoir que dans des milieux adaptés comme des canaux par exemple. Mais il n'empêchera pas la propagation des œufs collés sur la coque des bateaux.

- Holm *et al.* (2014) suggèrent qu'on pourrait freiner le développement d'une population de gobies en retirant une partie de leur frai d'un milieu donné.



A titre expérimental, ils ont immergé des pots en argile (type pot de fleurs) et des tuyaux en PVC dans le port de Bâle. Au bout de quelques jours, ils ont observé plusieurs milliers d'œufs de gobie à tache noire et de gobie de Kessler collés sur ces supports et qu'ils ont donc pu soustraire du Rhin (figure 34).

Figure 34 : œufs de gobies à tache noire à l'intérieur d'un pot en argile

Sachant que le support optimal pour la reproduction des gobies (granulométrie très grossière avec des anfractuosités) est fortement présent dans le Rhin (les enrochements), ce moyen de lutte contre ces espèces sera globalement sans effet dans un tel milieu. Il pourrait éventuellement être testé dans un milieu que des gobies viennent de coloniser récemment, et qui présente a priori peu de supports très favorables à sa reproduction, un plan d'eau avec de nombreuses berges naturelles par exemple.

- Un piège acoustique pouvant réduire le nombre de gobies dans des zones sensibles (habitats de reproduction de certaines espèces par exemple) a été testé en Amérique du nord (Isabella-Valenzi et Higgs, 2016). Ce piège, équipé d'un haut-parleur diffusant le grognement des mâles reproducteurs, capture significativement plus de femelles et de mâles non reproducteurs de gobies à tache noire que de mâles reproducteurs et de poissons d'autres espèces. Les meilleurs résultats ont été obtenus au mois de mai, avant que la température de l'eau ne soit trop élevée pour la reproduction du gobie à tache noire dans la zone d'études. Les auteurs précisent que ce piège acoustique n'a pas vocation à réduire significativement les populations de gobies à tache noire dans leur aire de répartition.
- Un essai d'éradication du gobie à tache noire a été tenté en traitant 5 km de la rivière Pefferlaw Brook, un tributaire du lac Simcoe (Ontario), à la roténone. Malgré de gros efforts pour supprimer l'espèce de ce milieu, plusieurs gobies à tache noire ont été

capturés plusieurs mois après dans le lac Simcoe, traduisant ainsi l'échec de cette méthode (Kornis *et al.*, 2012).

Actions indirectes : l'habitat optimum du gobie à tache noire et probablement du gobie demi-lune et du gobie de Kessler est constitué d'enrochements. Par conséquent, toute action menant à la réduction de ce type de berges devrait permettre de réduire les densités de ces espèces.

6.4. Recherche

La connaissance de la biologie, de l'écologie et des mécanismes de dispersion de ces espèces est nécessaire pour tenter de prévenir leur expansion et limiter leur impact sur les écosystèmes aquatiques. Bien que certains de ces domaines de connaissances aient été déjà bien étudiés dans les régions d'où ces espèces sont originaires (Roumanie, Ukraine ou ex-Yougoslavie par exemple) ou déjà colonisées (région des grands lacs nord-américains par exemple), il y a encore de nombreuses questions qui méritent des investigations scientifiques. Il a en particulier été montré que les gobies peuvent présenter des adaptations biologiques ou écologiques dans leurs nouvelles régions d'accueil.

En France, des projets de recherche existent actuellement dans trois universités au minimum.

- L'unité mixte de recherche Université de Lorraine – CNRS à Metz conduit une étude scientifique en collaboration avec l'Université de Trent au Canada sur les variations des traits biologiques du gobie à tache noire avec l'évolution de son front de colonisation. Cette étude, pilotée par Gérard Masson, porte pour la partie française sur la Moselle entre la frontière avec l'Allemagne/Luxembourg à l'aval et Flavigny-sur-Moselle à l'amont.
- L'Université Pierre et Marie Curie de Paris s'est lancée dans un projet visant à modéliser la prédation des espèces invasives (les quatre gobies d'origine Ponto-Caspienne et le pseudorasbora) pour mieux comprendre leur impact écologique. Le porteur du projet est Vincent Médoc.
- L'unité mixte de recherche Université de Strasbourg – CNRS – ENGEES (porteur de projet Jean-Nicolas Beisel) dont les principaux axes sur le sujet sont :

