

March 2011



**GENERAL FISHERIES COMMISSION FOR
THE MEDITERRANEAN**

**COMMISSION GÉNÉRALE DES PÊCHES
POUR LA MÉDITERRANÉE**



GENERAL FISHERIES COMMISSION FOR THE MEDITERRANEAN

Thirty-fifth Session

Rome, Italy, 9-14 May 2011

**STATUS OF EXPLOITATION AND MANAGEMENT OF
EUROPEAN EEL IN GFCM AREA***

(Draft)

***Available in French only**



**GENERAL FISHERIES COMMISSION
FOR THE MEDITERRANEAN
COMMISSION GÉNÉRALE DES PÊCHES
POUR LA MÉDITERRANÉE**



VERSION PRÉLIMINAIRE AVANT PUBLICATION

**ÉTAT DE L'EXPLOITATION DE L'ANGUILLE EUROPÉENNE
(*Anguilla anguilla*, Linné 1758)
ET ÉLÉMENTS POUR L'ÉLABORATION DE PLANS DE GESTION
DANS LA ZONE CGPM.**

Par

Henri Farrugio¹ et Pierre Elie²

¹ IFREMER BP 171 avenue Jean Monnet 34203 Sète cedex France

² CEMAGREF Unité Ecosystème estuariens et Poissons Migrateurs Amphihalins 50 av du General Leclerc Gazinet 33612 Cestas France

Résumé exécutif

L'anguille européenne est réputée pondre dans la Mer des Sargasses et ses larves traversent l'Océan Atlantique pour venir coloniser les eaux intérieures et les lagunes européennes et nord africaines. Au bout de plusieurs années les adultes accomplissent le trajet inverse pour se reproduire. Cependant ni individus prêts à pondre ni la ponte elle même n'ont jamais été observés. On pense que la reproduction se fait à plus de 2000m de profondeur et on estime que la population de cette espèce est panmictique, son aire de répartition va de la Mer de Barentz à la Mauritanie et comprend la Méditerranée et la Mer Noire; elle constitue donc une ressource partagée par tous les pays d'Europe du nord et de Méditerranée.

Toutefois des travaux récents en génétique remettent en cause la théorie panmictique et reconnaissent trois groupes distincts : les anguilles d'Europe du Nord, celles de l'Europe de l'Ouest et celles de la Méditerranée. Cependant, les derniers travaux dans ce domaine contredisent l'existence de ces différences.

On estime que la plupart des larves sont transportées à travers l'Atlantique vers l'ouest au sein de la branche principale du Gulf Stream, puis par la dérive nord-Atlantique. Le courant des Açores les orienterait vers la Méditerranée alors que la branche nord de la Dérive nord-Atlantique les diffuse vers la partie septentrionale de l'aire de distribution. La branche sud de la Dérive nord-Atlantique véhicule les larves vers la partie centrale de l'Europe.

En Méditerranée les civelles sont présentes le long des côtes de janvier à décembre, avec des pics d'abondance de décembre à avril. Les anguilles adultes « anguilles argentées » quittent les côtes européennes et nord africaines à l'automne et on pense maintenant que la maturation, donc la gamétogenèse, a lieu pendant la traversée de l'Océan Atlantique d'est en ouest en suivant les courants des Canaries et nord-équatorial pour rejoindre la mer des Sargasses et y pondre au cours du premier semestre de l'année suivante.

En Méditerranée les anguilles argentées sont essentiellement exploitées par la petite pêche artisanale pratiquée dans les eaux continentales (estuaires, lacs et rivières) et dans les lagunes côtières des pays riverains. Dans la plupart des pays méditerranéens, la pêche se pratique principalement à l'aide nasses de diverses natures : engins rigides ou engins fixes en filet souple comme divers types de verveux. Dans certains étangs ces passages sont équipé de bordigues, installations fixes qui permettent de gérer les entrées et sorties des poissons.

Dans la plupart des pays les statistiques de pêche à l'anguille sont incomplètes ou ne sont pas collectées régulièrement et les efforts de pêche correspondants sont souvent inexistant. Toutefois selon la base de données FISHSTAT de la FAO, la production annuelle mondiale de l'espèce accuse une très forte diminution des captures depuis les années 1980.

Pendant la première moitié du XXème siècle la production mondiale d'anguille européenne a dépassé à plusieurs reprises les 50000 tonnes, puis elle a chuté très rapidement à partir de 1960. Elle était comprise entre 10000 et 13000 tonnes pendant les années 1980 puis elle a diminué régulièrement jusqu'à atteindre 3200 tonnes en 2007. Des diminutions drastiques pouvant atteindre jusqu'à plus de 90% ont été observées dans les captures de civelles sur les côtes européennes.

En Méditerranée les productions d'anguilles, qui proviennent essentiellement des lagunes, représentent très certainement une activité économique importante mais il est très difficile de la quantifier encore actuellement avec précision. En principe la pêche à la civelle est interdite ou n'est pas pratiquée dans les pays riverains de la Méditerranée mais on constate dans certains d'entre eux l'existence de braconnage et la capture importante de juvéniles.

Les données FISHSTAT pour la zone CGPM montrent que la production méditerranéenne a suivi la tendance mondiale, diminuant de 4000 à 5000 tonnes par an durant les années 1980 jusqu'à

1000 tonnes en 2000 et 700 tonnes en 2007. Selon ces statistiques, si l'on excepte les données égyptiennes les cinq principaux pays producteurs sont dans l'ordre l'Italie (46% du total), la France (26%), la Turquie (13%), la Tunisie (9%) et l'Albanie (2.6%).

Cette situation traduit un déclin de la population d'anguille et est certainement dû à la conjonction de plusieurs facteurs ; les causes du déclin des populations d'anguilles peuvent être soit marines (modification des courants océaniques, réduction de productivité des océans,...), soit affecter la partie continentale du cycle biologique de l'espèce (obstacles aux migrations, disparition de grandes surfaces d'habitats continentaux, exploitation par la pêche, présence d'organismes pathogènes. Le parasitisme est très certainement l'une des causes principales du déclin. En effet depuis le début des années 1980 les populations locales d'anguille européenne sont infestées dans une proportion de 30% à 100% par *Anguillicola crassus* un nématode parasite sanguin originaire d'Australie et d'Asie du sud-est où il parasite sans dommage l'anguille japonaise *Anguilla japonica*. Il a vraisemblablement été introduit dans les bassins d'engraissement des aquacultures européennes avec des lots de civelles provenant du Japon. Il est apparu en Italie au début des années 1980, en 1982 en Allemagne et en 1984 dans les lagunes du littoral méditerranéen français. Au début des années 1990 il a aussi été signalé dans les eaux continentales nord africaines au Maroc, en Algérie, en Tunisie et en Egypte. Cependant dans l'ensemble les taux d'infestation des anguilles peuplant les eaux nord africaines sont inférieures à ceux observés en Europe.

Parmi les actions ayant participé à la raréfaction de l'espèce figure l'installation de barrages et d'usines hydroélectriques, qui constituent de sérieux obstacles à la migration. Les effets de ces ouvrages se font sentir dans les deux sens: quel que soit son usage et sa taille un obstacle limite le nombre d'individus susceptibles de monter ou de descendre les rivières

Les quelques résultats issus d'études comparatives sur des peuplements de poissons montrent que l'anguille est l'espèce qui accumule la plus grande quantité de polluants organiques et inorganiques de diverses natures. De plus, comme l'anguille est située au sommet des chaînes alimentaires, elle peut présenter de forts niveaux de contamination dus aux mécanismes de bioaccumulation mis en œuvre au sein des réseaux trophiques quel que soit l'hydrosystème considéré (littoraux, lagunes, estuaires, fleuves, rivières...).

On estime que les habitats de l'espèce et la qualité des milieux continentaux qu'elle colonise a fortement diminué la productivité de cette espèce qui se trouve depuis 2009 sur la liste des espèces figurant dans l'annexe II de la CITES. L'anguille européenne est également classée en danger d'extinction par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN).

Les échanges commerciaux sont soumis à la mise en place par les pays exportateurs d'un « Plan de Gestion de l'anguille » permettant de montrer dans chaque secteur de l'aire de répartition l'état de cette fraction de population, les réglementations actuelles qui régissent ses captures et son environnement, mais aussi la manière dont celles-ci doivent évoluer pour restaurer cette espèce.

L'Union Européenne a demandé à chacun de ses pays membres d'élaborer pour la fin de l'année 2008 un plan de gestion pour chacun des bassins versants représentant un habitat naturel pour l'anguille. L'idée est de reconstituer à terme le stock panmictique à partir de l'objectif principal consistant à augmenter l'échappement vers la Mer des Sargasses des reproducteurs potentiels provenant de chaque bassin. On s'oriente vers une cible de restauration qui pourrait être le niveau moyen de la biomasse des reproducteurs des années 1970, époque où il semble que le recrutement en civelles était encore à des niveaux « normaux ».

Logiquement ce résultat implique que l'on puisse agir sur tous les facteurs de mortalité de l'anguille. Cependant il existe encore très peu d'études sur la production et les niveaux d'échappement des anguilles argentées, en particulier à partir des lagunes qui abritent les plus importantes sous-populations dans la région méditerranéenne.

Par ailleurs pour atteindre cet objectif il faut disposer de méthodologies permettant de favoriser l'échappement des anguilles argentées depuis les rivières ou les lagunes.

Très peu d'études ont été réalisées sur l'estimation de la taille de la population des anguilles argentées, leur taux d'exploitation et leur taux d'échappement. Actuellement un travail de synthèse sur l'élaboration de Projets Pilotes pour estimer l'échappement actuel et potentiel de l'anguille argentée a été commandé par la Commission Européenne à un groupe d'experts réunis au sein du CEFAS; ce groupe doit également réaliser une synthèse des différents modèles existants et leur domaine d'applicabilité.

Enfin il faudrait pouvoir modéliser la dynamique de la population d'anguille euro-méditerranéenne et sa réponse aux différentes pressions anthropiques et à leurs améliorations éventuelles sous l'effet de nouvelles mesures de protection adoptées par les pays exploitant cette ressource. Cependant en l'état actuel des recherches conduites sur cette espèce dans la zone CGPM, beaucoup d'informations manquent et leur acquisition est nécessaire: éléments sur la démographie des populations peuplant les hydro-systèmes méditerranéens (structure en taille, en ages, en sexes, âges à la dévalaison, vitesse de croissance, qualité des individus en termes de contamination par les polluants ou certains parasites...) qualité des habitats continentaux, pressions anthropiques autres que la pêche, la qualité des individus migrants, les niveaux de contamination par certains parasites et virus, la teneur des eaux et de la chaîne trophique en polluants chimiques... Ces informations n'existent pas actuellement dans les bases de données CGPM et se pose donc la question de les ajouter à l'existant. Il conviendrait donc de s'orienter dans un premier temps vers un renseignement minimum de cette base de données puis de la compléter par un choix de facteurs pertinents à déterminer dans le cadre des activités des quatre Sous-Comités Scientifiques de la CGPM.

