



CONVENTION SUR LES ESPECES MIGRATRICES

Distribution : Générale

PNUE/CMS/ScC18/Doc.7.2.18
11 juin 2014

Français
Original: Anglais

18^{ème} RÉUNION DU CONSEIL SCIENTIFIQUE
Bonn, Allemagne, 1-3 juillet 2014
Point 7.2 de l'ordre du jour

PROPOSITION POUR L'INSCRIPTION DE L'ANGUILLE EUROPEENNE (*ANGUILLA ANGUILLA*) A L'ANNEXE II DE LA CMS

Résumé

Le Gouvernement de la Principauté de Monaco a soumis une proposition pour l'inscription de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) à l'Annexe II de la CMS lors de la 11^{ème} réunion de la Conférence des Parties (COP11), 4-9 novembre 2014, Quito, Equateur.

Une version non éditée de la proposition, telle que reçue de la Partie qui l'a proposée, est reproduite sous cette couverture en vue de son examen par le Conseil scientifique. Elle sera remplacée par la version finale dès que possible.

**PROPOSITION POUR L'INSCRIPTION D'ESPÈCES AUX ANNEXES DE LA
CONVENTION SUR LA CONSERVATION DES ESPÈCES MIGRATRICES
APPARTENANT A LA FAUNE SAUVAGE**

A. PROPOSITION: Inscription de l'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) à l'Annexe II de la CMS

Résumé: L'anguille d'Europe est l'une des 16 espèces de la famille des Anguillidae. Son aire de répartition géographique est très vaste, du nord de la Norvège à l'Afrique du Nord, en passant par la Méditerranée, et elle peut vivre dans divers types d'habitats aquatiques de salinités différentes. Comme d'autres types d'anguilles Anguillidae, elle effectue parfois des migrations catadromes ; elle est également panmictique et sémelpare. Ces caractéristiques historiques signifient qu'elle est sujette à de nombreuses menaces, à la fois dans des environnements marins et dans des environnements d'eau douce, et qu'elle est difficile à gérer et à protéger. Elle est exploitée depuis sa naissance jusqu'à l'âge adulte. Toutefois, les sociétés de pêche constituent l'une des nombreuses menaces auxquelles elle doit faire face, tout comme les modifications des courants océaniques et/ou des conditions climatiques, les obstacles à la migration (dont les centrales hydrauliques, qui blessent et/ou tuent les anguilles), la perte des habitats d'eau douce, les maladies (en particulier le parasite de la vessie nataoire *Anguillicola crassus*) et les piètres conditions de vie des anguilles adultes qui s'échappent.

Les inquiétudes sont grandes quant au statut de l'espèce en raison d'un déclin des captures, des populations et de l'échappement de l'espèce au cours quarante dernières années. Elle est pour le moment considérée comme « En danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'UICN et est inscrite à l'Annexe II de la CITES. En 2007, l'Union européenne avait imposé une loi afin de s'assurer que tous les États membres avaient développé un Plan de gestion de l'anguille en vue d'endiguer ces déclin. Néanmoins, à ce jour, les inquiétudes restent fortes concernant le nombre d'anguilles dans les pays concernés. Une inscription à l'Annexe II de la CMS apporterait un soutien supplémentaire afin d'améliorer la gestion, la conservation et le suivi collaboratifs de cette espèce.

Ce document se base sur le travail du Dr Matthew Gollock et du Dr David Jacoby pour le compte de la Sargasso Sea Alliance.

B. AUTEUR DE LA PROPOSITION: Gouvernement de la Principauté de Monaco

C. JUSTIFICATION DE LA PROPOSITION:

1. Taxon

- | | | |
|------------|--------------------------------|---|
| 1.1 | Classe: | Actinopterygii |
| 1.2 | Ordre: | Anguilliformes |
| 1.3 | Famille: | Anguillidae |
| 1.4 | Genre: | <i>Anguilla</i> (Schrank, 1798) |
| | Espèce: | <i>A. anguilla</i> (Linnaeus, 1758) |
| 1.5 | Nom(s) vernaculaire(s): | Anglais: European eel; Common eel; River eel; Weed eel
Français: Angèle; Anguille d'Europe; Anguille européenne;
Anguille jaune; Civelle transparente; Leptocéphale
Espagnol: Anguila; Anguila europea; Anguilla |

Liste des noms régionaux adaptés de Froese et Pauly (2005).

Genre	<i>Anguilla</i>
Espèce	<i>anguilla</i>
Autorité	(Linnaeus, 1758)
Nom vernaculaire	Anguille d'Europe

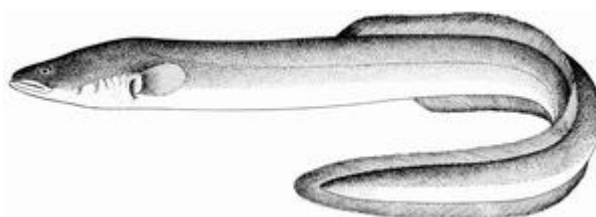
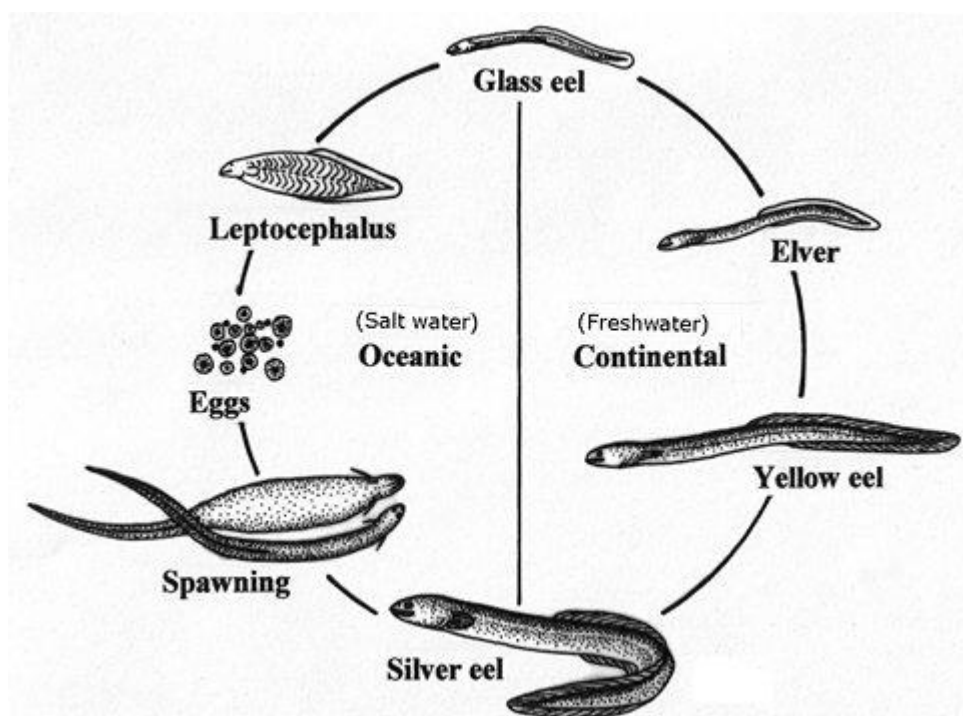


Figure 1. L'anguille d'Europe (*Anguilla anguilla*) – image de l'OAA.

Il existe un certain nombre de périodes de vie (Figure 2) qui possèdent leur propre terminologie et langue vernaculaire régionale – leptocéphale, civelle transparente, civelle pigmentée, anguille jaune et anguille argentée.



[FIGURE : Eggs: Œufs; Leptocephalus: Leptocéphale; Glass eel: Civelle transparente; Elver: Civelle pigmentée; Yellow eel: Anguille jaune; Silver eel: Anguille argentée; Spawning: Période de fraie; (Salt water) Oceanic: (Eau salée) Océanique; (Freshwater) Continental: (Eau douce) Continental]

Figure 2. Cycle de vie de l'anguille d'Europe (créé par Rob Slapkauskas).

À noter qu'il existe une espèce hybride de l'anguille d'Europe et de l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*), que l'on trouve presque exclusivement en Islande (Albert *et al.*, 2006).

2. Données biologiques

Les anguilles anguillidés (famille des Anguillidae) font partie de l'ordre des Anguilliformes, qui inclut également, entre autres, le congre et la murène (Obermiller et Pfeiler 2003). Il existe 16 espèces d'anguilles anguillidés et l'analyse moléculaire indique que le parent le plus proche de l'anguille d'Europe est l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) (Teng *et al.*, 2009), ce qui n'est pas surprenant étant donné la proximité de leurs zones de fraie (voir ci-dessous). L'analyse ADN

constitue le meilleur outil pour différencier l'anguille d'Europe des autres espèces, mais l'*A. rostrata* a toutefois moins de vertèbre que l'*A. anguilla* (102-112, généralement 106-108, vs. 111-119, généralement 114-116).

Comme indiqué ci-dessus, il existe un certain nombre de périodes dans la vie d'une anguille qui ont leur propre terminologie, et à chaque terminologie correspond une certaine morphologie (Figure 2). Après l'éclosion des œufs, la phase de leptocéphale marine larvaire est en forme de feuille et très différente de la forme allongée associée aux anguillidés. En effet, jusqu'en 1896, on pensait que les leptocéphales étaient une espèce différente (*Leptocephalus brevirostris*) (Grassi, 1896). Pendant la migration, les leptocéphales grandissent et s'allongent pour devenir des civelles transparentes à leur arrivée sur le plateau continental. Lorsque les civelles transparentes grandissent et se pigmentent (que ce soit en eau douce ou en eau salée), elles deviennent des civelles pigmentées, puis des anguilles jaunes ; ces deux formes sont similaires sur le plan morphologique et se distinguent principalement par la taille, avec une nuance bicolore d'un dos jaune / brun / vert et d'un abdomen plus clair. La phase finale est l'anguille argentée migratrice, qui se caractérise par un dos plus foncé, des nuances argentées et de grands yeux. La « forme d'anguille » associée à la phase de la civelle transparente et aux suivantes est caractérisée par des yeux et une mâchoire très développés, la mâchoire inférieure étant généralement plus longue, une fine nageoire dorsale unique, éloignée de la tête, une longue nageoire anale juste derrière l'anus, une nageoire caudale qui converge avec les nageoires dorsale et anale, des nageoires pectorales bien développées, aucune nageoire pelvienne, des ouvertures de branchies sous forme de petites fentes verticales à la base des nageoires pectorales et un tégument lisse (Silvfergrip, 2009).

L'anguille d'Europe mène une vie que l'on pourrait décrire comme « catadrome avec options ». La véritable catadromie peut être décrite comme le fait de grandir et de se nourrir en eau douce, et de se reproduire en mer. Toutefois, la phase de croissance de l'anguille d'Europe est souvent décrite comme étant « continentale », car elle vit dans les eaux côtières, douces et saumâtres. Ainsi, « l'eau douce » ne serait pas essentielle à la perpétuation de l'espèce, d'où le terme de catadromie optionnelle. La reproduction et la fraie de l'anguille d'Europe se font en environnement marin et l'on considère cet élément comme essentiel à l'achèvement du cycle de vie. Alors que l'on comprend un peu le cycle de vie continental de l'anguille, il existe relativement peu d'informations sur sa phase marine.

Il n'existe toujours pas de données exactes sur les zones de fraie. Néanmoins, à partir des travaux de Johannes Schmidt au début du XX^{ème} siècle (Schmidt, 1922), il en a été déduit que la fraie s'effectue dans une zone elliptique d'environ 2.000 km de large dans la mer des Sargasses, dans l'Atlantique Centre-Ouest (situé à environ 26°N 60°W). À noter que l'on pense que l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) fraie dans une zone sympatrique de la mer des Sargasses (McCleave et al., 1987). Les études des leptocéphales *A. anguilla* indiquent que la fraie atteint son apogée début mars, se poursuit jusqu'en juillet (McCleave, 1993) et qu'elles mesurent moins de 10 mm après l'éclosion (McCleave et al., 1987). On suppose que les poissons adultes ayant frayé meurent après coup.