- d'étudier *in situ* la place des gobies au sein du réseau trophique du Vieux Rhin (*N. melanostomus* et *P. kessleri*) dans un contexte de restauration du milieu physique. Ces investigations passent par des examens de contenus stomacaux de gobies, de prédateurs potentiels et une comparaison avec des inventaires de proies disponibles.
- décrire le développement de l'embryon et des alevins, mettre en évidence des caractères discriminants et évaluer les traits comportementaux en fonction de l'âge.
- mesurer les traits des populations en place sur le Vieux Rhin en relation avec leurs macroparasites.

Plus largement, des projets de recherche sur ces gobies sont également en cours dans des universités de la plupart des pays riverains du bassin du Rhin (Suisse, Allemagne, Belgique, Pays-Bas), ce qui est révélateur de la place que ces espèces invasives ont prise dans cette région de l'ouest de l'Europe en très peu de temps.

7. CONCLUSION

En moins de 10 ans, quatre espèces de gobies originaires des bassins Ponto-Caspiens ont colonisé des cours d'eau français, principalement dans le nord-est de la France. Bien que des espèces allochtones arrivent en France depuis plusieurs siècles déjà et que le rythme des introductions se soit accéléré ces dernières décennies, le changement qui s'opère actuellement dans la composition des peuplements de poissons dans le Rhin et une partie de la Moselle est exceptionnel. **Ce qui est peut-être le plus surprenant** dans ces nouvelles introductions, **c'est la vitesse** à laquelle certaines de ces espèces **ont étendu leur répartition géographique** (gobie demi-lune, gobie à tache noire et dans une moindre mesure le gobie de Kessler) et plus étonnant encore, **la vitesse à laquelle les effectifs du gobie à tache noire sont devenus largement dominants** dans les secteurs canalisés du Rhin et de la Moselle (un an après leur apparition). L'évolution des captures annuelles effectuées par pêche électrique au niveau des berges de stations de suivi, indique **une raréfaction voire une disparition de certaines espèces natives** depuis l'arrivée des gobies comme la **grémille, les juvéniles de perches et le chabot**. D'autres espèces semblent impactées, le goujon et la loche franche notamment. Bien que ces observations ne concernent que les berges, il est probable qu'elles soient également valables pour le chenal, les gobies y étant aussi très présents, comme l'attestent les captures nombreuses réalisées par les pêcheurs à la ligne. **L'impact de ces gobies, en particulier du gobie à tache noire,**

sur les écosystèmes où ils sont présents demeure cependant complexe à évaluer. Prenons l'exemple de la perche. Les juvéniles ont quasiment déserté les berges enrochées (majoritaires) du Rhin, peut-être en raison d'une compétition alimentaire trop forte. A moins d'avoir trouvé refuge dans des habitats particuliers peu fréquentés par les gobies, cette fraction de la population de perches a diminué. En revanche, les adultes peuvent bénéficier d'une importante ressource alimentaire nouvelle (les gobies), ce que les pêcheurs à la ligne semblent constater en évoquant des captures plus fréquentes de perches de grande taille. Au final, nous ne disposons actuellement d'aucun élément permettant de préciser l'impact des gobies sur les populations de perches du Rhin ou de la Moselle prises dans leur globalité.

Afin d'étudier plus précisément l'impact des gobies sur les peuplements de poissons des grands cours d'eau, un suivi de la partie du peuplement fréquentant le chenal profond devrait être réalisé sur quelques stations. Ce suivi pourrait prendre la forme d'un échantillonnage annuel du chenal à l'aide de **filets maillants** les moins sélectifs possible (vis à vis des espèces et des tailles). **Les stations** pourraient être définies sur des tronçons de cours d'eau particulièrement favorables au développement d'importantes populations de gobies, à savoir les cours d'eau présentant des berges enrochées, et **sur des secteurs que les gobies n'ont pas encore colonisé** (pour établir un état initial). Dans la région Grand-Est par exemple, un tel suivi pourrait être mené sur deux à trois stations situées sur la Meuse canalisées suffisamment en amont du front de colonisation, et sur la Marne canalisée. Un choix optimal serait d'utiliser des stations dont les berges sont actuellement déjà échantillonnées à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivis existants.