Executive summary

STATUS OF THE RESOURCE AND EXPLOITATION OF THE EEL (*Anguilla anguilla*, Linné 1758) AND ELEMENTS FOR THE PREPARATION OF MANAGEMENT PLANS IN THE GFCM AREA

The European eel is known to spawn in the Sargasso sea and its larvae cross the Atlantic Ocean and enter the European and north-African inland waters and lagoons. Several years after the adults backcross the Atlantic to spawn. However, specimen ready to spawn nor the spawning itself which is supposed to occur at more than 2000 m depth, have never been observed. Nowadays it is admitted that the population of this species is panmictic and that its distribution area extends from the Barentz sea until the Mauritania and comprises the Mediterranean and the Black Sea; so it is a resource shared by all the northern European and Mediterranean countries. Recent works in the field of genetics reconsider the panmictic hypothesis and recognize three different groups: the north European eels, the western European eels and the Mediterranean ones but this theory is not accepted everywhere..

Anyway it is admitted that the greatest number of larvae are transported through the Atlantic ocean by the main branch of the Gulf Stream and then by the north Atlantic drift. The Azores current transport them to the Mediterranean while the northern branch of the north Atlantic drift send them to the eastern part of the distribution area and the southern branch transport the larvae to the central part of the European coasts.

In the Mediterranean the post larvae (“glass eels”) are encountered along the coastline from January to December with peaks of abundance from December to April. The adults (« silver eels ») leave the coasts of Europe and North Africa in autumn and it is admitted that the ripening, i.e. the gametogenesis, happens during the east to west transatlantic migration using the Canary islands and northern equatorial currents to reach the spawning areas of the Sargasso sea during the first half of the successive year.

In the Mediterranean the adult eels are mainly exploited by the artisanal fisheries in the inland waters (estuaries, lakes and rivers) and in the coastal lagoons of the border countries

In most of the Mediterranean countries the eels are fished mainly using various types of traps: fixed or mobile gears like the fike nets or fixed traps installed in the channels between the lagoons and the sea which allow to manage the inputs or outputs of the fishes.

In most of the countries the catch and effort statistics on eel are often absent or not regularly collected, however according to the FAO FISHSTAT database the overall production of European eel has dropped drastically since the mid 80's.

During the first half of the XXth century the overall production of European eel has been several times greater than 50000 tons, then it has rapidly dropped from the 60ies. This production ranged from 10000 to 13000 tons during the 80ies and then has regularly decreased to reach finally 3200 tons in 2007. A drastic decrease of more than 90% has been observed for the landings of glass eels along the European coasts.

In the Mediterranean the eel production comes essentially from the lagoons and there is no doubt that they represent an important economic activity, but up to now it is still very difficult to quantify it accurately. The FAO-FISHSTAT data for the GFCM area show that the Mediterranean production followed the worldwide trend and decreased from yearly catches of around 4000-5000 tons in the 80ies to 1000 tons in 2000 and 700 tons in 2007. According to these statistics, with the exception of the Egyptian data the five main producer countries are respectively Italy (46% of the total), France (26%), Turkey (13%), Tunisia (9%) and Albania (2.6%).

Generally the glass eel fishing is prohibited in the Mediterranean bordering countries but poaching and important illegal catches of undersized juvenile exist in some places.

The decline of the eel populations is due to several additive factors. The causes of this decline can be of marine origin (changes in oceanic currents, reduction of the ocean productivity...) or be due to changes in the continental part of the biological cycle of the species (obstacles to migrations, degradation of large parts of the habitats, fishing activities, diseases...). Among the activities which have favoured the decline the installation of dams for the building of hydroelectric plants represent important obstacles to the migration. They limit the number of animals able to move upstream and downstream the rivers.

Parasitism is certainly one of the main causes of the decline. In fact since the early 80ies 30% to 100% of the local eel populations are infected by *Anguillicola crassus*, a nematod blood parasite coming from Australia and southeastern Asia where it is harmless for the japanese eel *Anguilla japonica*. It seems that it has been introduced in the european aquaculture fattening plants with glass eels imported from Japan.

It appeared in Italy in the early 80ies, in Germany in 1982 and in the French Mediterranean lagoons in 1984. In the early 90ies it has also been found in the inland waters of North Africa, in Morocco, in Tunisia and in Egypt. However the percentages of infected eels in the African waters are lower than in the European ones.

Some results obtained during comparative studies on the fish populations show that the eel is the species which concentrate the main quantity of organic and inorganic pollutants from various origins. Furthermore, as the eel is situated on the top of the trophic chain it can contain high levels of contamination due to the bioaccumulation mechanisms existing in the trophic webs of various ecosystems (coastal zone, lagoons, estuaries, rivers...).

It is known that the deterioration of the habitats of the species and the quality of its continental environment have largely decreased the productivity of the eel, according to the International Council for the Exploration of the Seas the level of harvest of the species is unsustainable and since 2000 it has been added to the list of species of the annex II of the CITES. The European eel has also been declared an endangered species by the International Union for the Conservation of the Nature (IUCN).

The commercial trade is submitted to the setting up by the exporting countries of a management plan showing for each sector of the distribution area the state of the eel population, the current regulations regarding its catches and its environment and also how to manage them in order to recover the species stock

The European Union asked to each of its member countries to prepare by the end of 2008 a management plan for each catchment basin inhabited by eels. The idea is to rebuilt on the long term the panmictic stock to reach a main objective consisting in increasing the escapement to the Sargasso sea of the potential spawners of each basin. The goal is to reach a spawning stock biomass close to the average SSB of the years 70ies, a period in which it seems that the recruitment of glass eels was situated at "normal" levels.

Logically this result implies that it could be possible to act on all the mortality factors of the eel. However a very few number of studies currently exist on the production and the rate of escapement of the silver eels, in particular from the lagoons inhabited by the main sub-populations in the Mediterranean region.

Furthermore to reach this goal it is necessary to apply methodologies enabling the escapement of the silver eels from the rivers and lagoons to the open sea and enabling to evaluate their impact on the exploited population. A few studies have been done on the evaluation of the escapement rate and on the silver eel population size and its exploitation rate. These works have been based on the tagging and recapture technique using non lethal colourants and they can be easily applied in many sub areas.

The European Union is financing a group of experts belonging to the CEFAS in order to elaborate a synthesis on the pilot projects aimed at the evaluation of the current and possible

escapement of the silver eels. This group intend also to realize a synthesis on the various existing mathematical models and their domain of applicability.

Some mathematical models already exist to evaluate the eel populations dynamics; they all give pessimistic diagnosis on the state of this resource, however up to now no one take into account the spatial diversity of the population and the fact that it may exist a part of this population specific of the Mediterranean and that the biological and ecological characteristics are very different between the northern and southern parts of the distribution area.

The models on the Mediterranean eel population dynamics need to be improved and their answers to the various anthropic pressures and to their improvement after the enforcement of new protection measures which could be adopted by the countries exploiting this resource. However in the current context of the research on eel in the GFCM area many informations are lacking and their collection is necessary: elements on the demography of the populations living in the mediterranean hydrosystems (size structures, age an sex compositions, growth parameters, quality of the animals in terms of pollution and parasitism...), knowledge on the continental habitats, human pressure other than fishing, quality of the migrating specimen, quantities of chemical pollutants in the water and along the trophic web.

Currently these data do not exist in the GFCM database so as a first step it will be important to feed it with some preliminary elements and then to complete the information after having choose relevant factors in the frame of the activities of the four GFCM Scientific Sub-Committees.

1 - ELEMENTS DE BIOLOGIE DE L'ANGUILLE EUROPEENNE

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, Linné 1758) doit être considérée comme une espèce « Euro-méditerranéenne » car l'aire de répartition de ce poisson amphihaline catadrome va de la Mer de Barentz (72°N) à la Mauritanie (30°N) et comprend les pays riverains de la mer Méditerranée et ceux de la Mer Noire.

Depuis les premiers travaux de Schmidt (1906, 1909, 1923) de nombreux auteurs ont décrit divers aspects de son cycle de vie et la littérature ancienne et récente en présente des synthèses détaillées (Bertin, 1951 ; Elie, 1979, 2001, Dekker 1998, 2003, 2004 ; Tesch, 2003 ; Kettle, 2005 ; Van Ginneken, 2005)

On admet actuellement qu'il existe un stock reproducteur unique pour cette espèce et que la reproduction a lieu dans la Mer des Sargasses dans le nord ouest de l'Océan Atlantique, au large de la Floride mais ni individus prêts à pondre, ni la ponte elle-même n'ont jamais été observés en milieu naturel. Schmidt (1929) supposait que la reproduction s'effectuait à des profondeurs comprises entre 400 et 800 mètres et certains chercheurs français pensent que la reproduction se fait à grande profondeur (plus de 2000m) car la pression hydrostatique joue un rôle très important dans le déclenchement de la maturation des gonades (Sebert, 2007). La plaine des Nares (appellation des fonds au niveau de la mer des Sargasses) comporte un certain nombre de fosses allant jusqu'à plus de 6000 m de profondeur et une femelle dont la maturation semblait très évoluée a été observée au large des Bahamas par 2000m de profondeur par l'engin d'exploration océanique américain « Alvin » près de la fosse des Caraïbes (Robins *et al.*, 1979). L'hypothèse d'une seconde aire de reproduction d'*Anguilla anguilla* en Méditerranée a existé durant longtemps mais elle n'a encore jamais été vérifiée car aucune larve préleptocéphale ou leptocéphale des premiers stades n'y a été observée (Bertin, 1951). Les larves observées en Méditerranée ne dépassent pas la taille de 60mm, cependant Boëtius et Harding (1985) estiment que l'espèce pourrait se reproduire dans cette mer, sans fournir d'explication à leur hypothèse.

A l'heure actuelle on admet qu'il s'agit d'une population panmictique et que l'anguille européenne constitue un stock halieutique partagé pratiquement par l'ensemble des pays d'Europe et d'Afrique du nord, ainsi que par l'Égypte et par la Turquie (toutefois des travaux récents en génétique remettent en cause la théorie panmictique et reconnaissent trois groupes distincts : les anguilles d'Europe du Nord, celles de l'Europe de l'Ouest et celles de la Méditerranée (Van Ginneken *et al.*, 2005). Cependant, les derniers travaux dans ce domaine (Palm *et al.* 2009) contredisent l'existence de ces différences.