Les leptocéphales migrent vers leur habitat continental (voir partie 2.4) et se nourriraient de « neige marine » (matière organique particulière) pendant cette période (Otake et al., 1993). Lorsqu'elles atteignent la pente continentale, elles mesurent jusqu'à 100 mm et se sont métamorphosées en longues civelles transparentes. La plupart des arrivées continentales se produisent de la fin de l'automne jusqu'au début du printemps dans les eaux situées vers la côte ibérique et le Golfe de Gascogne. Elles doivent patienter auparavant dans les zones plus au nord jusqu'à ce que les températures augmentent au printemps. Les civelles transparentes, indifférenciées sexuellement, se déversent dans les fleuves, estuaires et eaux côtières soumises à l'influence des marées avant de se transformer en civelle pigmentées (Tesch, 1977), terme vague mais qui signifie généralement une anguille de 10-15 cm. Les anguilles grandissent et mûrissent sur une période plus ou moins longue, entre 5 et 50 ans, selon les conditions écologiques, la disponibilité de la nourriture, le sexe de l'animal, la provenance d'un habitat adéquat et l'accès futur à un habitat tout aussi adéquat. Au

cours de cette période de croissance, elles peuvent migrer au sein d'habitats d'eau douce ou d'eau salée ou entre ces derniers, se nourrir d'un vaste choix de proies, dont des poissons, des crustacés, des bivalves, des crevettes et des vers polychètes (analyse dans van Ginneken et Maes, 2005).

La détermination sexuelle dépend principalement de facteurs environnementaux, une forte densité produisant davantage de mâles (Davey et Jellyman, 2005). Les mâles grandissent plus vite que les femelles. Cependant, les femelles sont plus âgées et plus grosses que les mâles après la maturité sexuelle, les réserves de graisse permettant d'alimenter la migration vers les Sargasses et, dans le cas des femelles, de produire des œufs (Svedäng et Wickström, 1997). Les anguilles jaunes prêtes à migrer vers le sud subissent des changements morphologiques et physiologiques afin de se transformer en anguilles argentées (Tesch, 1977). L'âge auquel les anguilles argentées atteignent la maturité et entreprennent leur migration vers leur zone de fraie peut grandement varier selon la latitude et la température de l'environnement dans lequel elles ont grandi, les obstacles physiques qui bloquent les voies de migration, le taux de croissance et la différence entre les sexes. À partir des données disponibles, les estimations inférieures de la période de croissance continentale sont d'environ 3 à 8 ans pour les mâles et 4 à 5 ans pour les femelles, tandis que les estimations supérieures sont d'environ 12 à 15 ans pour les mâles et 18 à 20 ans pour les femelles (Acou et al., 2003 ; Froese et Pauly, 2005 ; Durif et al., 2009). Toutefois, il manque des données de certaines parties de l'aire de répartition et il n'existe aucun seuil de taille ou d'âge avant que la transformation en anguille argentée se produise : ce qui déclenche ce processus reste encore inconnu (Svedang et al., 1996). Une fois que les anguilles ont commencé à se métamorphoser en anguilles argentées, le début de la migration « en aval » des anguillidés serait déclenché par la phase lunaire et les conditions atmosphériques (Todd, 1981). Ensuite, les anguilles argentées commencent leur migration vers les Sargasses, ce qui peut prendre jusqu'à 6 mois suivant l'emplacement du fleuve d'où ils partent (Kettle et al., 2011). Les anguilles ne se nourriraient pas pendant la migration océanique et leur tube digestif se dégraderait (Pankhurst and Sorensen, 1984) ; ce n'est qu'au cours de la migration que la maturité sexuelle est atteinte, mais notre compréhension de ce processus est très limitée. Ces dernières années, les chercheurs sont parvenus à attacher des émetteurs satellite à de grandes anguilles argentées femelles, ce qui a permis d'obtenir de nouvelles informations sur la migration de l'anguille d'Europe vers sa zone de fraie (Aarestrup et al., 2009). Les anguilles ont nagé vers les courants des Canaries et des Açores, effectuant une migration journalière verticale (Castonguay et McCleave, 1987 ; voir partie 2.4). Il a été suggéré que les anguilles qui fraient dans la mer des Sargasses (c'est-à-dire les anguilles d'Amérique et d'Europe) localisent leur zone de fraie en se servant de la convergence des courants dans la région (Kleckner et McCleave 1988 ; Miller et McCleave 1994), parfois nommée Zone de convergence nord-atlantique subtropicale. Par ailleurs, on a découvert que les anguilles avaient un sens magnétique (Durif et al., 2013), qui joue peut-être un rôle dans la migration. Une fois que les anguilles matures atteignent la mer des Sargasses, elles fraient et le cycle de la vie continue : les œufs fertilisés éclosent pour produire les leptocéphales.

2.1 Distribution

Du fait de la nature inhabituelle du cycle de vie de cette espèce, la distribution se réfère principalement à la phase de croissance continentale (anguille jaune), qui s'effectue dans les cours d'eau, estuaires et eaux côtières d'eau douce des États de l'aire de répartition (Moriarty et Dekker 1997 ; CIEM, 2009). Il est important de souligner qu'une partie de la vie de l'*Anguilla Anguilla*, à la fois la migration adulte vers la zone de fraie et la migration larvaire qui s'ensuit, se passe en pleine mer, à la fois dans les Zones économiques exclusives (ZEE) des États de l'aire de répartition et en haute mer (voir partie 5), bien que ces déplacements soient peu compris. Les *A. anguilla* fraieraient dans la mer des Sargasses, en Atlantique du Centre-Ouest, entre la fin de l'hiver et le début du printemps, avant que les œufs n'éclosent et que les larves des leptocéphales ne migrent, le long des courants océaniques, de nouveau à travers l'Atlantique afin de commencer la phase continentale de leur vie (Schmidt, 1922 ; Aarestrup et al., 2009).

Le nom commun de l'*A. Anguilla* (anguille d'Europe), fait référence à la majorité de la distribution de l'espèce. Néanmoins, certaines vivent également hors de l'Europe, dans des régions adjacentes. Son aire de répartition est décrite comme allant du cap Nord de la Norvège jusqu'aux côtes de la Méditerranée, en passant par toutes les côtes européennes sur le chemin, sans oublier la côte de l'Afrique du Nord, ainsi que l'Islande (Figure 3) (Schmidt, 1922 ; Dekker, 2003). On la trouve occasionnellement dans la mer Blanche ou la mer de Barents et elle a déjà été aperçue à l'est de la Petchora, dans le nord-est de la Russie. L'espèce est présente en faibles quantités dans la mer Noire, d'où elle migre à l'est vers le bassin hydrographique de Kouban (quelques animaux atteignent le bassin hydrographique de la Volga grâce aux canaux), vers le nord de la Scandinavie et en Europe de l'Est. Il est possible que, par le passé, son aire de répartition ait été plus vaste.

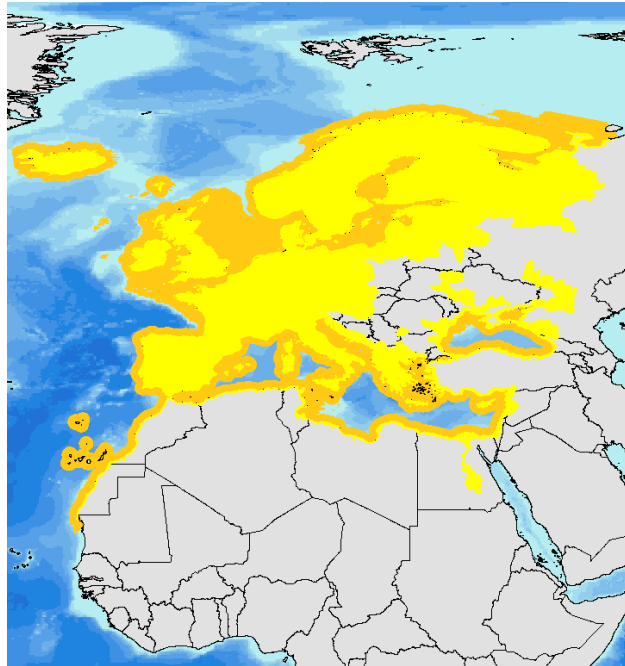


Figure 3. Distribution continentale de l'anguille d'Europe: jaune = eau douce; orange = eaux des estuaires/eau salée.

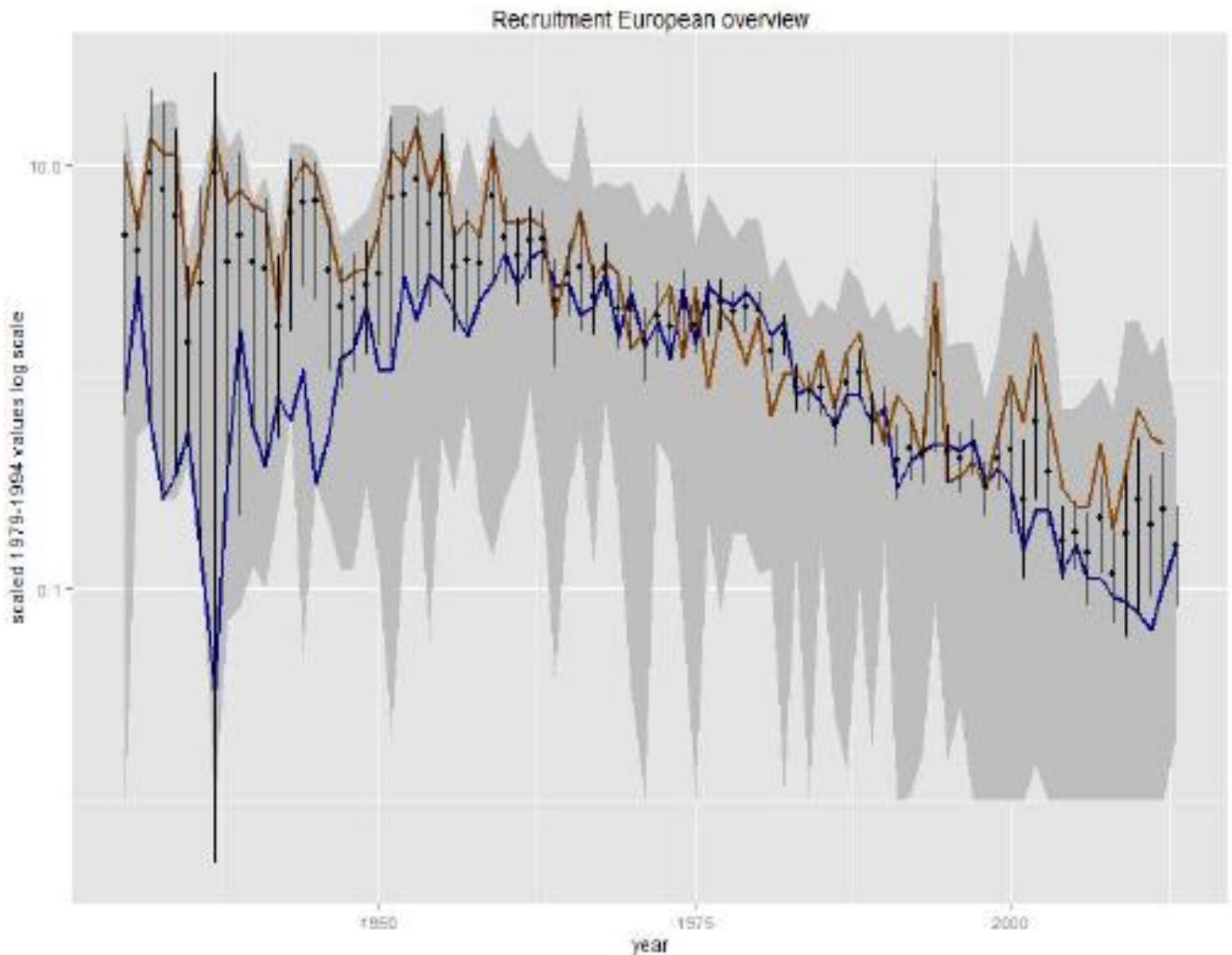
L'anguille d'Europe est considérée comme « introduite » en Asie de l'Est, où elle a été exportée pour approvisionner les élevages d'anguilles (Ringuelet et al., 2002) (presque exclusivement des civelles transparentes) jusqu'en 2010, où l'interdiction du commerce des espèces en-dehors de l'UE est décrétée. Elle aurait été aperçue dans des cours d'eau d'Asie (des animaux s'étant échappés ou ayant été relâchés d'élevages). Toutefois, du fait du lieu de reproduction spécifique et de la migration associée des anguilles argentées de cette espèce, elles n'auraient pas réussi à peupler la région avec les générations suivantes.