Parmi les mécanismes ayant favorisé l'implantation et le fort développement des gobies d'origine Ponto-Caspienne en dehors de leur aire de répartition naturelle, certains aspects sont relativement bien connus ou sont intensément étudiés à l'heure actuelle. Ainsi, **le rôle de la forte augmentation du transport international (navigation en l'occurrence) dans l'extension de leur répartition ne fait aucun doute.** L'arrivée de ces gobies en France peut être considérée comme un effet collatéral de ce qu'on appelle communément la mondialisation. Ensuite, **l'adaptabilité dont font preuve ces espèces dans leur nouvel environnement est remarquable** et leur donne un avantage certain sur d'autres espèces. Les scientifiques ont ainsi pu montrer que certains traits biologiques ou écologiques étaient modifiés dans les zones nouvellement conquises par rapport à des zones où ils sont établis depuis plusieurs années (voir les travaux en cours de l'université de Lorraine pour la rivière Moselle). Un investissement énergétique plus important est ainsi observé pour le gobie à tache noire sur le front de colonisation, avec entre autre des mâles matures plus jeunes (Masson, 2011). Les gobies font également preuve d'une forte plasticité sur le plan alimentaire en s'adaptant facilement aux ressources disponibles.

En matière de gestion, il est clair que l'éradication de ces espèces d'un cours d'eau semble impossible. **Un des objectifs pourrait être de ralentir leur progression vers de nouveaux bassins versant en mobilisant l'ensemble des acteurs des eaux de surface.** La prévention est la principale action permettant de retarder la colonisation de nouveaux milieux. Dans la région Grand-Est, les grands plans d'eau souvent réputés pour la richesse de leurs ressources halieutiques pourraient échapper assez longtemps à l'invasion des gobies si des mesures adéquates les protégeaient. Ils sont en général assez mal connectés aux principaux axes de migration des gobies. Les principales menaces qui pèsent donc sur eux sont le possible transfert d'œufs collés à des bateaux de plaisance passant d'un milieu à un autre et le transport puis l'introduction de gobies par des pêcheurs. Des actions de sensibilisation auprès de ce public semblent urgentes. Plus généralement, les milieux sensibles et susceptibles d'être colonisés par ces espèces doivent être identifiés et si possible protégés.

Il est également reconnu, par une partie de la communauté scientifique, que des milieux dégradés sont plus perméables aux espèces exotiques envahissantes. **Un écosystème en bonne santé est, au contraire, en général plus résistant aux invasions biologiques. La limitation de l'expansion et de l'impact des gobies d'origine Ponto-Caspienne sur les écosystèmes serait par conséquent favorisée par des travaux adaptés de restauration des milieux.**

La communication et l'échange d'informations relatifs aux gobies d'origine Ponto-Caspienne sont impératifs. C'est d'ailleurs par le biais d'une communauté d'experts que les premières informations de présence de ces espèces dans le bassin international du Rhin ont été connues en France. En effet, la **Commission Internationale pour la Protection du Rhin (CIPR)** qui regroupe des experts (sur les poissons entre autre) de l'ensemble des pays frontaliers de ce fleuve rassemble des données sur les peuplements de poissons à l'échelle de ce bassin. Ainsi, la France a eu connaissance de la présence du gobie demi-lune dans le Rhin en Allemagne dès le début des années 2000, puis des autres gobies toujours en Allemagne ou aux Pays-Bas dans les années suivantes. Elle ne fut donc pas surprise de découvrir ces espèces dans ses eaux courantes ces dernières années et put suivre leur progression avec une bonne précision géographique et temporelle.