La phase larvaire (leptocéphales = « à tête mince » en forme de feuille de saule) de l'anguille européenne a été reconstituée à partir d'observations sur leur taille et leur distribution géographique lors de leur migration transocéanique (Schmidt, 1909 ; Kracht, 1982 ; Kettle, 2005). Les plus petites appelées pré-leptocéphales (2mm de longueur) apparaissent dans la Mer des Sargasses où des larves de 5 mm de longueur ont été récoltées en grand nombre entre 100 et 300 mètres de profondeur (Bertin, 1951).

On estime que la plupart des larves sont transportées à travers l'Atlantique vers l'ouest au sein de la branche principale du Gulf Stream, puis par la dérive nord-Atlantique (fig. 1). Le courant des Açores les orienterait vers la Méditerranée alors que la branche nord de la Dérive nord-Atlantique les diffuse vers la partie septentrionale de l'aire de distribution. La branche sud de la Dérive nord-Atlantique (la plus importante) véhicule les larves vers la partie centrale de l'Europe. Durant leur voyage, munies de dents ravisseuses, elles se nourrissent de zooplancton en effectuant des déplacements entre 35 et 600 mètres de profondeur et atteignent les côtes européennes au printemps et les secteurs septentrionaux à la fin de l'été à une taille de 75-90mm (terme de leur

croissance larvaire avant leur première métamorphose du cycle biologique) (Bertin,1951 ; Elie, 1979).

Selon les auteurs leur voyage transatlantique peut durer entre 6 mois et deux ans. Schmidt (1906-1922) avait déterminé une durée de migration larvaire de 2,5 à 3 ans, mais durant les années 90 - 2000 certains auteurs avaient estimé sur la base de la lecture des stries de croissance de l'otolithe cette durée de migration entre 6 et 9 mois (Leconte-Finiger 1992 et 1994). Cependant les derniers modèles de migration semblent montrer que la durée déterminée par Schmidt en 1922 était bien la bonne (Bonhomeau *et al.* 2009a et 2009b). Sur le talus continental et à l'approche des côtes, elles se métamorphosent en « civelles » au corps transparent (d'où leur nom anglo-saxon de « glass eels », à ne pas confondre avec le terme « elvers » qui se rapproche plus de l'anguillette) (Elie, 1979 et Elie *et al.* 1983). Il semblerait que l'intrusion d'eau de faible salinité en mer (embouchures d'estuaires, de deltas et de lagune, marais littoraux) puisse inciter les civelles à s'approcher des côtes et à pénétrer dans les hydro-systèmes littoraux . A ce stade, les civelles ne s'alimentent plus car leur tractus digestif n'est plus fonctionnel (Bertin, 1951; Elie 1979), leurs fibres musculaires sont peu développées et leur vessie natatoire est présente mais inopérante. La majeure partie d'entre elles ne se réalimentera qu'un peu avant la fin de la métamorphose en anguillette. A partir des systèmes littoraux, une partie d'entre elles reste dans ces milieux proches de la mer, le reste migre vers les eaux douces parfois sur plusieurs centaines de kilomètres (par exemple 800 km sur l'axe Loire/Allier en France) (Bertin 1951 ; Elie 1979 ; Elie & Fontenelle, 1982 ; Tesch 2003). Durant la migration de colonisation qui peut durer plusieurs années, leur activité natatoire augmente (Edeline *et al.* 2008), l'appareil digestif et la vessie natatoire deviennent fonctionnels, leur pigmentation se développe et elles se transforment en jeunes anguilles qui se nourrissent de petits crustacés, de vers et d'insectes (Elie, 1979 ; Elie *et al.*, 1983). Leur comportement change, elles se sédentarisent et adoptent un mode de vie de plus en plus benthique (Edeline *et al.*,2008). Sur l'atlantique dans les années de forte abondance, les civelles sont présentes dans les secteurs littoraux en particulier du mois de septembre d'une année au mois de mai de l'année suivante, avec des pics de migration particulièrement forts en février et mars. En Méditerranée les civelles sont présentes le long des côtes de janvier à décembre, avec des pics d'abondance de décembre à avril (Lefevre *et al.*, 2003).

Les anguillettes continuent ensuite de croître pendant 10 à 14 ans jusqu'à atteindre une taille de 60 à 80 centimètres; durant cette phase de vie elles sont appelées « anguilles jaunes » (“yellow eels”) ou verte en méditerranée à cause de la pigmentation dorée mélangée au pigment noir. Ces individus peuvent fortement se sédentariser mais en cas de détérioration du milieu, elle peuvent mettre en route un système de respiration particulier (au 3/4 percutanée et pour 1/4 fournie par les branchies), ce qui leur permet de résister à l'anoxie, voire de ramper hors de l'eau durant des temps de quelques minutes à plusieurs heures à condition que le substrat soit humide et la température pas trop élevée.

Au début de son existence l'anguille est hermaphrodite (c'est le stade indifférencié) puis une différenciation sexuelle apparaît à une taille comprise entre 20 cm et 30cm environ, ce qui correspond à des individus qui ont entre un et trois ans (Tesch, 1977, 2003 ; Grandi & Colombo, 1997). La croissance est variable suivant la zone géographique où l'anguille se trouve: plus forte dans le sud que dans le nord de la zone de répartition de l'espèce, mais aussi suivant le lieu où l'anguille grossit: plus lente dans les parties supérieures des cours d'eau où les individus séjournent plus longtemps (plus de 15 ans et parfois 20ans) et sont généralement des femelles (Durif *et al.* 2005). Plus rapide dans les parties basses des bassins versants et dans les milieux riches où les densités sont plus fortes et qui produisent des individus généralement de sexe mâle qui migrent plus précocement en mer entre 3 ans et 7-8 ans suivant les latitudes. Le déterminisme de cette séparation des sexes, surtout sur les grands cours d'eau est encore mal compris mais il semble dépendre des facteurs environnementaux et de la densité de la population (Krueger &

Oliveira 1999). Le cycle de vie de l'anguille, son activité, ses déplacements et son comportement alimentaire sont fortement marqués par les rythmes saisonniers et nyctéméraux. La lumière, en particulier le cycle lunaire joue un rôle majeur chez la civelle et semble importante aussi chez l'adulte qui n'est généralement actif que la nuit. Ces rythmes sont bien illustrés par les captures d'anguille et de civelles qui sont beaucoup plus importantes la nuit que le jour. La température est aussi un stimulus important: la civelle et l'anguille jaune ne s'activent qu'à des températures comprises entre 10 et 25°C et des températures inférieures à 6 ou 7 °C diminuent fortement les capacités de mouvement (Elie et Daguzan 1982). Les températures de croissance idéale sont de l'ordre de 23 à 25 °C mais à partir de 26 à 27 °C des problèmes physiologiques apparaissent. Durant la phase de croissance, l'évolution des gonades des anguilles jaunes restent bloquées à un stade pré-pubère jusqu'au stade d'évolution suivant: l'anguille argentée. Au terme de la phase sédentaire destinée pour l'essentiel à constituer des réserves de triglycérides pour réaliser ultérieurement la migration transocéanique de reproduction et la maturation des gonades, on distingue une petite augmentation du rapport gonado-somatique. Ainsi à la fin de l'été, une partie de ces individus atteignent un stade leur permettant d'entamer une migration de dévalaison vers la mer, de toute évidence pour rejoindre leurs aires de ponte (fig. 2). Cette migration a lieu plutôt à l'automne lors de « fenêtres de dévalaison » particulières associant généralement épisodes de crues et turbidité (Durif *et al.*, 2005). Les mâles s'argentent plus jeunes et à une taille inférieure à celle des femelles (Bertin 1951, Vøllestad 1992, Durif *et al.* 2005). Ils dévalent les cours d'eau et partent des hydrosystèmes littoraux avant les femelle (Août, septembre et octobre). Durant cette phase d'argenteur conduisant au départ des individus vers la mer, leur tube digestif régresse, leurs réserves lipidiques atteignent 20% de leur biomasse, le diamètre de leurs yeux augmente, la paroi de la vessie natatoire s'épaissit. Leur dos devient noir, leurs flancs et leur ventre prennent une couleur argentée due à un dépôt de guanine très important au niveau des cellules épidermiques, la ligne latérale est soulignée de pigmentations noires.

Ensuite une seconde métamorphose conduit les anguilles jaunes au stade dit « anguille argentée » par une transformation morpho-physiologique profonde (augmentation des diamètres oculaires, épaissement de la peau et de la paroi de la vessie natatoire, amplification de la sécrétion des hormones gonadotropes sous l'effet de la pression hydrostatique) qui vont se poursuivre lors de la migration transocéanique de retour sur l'aire de ponte (Durif et Elie, 2005; Durif *et al.* 2005). Il faut savoir que durant la dévalaison des anguilles argentées dans les eaux continentales et durant la migration à travers l'océan, les individus ne s'alimentent plus et vivent sur leurs réserves. Au moment du départ des anguilles les taux de réserves lipidiques doivent atteindre et dépasser 30% de la biomasse corporelle pour que d'une part, la migration transocéanique en terme de distance se réalise correctement (vitesse de croisière requise durant un certain temps) et d'autre part pour qu'une certaine partie de ces réserves servent à la maturation des gonades et au transfert des réserves vers les ovocytes (présence de nombreuses gouttelettes lipidiques dans les ovocytes au stade terminal avant leur émission dans la masse d'eau et leur fécondation). Notons ici que le programme européen EELREP (2003) a fait le point sur les capacités de reproduction de l'anguille européenne.

Il faut signaler qu'au stade anguille argentée l'animal a accumulé comme on l'a vu des graisses et par là même toute une série de contaminants organiques lipophiles (PCB, Pesticides Organochlorés, PBDE, Métaux lourds etc). On sait maintenant que les anguilles ayant fréquenté durant leur croissance des milieux contaminés ne seront vraisemblablement pas aptes à réaliser leur migration de reproduction ou à se reproduire.