2.2 Population

Un certain nombre d'indicateurs sont généralement utilisés lorsqu'il s'agit d'estimer l'abondance de cette espèce. Le terme « population », lorsque l'on parle de l'espèce des anguillidés, est habituellement associé à la population d'anguilles jaunes continentales. Le terme « recrutement » fait référence aux jeunes anguilles ou civelle transparentes sur le retour, qui vont ensuite réapprovisionner la population, et le terme « échappement » se rapporte aux anguilles argentées qui quittent l'habitat continental afin d'entreprendre la migration vers leur zone de fraie dans la mer des Sargasses. Ce dernier élément est finalement l'indicateur le plus proche dont nous disposons pour mesurer la réserve réelle de poissons en train de frayer. Toutefois, le pourcentage d' « évadés » qui achèvent la migration et frayent réellement est inconnu : en effet, on ne connaît pratiquement rien de la dynamique de la phase océanique de l'*A. anguilla* (CIEM, 2013a).

L'évaluation des changements dans la population internationale de l'anguille d'Europe est limitée à cause du manque de données et de la mauvaise compréhension de la relation entre le recrutement, les populations continentales et l'échappement. Il existe un décalage entre le moment du recrutement des civelles transparentes et l'échappement des anguilles argentées qui s'ensuit, c'est-à-dire la période définie comme « population ». Cependant, à partir du peu de données dont nous disposons, il semble y avoir des différences dans la gravité des déclinés observés à chaque phase de vie au cours des 30 dernières années. Cela indiquerait que la relation entre ces indicateurs n'est pas linéaire. Par ailleurs, étant donné que les *A. anguilla* sont panmictiques, l'échappement d'une région ne signifie pas forcément que les larves reviendront au même endroit. En outre, il existe beaucoup plus de données sur les *A. anguilla* d'Europe du Nord, centrale et du Sud que sur celles d'Afrique du Nord. Cela peut constituer un problème, puisqu'il a été suggéré que les mâles migrent principalement d'Afrique du Nord (Kettle et al., 2010), bien que cela n'ait pas encore été prouvé.

L'indicateur de population le plus étudié est sans doute le recrutement (à la fois des civelles transparentes et des jeunes anguilles jaunes / civelle pigmentées) et le groupe de travail conjoint sur les anguilles (WGEEL) entre la Commission Européenne Consultative pour les Pêches et l'Aquaculture dans les Eaux Intérieures (CECPAI) et le Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) analyse les données sur le recrutement en Europe continentale depuis de nombreuses années. Depuis le début des années 1980, on a observé un déclin régulier à l'échelle du continent d'environ 90 % dans le recrutement des civelles transparentes (Figure 3), jusqu'à même 99 % dans certains bassins hydrographiques (Gollock et al., 2011). En 2009, l'indice de recrutement du WGEEL a chuté à son plus bas niveau historique, moins d'1 % pour la mer du Nord et 5 % dans le reste de l'aire de distribution (CIEM, 2013a). Des termes forts ont été utilisés suite à ces conclusions, comme par exemple que le recrutement était « en-dehors de ses limites biologiques saines » et qu'en conséquence, des efforts devaient être faits pour « réduire au maximum tout impact anthropique » (CIEM, 2006). Néanmoins, au cours des trois dernières années, l'indice de recrutement s'est relevé à 1,5 % par rapport au niveau de référence de 1960–1979 dans la mer du Nord et à 10 % dans le reste de l'aire de distribution, même si ces deux indices sont loin d'être « sains » (CIEM, 2013a). Cela pourrait être dû à la fermeture des élevages d'anguilles argentées en Europe en 2009, bien que cette hausse corresponde à la variation naturelle des chiffres enregistrés par le passé (CIEM, 2012). Bien que les données issues de la pêche indiquent une augmentation du recrutement, l'impact du déclin global continuera à affecter la population d'adultes pendant au moins une génération (CIEM, 2012). Il existe beaucoup moins d'informations sur la population d'Afrique du Nord. L'évaluation d'une Liste rouge locale suggère que l'*A. anguilla* est « En danger d'extinction » à cause d'un déclin du recrutement d'environ 50 % au cours des 10 dernières années, les prises de pêche annuelles diminuant entre 10 et 25 % depuis les années 1980, et encore davantage rien qu'en Tunisie (Azeroual, 2010).



[FIGURE: Title: Aperçu du recrutement en Europe; left side: Graphique linéaire des valeurs de 1979 à 1994; below: année]

Figure 3. Série chronologique du recrutement des civelles transparentes et des anguilles jaunes dans les fleuves européens avec les données d'il y a 35 ans (45 fleuves), mis à jour en 2013. Chaque série est définie par rapport à la moyenne de 1979–1994. À noter l'échelle logarithmique sur l'axe y. Les valeurs moyennes des séries combinées des anguilles jaunes et des civelles transparentes et leur intervalle de confiance initial (95 %) sont représentés par des points et des barres noirs. La ligne marron représente la valeur moyenne pour la série des anguilles jaunes et la ligne bleue représente celle pour la série des civelles transparentes. L'amplitude de la série est indiquée par une ombre grise (tiré du CIEM 2013).

Bien que la relation entre le recrutement et les populations continentales ne soit pas claire, les deux éléments ont diminué au cours de la même période, bien que moins drastiquement pour le deuxième élément (CIEM, 2013a). Pour certains ensembles de données, les changements au niveau du recrutement ne se reflètent pas dans la population (CIEM, 2013a) : il est possible que ce déclin moins prononcé soit dû en partie à la mortalité due à la densité (Svedäng, 1999). Toutefois, il faut prendre en compte le fait que l'amplitude d'âge des anguilles jaunes est grande et qu'il peut très bien y avoir un décalage dans les répercussions sur la population. Ainsi, l'augmentation du recrutement, tel que décrit ci-dessus, ne devrait pas entraîner immédiatement une augmentation du nombre d'anguilles jaunes ; en effet, il est possible que cette phase de vie continue à décliner.

Le déclin des anguilles argentées n'était pas aussi prononcé que celui des populations ou du recrutement des anguilles jaunes ; selon le CIEM (2013a), les données de cinq rivières « montrent des

réductions d'environ 50 % des années 1970 à 2000 ». De nouveau, cette disparité peut être due à la mortalité du fait de la densité au cours de précédentes phases de vie, mais on ne peut exclure le fait que le déclin de l'échappement des anguilles argentées se poursuive, malgré l'augmentation du nombre de civelles transparentes et/ou d'anguilles jaunes, à cause du temps de génération plutôt long.

2.3. Habitat

En phase de leptocéphale, l'anguille d'Europe vit à la fois dans les zones épipelagiques et mésopélagiques, jusqu'à 300 m (Castonguay et McCleave, 1987). Pendant sa phase continentale, l'*Anguilla anguilla* peut vivre dans de nombreux habitats différents, que ce soit des petits cours d'eau, des grands fleuves ou lacs, ou encore des estuaires, des lagons ou des eaux côtières. Dans des conditions naturelles, elle vit uniquement dans des cours d'eau reliés à la mer ; en élevage, on les stocke ailleurs. Sa distribution indique qu'elle peut s'adapter à une grande gamme de températures, des frontières de la région subtropicale à celles du cercle arctique. Par ailleurs, elle peut parfaitement survivre dans des environnements pauvres en oxygène et dans des eaux de mauvaise qualité de manière générale. Tout comme les leptocéphales, une fois qu'elles se transforment en anguilles argentées adultes, elles habitent provisoirement dans les zones épipelagiques et mésopélagiques, mais à de plus grandes profondeurs pouvant aller jusqu'à 1000 m (Aarestrup et al., 2009).

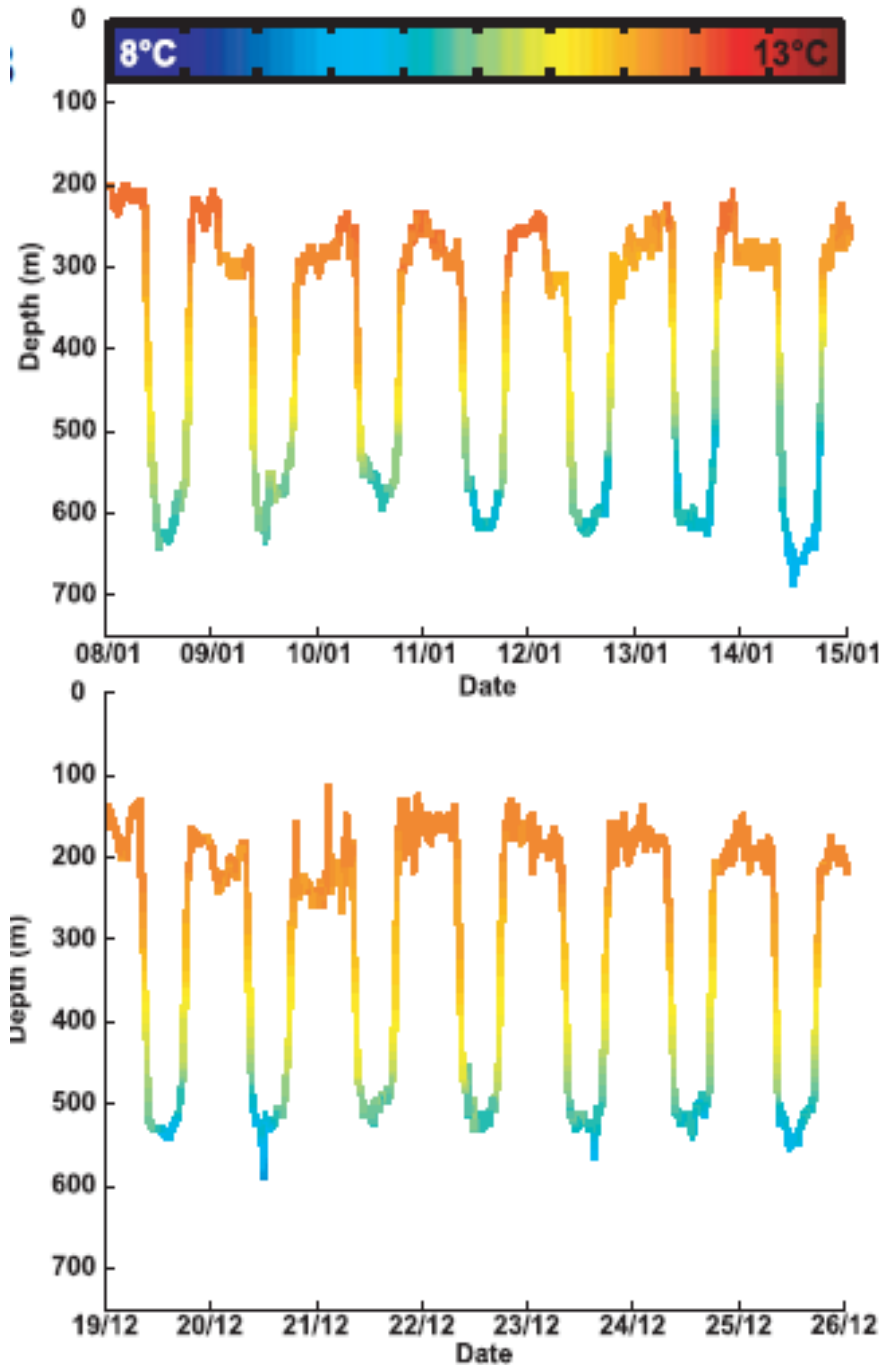
2.4. Migrations

Du fait du cycle de vie catadrome des anguillidés, l'anguille d'Europe manifeste plusieurs comportements migrateurs, à la fois durant ses phases océaniques et continentales. On pense que les *Anguilla* spp. ont un ancêtre marin ; en effet, toutes les autres espèces de l'ordre des Anguilliformes sont des espèces marines (Inoue et al., 2010) et on suppose que les habitudes de reproduction marine de l'espèce *Anguilla* sont une caractéristique héritée de cet ancêtre (Arai et Chino, 2012). Les migrations effectuées au cours du cycle de vie de l'anguille d'Europe sont les plus longues et les plus complexes sur le plan océanographique de toutes les espèces d'anguillidés (Tsukamoto et al., 2002).