Quelles seront les prochaines étapes concernant l'expansion, l'évolution des populations et l'impact des gobies en France dans les années à venir ? La dynamique de ces espèces et en particulier du gobie à tache noire, la plus « invasive » des quatre espèces actuellement présentes, est tellement élevée, qu'aucune réponse solide ne peut aujourd'hui être apportée. On a constaté en

Alsace par exemple, que les gobies pénètrent les nouveaux territoires par l'artère fluviale principale tout d'abord, à savoir le Rhin, puis progressent dans ses principaux affluents comme l'Ill. Des sous-affluents sont déjà colonisés avec, en général, des effectifs pour l'instant plutôt faibles. Ces nouvelles populations vont-elles croître dans ces sous-affluents pour devenir numériquement dominantes comme c'est le cas dans le Rhin et déjà dans l'Ill ? **Quels facteurs environnementaux locaux vont empêcher la progression de ces espèces à l'ensemble des cours d'eau d'une région donnée ?** Quelles valeurs seuils de la température de l'eau ou de la pente (qui conditionne fortement l'habitat) des cours d'eau seront limitantes ? Ces questions se posent pour savoir si les cours d'eau du piémont vosgiens et plus généralement des cours d'eau dont les peuplements de poissons tendent vers un peuplement salmonicole risquent d'être impactés à terme par les gobies.

Au regard de l'optimum thermique des gobies, **le réchauffement climatique devrait faciliter leur expansion vers les têtes de bassin.**

A plus large échelle, leur progression vers l'ouest et le sud et de la France à partir du bassin Rhin-Meuse ne devrait pas s'arrêter. Le bassin de la Meuse est pour l'instant peu colonisé par ces espèces, mais le gobie demi-lune a atteint la Meuse dans le département éponyme en 2016 et le gobie à tache noire est désormais présent dans l'extrême nord des Ardennes, à Givet. **Il est fort probable que par le biais du canal de la Marne au Rhin, le bassin de la Marne et donc celui de la Seine à l'amont de Paris soit prochainement colonisé. Concernant la Seine, la colonisation devrait probablement également avoir lieu par l'aval, puisque le gobie à tache noire est présent à Rouen. Une autre source de dissémination possible est maintenant le bassin Artois-Picardie avec l'Escaut que l'espèce fréquente. Vers le sud, le bassin de la Saône devrait être surveillé de près, en particulier au niveau des connexions avec le canal Rhin-Saône ainsi que du côté d'Ormes (71 et 01).** Plus au sud encore, **le bassin de la Durance est désormais placé sous surveillance**, depuis qu'un noyau d'une population de gobie à tache noire y a été récemment découvert. Enfin pour l'ensemble du territoire national, le risque que des gobies soient transportés puis déversés vers de nouveaux milieux ne peut pas être écarté, à l'instar de ce qui a dû arriver dans le plan d'eau de Brunet (Alpes de Haute-Provence, bassin de la Durance).

Ce rapport fait la synthèse des connaissances sur les gobies d'origine Ponto-Caspienne en France depuis leur arrivée il y a 10 ans à peine. Au regard des éléments exposés, il semble souhaitable de poursuivre l'étude de ces espèces. Plus précisément, **l'ensemble des acteurs des milieux aquatiques et en particulier les pouvoirs publics devraient continuer de s'investir dans la connaissance et la gestion de ces espèces sur le territoire.**

8. BIBLIOGRAPHIE

Adamek Z., Andreji J. et Gallardo A.M., 2007. Food habits of four bottom-dwelling gobiid species at the confluence of the Danube and Hron rivers (south Slovakia). *Internat. Rev. Hydrobiol.* 92, 554-563.

Almqvist G., Strandmark A. K. et Appelber M., 2010. Has the invasive round goby caused new links in Baltic food webs ? *Environmental Biology of Fishes* 89, 79-93.

Andraso G., Ganger M. T. et Adamczyk J., 2011. Size-selective predation by round gobies (*Neogobius melanostomus*) on dreissenid mussels in the field. *Journal of Great Lakes Research* 37, 298-304.