Les « anguilles argentées » quittent les côtes européennes et nord africaines à l'automne et on pense maintenant que la maturation, donc la gamétogenèse, a lieu pendant la traversée de l'Océan Atlantique d'est en ouest en suivant les courants des Canaries et nord-équatorial pour rejoindre la mer des Sargasses et y pondre au cours du premier semestre de l'année suivante. Température, salinité et pression sont les facteurs environnementaux le plus souvent évoqués comme

stimulateurs de gonadotropines déclanchant la maturation des produits génitaux. Certaines expériences montrent d'une part que la nage active est un élément favorisant la maturation des gonades (Palstra et Van den Thillart, 2010), cependant un élément primordial de maturation définitive s'avère être la pression hydrostatique que subit l'animal en profondeur et qui déclenche et soutient la sécrétion d'hormones gonadotropes. La migration en profondeur de l'anguille permettrait à celle-ci d'utiliser les contre-courants profonds du Gulf-Stream pour atteindre l'aire de fraie (Tucker, 1959) et on estime qu'elles peuvent accomplir cette migration transatlantique de 5000 km à une vitesse d'environ 15 km/heure. Actuellement le programme de recherche européen EELIAD (« European eels in the Atlantic: Assessment of their decline ») est en cours. Il cherche à mieux connaître la migration transocéanique des géniteurs en terme de direction, de parcours, de localisation dans la masse d'eau. Les premiers résultats montrent que la vitesse de migration, au moins au départ des côtes, est plus rapide que celle estimée précédemment et est de l'ordre de 45km/heure et qu'il existe des cycles jour-nuit très marqués dans la localisation des individus

2 - PRODUCTION HALIEUTIQUE

Secteurs , engins et périodes de pêche dans la zone CGPM :

En Méditerranée les anguilles sont essentiellement exploitées par la petite pêche artisanale qui est pratiquée à l'intérieur des eaux territoriales des pays riverains, essentiellement dans les eaux continentales plutôt littorales (estuaire, lagune, delta) et dans une moindre mesure dans les lacs et rivières. Elle est aussi exploitée en même temps que d'autres espèces euryhalines dans les lagunes côtières en particulier pour les principales : les muges, les athérines, les loups et les daurades.

En France, comme dans la plupart des pays méditerranéens, la pêche des anguilles jaunes et argentées se pratique principalement à l'aide de nasses de diverses natures : engins rigides comme les nasses anguillières ou engins fixes en filet souple comme les ganguis et divers types de verveux. L'engin de pêche principal est le triple verveux, plus communément appelé "capéchade" (fig. 3), également utilisé pour toutes les autres espèces de poissons euryhalins qui migrent vers la mer pour s'y reproduire (loups, daurades, athérines, soles, rougets, mullets...). Des alignements de capéchades sont parfois installés temporairement au travers des passages menant à la mer, au moment des migrations (Farrugio *et al.*, 2007). Dans certains étangs ces passages sont équipés de bordigues, installations fixes qui permettent de gérer les entrées et sorties des poissons. (Farrugio et Quignard, 1981, fig.4). Dans les années 1980 les lagunes françaises de Méditerranée étaient exploitées par un millier de pêcheurs -dont 500 permanents- produisant 2000 tonnes d'anguilles qui représentaient entre 80 et 90% de la production en poids de poissons des lagunes (GNA, 1984 ; Elie et Rigaud (1984). La valeur commerciale liée à cette production était évaluée entre 27 et 30 millions de francs de l'époque. Au début des années 2000 environ 530 pêcheurs professionnels exerçaient à titre exclusif ou non une activité en lagune, dont 150 à 200 ciblant l'anguille (Anon., 2002). Cet effectif de pêcheurs est à peu près stable depuis les années 2002-2003, après une très forte diminution durant les années 1990-2000 (Anon., 2010 a et 2010 b).

En Italie, la majeure partie des anguilles, en particulier les anguilles argentées, sont capturées en automne et en hiver, au moment de la migration reproductrice, dans des bordigues (« lavorieri ») installées dans les graus entre les lagunes et la mer. La région de Comacchio est particulièrement intéressée par cette exploitation. Une très grande tradition d'exploitation de l'anguille existe en Italie et également une tradition d'importation des captures d'anguilles réalisées dans les pays du Maghreb (Tunisie, Algérie) et dans les lagunes méditerranéennes françaises, Les captures

concernant les petits calibres d'anguilles sont particulièrement appréciés car elles sont destinées à l'alevinage des Valis (Valiculture) .

En Grèce la majeure partie des captures d'anguilles provient de la pêche dans des bordigues installées dans les lagunes situées le long de la côte occidentale du pays, en particulier dans le complexe lagunaire de Messolonghi-Aitoliko (Koutsikopoulos *et al.*, 2009). La plupart de ces installations ont été rénovées dans les années 80 sur le modèle des bordigues utilisées dans les vallicultures italiennes. Une petite partie de la production nationale provient aussi de la petite pêche artisanale côtière qui utilise une grande variété d'engins (nasses, verveux, palangres, harpons etc...). Il existe aussi une activité de pêche récréative dont l'importance est inconnue mais qui semble être significative. Environ 750 pêcheurs appartenant à des coopératives de pêche et autant de pêcheurs professionnels individuels pratiquent la pêche dans les lagunes grecques. Dans ces milieux, plus de 90% des captures d'anguilles sub-adultes ont lieu entre les mois de novembre et de janvier (Katselis *et al.*, 2003) et la majeure partie des captures de civelles (80%) a lieu de décembre à mars, au moment où elles arrivent dans les estuaires des fleuves (Zompola, 2008)

En Tunisie l'anguille est traditionnellement exploitée dans les lagunes et les oueds (Heldt, 1928 1929). Les principaux engins utilisés sont les capéchéades et les pêcheries fixes (bordigues) pour les lacs de Tunis nord et Ichkeul où elle a été exploitée intensément durant les années 70, et les seules capéchéades pour la lagune de Ghar El-Melh. Elle est aussi exploitée par les pêcheries fixes dites « charfia » installées au large de la Chebba et près des Iles de Kerkennah ainsi qu'à la sortie de la lagune d'El Biban au sud de Gabès. Cette pêcherie marque vraisemblablement la limite sud de l'exploitation de l'espèce. L'anguille fait également l'objet de captures accessoires par la petite pêche côtière en mer qui utilise des filets maillants calés sur le fond ou des palangres de fond. (Besta, 2010). Il existe aussi une pêche d'anguilles en mer par la pêche artisanale au moyen de filets mailants, de filets tramails et de palangres (Rhomdane, 2000).

Au Maroc les pêcheurs de la lagune de Nador capturent l'anguille au moyen d'une petite palangre, la « palanza ». 80% des barques opérant au niveau de la lagune utilisent cet engin. (Copemed, 1998). En 1991, Yahyaoui a réalisé une synthèse concernant l'exploitation de l'anguille au Maroc, aussi bien pour la civelle que l'exploitation de l'anguille jaune sédentaire. Ainsi, la pêche à la civelle dans les années 1980-1989 constituait une importante activité qui se justifiait par le prix élevé des juvéniles d'anguilles (1400 Dirhams /Kg). Elle se pratiquait dans de nombreux sites et en particulier l'estuaire de l'Oued Sebou sur la façade atlantique considéré comme l'un des principaux sites marocains de la pêche aux civelles et aux anguilles. Durant cette période la production de civelles de l'oued Sebou a été estimée à 68 tonnes en 1987, 16 tonnes en 1988, et seulement 0,5 tonnes en 1989. La pêche de l'anguille a fait l'objet d'une pêche artisanale intense dans les eaux continentales aussi bien sur la côte atlantique que sur la côte Méditerranéenne (Yahyaoui, 1991 ; Melhaoui , 1994). Cependant la production est difficile à évaluer car les statistiques sont fortement biaisées et incomplètes (Yahyaoui, 1991) mais au plus fort des estimations durant l'année 1984 l'apport des pêcheries était évalué à plus de 35 tonnes pour une valeur de 1,3 millions de Dirhams. Une toute petite partie de cette production est consommée sur place, mais l'essentiel est exporté vers l'Espagne, l'Italie, l'Allemagne et les Pays Bas, pays auxquels il faut ajouter le Japon pour les exportations de civelles.

En Algérie les anguilles sont pêchées à l'automne dans les lacs de Tonga, et Oubeïra et dans l'estuaire du Mafragh constitué par la rencontre de l'oued Bounamoussa et de l'oued El Kébir,

ainsi que dans la lagune El Mellah qui est l'unique lagune saumâtre du pays. Dans cette dernière l'anguille est toujours capturée durant l'hiver, essentiellement en décembre ; la pêche y est exercée au moyen d'une bordigue et de verveux placés à proximité des débouchés des oueds, près des berges, et dans le chenal de communication avec la mer, en amont de la bordigue. Dans les lac les captures se font grâce à de nasses et des filets verveux. La pratique de la pêche de l'anguille dans ces plans d'eau et estuaire a débuté depuis déjà quelques décennies. La production annuelle moyenne signalée dans la région d'El Kala (Nord est algérien) était de l'ordre de 80 tonnes dont la presque totalité est exportée vers l'Italie (Rapport MPRH, 2004, in Boudjadi, 2010).

En Turquie l'anguille européenne se rencontre dans de nombreux cours d'eau qui se jettent dans la Méditerranée, la Mer Egée et la Mer Noire (Geldiay & Balik, 1996 ; İköz *et al.*, 1998 ; Koca 2001 in Yalçın-özdilek *et al.*, 2006). Elle est la principale espèce commerciale pêchée dans le fleuve Asi dont la production est destinée à la fois au marché local et à l'exportation.

En Egypte les anguilles argentées sont essentiellement capturées par des capéchades installées dans le haut delta du Nil dans les lacs Manzalah, Edku et Borullus où la pêche a lieu durant la période hivernale, de novembre à mars (Ezzat *et al.*, 1977, 1984 ; Hosny et Dowidar, 1988).

Production totale de l'anguille Euro-méditerranéenne:

La pêche à l'anguille représente une activité socio-économique importante en Europe et on estimait au début des années 2000 qu'elle faisait vivre environ de façon directe ou indirecte 25000 personnes (Dekker 1998, 2003a, 2004 ; Stone, 2003). Compte tenu de la raréfaction de la ressource depuis les années 1990 ces données ne sont plus du tout d'actualité et une nouvelle estimation serait nécessaire. La valeur commerciale de cette espèce avait été estimée à environ 180 millions d'euros/an (Feunteun *et al.*, 2000a), mais là encore ce chiffre qui ne correspond plus au niveau actuel des captures mériterait d'être actualisé. Dans la plupart des pays exploitant l'anguille les statistiques de pêche des anguilles sub-adultes ont été et sont le plus souvent incomplètes et/ou ne sont pas collectées régulièrement et les efforts de pêche correspondants sont souvent inexistantes. Certains pays comme la France font des efforts importants pour combler cette lacune majeure dans le cadre de leur plan de gestion. Par ailleurs les statistiques de captures et d'effort de la pêche récréative sont pratiquement inexistantes, bien que cette activité soit vraisemblablement à l'origine d'une part non négligeable des captures dans certains pays. Un effort important reste à faire dans ce domaine.