La migration océanique des leptocéphales vers le plateau continental a été évaluée entre moins d'une année à plus de trois ans, mais on estime qu'elle prend en moyenne deux ans (Bonhommeau et al., 2010 ; Zenimoto et al., 2011). Cependant, au-delà du fait d'identifier le Gulf Stream et la Dérive Nord Atlantique comme faisant partie du processus, les mécanismes par lesquels les leptocéphales atteignent les côtes européennes et nord-africaines ne sont toujours pas bien compris. Les jeunes leptocéphales (<5 mm) d'*A. rostrata* et d'*A. anguilla* capturées dans la mer des Sargasses vivaient entre 50 et 300 m jour et nuit. Toutefois, à cette profondeur, une migration verticale journalière semblait se développer (Castonguay et McCleave, 1987). Les leptocéphales mesurant entre 5.0 et 19.9 mm vivaient principalement entre 100 et 150 m en journée et entre 50 et 100 m dans la pénombre, celles mesurant plus de 20 mm vivaient plus profond, entre 125 et 275 m en journée et entre 30 et 70 m la nuit (Castonguay et McLeave, 1987). Des comportements similaires ont été observés chez les leptocéphales du Japon (Otake et al., 1998). La durée de cette migration journalière n'a pas encore été déterminée.

On pense que les populations d'anguille d'Europe sont composées d'un mélange de résidents d'eau douce, de résidents d'eau salée et de migrants inter-habitats (Daverat et al., 2006 ; CIEM, 2009 ; Tabouret et al., 2010). On a récemment commencé à étudier plus en détail les migrants inter-habitats grâce à l'analyse de la microchimie des otolithes et ce comportement n'est pas uniquement observé chez l'anguille d'Europe (Arai et Chino, 2012). Néanmoins, les subtilités des déplacements entre les eaux douce et salée étaient toujours très peu comprises au moment de la rédaction. Les anguilles effectueraient des migrations plus courtes au sein de leur habitat choisi et cela a été observé dans les fleuves (Moriarty, 1986).

Une fois que les anguilles jaunes se sont métamorphosées en anguilles argentées et qu'elles ont commencé leur migration océanique vers la mer des Sargasses, elles effectuent des migrations verticales journalières. Cela se traduit par le fait que les poissons vivent dans des eaux plus profondes et plus fraîches pendant la journée, et des eaux moins profondes et plus chaudes pendant la nuit (Aarestrup et al., 2009 ; Figure 4). Les raisons de cette migration sont inconnues pour le moment. Toutefois, un certain nombre d'hypothèses ont été avancées, dont la thermorégulation, la tentative d'échapper aux prédateurs et peut-être un moyen de stimuler le processus continu de maturation. Bien que les migrations océaniques de cette espèce ne soient pas bien comprises, elles sont fondamentales à la survie de l'espèce.



[FIGURE: Depth (m): Profondeur (m); Date: Date]

Figure 4. Données relatives à la profondeur et à la température de deux anguilles d'Europe munies d'un émetteur satellite et effectuant des migrations verticales journalières (tiré de Aarestrup et al., 2009).

3. Menaces

Les causes du déclin du recrutement, de la population et de l'échappement ne sont toujours pas entièrement claires (Dekker, 2007) et, bien qu'il existe de nombreuses hypothèses, l'importance de toute menace ou la synergie entre plusieurs menaces ne sont pas encore bien comprises. Un grand nombre de facteurs ont été avancés pour expliquer ces déclins qui peuvent affecter chaque phase de vie : le transport océanique des leptocéphales, les civelles pigmentées et les civelles transparentes migrant en amont, les anguilles jaunes d'eau douce, et enfin les anguilles argentées migrant en aval (CIEM, 2008) : tous ces facteurs seront expliqués ci-dessous. Cependant, il existe énormément d'informations et de nombreuses contradictions dans les documents évalués par les pairs et la littérature grise, et les avis des experts sur ces menaces, ainsi que la petite analyse ci-dessous, sont loin d'être exhaustifs.

3.1 Persécutions directes

Comme pour de nombreuses autres espèces, l'exploitation a sans aucun doute constitué un facteur dans le déclin de l'anguille d'Europe. Dans toute son aire de distribution, elle est actuellement exploitée à toutes les phases de sa vie continentale, bien que les données des différentes régions varient en qualité et en longévité. Toutefois, la pêche n'est en aucun cas la raison principale du déclin, comme cela est souvent le cas pour les espèces de poissons exploitées commercialement. En effet, dans le même rapport où il était écrit « que les réserves étaient en-dehors des limites biologiques saines et que les niveaux de pêche actuels ne pouvaient être maintenus », il était également mentionné que « Toutefois, les restrictions sur la pêche seules seront insuffisantes et il faudra également prendre des mesures de gestion pour d'autres impacts anthropiques affectant la qualité, la quantité et l'accessibilité des habitats » (CIEM, 2006).

La pêche à l'anguille d'Europe à diverses phases de sa vie, de l'état de civelle transparente à celui d'anguille argentée, se poursuit dans plusieurs États de l'aire de répartition, bien que des mesures de gestion, telles que des interdictions et des quotas, aient été imposés au niveau national. La pêche d'anguilles argentées est de loin la plus lucrative sur le plan économique, car ces dernières sont utilisées pour les stocks de semences des élevages et parfois pour des programmes de repeuplement. Les courants qui portent les leptocéphales, plus précisément la dérive Nord Atlantique, font que la plupart des civelles transparentes arrivent dans le Golfe de Gascogne. Cela se reflète dans les lieux de pêche, la France arrivant en première, suivie de l'Espagne et du Royaume-Uni. Les données les plus récentes sur les civelles transparentes, datant de 2013, indiquent que la France a pêché 30,5 t (il est important de souligner que c'est le quota et non limité par le quota d'effort) ; l'Espagne en a pêché 8,7 t et le Royaume-Uni 8,6 t (CIEM, 2013a). Le nombre de poissons pêchés par l'Espagne et le Royaume-Uni a augmenté par rapport à 2012.

Les activités liées à la pêche sont limitées depuis la mise en place de la réglementation relative aux anguilles en 2007, certains États membres ayant cessé la pêche, et les exportations de tous produits dérivés de l'anguille en-dehors de l'Union européenne (principalement vers l'Asie du Sud-Est, où la demande est la plus forte) étant interdite depuis 2010 (voir partie 4.2). Cette décision a eu des conséquences sur d'autres espèces d'anguillidés (en particulier l'anguille d'Amérique et certaines espèces vivant dans les Philippines), qui ont été fortement exploitées pour répondre à la demande continue (Crook et Nakamura, 2013). Par ailleurs, les omissions d'enregistrement, le braconnage et le commerce illégal seraient toujours en vigueur dans toute l'aire de répartition de l'anguille d'Europe. Ces activités mettent en danger l'espèce et rendent l'évaluation de l'impact de cette pêche, ainsi que la problématique associée de la gestion, difficiles.

Concernant les menaces de prédateurs, les quelques données disponibles jusque récemment indiquaient que les populations continentales d'anguilles étaient principalement victimes de la

prédation des grands cormorans et que leur impact variait selon les régions (Carpentier et al., 2009 ; DEFRA, 2010). Néanmoins, deux études nous apprennent que les anguilles adultes subissent également les assauts des prédateurs pendant leur migration (voir partie 3.4).

3.2 Destruction des habitats

L'une des principales menaces à l'encontre des populations d'anguilles d'Europe, comme pour de nombreuses espèces d'anguillidés, sont les barrières de protection contre les crues, la gestion du niveau des eaux et le captage des eaux de surface et des eaux souterraines pour l'utilisation domestique et commerciale (par ex. pour l'agriculture). Les barrières peuvent obstruer les migrations en amont et en aval et les turbines hydrauliques, ainsi que leurs grilles et leurs systèmes de gestion, peuvent tuer ou causer des graves blessures chez les anguilles argentées (voir partie 3.4). Ces barrières entraînent une diminution des habitats d'eau douce disponibles, soit à cause de l'obstruction physique directe, soit à cause de la modification de l'hydrologie de la région, telle que le déclin des zones mouillées.

Les facteurs tels que la modification des habitats, le captage de l'eau et/ou l'extraction de graviers sont problématiques dans toute l'aire de répartition de l'espèce, mais tout particulièrement en Afrique du Nord, tout comme les effets des sécheresses sur les habitats disponibles des anguilles (Azeroual, 2010).

3.3 Menaces indirectes

La diminution des habitats d'eau douce, liée aux barrières infranchissables, peut avoir des répercussions, telles que l'augmentation de la concurrence, la prédation et la mortalité due à la densité. La diminution consécutive des ressources et de la nourriture pourrait affaiblir les anguilles argentées qui s'échappent, ce qui affecterait la réussite de la migration et/ou la fraie, car cette espèce se repose sur ses réserves de graisse pour se reproduire, tout particulièrement les femelles. Boëtius et Boëtius (1980) suggéraient que les anguilles argentées s'échappant avaient besoin de plus de 20 % de réserves lipidiques pour achever leur migration océanique. Cependant, des études plus récentes indiquent que les anguilles peuvent s'échapper avec des réserves lipidiques « insuffisantes » (Svedäng et Wickström, 1997). Cela signifierait que la métamorphose en anguille argentée et l'échappement peuvent survenir quelque soit la réserve lipidique. Des expériences en laboratoire utilisant des tunnels de nage ont évalué si ou non les anguilles pouvaient achever la migration vers la mer des sargasses (van Ginneken et van den Thillart, 2000 ; van Ginneken et al. 2005). Toutefois, ces expériences étaient limitées car elles n'étaient pas menées sous pression pour simuler la profondeur de la migration, utilisaient des anguilles jaunes au lieu d'anguilles argentées et/ou extrapolaient à partir de petits trajets. Fait intéressant, l'affaiblissement lié à une modification des sources de nourriture et des températures océaniques, deux facteurs liés au déclin de l'anguille argentée, a également été mentionné comme facteur de déclin du saumon de l'Atlantique (Todd et al. 2008).