Ahnelt H., Bănărescu P., Spolwind R., Harka Â. et Waidbacher H., 1998. Occurrence and distribution of three gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the middle and upper Danube region - examples of different dispersal patterns? *Biologia, Bratislava* 53, 665-678.

Arend K. K., Beletsky D., DePinto J. V., Ludsin S. A., Roberts J. J., Rucinski D. K., Scavia D., Schwab D. J. et Höök T. O., 2011. Seasonal and interannual effects of hypoxia on fish habitat quality in central Lake Erie. *Freshwater Biology* 56, 366-383.

Banarescu P., 1964. Pisces – Osteichthyes [in Rumanian]. Fauna R. P. Romine. Academiei Republicii Populare Romine, Bucuresti, 959.

Beisel J.N., Peltre M. C., Kaldonski N., Hermann A. et Muller S., 2017. Spatiotemporal trends for exotic species in French freshwater ecosystems: where are we now ?. *Hydrobiologia*. DOI 10.1007/s10750-016-2933-1.

Belliard J., Ditche J.M. et Roset N., 2008. Mise en oeuvre des opérations de pêche à l'électricité dans le cadre des réseaux de suivi des peuplements de poissons. Guide pratique. Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, 23.

Bij de Vaate A., Jazdzewski K., Ketelaars H.A.M., Gollasch S. et Van der Velde G., 2002. Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1159-1174.

Brownscombe J.W. et Fox M.G., 2012. Range expansion dynamics of the invasive round goby (*Neogobius melanostomus*) in a river system. *Aqua. Ecol.* 46, 175-189.

Cammaerts R., Spikmans F., Van Kessel N., Verreycken H., Chérot F., Demol T. et Richez S., 2012. Colonization of the border Meuse area (The Netherlands and Belgium) by the non-native western tubenose goby *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) (Teleostei, Gobiidae). *Aquatic Invasions* 7, 251-258.

Corkum L.D., Sapota M.R. et Skora, K.E., 2004. The round goby, *Neogobius melanostomus*, a fish invader on both sides of the Atlantic Ocean. *Biol. Invasions* 6, 173-181.

CIPR, 2001. Faune piscicole du Rhin 2000 entre le lac de Constance et la mer du Nord. - 2. Inventaire

piscicole international réalisé dans le cadre du Programme « Saumon 2000 ». Commission Internationale pour la Protection du Rhin, Coblenze, 50 p.

Charlebois P., Marsden J. E., Goettel R. G., Wolfe R. K., Jude D. J. et Rudnika S., 1997. The Round Goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), a Review of European and North American Literature. Zion, IL : Illinois-Indiana Sea Grant Program and Illinois Natural History Survey.

Erős T., Sevcsik A. et Tóth B., 2005. Abundance and night-time habitat use patterns of Ponto-Caspian gobiid species (Pisces, Gobiidae) in the littoral zone of the River Danube, Hungary. *J. Appl. Ichthyol.* 21, 350-357.

Guti G., Erős T., Szaloky Z. et Tóth B., 2003. Round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1811) in the Hungarian section of the Danube [in Hungarian]. *Halászat* 96, 116-119.

Hartmann F., 2010. Meldung: Schwarzmundgrundel (*Neogobius melanostomus*) in Baden-Württemberg angekommen. *Aquakultur und Fischereiinformationen aus unserer Fischereiverwaltung*, 16.

Hempel M., Neukamm R. et Thiel R., 2016. Effects of introduced round goby (*Neogobius melanostomus*) on diet composition and growth of zander (*Sander lucioperca*), a main predator in European brackish waters. *Aquatic Invasions* (2016) Vol.11, Issue2: 167-178.

Hirsch P. E., N'Guyen A., Adrian-Kalchhauser I et Burkhardt-Holm P., 2015a. What do we really know about the impacts of one of the 100 worst invaders in Europe ? A reality check. *Ambio*, DOI 10.1007/s13280-015-0718-9

Hirsch P. E., Adrian-Kalchhauser I., Flämig S., N'Guyen A., Defila R., Di Giulio A. et Burkhardt-Holm P., 2015b. A tough egg to crack: recreational boats as vectors for invasive goby eggs and transdisciplinary management approaches. *Ecology and Evolution*, DOI: 10.1002/ece3.1892, 9p.