Pendant la première moitié du XXème siècle la production mondiale d'anguille européenne a dépassé à plusieurs reprises les 50000 tonnes, puis elle a chuté très rapidement à partir de 1960 (fig. 5). Selon la base de données FISHSTAT de la FAO, la production annuelle totale de l'anguille Euro-méditerranéenne a dépassé les 20000 tonnes en 1968. Elle était comprise entre 10000 et 13000 tonnes pendant les années 1980 puis elle a diminué régulièrement jusqu'à atteindre 3200 tonnes en 2007. Tous les stades du cycle vital ont diminué dans les statistiques de pêche de la plus grande partie de l'aire de répartition de l'espèce; des diminutions drastiques pouvant atteindre jusqu'à 90-99% ont été observées dans les captures printanières de civelles sur les côtes européennes. Cependant les captures norvégiennes semblent stables (ICES 2002) alors que curieusement ces statistiques font apparaître pendant la dernière décennie une tendance à la hausse de la production égyptienne qui a pratiquement quintuplé entre 1995 (798 tonnes) et 2006 (3983 tonnes).

En Méditerranée les productions d'anguilles jaunes et argentées qui proviennent essentiellement des lagunes représentent très certainement une activité économique importante mais il est très difficile de la quantifier encore actuellement avec précision. Les données FISHSTAT pour la zone CGPM (tab. 1, fig. 9) montrent que la production méditerranéenne a suivi la tendance mondiale, diminuant de 4000 à 5000 tonnes par an durant les années 1980 jusqu'à 1000 tonnes en 2000 et 700 tonnes en 2007. Selon ces statistiques, si l'on excepte les données égyptiennes les cinq principaux pays producteurs sont dans l'ordre l'Italie (46% du total), la France (26%), la Turquie (13%), la Tunisie (9%) et l'Albanie (2.6%).

En France, selon les estimations les plus récentes, la part de cette espèce, qui est économiquement la plus intéressante dans les captures de la pêche lagunaire, occupe environ 600 professionnels (COGEPOMI, 2006). Cette part varie fortement dans l'espace et dans le temps : elle peut représenter de 20 à 80% de la production totale de la pêche lagunaire selon les sites et les années (Cepalmar, 2003). Les données statistiques disponibles indiquent que la production totale des lagunes françaises, qui se situait aux environs de 1500 à 2000 tonnes par an dans les années 80 a accusé ensuite une baisse marquée puis s'est stabilisée autour de 1000 tonnes/an depuis la fin des années 90 : 900 tonnes pour l'ensemble des lagunes françaises en 1998, dont 200 tonnes pour la Camargue et la Corse et 700 tonnes pour le Languedoc-Roussillon (Loste *et al.*, 1996).

Ces captures consistent essentiellement en petites anguilles vertes car les prises d'anguilles argentées sont de l'ordre de 100 tonnes/an. En général les anguilles argentées constituent toujours moins de 10% des captures totales d'anguilles dans les lagunes (excepté dans l'étang de Thau où ces individus prêts à migrer vers la mer peuvent représenter de 50 à 70%). Les captures de petits individus (anguillettes de 10 à 20 cm) sont très rarement débarquées en criée mais sont presque toutes destinées à l'aquaculture ou au repeuplement de certains plans d'eau. Ces anguilletes sont vendues vivantes directement à quelques mareyeurs spécialisés français, italiens et espagnols qui viennent chercher le poisson à l'aide de camions viviers. L'Italie a longtemps été un client important dans ce type de marché. Une petite partie de la production (en général les individus de grosse taille et les anguilles argentées) est écoulée sur le marché local en particulier au moment des fêtes de fin d'année.

En Italie la production provient de diverses régions dont la plus productive est la région vénitienne qui a produit environ 450 tonnes par an en 1975-76. La production totale des lagunes italiennes se situait autour de 1500 à 2000 tonnes/an durant les années 70-80 puis elle a diminué très fortement depuis pour atteindre les 500 tonnes dans les années 90 puis autour de 200 tonnes au cours des cinq dernières années. De même dans une grande partie des fleuves et lacs intérieurs italiens la production d'anguilles a commencé à diminuer régulièrement depuis les années 80 (Anon., 2009).

En Grèce la majeure partie de la production nationale est destinée à l'exportation. Selon les sources de données la production grecque d'anguille européenne (captures + aquaculture) serait passée de 300 tonnes en 1980 à 1000 tonnes en 2001. Cette tendance est le résultat d'une augmentation considérable de la production aquacole et d'une diminution simultanée très sensible du produit global de la pêche lagunaire qui a décliné à partir des années 1988-1998 bien que la production individuelle de quelques lagunes côtières et celle des lacs intérieurs ait augmenté durant la période 1990-2000 (Koutsikopoulos *et al.*, (2009).

En Espagne une étude de la production de l'Andalousie a montré que dans certains secteurs la population d'anguille a diminué de 98% (Aguilar *et al.*, 2008).

En Turquie également la population d'anguille européenne a diminué énormément au cours des dernières décennies (Yalçın and Küçük 2002).

En Tunisie des rapports techniques indiquent une production annuelle par pêche dans les lagunes de l'ordre de 1000 tonnes dans les années 70 et 80 et l'importance des captures n'a cessé de régresser depuis cette époque, jusqu'à atteindre une moyenne de 180 tonnes/an pour la période 2000 à 2009 (Romdhane 1985, Chaouchi, 1995, FAO, 1997). Géographiquement les captures dans la région Nord sont les plus importantes (51%), suivies respectivement par celles de la région Est (31%), tandis que la région Sud assure 18% des captures. La lagune de Tunis, la lagune de Ghar el Melh et la lagune d'Ichkeul assurent la quasi totalité de la production tunisienne d'anguille qui est maximale en hiver, avec des rendements atteignant globalement 10 à 20 kg/ha mais avec des variations qui ont été très importantes au cours de la dernière décennie : 5 kg/ha en l'an 2000 contre 37 kg/ha en 2002. La majeure partie de cette production (environ 90%) est destinée essentiellement à l'exportation vers l'Europe. Des travaux importants sont conduits actuellement dans ce pays pour fiabiliser entre autres les suivis des pêcheries.

En Algérie jusqu'au début des années 90 la production de la lagune El Mellah a été dominée par l'anguille qui représentait de 50 à plus de 80% des apports de la pêche, puis cette proportion a diminué jusqu'à atteindre moins de 20% au début des années 2000 (Kara & Chaoui, 1998). La totalité des anguilles capturées est destinée à l'exportation vers l'Italie. Comme nous l'avons signalé précédemment, la production annuelle moyenne signalée dans la région d'El Kala (lac, estuaire et lagune du Nord est algérien) durant les 10 dernières années, était de l'ordre de 80 tonnes dont la presque totalité est exportée vers l'Italie (Rapport MPRH, 2004, in Boudjadi, 2010).

Au Maroc les anguilles pêchées dans la lagune de Nador sont exportées en totalité vers l'Italie, la France, l'Espagne et la Hollande (Abouhala *et al.*, 2009).

Production des civelles

Même si à l'échelle expérimentale, certains travaux de recherches ont donné de bons résultats en laboratoire (Palstra *et al.* 2009, Van Ginneken *et al.* 2005), la reproduction à grande échelle de l'anguille européenne n'a pas encore été réussie et dix ans après la première reproduction contrôlée de l'anguille européenne, les larves ne survivent toujours qu'une dizaine de jours en laboratoire. A l'inverse la reproduction de l'anguille japonaise semble maîtrisée puisque les expériences ont permis de réaliser le cycle complet du géniteur au géniteur. Cependant en Europe d'importants travaux sont actuellement en cours dans ce domaine et un programme de recherche se déroule actuellement et les premières leptocéphales ont été obtenues.

Une petite partie de la production européenne de civelles est destinée à la consommation humaine et au repeuplement des eaux intérieures mais la majeure partie (plus de 90%) de cette production est destinée aux fermes d'engraissement dont quelques unes se trouvent en Europe mais dont la plupart sont situées dans les pays asiatiques, en particulier en Chine (Nielsen, 1998; ICES, 2001). Le déclin marqué de l'espèce ayant été compensé par une augmentation des prix de la civelle, puisque le marché d'élevage asiatique achetait les civelles aux mareyeurs jusqu'à 1200 euros le kg en 2008.

Dans les années 1979-1980 la capture de civelle dans les estuaires et les marais littoraux atlantique les avoisinait les 2700 tonnes -soit près de 8 milliards d'individus capturés- partagées entre la France (2000 t), l'Espagne (200 à 300t), le Portugal (220 à 250 t), l'Angleterre (40 à 50 t) et le Maroc (10 à 20 t) (Elie et Fontenelle, 1982). Depuis les captures de civelles n'ont cessé de

chuter pour atteindre environ 250 tonnes dans les années récentes (Elie, 1979 ; Elie et Fontenelle 1983; Decker, 2007, fig 6).

En Allemagne de l'est, au Danemark et en Italie dans le nord de l'Adriatique l'élevage extensif de l'anguille Européenne dans les étangs était pratiqué jusqu'à la fin des années 1960. Cognetti et De Angelis (1980) indiquent que cette « valliculture » a été pratiquée dans les lagunes vénitiennes depuis l'année 1300 à partir du recrutement naturel en civelles mais celui-ci a diminué considérablement vers la fin des années 70 et des systèmes d'élevage en circuit fermé alimentés en eau chaude ont été développés pour cultiver l'anguille à sa température optimale (24-26°C) de manière intensive. Ces élevages, consistent à engraisser des civelles et des anguillettes récoltées dans le milieu naturel en Italie capturées essentiellement de nuit du mois de novembre à la fin du mois de mars, mais aussi des civelles importées de France, du Portugal, de Grande Bretagne, du Danemark, des Pays Bas ou de Suède. Dans les années 1970-1980 les captures d'anguillettes des lagunes méditerranéennes françaises estimées aux environs de 2000t alimentaient les élevage italiens

Au cours de la décennie suivante l'utilisation de ces systèmes à échelle commerciale s'est développée en Europe, principalement aux Pays Bas, au Danemark et en Italie et dans une moindre mesure en Espagne, en Grèce, en Suède, en Allemagne. La demande de l'aquaculture européenne produisant de l'anguille destinée à la consommation absorbe chaque année de 20 à 30 tonnes de la production totale de civelles et représente le second marché en importance après la Chine dont le marché est ouvert à 200t et plus.