Le parasite nématode (*Anguillicola crassus*) est présent dans la vessie natatoire des anguilles anguillidés. Il a été prouvé qu'il vivait dans l'anguille du Japon, l'*Anguilla japonica*, en Asie du Sud-Est, sans causer d'effets pathologiques graves. Néanmoins, lorsque l'*A. japonica* a été importée en Europe à des fins d'élevage dans les années 1980, le nématode s'est frayé un chemin dans les cours d'eau naturels et a infecté les populations sauvages d'anguilles d'Europe (De Charleroy et al., 1990). Le parasite s'est répandu à une vitesse alarmante et est maintenant présent dans toute l'aire de répartition de l'anguille d'Europe qui, en tant qu'hôte naïf, fait preuve d'une forte prévalence en termes d'infection (c'est-à-dire le pourcentage de population infectée) et développe plus de vers par poisson que l'*A. japonica*, (Moravec, 1992 ; Baruš et al., 1999 ; Evans et al., 2001), ainsi que des effets physiologiques négatifs dus à sa présence (Gollock et al., 2005).

Du fait de la piètre compréhension de la migration océanique de l'anguille d'Europe, il est extrêmement difficile d'évaluer les effets du parasite sur ce comportement, que ce soit à l'état sauvage ou en laboratoire. Toutefois, certaines études indiquent que sa présence pourrait avoir des effets négatifs sur la migration. Fazio et al., (2012) a prouvé que la présence du parasite perturbait la métamorphose en anguille argentée ; selon Palstra et al., (2007), il diminuerait les capacités des anguilles infectées à nager ; et Würtz et Taraschewski (2000) ont indiqué que la migration de la larve du parasite dans la vessie natatoire pouvait entraîner des dommages et une fibrose de l'organe. Comme nous savons à présent que la migration implique une migration verticale journalière (Aarestrup et al., 2009), les dommages et la perte potentielle des fonctions de la vessie natatoire, qui peut jouer un rôle important dans ces déplacements, tout comme la nature hématophage du parasite, pourraient compliquer la migration. Cela dépendrait fortement du nombre de vers et de la taille et de la condition physique du poisson, mais il est difficile d'imaginer qu'un fardeau aussi lourd n'ait pas au moins quelques effets sur les migrations horizontales et verticales.

De nombreux documents attestent du fait que la diffusion de produits chimiques xénobiotiques dans le royaume aquatique a des effets extrêmement néfastes à la fois sur les espèces vertébrées et invertébrées. Les anguilles anguillidés sont particulièrement vulnérables aux effets des toxines lipophiles car elles doivent accumuler des réserves de lipides pour alimenter la migration vers leur zone de fraie et pour la gonadogenèse, particulièrement les femelles. En effet, elles accumulent parfois certaines toxines à des niveaux problématiques pour la santé humaine lorsqu'elles sont consommées et certaines sociétés de pêche doivent par conséquent fermer (Geeraerts et Belpaire, 2010 ; CIEM, 2013a). Concernant la migration des anguilles, l'exposition à ces produits chimiques et leur stockage et leur diffusion lorsque leurs réserves de graisse se décomposent au cours de la migration auraient de nombreuses répercussions sur les anguilles, que ce soit en eau douce ou pendant la migration océanique et la fraie. Ces effets perturbateurs peuvent affecter l'osmorégulation, les réactions au stress, la métamorphose en anguille argentée, l'accumulation, la mobilisation et l'utilisation des lipides, le développement sexuel, la gonadogenèse et le développement des embryons et des larves (Robinet et Feunteun, 2002 ; Palstra et al., 2006 ; Geeraerts et Belpaire, 2010). Tous ces effets peuvent potentiellement avoir des conséquences significatives sur la capacité des anguilles à migrer ou à frayer.

3.4 Menaces touchant particulièrement les migrations

Le changement climatique aurait une influence sur le transport des larves et le recrutement des civelles transparentes à cause de son impact sur l'océanographie de la mer des Sargasses et sur les courants océaniques qui transportent le recrutement des anguilles près des côtes et des environnements d'eau douce. Cependant, il existe beaucoup de preuves contradictoires dans les documents publiés. Par exemple, l'Oscillation de l'Atlantique nord (NAO) porterait le recrutement des anguilles d'Europe et d'Amérique, mais d'autres documents argumentent contre cette hypothèse. Durif et al., (2011) a avancé qu'il y avait une corrélation négative entre les périodes de forte NAO et le recrutement, car les larves sont transportées dans des eaux plus froides et ralentissent considérablement le processus de métamorphose. Par ailleurs, la modification du climat océanique pourrait être responsable de fluctuations dans la productivité, et par conséquent dans la disponibilité de la nourriture pour les leptocéphales (Miller et al., 2009). Toutefois, Pacariz et al., (2014) a démontré, à l'aide de modèles prédictifs, que la réussite globale de la migration des larves de la zone de fraie vers l'Atlantique Est n'était pas affectée par les changements climatiques entre 1958 et 2008, suggérant que les tendances en matière de recrutement étaient dues à d'autres facteurs que les modifications des courants, une théorie également soutenue par Henderson et al., (2012).

D'autres effets surviennent lors de la phase océanique du cycle de vie de l'anguille, comme l'augmentation de la température de surface de la mer des Sargasses à cause du changement climatique à partir de 1979, qui serait liée au déclin de la productivité primaire et par conséquent,

du recrutement dans les fleuves européens (Bonhommeau et al., 2008a,b). Ce déclin serait dû à la diminution de la nourriture disponible, qui serait à son tour peut-être affectée par les modifications du mélange vertical dans la région (Friedland et al., 2007 ; Bonhommeau et al., 2008b). Les changements de température dans la région pourraient également déplacer la zone de fraie de l'espèce vers le nord, ce qui, à son tour, affecterait le transport des leptocéphales par les courants océaniques (Miller et al., 2009).

Jusqu'à récemment, on savait peu de choses sur la prédation des anguilles lors de leur phase océanique. Cependant, les recherches indiquent à présent que la prédation par les cétacés survient pendant la migration (Wahlberg et al., 2014) et que les anguilles d'Amérique adultes subissent la prédation des requins océaniques (Béguer-Pon et al., 2012). On suppose également que les leptocéphales sont victimes de prédation au cours de leur migration océanique.

En eau douce, l'impact des barrages, des stations hydrauliques et du captage des eaux peuvent avoir des effets significatifs sur les migrations en amont et en aval des anguilles (Piper et al., 2013). Il existe 24.350 centrales hydrauliques en Europe et ce chiffre va bientôt augmenter (van der Meer, 2012). En effet, rien qu'au Pays-Bas, il y a 4.671 stations de pompage d'eau qui obstruent la migration en aval des anguilles argentées adultes vers leur zone de fraie et la migration en amont des civelles transparentes. De par leur taille et le fait que leur migration soit en amont, des barrières peuvent fortement gêner la migration des civelles transparentes et des civelles pigmentées qui arrivent en eau douce. En outre, elles peuvent également affecter les anguilles jaunes, car il a été établi qu'elles effectuent des migrations en eau douce une fois installées (Moriarty, 1986). Il existe des solutions de passage en amont pour les poissons, qui peuvent être installées a posteriori sur les barrières (principalement pour les civelles transparentes et les civelles pigmentées), bien que, selon la taille de la barrière, le coût puisse être prohibitif.

Un autre sujet d'inquiétude est le fait que, du fait de la morphologie allongée de l'espèce (en particulier les femelles plus grandes), les anguilles argentées qui s'échappent sont plus susceptibles d'être tuées ou gravement blessées lors de leur passage à travers les turbines hydrauliques (Figure 5). Les dommages et/ou la mortalité peuvent survenir comme résultat direct du contact avec la turbine, mais également du fait d'être immobilisé contre les écrans de protection ou les grilles, des changements rapides de pression hydrostatique et/ou de salinité et de la désorientation suite au passage à travers les turbines, ce qui augmente le risque de prédation (CIEM, 2002 ; 2007). Plusieurs études ont été menées afin d'évaluer la gravité de cette menace et les résultats indiquent qu'il existe une grande différence dans le pourcentage de mortalité des anguilles selon le régime d'écoulement et le type de turbine utilisé, variant ainsi de 0 à 100 % (CIEM, 2002 ; Winter et al., 2006 ; Jansen et al., 2007 ; Calles et al., 2010 ; Pedersen et al. 2012 ; Piper et al., 2013 ; Buysse et al., 2014). Ces résultats indiquent qu'il existe des options plus respectueuses des anguilles et, qu'avec de meilleures grilles et de meilleurs dispositifs de contournement, la mortalité pourrait être ramenée à un taux très bas. Toutefois, tout ceci ne prend pas en compte les blessures graves causées par les grilles, les turbines et le changement de pression, à savoir endommagement de la peau et/ou des nageoires, « yeux globuleux », hémorragie interne, rupture de la vessie natatoire et/ou d'organes internes, blessures par écrasement et fracture de la colonne vertébrale (CIEM, 2002 ; 2007). Certains de ces effets, voir la totalité, pourraient certainement avoir un impact significatif sur la capacité des anguilles argentées à achever leur migration vers la zone de fraie. Par ailleurs, certains fleuves possèdent plusieurs unités hydrauliques à la suite. Par conséquent, les dommages et la mortalité cumulés doivent être pris en compte dans la gestion de cette menace. Par exemple, le groupe de travail sur les anguilles CIEM/CECPAI a émis l'hypothèse que, « si 20 % constitue le taux de mortalité moyen, le taux de mortalité total des anguilles argentées migrant en aval après le passage à travers cinq centrales hydrauliques à la suite atteint environ 70 % ». Ainsi, la mortalité due à l'énergie hydraulique est un sujet qui a été inclus dans un certain nombre de Plans de gestion de l'anguille (PGA) (voir partie 4.2).



Figure 5. Mortalité des anguilles d'Europe traversant des turbines hydrauliques (©Groupe de Développement Durable de l'Anguille)

3.5 Exploitation nationale et internationale

Toutes les phases de vie de l'*Anguilla anguilla*, à l'exception des leptocéphales (c'est-à-dire de la civelle transparente à l'anguille argentée), sont exploitées dans un certain nombre d'États de l'aire de répartition de l'anguille d'Europe afin d'être commercialisées pour la consommation, pour les fermes d'élevage ou pour repeupler les fleuves/estuaires. Avant 2011, la demande en anguilles d'Europe venait principalement des pays d'Asie de l'Est, en particulier du Japon et de la Chine continentale. L'élevage d'anguilles anguillidés compte pour 90 % de la production totale de cette espèce à l'échelle mondiale et atteindrait une moyenne de 280.000 tonnes par an depuis 2007 (OAA, 2013). Contrairement à l'élevage d'autres espèces en captivité, la reproduction de l'anguille d'Europe en captivité n'a jamais été possible (cela a fonctionné pour l'anguille du Japon, sans toutefois être viable commercialement pour le moment) et dépend donc de la capture de jeunes anguilles ou de civelle transparentes pour approvisionner les stocks de semences. Par le passé, les élevages d'anguilles en Asie de l'Est utilisaient des espèces locales. Néanmoins, vers la fin des années 1990, le déclin des stocks d'anguilles du Japon a forcé de nombreux éleveurs à se tourner vers l'anguille d'Europe pour leurs élevages (Ringuet et al., 2002). En 2010, l'interdiction d'exporter hors de l'UE a été décrétée à cause des inquiétudes sur le déclin du recrutement et des stocks d'anguilles d'Europe, ce qui a mis fin à tout commerce légal vers l'Asie de l'Est.