Holm P., Kalchhauser I et Hirsch P., 2014. Schwarzmundgrundel Co.. Fremde Fische in Flüssen und Seen. *Biol. Unserer Zeint*, DOI: 10.1002/biuz.201410552, 392-399.

Isabella-Valenzi L. et Higgs D. M., 2016. Development of an acoustic trap for potential round goby (*Neogobius melanostomus*) management. *Journal of Great Lakes Research*, DOI: 10.1016/j.jglr.2016.05.004

Janáč M., Šlapanský L., Valová Z. et Jurajda P., 2013. Downstream drift of round goby (*Neogobius melanostomus*) and tubenose goby (*Proterorhinus semilunaris*) in their non-native area. *Ecol. Freshwat. Fish*.

Jude D. J., Reider R. H. et Smith G. R., 1992. Establishment of Gobiidae in the Great Lakes basin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49, 416-421.

Jude D. J. et Deboe S. F., 1996. Possible impact of gobies and other introduced species on habitat restoration efforts. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 53, 136-141.

Jurajda P., Černý J. Polačik M., Valová Z., Zanáč M. Blažek R. et Ondračková M., 2005. The recent distribution and abundance of non-native *Neogobius* fishes in the Slovak section of the River Danube. *Journal of Applied Ichthyology* 21, 319-323.

- Kalchhauser I., Mutzner P., Hirsch P. E. et Burkhardt-Holm P., 2013.** Arrival of round goby *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) and bighead goby *Ponticola kessleri* (Günther, 1861) in the High Rhine (Schwitzerland). *Bioinvasions Rec.* 2:79-83.
- Karlson A. M., Almqvist G., Skóra K. E. et Appelberg M., 2007.** Indications of competition between non indigenous round goby and native flounder in the Baltic Sea. *ICES Journal of Marine Science* 64, 479-486.
- Kornis M.S., Mercado-Silva N. et Vander Zanden M.J., 2012.** Twenty years of invasion: a review of round goby *Neogobius melanostomus* biology, spread and ecological implications. *J. Fish Biol.* 80, 235-285.
- Kottelat M. et Freyhof J., 2007.** Handbook of European Freshwater Fishes. Kottelat, Cornol, Switzerland and Freyhof, Berlin, Germany, 646 p.
- Kovtum I. F., 1978.** On the fecundity of the round goby, *Gobius melanostomus*, from the Sea of Azov. *Journal of Ichthyology* 17, 566-573.
- Kovtum I. F., 1980.** Significance of the sex ratio in the spawning population of the round goby in relation to year-class strength in the Sea of Azov. *Journal of Ichthyology* 19, 161-163.
- Lee V. A. et Johnson T. B., 2005.** Development of a bioenergetics model for the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research* 31, 125-134.
- Leslie J. K. et Timmins C. A., 2004.** Description of age-0 round goby, *Neogobius melanostomus* Pallas (Gobiidae), and ecotone utilization in St. Clair lowland waters, Ontario. *Canadian Field Naturalist* 118, 318-325.
- Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M. et Bassaz F.A., 2000.** Biotic invasions : causes, epidemiology, global consequences, and control. *Ecological Applications*, 10 : 689-710.
- Manné S. et Poulet N., 2008.** First record of the western tubenose goby *Proterorhinus semilunaris* (Heckel, 1837) in France. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.*, 389(03), 1-5.
- Manné S., Poulet N., et Dembski S., 2013.** Colonisation of the Rhine basin by non-native gobiids: an update of the situation in France. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.*, 411(02), 1-17.
- Manné S., 2014.** Réseau de Contrôle de Surveillance (RCS) – Synthèse des données piscicoles « cours d'eau » - Bassin Rhin-Meuse – Période 2007-2012 – Office National de l'Eau et des Milieux Aquatiques, 38 p + annexes.
- Masson L., 2011.** Assessing life history shifts in invasive round goby (*Neogobius melanostomus*) during range expansion. Rapport de stage. Université de Metz. 43 p. + annexes.
- Meunier B., Yavno S., Ahmed S. et Corkum L. D., 2009.** First documentation of spawning and nest guarding in the laboratory by the invasive fish, the round goby (*Neogobius melanostomus*). *Journal of Great Lakes Research* 35, 608-312.
- Mikl L., Adamek Z., Všeticková L., Janáč M. Roche K. Slapansky L et Jurajda P., 2017.** Response of benthic macroinvertebrate assemblages to round (*Neogobius melanostomus*, Pallas 1814) and