3 - MESURES DE GESTION EXISTANT ACTUELLEMENT DANS LA ZONE CGPM

En principe la pêche à la civelle (70 à 85 mm en moyenne) est interdite ou n'est pas pratiquée dans les pays riverains de la Méditerranée mais on constate dans certains pays l'existence de braconnage et la capture importante de juvéniles sous la forme d'anguillette (entre 90 et 230 mm). Les capêchades utilisant dans les chambres de capture une maille carrée de 8mm de côté sont susceptibles de capturer des anguillettes à partir d'une taille de 140mm.

En France la réglementation pour la gestion de la pêche de l'anguille en Méditerranée comprend plusieurs types de mesures : Une partie d'entre elles concernent la régulation de l'accès à la ressource en limitant le nombre de pêcheurs par le biais de licences communautaires et locales, par l'exigence de conditions de formation professionnelle et par des conditions d'obtention du statut professionnel (durée minimum d'embarquement). L'attribution des postes de pêche se fait au hasard et il existe des calendriers d'ouverture/fermeture des zones de pêche. D'autres mesures concernent les caractéristiques techniques comme les dimensions et l'espacement entre les filets et la taille des barrages qui ne doivent pas excéder 2/3 maximum de la largeur des passages entre mer et étangs afin de favoriser l'échappement des reproducteurs lors de leur migration vers la mer(décret 90-95 du 25 janvier 1990, annexe 2). La règle des 2/3 existe aussi en cours d'eau. Le nombre de filets et de postes de pêche ainsi que la taille minimale de capture sont également réglementés. La pêche des civelles est interdite sur les côtes méditerranéennes françaises alors qu'elle est autorisée en Atlantique et en Manche (décret n° 94-157 du 16 février 1994).

En Italie la pêche des civelles, est réglementée par les décrets du 22 mars 1991 et d'août 1996, est autorisée uniquement aux fins d'engraissement et de repeuplement, sauf pendant la période allant du 15 juin au 15 septembre. La pêche des anguilles subadultes est soumise à l'acquisition d'une autorisation qui est délivrée par la Direction Générale des pêches et de l'Aquaculture en fonction des avis sur l'état des stocks et des quantités pêchées l'année précédente.

En Espagne la pêche des civelles est généralement autorisée entre les mois d'octobre et de mars dans certains secteurs et au moyen d'engins déterminés par l'Administration. Pour les stades ultérieurs, il existe aussi une taille minimale réglementaire qui varie de 20 à 25 cm selon les communautés autonomes. Les organisations de production doivent obtenir des licences de pêche renouvelables annuellement (Perez *et al.*, 2004).

En Grèce la réglementation des pêches interdit totalement la capture des anguilles d'une taille inférieure à 30 cm aux fins de commercialisation. Des autorisations de pêche de ces individus peuvent cependant être accordées lorsque les captures de jeunes anguilles sont destinées au repeuplement (Koutsikopoulos *et al.*, 2009).

En Tunisie l'exploitation de l'anguille est réglementée par le biais de la sélectivité des engins et l'instauration d'une taille minimale : il est interdit de pêcher l'anguille de moins de 30 cm mesurée de la pointe du museau à la naissance de la queue (Arrêté du Ministre de l'Agriculture du 28 septembre 1995 réglementant l'exercice de la pêche en Tunisie). Toutefois, il est toléré le débarquement de ce poisson à des tailles non réglementaires dans une proportion ne dépassant pas 10 % des captures débarquées. La période de pêche est limitée à 4 mois, de novembre à février (Besta, 2010). Des réglementations particulières existent aussi pour certaines lagunes comme celle de Garh el Melh et dans certaines eaux intérieures où la réglementation tunisienne impose 2 mois de repos biologique durant lesquels la pêche de l'anguille est interdite.

En 1998 la Tunisie a ratifié le Protocole relatif aux aires spécialement protégées et à la diversité biologique en Méditerranée dont l'annexe III comprend l'anguille parmi les espèces dont l'exploitation devrait être réglementée en Méditerranée.

Ce pays fait un effort important en terme de mise en place d'un plan de gestion de cette espèce accompagné d'un programme de recherche destiné à alimenter le plan de gestion.

4 - FACTEURS AFFECTANT LA POPULATION EN ATLANTIQUE ET EN MEDITERRANEE

Au niveau de son aire de répartition, la population de cette espèce diminue sans cesse depuis la fin des années 1980. Actuellement cette population panmictique est considérée comme étant en déclin et dans de nombreux pays les pêcheries d'anguille européenne sont considérées comme étant en dehors des limites d'exploitation soutenables (ICES, 2006). L'espèce est considérée par la Commission Européenne comme étant en dehors de ses limites de sécurité biologique. Comme indiqué précédemment le recrutement a atteint ces dernières années son plus bas niveau historique: certains experts l'évaluent entre 1 et 5% du niveau de la fin des années 1970 mais tous ne sont pas d'accord sur cette évaluation. Par ailleurs il semble que la diminution de la population d'anguille européenne ne puisse être considérée comme étant du même ordre de grandeur sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce et si dans de nombreux cas on ne constate aucun signe récent de récupération, la situation semble par contre s'être stabilisée à un niveau très bas dans certaines pêcheries ces dernières années, notamment en Grande Bretagne et dans certaines lagunes méditerranéennes françaises. Les données disponibles montrent que la production d'anguilles jaunes et argentées des pays riverains de la Méditerranée à également diminué (excepté pour l'Egypte). Dans l'ensemble il semble évident que le niveau global de cette ressource atteint actuellement des niveaux exceptionnellement bas.

Le terme de surexploitation, qui a une connotation essentiellement halieutique, est inadapté à la caractérisation de cette raréfaction de l'espèce; en effet il est maintenant certain que plusieurs facteurs ont conduit à cette situation. Parmi Les facteurs mis en cause dans le déclin des populations d'anguilles sont multiples (Elie et Rigaud, 1984 ; GNA, 1984 ; Vigier, 1990 et 1997 ; Bruslé, 1994 ; Moriarty et Dekker, 1997 ; Ringuet *et al.*, 2002). Ces causes peuvent être soit

marines (modification des courants océaniques, réduction de productivité des océans,...), soit affecter la partie continentale du cycle biologique de l'espèce (obstacles aux migrations anadrome et catadrome, disparition de grandes surfaces d'habitats continentaux, exploitation par la pêche à tous les stades du cycle biologique, présence d'organismes pathogènes : virus Herpès virus ou virus EVEX, parasites comme *Anguillicola crassus*, polluants organiques et inorganiques de diverses natures).

Parmi les actions ayant participé à la raréfaction de l'espèce la pêche figure l'installation de barrages et d'usines hydroélectriques, qui constituent de sérieux obstacles à la migration. Les effets de ces ouvrages se font sentir dans les deux sens: quel que soit son usage et sa taille un obstacle limite le nombre d'individus susceptibles de monter ou de descendre les rivières (Elie, et Rigaud, 1984 ; Elie, 1997). De nombreuses expériences ont montré que la survie des anguilles après passage dans ces turbines lors de la phase de dévalaison pouvait être très réduite (Larinier et Dartiguelongue, 1989 ; Larinier *et al.*, 2006 ; Prignon *et al.*, 1998) estiment que sur la Meuse la mortalité directe pour les mâles se situerait entre 34 et 45% et pour les femelles entre 40 et 63%. Il faut savoir que cette mortalité peut être atteinte pour chaque barrage traversé et il suffit souvent de quelques barrages pour anéantir le flux d'individus dévalant. Ainsi Dönni *et al.* (2001) montrent que la mortalité cumulée des anguilles après passage dans 13 centrales hydroélectriques situées sur le Rhin serait de 92,7%. Dans les fleuves espagnols Nicola *et al.* (1996) indiquent que les mortalités dues aux barrages vont de 50 à 100%.

Vis-à-vis des micropolluants, l'anguille européenne, longtemps considérée comme une espèce résistante à la pollution, s'est révélée au fil des événements y être particulièrement sensible par rapport aux autres espèces de poissons (Bruslé, 1990 & 1994). Par sa forte teneur en lipides (en particulier à la fin de sa vie continentale), sa longue phase de croissance, son régime alimentaire opportuniste, varié certes mais surtout carnivore et son mode de vie benthique en dehors de ses phases d'alimentation, l'anguille européenne est une espèce particulièrement exposée aux polluants et aux phénomènes de bioaccumulation. En effet, les quelques résultats issus d'études comparatives sur des peuplements de poissons montrent que l'anguille est l'espèce qui accumule la plus grande quantité de polluants tels que les PCBs (Ashley *et al.*, 2003 ; Tapie *et al.*, 2006, 2010), les HAPs (Pointet et Millet, 2000 ; Roche *et al.*, 200, 2001, 2002), les pesticides et les métaux lourds (Durieu *et al.*, 2006 ; Pierron *et al.*, 2007, 2008).

De plus, comme l'anguille est située au sommet des chaînes alimentaires (Pasquaud *et al.*, 2008). elle peut présenter de forts niveaux de contamination dus aux mécanismes de bioaccumulation mis en œuvre au sein des réseaux trophiques quel que soit l'hydrosystème considéré (littoraux, lagunes, estuaires, fleuves, rivières...). La contamination chimique de l'anguille se réalise, *a priori*, durant sa longue phase de croissance dans les eaux littorales et continentales, seul moment où elle s'alimente en dehors de la phase larvaire (Elie, 1979 ; Elie *et al.*, 1982 ; Tapie *et al.*, 2006 ; Pierron *et al.*, 2007 & 2008). L'anguille, espèce plutôt benthique lorsqu'elle ne s'alimente pas en pleine eau, possède également des niveaux de contamination supérieurs à ceux observés chez les espèces pélagiques (Pieters & Hagel, 1992 ; Durieu *et al.*, 2006).

Enfin la taille ou l'âge des individus va déterminer des niveaux de contamination différents. Ce fait est bien établi pour les PCB (Tapie *et al.*, 2006), les organochlorés et le méthylmercure chez les jeunes anguilles (Bruslé, 1994), le cadmium (Pierron *et al.*, 2007 & 2008) avec des répercussions majeures sur la migration de reproduction (Van Ginneken, 2009) et la reproduction (Pierron *et al.*, 2008). Par ailleurs, en raison de la longue rémanence de nombreux composés organiques ou inorganiques lipophiles, les anguilles de grande taille, âgées de plusieurs années, peuvent présenter des concentrations élevées en polluants, consécutivement à des contaminations qui peuvent ne pas être représentatives ni du site de capture, ni de la période précédent immédiatement la capture de l'individu (contaminations antérieures ou qui se sont produites en

d'autres lieux) (Ramade, 1989 ; Tapie *et al.* 2006 et 2009). Pour l'anguille au stade argenté, qui jeûne durant sa migration transocéanique, l'effet de l'accumulation des polluants est double ; en effet, outre les effets toxiques qui apparaissent de façon progressive tout au long de la vie de l'animal durant sa croissance, les polluants accumulés peuvent être remobilisés et massivement relargués dans la circulation sanguine de l'individu au cours de la phase préparatoire à la reproduction (Sancho *et al.*, 1996 et 2000).