Du fait que les données des douanes ne soient pas spécifiques à une espèce, c'est-à-dire qu'il est seulement mention de l'*Anguilla*, ce qui peut inclure les anguilles fraîches, surgelées et fumées/prêtes à être consommées, les quantités exactes d'anguilles d'Europe qui sont commercialisées ne sont pas vraiment connues. Les importations des douanes d'Asie de l'Est de jeune anguilles *Anguilla* vivantes (définies comme « anguillons vivants ») des États de l'aire de répartition de l'anguille d'Europe vers la Chine continentale, Taïwan, la Corée, le Japon et Hong Kong variaient d'environ 9 à 70 tonnes de 2003 à 2010. En 2011 et 2012, les importations étaient de 7 et 5 tonnes respectivement. Cette diminution est due à l'interdiction de l'UE en vigueur depuis fin 2010 (V. Crook, *in litt.*).

Depuis l'inscription de l'anguille d'Europe à l'Annexe II de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) en 2009 (voir partie 4.2), des données commerciales spécifiques à l'espèce ont été collectées. Entre 2009 et 2011, l'exportation de 360 tonnes d'anguilles vivantes (dont 20 tonnes de jeunes anguilles pour les élevages) a été signalée par un certain nombre d'États de l'aire de répartition de l'anguille d'Europe. Pendant ces trois années, près de 30.000 tonnes de viande et de corps d'*A. anguilla* auraient également été exportées (principalement des élevages de Chine continentale), en plus d'environ 11.000 produits en cuir et d'environ 13.000 peaux (principalement du Mexique, mais en provenance de Corée) (PNUE-WCMC, 2013). Depuis décembre 2010, le commerce illégal de

l'anguille d'Europe pose problème : les autorités ont saisi plusieurs cargaisons de civelle transparentes destinées aux élevages d'Asie de l'Est (Traffic, 2012).

Dans le cadre du PGA national de plusieurs États de l'UE (voir partie 4.2), le repeuplement des cours d'eau avec des civelles transparentes, des civelles pigmentées ou de petites anguilles jaunes afin d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées constitue une activité essentielle. En effet, le Règlement 1100/2007 de l'UE exige que tout élevage de civelles transparentes/civelles pigmentées (de plus de 12 cm de long) garde une partie de ses captures pour le repeuplement¹. Il est prouvé que les anguilles réintroduites dans la nature survivent et s'échappent en anguilles argentées, et les chercheurs tentent de déterminer si les individus réintroduits peuvent migrer avec succès vers la mer des Sargasses pour frayer. Une étude récente a montré que des anguilles munies d'émetteurs et réintroduites dans un bassin hydrographique migraient de la même manière que les populations sauvages de Suède (Westerberg et al., 2014). Cependant, il existe toujours une grande incertitude sur l'efficacité de cette pratique. De récentes études (CIEM, 2010 ; Pawson, 2012) sur la contribution du repeuplement au rétablissement de l'anguille d'Europe établit sans aucune ambiguïté qu'il manque encore de nombreuses informations concernant la croissance et la condition physique, la proportion des sexes, le comportement et la migration des anguilles réintroduites avant de pouvoir tirer des conclusions définitives (CIEM, 2013a).

4. Situation et besoins de protection

Pour le moment, l'anguille d'Europe est répertoriée comme étant « En danger critique d'extinction » sur la Liste rouge de l'UICN, ce qui indique que l'état de la population est très médiocre. Pour faire partie de cette catégorie, l'évaluation doit prouver qu'il y a eu un déclin de la population d'adultes matures supérieur à 80 % sur une période de trois générations. Cela est particulièrement difficile à déterminer pour une espèce dont le cycle de vie est aussi complexe que celui de l'anguille d'Europe, qui présente également des variations géographiques et sexuellement dimorphes au cours de sa vie. Toutefois, la gravité de l'inscription est conforme aux termes utilisés par les récents rapports du WGEEL du CIEM, qui suggère que les réserves sont « hors de leurs limites biologiques saines » (CIEM, 2006). En plus de l'inscription sur la liste internationale de l'UICN, l'*Anguilla anguilla* a été incluse dans un certain nombre d'évaluations de Listes rouges régionales et nationales en Europe au cours des 10 dernières années. L'anguille d'Europe a été évaluée comme étant En danger critique d'extinction dans toute l'Europe (Freyhof et Brooks, 2011), ainsi qu'en Suède (Gårdenfors, 2005), au Danemark (NERI, 2009), en France (UICN, 2010), en Norvège (Kålås et al. 2010) et en Irlande (King et al., 2011) et dans des évaluations régionales dans la zone de la mer Baltique (HELCOM, 2013) et dans le nord de la Belgique (Verreycken et al., 2013). En effet, l'anguille d'Europe présentait la tendance démographique la plus négative de tous les poissons d'eau douce (- 75 %) dans le rapport belge (Verreycken et al., 2013). L'évaluation d'une Liste rouge régionale en Afrique du Nord a classé l'*A. anguilla* comme En danger d'extinction, indiquant un déclin des adultes matures de 50 à 80 % en l'espace de trois générations (Azeroual, 2010).

4.1 Protection nationale

Des PGA nationaux ont été élaborés suite à la législation de l'UE ; ceux-ci sont présentés ci-dessous dans la partie 4.2. Les recherches indiqueraient que le développement de cette législation a remplacé les législations nationales existantes (OSPAR, 2010). Néanmoins, cela n'est pas toujours le cas : en Lettonie, le système de régulation de la pêche et d'enregistrement des captures a été adapté à partir de la législation correspondante de l'ancienne URSS (CIEM, 2013a). Dans certains

¹ L'année où les PGA ont été lancés (2010), 35 % des stocks devaient être destinés au repeuplement au sein de l'UE et ce nombre devait augmenter jusqu'à au moins 60 % jusqu'au 31 juillet 2013.

cas, une législation révisée a été mise en vigueur en appui du PGA. En 2009, le Royaume-Uni a élaboré une législation nationale, un texte réglementaire, intitulé « Régulations en matière d'anguilles (Angleterre et Pays de Galles) 2009 ». Ce texte est entré en vigueur le 15 janvier 2010 et concerne un certain nombre d'activités liées aux anguilles, dont l'enregistrement des captures et du commerce, le repeuplement, les permis de pêcher pour l'anguille, les barrières et les passages dans ces derniers, et le captage de l'eau et les grilles liées à ce sujet. Par ailleurs, l'anguille d'Europe est l'une des 32 espèces qu'il est important de protéger lors du choix des Zones de conservation marine (MCZ), dans le cadre de la Loi du Royaume-Uni sur l'Accès aux zones maritimes et côtières. Trois des 27 MCZ incluses dans le premier groupe pour la sélection (estuaires de Blackwater, Crouch, Roach et Colne ; l'ouest de Beachy Head ; et Pagham Harbour) incluaient l'anguille d'Europe en tant qu'espèce focale, parmi des habitats focaux et d'autres espèces. À ce jour, la gestion associée des MCZ doit encore être déclarée.

4.2 Protection internationale

En 2008 et 2009, des PGA ont été développés et mis en place dans les États membres de l'UE conformément au Règlement européen 1100/2007 afin « d'offrir une protection, de promouvoir le rétablissement de l'échappement de l'anguille argentée et d'améliorer la gestion durable de cette espèce ». L'objectif de chaque PGA est de « réduire la mortalité anthropique afin d'assurer avec une grande probabilité un taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées correspondant à la meilleure estimation possible du taux d'échappement qui aurait été observé si le stock n'avait subi aucune influence anthropique ». Les États membres doivent mettre en place des mesures afin d'atteindre leurs objectifs et ces mesures peuvent inclure, sans y être limitées, la réduction de la pêche commerciale et de la pêche de loisir, le repeuplement, l'amélioration des habitats et la mise en place de dispositifs rendant les fleuves franchissables, le transport d'anguilles argentées vers la mer en « capture et transport », la réduction de la prédation et la modification des programmes des centrales hydrauliques afin de réduire le taux de mortalité. En 2013, un atelier s'est tenu afin d'évaluer les progrès réalisés dans le cadre des objectifs des PGA : Atelier d'évaluation des progrès dans le cadre des Plans de gestion de l'anguille (WKEPEMP). L'évaluation indiquait qu'une grande partie des actions de gestion dans l'aire de répartition de l'espèce concernait la pêche commerciale et de loisir, les autres actions étant relatives aux obstacles (dont les centrales hydrauliques / les stations de pompage), la disponibilité des habitats, le repeuplement et le contrôle des prédateurs (CIEM, 2013b). Il a été établi qu'actuellement, plus de 50 % des 81 rapports de progrès des PGA à travers l'Europe ne remplissaient pas leur objectif de taux d'échappement vers la mer d'au moins 40 % de la biomasse d'anguilles argentées, conformément à la Réglementation européenne 1100/2007, ce qui signifiait qu'il fallait redoubler d'efforts (CIEM, 2013b).

En plus de la législation mentionnée ci-dessus, l'espèce a été inscrite à l'Annexe II de la CITES en 2007 suite aux inquiétudes concernant l'impact du commerce international sur les réserves d'anguille d'Europe et ce, dans une tentative de s'assurer que tout commerce de cette espèce soit durable. L'inscription à l'Annexe II de la CITES n'interdit pas le commerce. Toutefois, il doit être prouvé que « l'exportation ne nuit pas à la survie de l'espèce », ce qui est appelé un Avis de commerce non préjudiciable. L'inscription est entrée en vigueur en mars 2009. À partir de ce moment-là, toutes les Parties de la Convention ont été obligées de délivrer des permis pour l'exportation de cette espèce. Cependant, en décembre 2010, l'Union européenne a interdit toute importation ou exportation d'anguille d'Europe vivante et préparée de et vers l'UE, car il n'était pas prouvé que ce commerce ne nuise pas à l'espèce (Crook, 2011). Mais cette espèce peut toujours être commercialisée en-dehors de l'UE, à partir de pays de l'aire de répartition n'appartenant pas à l'UE, comme par exemple les pays d'Afrique du Nord.

Enfin, concernant les mesures internationales, l'*A. anguilla* a été ajoutée en 2008 à la Liste de l'OSPAR des espèces menacées et/ou en déclin dans l'Atlantique Nord-Est (OSPAR 2010).

4.3 Besoins supplémentaires en matière de protection

L'évaluation internationale du stock d'anguilles issue du rapport 2013 du WGEEL du CIEM confirme « l'état critique des réserves ; l'augmentation prometteuse du recrutement observé au cours des deux dernières années doit être ramenée dans une perspective historique ; néanmoins, aucune prévision ne peut être émise et aucune évaluation des mesures de protection des réserves mises en place ne peut être menée ». Il faut absolument améliorer la qualité et la cohérence de la collecte des données afin d'améliorer « l'évaluation des réserves (aux niveaux local, national et international), l'identification et la quantification des impacts (naturels et anthropiques) et le développement et la mise en place de mesures de gestion efficaces aux niveaux local et international » (CIEM, 2013a). Les PGA nationaux constituent une excellente première étape en vue de protéger les réserves d'anguilles. Toutefois, il existe de grandes différences entre les États de l'aire de répartition sur la manière dont les plans ont été élaborés et dont les indicateurs sont évalués. Pour une espèce avec une aire de répartition aussi vaste, cela inclut souvent des cours d'eau transfrontaliers, ce qui s'est avéré problématique. Par ailleurs, certains États de l'aire de répartition, principalement hors Europe, n'ont mis en place aucune gestion des anguilles.

Voici ci-dessous une liste des domaines de recherche et de gestion qui ont été mis en avant dans le rapport, et les références associées qui doivent être améliorées afin de garantir une meilleure protection et gestion de l'espèce. Cette liste n'est en aucun cas exhaustive.