tubenose (*Proterorhinus semilunaris*, Heckel 1837) goby predation pressure. *Hydrobiologia* Vol.785, Issue:1 219-232, DOI: 10.1007/s10750-016-2927-z

Miller P.J., 1986. Gobiidae. In: Whitehead, P.J.P., Bauchot, M. L., Hureau, J. C., Nielsen, J. & Tortonese, E., eds (ed.), *Fishes of the North-East Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris, 1019-1095.

Moskal'kova K ; I., 1996. Ecological and morphophysiological prerequisites to range extension in the round goby *Neogobius melanostomus* under conditions of anthropogenic pollution. *Journal of Ichthyology* 36, 584-590.

NF T90-344, 2004. Qualité de l'eau. Détermination de l'indice poissons rivières (IPR).

Patzner R. A., Van Tassel J. L., Kovačić M. et Kapoor B.G., 2011. *The Biology of Gobies*. Science Publishers. 685 p.

Polačik M., Janáč M., Jurajda P., Adamek Z., Ondračková M., Trichkova T. et Vassilev M., 2009. Invasive gobies in the Danube: invasion success facilitated by availability and selection of superior food resources. *Ecol. Freshwat. Fish* 18, 640-649.

Pont D., Delaigue O., Belliard J., Marzin A. et Logez M., 2013. Programme IPR+. Révision de l'indice poisson rivière pour l'application de la DCE. Version V.2.0 de l'indicateur. Partenariat ONEMA-IRSTEA, 208p.

Poos M., Dextrase A. J., Schwalb A. N. et Ackerman J. D., 2010. Secondary invasion of the round goby into high diversity Great Lakes tributaries and species at risk hotspots: potential new concerns for endangered freshwater species. *Biological Invasions* 12, 1269-1284.

Rahel F.J., 2007. Biogeographic barriers, connectivity and homogenization of freshwater faunas: it's a small world after all. *Freshwater Biology* 52, 696-710.

Reinartz R., Hilbrich T. et Born O., 2000. Nachweis der Marmorierten Grundel (*Proterorhinus marmoratus* Pallas, 1811) im unterfränkischen Main bei Eltmann (Rheineinzugsgebiet). *Österreichs Fischerei* 53, 192-194.

Roche K. F., Janač M. et Jurajda P., 2013. A review of Gobiid expansion along the Danube-Rhine corridor – geopolitical change as a driver for invasion. *Knowl. Managt. Aquatic Ecosyst.*, 411(01), 1-23.

Sarat E., Mazaubert E., Dutartre A., Poulet N. et Soubeyran Y., 2015. Les espèces exotiques envahissantes dans les milieu aquatiques. Connaissances pratiques et expériences de gestion. Collection Comprendre pour agir, ONEMA-MEDDE, Vol.1, 252p.

Seifert K. et Hartmann F., 2000. Die Kesslergrundel (*Neogobius kessleri* Günther 1861), eine neue Fischart in der deutschen Donau. *Lauterbornia* 38, 105-108.

Simonovic P., Valkovic B. et Paunovic M., 1998. Round goby *Neogobius melanostomus*, a new Ponto-Caspian element for Yugoslavia. *Folia Zool.* 47, 305-312.