Actuellement, très peu d'études d'écotoxicologie se sont fixé comme objectif d'évaluer l'effet des polluants sur les différentes écophases du cycle biologique de l'anguille européenne et, en définitive, d'évaluer la qualité des géniteurs et leur capacité de reproduction au démarrage de la migration transocéanique de reproduction. Après avoir fait murer artificiellement des anguilles argentées mâles et femelles d'origines différentes, Palstra *et al.* (2006) ont montré non seulement un transfert des PCBs vers les gonades (ovocytes), mais aussi l'existence d'une corrélation positive entre la teneur en PCBs des mères et le temps de survie des embryons ou l'importance des malformations embryonnaires. Ainsi les travaux les plus récents montrent que les contaminants chimiques, et principalement les polluants organiques persistants comme les PCB semblent être des cofacteurs indéniables et majeurs du déclin de l'espèce.

Le parasitisme est aussi très certainement l'une des causes principales du déclin. En effet depuis le début des années 1980 les populations locales d'anguille européenne sont infestées dans une proportion de 30% à 100% par *Anguillicola crassus* un nématode parasite sanguin originaire d'Australie et d'Asie du sud-est où il parasite sans dommage l'anguille japonaise *Anguilla japonica*. Il a vraisemblablement été introduit dans les bassins d'engraissement des aquacultures européennes avec des lots de civelles provenant du Japon (Peters *et al.*, 1986).

Il est apparu en Italie au début des années 1980, en 1982 en Allemagne et en 1984 dans les lagunes du littoral méditerranéen français. Au début des années 1990 il a aussi été signalé dans les eaux continentales nord africaines au Maroc (El-Hilali *et al.* 1996, 2005 - Kheyyali *et al.*, 1999), en Algérie (Djebari, 2009, Loucif *et al.*, 2009) en Tunisie (Gargouri *et al.* 2006) et en Egypte (El Shebly *et al.*, 2007) et il y est devenu très commun (cependant dans l'ensemble les taux d'infestation des anguilles peuplant les eaux nord africaines sont inférieures à ceux observés en Europe). Hizem *et al.* (2010) viennent de faire la synthèse des connaissances sur ce parasite en Tunisie et dans les pays du Maghreb (Tunisie, Algérie, Maroc). En Algérie Boudjadi (2010) dans le cadre d'un travail de doctorat, vient de réaliser une synthèse des informations concernant les parasites de l'anguille dans les hydrosystèmes du Nord Est de ce pays. Cet auteur montre selon les hydrosystèmes des charges parasitaires plus ou moins importantes.

Au Maroc, une première étude, réalisée en 1991, n'a révélé la présence que d'une seule anguille infestée. En 1995 sur le versant atlantique deux sites se sont révélés fortement contaminés puis le parasitisme a gagné les eaux du versant méditerranéen en 1997 et l'ensemble des eaux continentales.

En 2002 *A. crassus* a été observé en Turquie chez les anguilles de la rivière Ceyhan qui se jette dans Méditerranée (Genc *et al.*, 2005).

Ce parasite est également apparu aux USA en 1995, notamment dans les états du Texas et de la Caroline du Nord (Fries *et al.*, 1996).

Le nématode adulte pond ses œufs dans la vessie natatoire de l'anguille puis après leur éclosion les larves passent dans le tube digestif, sont rejetées dans le milieu extérieur et se fixent sur le substrat. Elles sont ensuite ingérées par un hôte intermédiaire, généralement un copépode ou un autre petit crustacé mais parfois aussi des mollusques, des amphibiens, des insectes aquatiques ou des poissons. La larve se développe et atteint son stade infectieux dans l'organisme de l'hôte parénétique pour qui ce parasite ne pose aucun problème. Si celui-ci est ingéré par une anguille le parasite passe alors du tube digestif du prédateur vers la vessie natatoire dans laquelle les

deux derniers stades du cycle se réalisent, y compris le stade reproducteur et le cycle reprend (fig.7).

A. crassus peut infester des anguilles de toutes tailles (à partir du stade pigmentaire VIA3, dès qu'elles se nourrissent de zooplancton) à partir de 7cm et entraîne une diminution du taux de croissance mais surtout il est à l'origine de la dégénérescence de la vessie natatoire avec pour conséquence une altération des échanges gazeux et une perturbation de la fonction hydrostatique qui est essentielle pour la nage et la plongée. Globalement ce parasite provoque une altération forte de la capacité des individus infestés à rejoindre leur aire de reproduction (Moller *et al.*, 1991, Palstra *et al.*, 2007).

De nombreuses observations ont montré que les taux d'infestation par *A. crassus* et les niveaux de prévalence diminuent en fonction du gradient de salinité (Hizem *et al.* 2010). La détermination des indices parasitaires montre que ce sont les anguilles peuplant les plans d'eau douce qui sont les plus infestées par *A. crassus* ; en effet en eau saumâtre les taux d'infestation sont beaucoup moins élevés qu'en eau douce. En Algérie les infestations signalées dans les lacs d'eau douce de Tonga et Oubeira sont 4 à 5 fois plus importantes que dans la lagune El Mellah (Boudjadi, 2010). Dans les plans d'eau marocains, les taux d'infestation rapportés sont de 55,36 % en eau saumâtre (estuaire de l'oued Sebou) contre 69 % et 55 % respectivement dans l'oued Loukkos et l'oued Moulouya (Lachheb 1997, El-Hilali *et al.* 2005). En Tunisie, Gargouri Ben Abdalah et Maarmouri (2006) rapportent chez les anguilles de la lagune Ichkeul, des prévalences de 4,5 à 35% en fonction de la salinité de l'eau (basse en mars après les pluies et élevée en juillet). Ces mêmes auteurs rapportent des prévalences faibles dans les lagunes de Ghar El Melh et de Bizerte tandis que dans la lagune de Tunis, où la salinité est proche de 38 ‰, les anguilles ne présentent pratiquement pas d'infestation par *A. crassus*. Hizem *et al.* (2010) montrent que ces résultats ont fortement évolués dans les mêmes sites

Les capacités natatoires de l'anguille et son processus migratoire peuvent aussi être affectés par certaines infestations virales, notamment celles du rhabdovirus EVEX (Van Ginneken *et al.* 2005). Observé et décrit pour la première fois en 1977 ce virus est présent au Danemark, en Angleterre, en France, en Suède, aux Pays-Bas, au Maroc et en Italie. Chez d'autres espèces, il provoque des hémorragies et des anémies. Chez l'anguille le virus affecte la capacité des individus à réaliser l'ensemble de la migration car en effet au laboratoire dans des tunnels de nage il a été montré que les anguilles infestées ne peuvent pas faire plus de 30% du trajet qui les sépare de la Mer des Sargasses. Les individus meurent donc visiblement d'épuisement en ayant utilisé leur réserves d'énergie à combattre le virus.

Un certain nombre de facteurs naturels sont aussi très certainement à prendre localement en compte comme la prédation aviaire dans certains secteurs (Adam, 1997) ou des facteurs climatiques affectant la circulation océanique (Knights 2003) comme les variations de l'indice NAO d'oscillation nord atlantique (Castonguay *et al.* 1994). En effet l'origine océanique du déclin du stock a été proposé dans les années 1994 aussi bien pour les anguilles euro-méditerranéennes que pour les anguille américaines. Ainsi, les modifications du trajet de certaines branches de courants océaniques associées à un phénomène de dessalement avéré et de perte d'intensité du courant peuvent avoir déjà contribué au déclin de la population mondiale d'anguille européenne en déroutant les larves passives de leurs schémas migratoires traditionnels. Dans ces conditions la survie des larves peut être affectée soit par l'allongement de la durée de la migration, soit par une modification des courant de transports emportant les individus dans des zones peu propices à la survie (Desaunay et Guerault, 1997 ; Knights, 2003). Cependant Bonhommeau *et al.* (2008) en analysant 7 séries de recrutement à différents endroits de l'aire de répartition ont conclu qu'il n'existe aucune corrélation avec les indices de positionnement du Gulf Stream ni avec la force de celui-ci. Enfin des causes indirectes comme l'appauvrissement

des conditions nutritives pourraient être aussi en partie responsable de ces diminutions de recrutement (Desaunay et Guerault, 1997).

5 - OBJECTIFS DE GESTION RECENTS

Selon les avis du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) et de la Commission Consultative Européenne pour les pêches Intérieures le stock d'anguille européenne se trouve en dessous des limites de sécurité biologique et les pêcheries actuelles ne peuvent être durables. L'anguille se trouve aujourd'hui sur la liste des espèces figurant dans l'annexe II de la CITES, Convention sur le commerce international des espèces menacées (annexe 1). Cette liste comprend les espèces qui, bien que n'étant pas nécessairement menacées actuellement d'extinction, pourraient le devenir si leur commerce n'était pas étroitement contrôlé. L'inscription de l'anguille européenne sur cette liste a été notifiée en juin 2007 et la mesure est entrée en vigueur le 13 mars 2009. Elle n'implique pas une interdiction de sa commercialisation, mais une réglementation des transactions commerciales internationales, par le biais de permis et de certificats d'exportation ou de réexportation qui ne devraient être délivrés qu'en l'assurance que le commerce ne nuira pas à la survie de l'espèce dans la nature. Le quota ne s'applique pas directement au pêcheur mais à l'agent d'exportation. L'autorisation des échanges commerciaux pour chaque pays est soumise à la mise en place d'un « Plan de Gestion de l'anguille » permettant de montrer dans chaque unité de l'aire de répartition l'état de cette fraction de population, les réglementations actuelles qui régissent ses captures et son environnement, mais aussi la manière dont celles-ci doivent évoluer pour restaurer cette espèce. L'anguille européenne est également classée en danger d'extinction par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) et elle figure aussi depuis les années 1985 dans la liste rouge des poissons menacés en France (Elie, 1987)

Le CIEM a recommandé l'élaboration d'urgence de plans de gestion pour le stock d'anguille européenne afin de réduire le plus possible l'exploitation et les autres activités anthropiques affectant ce stock. En réponse à cette recommandation l'Union Européenne a demandé à chacun de ses pays membres d'élaborer pour la fin de l'année 2008 un plan de gestion pour chacun des bassins versants représentant un habitat naturel pour l'anguille (Règlement européen No 1100/2007 du 18 Septembre 2007 (annexe 2).