- Application de la loi dans les sociétés de pêche et gestion de ces dernières
- Restauration, amélioration et protection des habitats d'eau douce, y compris la qualité de l'eau
- Protection transfrontalière
- Programmes de suivi, en particulier en Afrique du Nord et en Méditerranée
- Évaluation des réserves
- Protection des zones clés, comme la mer des Sargasses
- Allègement des barrières, telles que les barrages et les centrales hydrauliques, afin d'améliorer les passages en eau douce en amont et en aval, y compris des programmes de capture et de transport
- Évaluation des menaces aux niveaux local, national et international
- Gestion du captage de l'eau, par exemple en mettant des grilles au niveau de la prise d'eau et en réduisant l'activité de la turbine hydraulique pendant la période d'échappement de l'anguille argentée
- Compréhension des bénéfices et des limites des programmes de repeuplement

Concernant la proposition d'inscription à la CMS, cela serait particulièrement utile par rapport à plusieurs de ces besoins. Comme déclaré dans la partie 4.2, plus de 50 % des 81 PGA ne remplissent par l'objectif d'échappement d'anguilles argentées, conformément à la Réglementation européenne 1100/2007, ce qui signifie que les efforts actuels en matière d'atténuation et de gestion doivent encore être améliorés. Malgré cela, plusieurs États de l'aire de répartition de l'anguille d'Europe n'ont pas encore développé de plan de gestion de l'espèce et l'inscription à l'Annexe II pourrait faciliter et encourager cela. Les populations d'Afrique du Nord sont peu comprises par rapport à celles d'autres États de l'aire de répartition et le développement de programmes de suivi et de gestion alignés sur ceux des autres États améliorerait ces connaissances.

Plus fondamentalement, du fait du cycle de vie de l'espèce, il faut absolument mettre en place des collaborations transfrontalières relatives aux habitats marins et à ceux d'eau douce ; il y a

aujourd'hui peu de coordination et cela serait extrêmement bénéfique pour l'espèce. Comme mentionné dans la partie 3.4, les barrières à la migration peuvent réduire les habitats disponibles pour les anguilles et, dans le cas des centrales hydrauliques, réduire le taux d'échappement à cause de la mortalité et des blessures graves. Le développement de collaborations relatives aux cours d'eau transfrontaliers serait tout à fait bénéfique à la gestion des migrations en aval et en amont.

5. États de l'aire de répartition

Pays	Partie de la CMS
Albanie	Oui
Algérie	Oui
Autriche	Oui
Biélorussie	Oui
Belgique	Oui
Bosnie Herzégovine	Non
Bulgarie	Oui
Croatie	Oui
Chypre	Oui
République Tchèque	Oui
Danemark	Oui
Égypte	Oui
Estonie	Oui
Finlande	Oui
France	Oui
Géorgie	Oui
Allemagne	Oui
Grèce	Oui
Islande	Non
Irlande	Oui
Israël	Oui
Italie	Oui
Lettonie	Oui
Liban	No
Libye	Oui
Lituanie	Oui
Luxembourg	Oui
Macédoine, ancienne République Yougoslave de	Oui
Malte	Oui
Mauritanie	Oui
Moldavie	Oui
Monaco	Oui
Monténégro	Oui
Maroc	Oui

Pays	Partie de la CMS
Pays-Bas	Oui
Norvège	Oui
Pologne	Oui
Portugal	Oui
Roumanie	Oui
Fédération de Russie	Non
Serbie	Oui
Slovaquie	Oui
Slovénie	Oui
Espagne	Oui
Suède	Oui
Suisse	Oui
République Arabe de Syrie	Oui
Tunisie	Oui
Turquie	Non
Ukraine	Oui
Royaume-Uni (dont Gibraltar, Guernesey, Île de Man et Jersey)	Oui

Zones de l'OAA

- 27. Atlantique – Nord-Est
- 31. Atlantique – Centre-Ouest
- 34. Atlantique – Centre-Est
- 37. Méditerranée et mer Noire

6. Commentaires des États de l'aire de répartition

À déterminer

7. Remerciements

Les auteurs souhaiteraient remercier Howard Roe, David Freestone et Kate Morrison pour avoir permis de rédiger ce document et pour le financement qui a facilité le processus. Nous saluons la contribution des documents non publiés de Vicki Crook, Anders Silvfegrip et Alan Walker, qui ont été utilisés comme source pour certaines parties de ce document. Zeb Hogan et Richard Skelton ont fourni des conseils précieux pour la rédaction de ce texte.

8. Références

- Aarestrup, K., Økland, F., Hansen, M.M., Righton, D., Gargan, P., Castonguay, M., Bernatchez, L., Howey, P., Sparholt, H., Pedersen, M.I., and McKinley, R.S. (2009) Oceanic spawning migration of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Science* **325**: 1660.
- Acou, A., Laffaille, P. and Legault, A. (2008) Migration pattern of silver eel (*Anguilla anguilla*, L.) in an obstructed river system. *Ecology of Freshwater Fish* **17**: 432-442.

- Albert, V. Jónsson, B. and Bernatchez, L. (2006) Natural hybrids in Atlantic eels (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*): evidence for successful reproduction and fluctuating abundance in space and time. *Molecular Ecology* **15**: 1903–1916.
- Arai, T. and Chino, N. (2012) Diverse migration strategy between freshwater and seawater habitats in the freshwater eel genus *Anguilla*. *Journal of Fish Biology* **81**: 442–455.
- Azeroual, A. (2010) *Anguilla anguilla* In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1.
- Baruš, B., Moravec, F. and Prokeš, M. (1999) Anguillicolosis of the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Czech Republic. *Czech Journal of Animal Science* **44**: 423–431.
- Béguer-Pon, M., Benchetrit, J., Castonguay, M., Campana, S.E., Stokesbury, M. J.W. and Dodson, J. J. (2012) Shark predation on migrating adult American eels (*Anguilla rostrata*) in the Gulf of St. Lawrence. *PLoS One* **7(10)** DOI: 10.1371
- Bonhommeau, S., Chassot E. and Rivot E. (2008a). Fluctuations in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fisheries Oceanography* **17**: 32–44.
- Bonhommeau, S., Chassot, E., Planque, B., Rivot, E., Knap, A.H. and Le Pape, O. (2008b) Impact of climate on eel populations of the Northern Hemisphere. *Marine Ecology Progress Series* **373**: 71–80.
- Bonhommeau, S., Castonguay, M., Rivot, E., Sabatie, R. and Le Pape, O. (2010) The duration of migration of Atlantic *Anguilla* larvae. *Fish and Fisheries* **11**: 289–306.
- Buysse, D., Mouton, A. M., Stevens, M., Van den Neucker, T. and Coeck, J. (2014) Mortality of European eel after downstream migration through two types of pumping stations. *Fisheries Management and Ecology*, **21**: 13–21.
- Calles, O., Olsson, I.C., Comoglio, C., Kemp, P. S., Blunden, L., Schmitz, M. and Greenberg, L. A. (2010). APPLIED ISSUES: Size-dependent mortality of migratory silver eels at a hydropower plant, and implications for escapement to the sea. *Freshwater Biology* **55**: 2167–2180.
- Carpentier, A., Marion, L., Paillisson, J.-M., Acou, A. and Feunteun, E. (2009) Effects of commercial fishing and predation by cormorants on the *Anguilla anguilla* stock of a shallow eutrophic lake. *Journal of Fish Biology* **74**: 2132–2138.
- Castonguay, M. and McCleave, J. D. (1987) Vertical distributions, diel and ontogenetic vertical migrations and net avoidance of leptocephali of *Anguilla* and other common species in the Sargasso Sea. *Journal of Plankton Research* **9**: 195–214.
- Crook, V. (2011) Trade in European Eels: Recent Developments under CITES and the EU Wildlife Trade Regulations. *TRAFFIC Bulletin* **23(2)**: 71–74.
- Crook, V. and Nakamura, M. (2013) Glass eels: Assessing supply chain and market impacts of a CITES listing on *anguilla* species. *TRAFFIC Bulletin* **25(1)**: 24–30.
- Daverat, F., Limberg, K. E., Thibault, I., Shiao, J. C., Dodson, J. J., Caron, F., Tzeng, W. N., Iizuka, Y. and Wickström, H. (2006) Phenotypic plasticity of habitat use by three temperate eel species, *Anguilla anguilla*, *A. japonica* and *A. rostrata*. *Marine Ecology Progress Series* **308**, 231–241.
- Davey, A.J.H., and Jellyman, D.J. (2005) Sex determination in freshwater eels and management options for manipulation of sex. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **15**: 37–52.
- De Charleroy, D., Grisez, L., Thomas, K., Belpaire, C. and Ollevier, F. (1990) The life cycle of *Anguillicola crassus*. *Diseases of Aquatic Organisms* **8**: 77–84.
- DEFRA (2010) Eel Management plans for the United Kingdom - Thames River Basin District.
- Dekker, W. (2003) Did lack of spawners cause the collapse of the European Eel, *Anguilla anguilla*? *Fisheries Management and Ecology* **10**: 365–376.
- Dekker, W. (2007) Coming to grips with the eel stock slip-sliding away. In: M. G. Schechter, W. W. Taylor, & N. J. Leonard, (ed.), *International governance of fisheries ecosystems: learning from the past, finding solutions for the future*. Bethesda, MD.
- Durif, C. M. F., van Ginneken, V., Dufour, S., Müller, T. and Elie, P. (2009) Seasonal evolution and individual differences in silvering eels from different locations. In: G. Van den Thillart, S. Dufour, and J.C. Rankin, (eds.), *Spawning migration of the European eel: Reproduction index, a useful tool for conservation management* pp. 13–38: Springer Netherlands.
- Durif, C.M.F, Gjøvsæter, J. and Vøllestad, L.A. (2011) Influence of oceanic factors on *Anguilla anguilla* (L.) over the twentieth century in coastal habitats of the Skagerrak, southern Norway. *Proceeding of the Royal Society B* **278**: 464–473.
- Durif, C.M.F., Browman, H.I., Skiftesvik, A.B., Vøllestad, L.A., Stockhausen, H.H. and Phillips J.B. (2013) Magnetic compass orientation in the European eel. *PLoS ONE* **8(3)**: e59212.
- Evans, D.W., Matthews, M.A. and McClintock, C.A. (2001) The spread of the eel swimbladder nematode *Anguillicola crassus* through the Erne system, Ireland. *Journal of Fish Biology* **59** 1416–1420.