- Simonovic P., Paunovic M. et Popovic S., 2001.** Morphology, feeding, and reproduction of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Pallas), in the Danube River Basin, Yugoslavia. *J. Gt. Lakes Res.* 27, 281-289.
- Smirnov A.I., 1986.** Perciformes (Gobioidei), Scorpaeniformes, Pleuronectiformes, Lophiiformes [in Russian]. *In: Topachevsky, V.A., (ed.), Fauna Ukrainy, Kijev, 33–57.*
- Sokolowska E. et Fey D. P., 2011.** Age and growth of the round goby *Neogobius melanostomus* in the Gulf of Gdańsk several years after invasion. Is the Baltic Sea a new Promised Land ? *Journal of Fish Biology* 78, 1993-2009.
- Skora K.E. et Stolarski J., 1993.** New fish species in the Gulf of Gdansk, *Neogobius* sp. [cf. *Neogobius melanostomus* (Pallas 1811)]. *Bull. Sea Fish. Inst.* 1, 83-84.
- Stepien C.A. et Tumeo, M.A., 2006.** Invasion genetics of Ponto-Caspian gobies in the Great Lakes: a 'cryptic' species, absence of founder effects, and comparative risk analysis. *Biological Invasions* 8, 61-78.
- Stránai I., 1998.** Morphometry study on *Neogobia kessleri* (Günther 1861) from the main stream of the Danube river. *Czech J. Anim. Sci.* 43, 289-292.
- Stránai I. et Andreji J., 2004.** The first report of round goby, *Neogobius melanostomus* (Pisces, Gobiidae) in the waters of Slovakia. *Folia Zool.* 53, 335-338.
- UICN, 2014.** La liste rouge de l'UICN des espèces menacées. Version 2014.3 (www.iucnredlist.org).
- Van Beek G.C.W., 2006.** The round goby *Neogobius melanostomus* first recorded in the Netherlands. *Aquatic Invasions* 1, 42-43.
- Van Kessel N., Dorenbosch M. et Spikmans F., 2009.** First record of Pontian monkey goby, *Neogobius fluviatilis* (Pallas, 1814), in the Dutch Rhine, *Aquatic Invasions* 4 (2): 421-424, DOI: 10.3391/ai.2009.4.2.24.
- Van Kessel N., Dorenbosch M., De Boer M.R.M., Leuven R.S.E.W. et Van der Velde G., 2011.** Competition for shelter between four invasive gobiids and two native benthic fish species. *Current Zoology* 57, 844-851.
- Van Kessel N., Dorenbosch M., Kranenbarg J., van der Velde G. et Leuven R. S. E. W., 2016.** Invasive Ponto-Caspian gobies rapidly reduce the abundance of protected native bullhead. *Aquatic Invasions* (2016) Vol.11, Issue2: 179-188.
- Vašek M., Všeticková L., Roche K. et Jurajda P., 2013.** Diet of two invading gobiid species (*Proterorhinus semilunaris* and *Neogobius melanostomus*) during the breeding and hatching season: No field evidence of extensive predation on fish eggs and fry. *Limnologia* 46 (2014) 31-36
- Verreycken H., Breine J., Snoeks J. et Belpaire C., 2011.** First record of the round goby, *Neogobius melanostomus* (Actinopterygii: Perciformes: Gobiidae) in Belgium. *Acta Ichthyol. Piscat.* 41, 137-140.

Von Landwüst C., 2006. Expansion of *Proterorhinus marmoratus* (Teleostei, Gobiidae) into the River Moselle (Germany). *Folia Zool.* 55, 107-111.

Vutskits G., 1911. A new fish species of our fauna. *Állattani Közlemények*, 31-44.

Walsh M. G., Dittman D. E. et O’Gorman R., 2007. Occurrence and food habits of the round goby in the profundal zone of southwestern Lake Ontario. *Journal of Great Lakes Research* 33, 83-92.

Wiesner C., Spolwind R., Waidbacher H., Guttman S. et Doblinger A., 2000. Erstenachweis der Schwarzmundgrundel *Neogobius melanostomus* (Pallas, 1814) in Österreich. *Österreichs Fischerei* 53, 330-331.

Zweimuller I., Moidl S. et Nimmervoll H., 1996. A new species for the Austrian Danube – *Neogobius kessleri*. *Acta Univ. Carol. Biol.* 40, 213-218.