- FAO (2013) Capture and Aquaculture Production (1950-2011) and Fisheries Commodities Production and Trade (1976-2009) datasets. FISHSTAT.
- Fazio, G., Sasal, P., Mouahid, G., Lecomte-Finiger, R. and Moné, H. (2012) Swimbladder nematodes (*Anguillicoloides crassus*) disturb silvering in European eels (*Anguilla anguilla*). *Journal of Parasitology* **98**: 695-705.
- Freyhof, J. and Brooks, E. (2011) European Red List of Freshwater Fishes. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Friedland, K.D., Miller, M. J. and Knights, B. (2007) Oceanic changes in the Sargasso Sea and declines in recruitment of the European eel. *CIEM Journal of Marine Science* **64**:519–530.
- Froese, R. and Pauly, D. (eds.) (2005) *FishBase* version (11/2005) World Wide Web electronic publication.
- Gärdenfors, U. (ed.) (2005) The 2005 Red List of Swedish Species.
- Geeraerts, C. and Belpaire, C. (2010) The effects of contaminants in European eel: a review. *Ecotoxicology* **19**: 239–266
- Gollock, M.J., Kennedy C.R. and Brown, J.A. (2005) European eels, *Anguilla anguilla* (L.), infected with *Anguillicola crassus* exhibit a more pronounced stress response to severe hypoxia than uninfected eels. *Journal of Fish Diseases* **28**: 429–436.
- Gollock, M., Curnick, D. and Debney, A. (2011) Recent recruitment trends of juvenile eels in tributaries of the River Thames. *Hydrobiologia* **672**:33–37.
- Grassi, B. (1896) The reproduction and metamorphosis of the common eel (*Anguilla vulgaris*). *Proceedings of the Royal Society* **60**: 260-271.
- HELCOM (2013) HELCOM Red List of Baltic Sea species in danger of becoming extinct. *Baltic Sea Environmental Proceedings* **140**.
- Henderson, P.A., Plenty, S.J., Newton, L.C. and Bird, D.J. (2012) Evidence for a population collapse of European eel (*Anguilla anguilla*) in the Bristol Channel. *Journal for the Marine Biological Association of the UK* **92**: 843-851.
- CIEM (2002) Report of the 2002 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2006) Report of the 2006 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2007) Report of the 2007 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2008) Report of the 2008 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2009) Report of the Study Group on Anguillid Eels in Saline Waters (SGAESAW).
- CIEM (2010) Report of the 2010 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2012) Report of the 2012 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2013a) Report of the 2013 session of the Joint EIFAC/CIEM Working Group on Eels.
- CIEM (2013b) Report of the Workshop on Evaluation Progress Eel Management Plans (WKEPEMP).
- Inoue, J. G., Miya, M., Miller, M. J., Sado, T., Hanel, R., Hatooka, K., Aoyama, J., Minegishi, M., Nishida, M. and Tsukamoto, K. (2010) Deep-ocean origin of the freshwater eels. *Biology Letters* **6**: 363–366.
- Jansen, H. M., Winter, H. V., Bruijs, M. C. M. and Polman, H. J. G. (2007) Just go with the flow? Route selection and mortality during downstream migration of silver eels in relation to river discharge. *CIEM Journal of Marine Science* **64**: 1437–1443.
- Kålås, J.A., Viken, Å., Henriksen, S. and Skjelsest, S. (eds.). (2010) The 2010 Norwegian Red List for Species. Norwegian Biodiversity Information Centre, Norway.
- King, J.L., Marnell, F., Kingston, N., Rosell, R., Boylan, P., Caffrey, J.M., FitzPatrick, Ú., Gargan, P.G., Kelly, F.L., O’Grady, M.F., Poole, R., Roche, W.K. and Cassidy, D. (2011) Ireland Red List No. 5: Amphibians, Reptiles & Freshwater Fish. National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage and the Gaeltacht, Dublin, Ireland
- Kleckner, R.C. and McCleave, J.D. (1988) The northern limit of spawning by Atlantic eels (*Anguilla* spp.) in the Sargasso Sea in relation to thermal fronts and surface water masses. *Journal Marine Research* **46**: 647–667.
- Kettle, A.J., Vøllestad, L.A. and Wibig, J. (2011) Where once the eel and the elephant were together: decline of the European eel because of changing hydrology in southwest Europe and northwest Africa? *Fish and Fisheries* **12**: 380–411.
- McCleave, J.D. (1993) Physical and behavioral controls on the oceanic distribution and migration of leptocephali. *Journal of Fish Biology* **43**: 243-273.
- McCleave, J. D., Kleckner, R. C. and Castonguay M. (1987) Reproductive sympatry of American and European eels and implications for migration and taxonomy. *American Fisheries Society Symposium* **1**: 286–297.
- Miller, M.J. and McCleave J.D. (1994) Species assemblages of leptocephali in the subtropical convergence zone of the Sargasso Sea. *Journal of Marine Research* **52**: 743–772.

- Miller, M. J., Kimura, S., Friedland, K. D., Knights, B., Kim, H., Jellyman, D. J. and Tsukamoto, K. (2009) Review of ocean-atmospheric factors in the Atlantic and Pacific oceans influencing spawning and recruitment of anguillid eels. Pages 231–249 *In*: Haro, A. J., Smith, K. L., Rulifson, R. A., Moffitt, C. M., Klauda, R. J., Dadswell, M. J., Cunjak, R. A., Cooper, J. E., Beal, K. L. and Avery, T. S. editors. Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment. American Fisheries Society Symposium **69**, Bethesda Maryland.
- Moravec, F. (1992) Spreading of the nematode *Anguillicola crassus* (Dracunculioidea) among the eel populations in Europe. *Folia Parasitologica* **39**: 247-248.
- Moriarty, C. (1986) Riverine migration of young eels *Anguilla anguilla* (L.). *Fisheries Research* **4**: 43-58.
- Moriarty, C. and Dekker, W. (1997) Management of the European eel. *Irish Fisheries Bulletin* **15**: 1-110.
- NERI (2009) Atlas over danske ferskvandsfisk, (http://www2.dmu.dk/1_Om_DMU/2_Tvaer-funk/3_fdc_bio/projekter/redlist/data_en.asp?ID=8495&gruppeID=12)
- Obermiller, L.E. and Pfeiler, E. (2003) Phylogenetic relationships of elopomorph fishes inferred from mitochondrial ribosomal DNA sequences. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **26**: 202–214
- OSPAR (2010) Background Document for European eel *Anguilla anguilla*. OSPAR Commission.
- Otake, T., Nogami, K. and Maruyama K. (1993) Dissolved and particulate organic matter as possible food sources for eel leptocephali. *Marine Ecology Progress Series* **92**: 27–34.
- Otake, T., Inagaki, T., Hasumoto, H., Mochioka, N. and Tsukamoto, K. (1998) Diel vertical distribution of *Anguilla japonica* leptocephali. *Ichthyology Research* **45**: 208–211.
- Pacariz, S., Westerberg, H. and Björk, G. (2014) Climate change and passive transport of European eel larvae. *Ecology of Freshwater Fish* **23**: 86–94
- Palstra, A. P., van Ginneken, V. J. T., Murk, A. J. and van den Thillart, G. (2006) Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (*Anguilla anguilla*) drama? *Naturwissenschaften* **93**: 145-148.
- Palstra, A. P., Heppener, D. F. M., van Ginneken, V. J. T., Szekely, C. and van den Thillart, G. E. E. J. M. (2007) Swimming performance of silver eels is severely impaired by the swim-bladder parasite *Anguillicola crassus*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* **352**: 244-256.
- Pankhurst, N.W. and Sorensen, P.W. (1984) Degeneration of the alimentary tract in sexually maturing European *Anguilla anguilla* (L.) and American eels *Anguilla rostrata* (LeSueur). *Canadian Journal of Zoology* **62**: 1143-1149.
- Pawson, M. (2012) Does translocation and restocking confer any benefit to the European eel population? Sustainable Eel Group - SEG.
- Pedersen, M. I., Jepsen, N., Aarestrup, K., Koed, A., Pedersen, S. and Økland, F. (2012) Loss of European silver eel passing a hydropower station. *Journal of Applied Ichthyology* **28**: 189–193.
- Piper, A. T., Wright, R. M., Walker, A. M. and Kemp, P. S. (2013) Escapement, route choice, barrier passage and entrainment of seaward migrating European eel, *Anguilla anguilla*, within a highly regulated lowland river. *Ecological Engineering* **57**: 88-96.
- Robinet, T. and Feunteun, E. (2002) Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? *Ecotoxicology* **11**: 265-277.
- Ringuet, S., Muto, F. and Raymakers, C. (2002) Eels: Their harvest and trade in Europe and Asia. *TRAFFIC Bulletin* **19**: 1-26.
- Schmidt, J. (1922) The breeding places of the eel. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B* **211**: 179–208.
- Silvfergrip, A. (2009) CITES Identification Guide to the Freshwater eels (Anguillidae).
- Svedäng, H (1999) Vital population statistics of the exploited eel stock on the Swedish west coast. *Fisheries Research* **40**: 251-265.
- Svedäng, H. and Wickström, H. (1997) Low fat contents in female silver eels: indications of insufficient energetic stores for migration and gonadal development. *Journal of Fish Biology* **50**: 475-486.
- Svedäng, H., Neuman, E. and Wickström H. (1996) Maturation patterns in female European eel: age and size at the silver eel stage. *Journal of Fish Biology* **48**:342-351.
- Tabouret, H., Bareille, G., Claverie, F., Pécheyran, C., Prouzet, P. and Donard, O.F.X. (2010) Simultaneous use of strontium:calcium and barium:calcium ratios in otoliths as markers of habitat: Application to the European eel (*Anguilla anguilla*) in the Adour basin, South West France, *Marine Environmental Research* **70**: 35-45
- Teng, H-Y., Lin, Y-S., and Tzeng., C.S. (2009) A new *Anguilla* species and a re-analysis of the phylogeny of freshwater eels. *Zoological Studies* **48**: 808-822.
- Tesch, F.W. (1977) *The Eel—Biology and Management of anguillid eels*. Chapman and Hall: London.
- Todd, P.R. (1981) Timing and periodicity of migrating New Zealand freshwater eels (*Anguilla* spp.). *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* **15**: 225–235.

- Todd, C.D., Hughes, S.L., Marshall, C.T, Maclean, J.C., Longeran, M.E. and Biuw, E.M. (2008) Detrimental effects of recent ocean surface warming on growth condition of Atlantic salmon. *Global Change Biology* **14**: 958–970.
- Traffic (2012) Overview of important international seizures in the European Union. *Briefing prepared by TRAFFIC for the European Commission*.
- Tsukamoto, K., Aoyama, J. and Miller, M.J. (2002) Migration, speciation, and the evolution of diadromy in anguillid eels. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **59**: 1989-1998.
- UICN France, MNHN, SFI and ONEMA (2010) La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Poissons d'eau douce de France métropolitaine. Paris, France.
- UNEP - WCMC. (2013) UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species. Available at: <http://www.unep-wcmc-apps.org>.
- Van Der Meer, M. (2012) Eels Over the Dykes: Trap and Transport of Silver Eels in the Netherlands. DUPAN/SEG.
- van Ginneken, V.J.T. and van den Thillart, G.E.E.J.M. (2000) Eel fat stores are enough to reach the Sargasso. *Nature* **403**: 156–157.
- van Ginneken, V.J. T. and Maes, G.E. (2005) The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its Lifecycle, Evolution and Reproduction: A Literature Review. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **15**: 367-398.
- van Ginneken, V., Antonissen, E., Müller, U.K., Booms, R., Eding, E., Verreth, J. and van den Thillart, G. (2005) Eel migration to the Sargasso: remarkably high swimming efficiency and low energy costs. *Journal of Experimental Biology*. **208**: 1329-1335.
- Verreycken, H., Belpaire, C., Van Thuyne, G., Breine, J., Buysse, D., Coeck, J., Mouton, A., Stevens, M., Van den Neucker, T., De Bruyn, L. and Maes, D. (2013) IUCN Red List of freshwater fishes and lampreys in Flanders (north Belgium). *Fisheries Management and Ecology* **21**: 122–132.
- Wahlberg, M., Westerberg, H., Aarestrup, K., Feunteun, E., Gargan, P. and Righton, D. (2014) Evidence of marine mammal predation of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) on its marine migration. *Deep-Sea Research I: Oceanographic Research Papers* **86**: 32–38
- Westerberg, H., Sjöberg, N.B., Lagenfelt, I., Aarestrup, K., and Righton, D. (2014). Behaviour of stocked and naturally recruited European eels during migration. *Marine Ecology Progress Series* **496**: 145-157.
- Winter, H.V., Jansen, H.M. and Bruijs, M.C.M., (2006) Assessing the impact of hydropower and fisheries on downstream migrating silver eel, *Anguilla anguilla*, by telemetry in the River Meuse. *Ecology of Freshwater Fish* **15**: 221–228.
- Würtz, J. and Taraschewski, H. (2000) Histopathological changes in the swimbladder wall of the European eel *Anguilla anguilla* due to infections with *Anguillicola crassus*. *Diseases of Aquatic Organisms* **39**: 121-134.
- Zenimoto, K., Sasai, Y., Sasaki, H. and Kimura, S. (2011) Estimation of larval duration in *Anguilla* spp., based on cohort analysis, otolith microstructure, and Lagrangian simulations. *Marine Ecology Progress Series* **438**: 219-228.