Considérant que les résultats les plus rapides sur la biomasse reproductrice sont à attendre d'une protection accrue des subadultes, ce règlement propose d'agir en premier lieu sur le stock d'anguille argentée dévalantes, puis rapidement sur celui d'anguille jaune et enfin sur celui des civelles.

La protection immédiate des adultes pouvant se faire par une limitation de la pression de pêche et des autres mortalités induites lors de la dévalaison. L'objectif fixé au départ était donc 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. Ceci suppose implicitement la connaissance de la biomasse « pristine » du stock avant toute intervention humaine mais pour la plupart des bassins on manque de séries historiques de données qui pourraient permettre une telle estimation. Pour le moment on ne dispose ni des éléments ni des moyens pour calculer une cible d'échappement équivalent à 40% de la biomasse d'une situation pristine et la plupart des chercheurs s'interrogent sur la pertinence de cette cible de gestion proposée par l'Union Européenne qui s'avère pratiquement impossible à réaliser. On s'oriente donc plutôt vers une cible de restauration intermédiaire qui pourrait être

le niveau moyen de la biomasse des reproducteurs des années 1970, époque où il semble que le recrutement en civelles était encore à des niveaux « normaux ».

Quoiqu'il en soit l'idée est de reconstituer à terme le stock panmictique à partir de l'objectif principal consistant à augmenter l'échappement vers la Mer des Sargasses des reproducteurs potentiels provenant de chaque bassin. Logiquement ce résultat implique que l'on puisse agir sur tous les facteurs de mortalité de l'anguille : pêche, obstacles aux migrations, pollution, agents pathogènes etc...). Cependant il existe encore très peu d'études sur la production et les niveaux d'échappement des anguilles argentées, en particulier à partir des lagunes qui abritent les plus importantes sous-populations dans la région méditerranéenne.

6 - METHODES D'ANALYSE ET D'EVALUATION DES POPULATIONS

Comme nous l'avons vu précédemment, les causes de la diminution du stock d'anguilles sont multiples et agissent certainement en synergie sans qu'il soit possible de hiérarchiser facilement les différents facteurs de pression mis en jeu. Ainsi la restauration de cette population ne pourra se réaliser que si les actions mises en œuvre s'intéressent à la fois à l'espèce elle-même (protection des futurs géniteurs, alevinages important suivant certaines règles, mise en place de zone de réserves...), mais aussi sur ses habitats (franchissement d'obstacle, charges polluante, restauration des zones humides...)

Quoiqu'il en soit l'espèce étant considérée comme en dehors des limites de sécurité biologique, la pénurie de la ressource et le risque de disparition de ce patrimoine naturel d'intérêt international incitent à développer des outils d'aide à la décision publique. Pour répondre à la demande des gestionnaires un certain nombre de modèles de gestion ont été élaborés. Dans ce domaine des travaux menés sur d'autres poissons amphihalins comme le saumon ou l'aloise ont déjà montré tout l'intérêt de telles approches pour la structuration des connaissances et la mise en évidence des lacunes sur la biologie des espèces.

Dans le cas de l'anguille *Anguilla anguilla*, les tentatives de modélisation s'avèrent être le plus souvent partielles et très simplifiées en reposant sur des hypothèses qui ne sont pas vérifiées dans toutes les situations.

Dans certains cas, elles ne concernent qu'une partie du cycle (la civelle par exemple) en insistant sur un aspect comportemental (Lambert, 1994 ; Lambert *et al.*, 1995). Dans d'autres, les déplacements ne sont pas pris en compte (Vollestad et Jonsson, 1988 ; DeLeo G. A. et Gatto, 1995 ; 1996b ; Feunteun, 2002) ou ne sont limités qu'aux échanges entre secteur estuarien et fluvial (Gascuel et Fontenelle, 1994) ou bien ne traitent que du déplacement (Smogor *et al.*, 1995; Ibbotson *et al.*, 2002). Parfois elles se focalisent sur un hydro-système particulier comme les Valli méditerranéennes (De Leo G.A. et Gatto, 1996). Parfois elles se focalisent sur l'aspect halieutique à l'échelle de l'aire de répartition de l'espèce (Dekker, 2000b). D'autres encore modélisent des processus et prédisent des phénomènes d'avalaison par exemple (Feunteun E. *et al.*, 2000). Il faut noter que la plupart des travaux de modélisation s'appuient sur des données de terrain. Cependant, le travail de Gascuel et Fontenelle (1994) se concentre sur une approche conceptuelle et théorique s'intéressant à la modélisation d'un stock d'anguille à l'échelle d'un bassin versant à partir d'une adaptation d'un modèle de rendement par recrue.

Plus récemment des modèles ont été élaborés à partir des données de la littérature, en ayant comme objectif de simuler à partir des abondances de civelles les abondances d'anguilles jaunes et argentées aux différents âges. Ces modèles « paradigmatique » ne sont pas localisés géographiquement mais font référence à un « bassin versant théorique ». Ils se veulent donc applicables à n'importe quel système en notant bien que des adaptations d'application sont à

prévoir. Sur cette base, des scénarios d'évolution des arrivées de civelles sont utilisés pour simuler, donc prédire, l'évolution de l'abondance et de la structure des différentes écophases suivantes dans un bassin versant ainsi que le sex-ratio des sous-populations. Ensuite, les conséquences de scénarios de gestion sont évaluées à l'aide du modèle, aussi bien sur le plan des abondances des différents stades (écophases), avec une attention particulière pour les flux d'anguilles argentées (objectif d'échappement), que sur les captures totales des pêcheries (Lambert et Feunteun, 2006, Lambert et Rochard, 2007). Cependant les auteurs signalent que les conclusions de tels travaux n'ont qu'une portée théorique et qu'ils doivent être confrontées aux réalités terrain de chaque bassin versant.

Les estimations de temps de restauration demandées par le règlement européen R CE n° 100 2007, doivent amener à modéliser la dynamique de fonctionnement de la population d'anguille euro-méditerranéenne et sa réponse aux différentes pressions anthropiques et à leurs améliorations éventuelles sous l'effet de nouvelles mesures de protection adoptées par les pays exploitant cette ressource. Ainsi en 2008 Lambert a adapté un modèle du type de celui développé par Dekker en 2000 puis Astrom et Dekker en 2007 ; ce modèle est particulièrement intéressant car outre la pêche légale il associe les effets de la pêche illégale, les problèmes d'état de santé des individus et les mortalités liées aux obstacles à la migration et à la qualité de l'habitat de l'espèce. Les modèles de Astrom et Dekker (2007) pour le nord de l'aire de répartition ou celui de Bevacqua *et al.* (2007) pour les lagunes Italiennes tiennent surtout compte actuellement de l'effet des captures par pêche et proposent des temps de restauration de stock en n'aménageant que les pêcheries. Selon le modèle de Lambert (2008) divers scénarios de gestion ont été testés comme par exemple des réductions de la mortalité par pêche légale de 0%, 25%, 50%, 75%, 100% et en y associant des réductions équivalentes pour les autres types de mortalités.

Les résultats de ces travaux mettent en évidence qu'un effort de gestion sur tous les facteurs de mortalité serait nécessaire pour restaurer la population d'anguille Euro-méditerranéenne

En conclusion, il faut être conscient du fait que les modèles existant sont tous des représentations simplifiées de la réalité de la dynamique de fonctionnement de la population d'anguille, mais ils sont tous alarmants en termes d'état de cette ressource. Si le modèle de Lambert (2008) permet de prendre en compte les multiples sources de mortalités et de tester l'hypothèse du lien densité/dépendance, aucun ne tient compte pour l'instant de la diversité spatiale de la population et en particulier qu'il existe une fraction de population dans la zone Méditerranéenne et qu'il existe des caractéristiques biologique et écologiques très différentes entre les fractions de populations du nord et du sud de l'aire de répartition (croissance, âge à l'argenteure, facteurs de mortalité etc...).

7 – METHODES D'EVALUATION DE L'ECHAPPEMENT

Pour répondre au principal objectif à court terme des plans de gestion existant ou futurs, un objectif scientifique prioritaire est la mise au point de méthodologies permettant de favoriser l'échappement des anguilles argentées depuis les rivières ou les lagunes vers la mer et de mesurer leur impact sur les populations d'anguilles exploitées.

Très peu d'études ont été réalisées sur l'estimation de la taille de la population des anguilles argentées, leur taux d'exploitation et leur taux d'échappement dans un hydro-système donné. La première à avoir été réalisée sur une lagune méditerranéenne a été menée en 2006 et en 2007 sur la lagune française de Bages-Sigean qui s'étend sur une superficie de 3800 ha et communique avec la mer par une seule ouverture (Farrugio *et al.*, 2006, Amilhat *et al.*, 2007). L'étude a eu plusieurs objectifs : mettre au point une technique de marquage efficace pour l'estimation du taux d'échappement, estimer la taille de la population d'argenteure, déterminer le taux d'exploitation et en déduire le taux d'échappement.

Chaque année entre Octobre et Décembre, période de migration des anguilles argentées vers la mer depuis ce site, les pêcheurs de la lagune s'unissent pour mettre en place deux barrages complets au niveau des passages vers la mer. Les barrages sont constitués d'une enfilade de capéchades. Le protocole a consisté à installer au niveau d'une zone de migration classiquement exploitée dans la lagune un barrage "réglementaire" laissant libre un tiers du passage et à le doubler en aval par un barrage expérimental complet, de manière à évaluer un taux d'échappement par le rapport entre les captures du barrage réglementaire et celles de l'ensemble du dispositif.

La technique de marquage retenue est simple : il s'agit d'une petite injection par seringue hypodermique de colorants non léthaux (peinture et encre acrylique) dans la partie antérieure de la nageoire dorsale. Testée en aquarium cette technique n'a pas induit de mortalité et les marques restaient visibles après 3 mois de captivité. Les anguilles sont préalablement endormies dans un bain d'eugénol. Elles sont alors mesurées, pesées et marquées. Après passage dans un bain de réveil (eau de lagune bien oxygénée), les anguilles sont relâchées le même jour.

Durant toute la campagne, les quantités d'anguilles capturées par les différents pêcheurs participant à l'opération ont été comptabilisées puis ces données ont été traitées au moyen du logiciel SPAS (Stratified Population Analysis System) et par la méthode des estimateurs groupés de Petersen (Seber 1982; Arnason *et al.*, 1996) et la méthode de Darroch (*in* Plante, 1990). Les résultats obtenus au cours de cette étude ont permis de déterminer un taux d'exploitation proche de 18% et un taux d'échappement très important supérieur à 80%. Quelques autres études de l'échappement à partir de marquages réalisées en milieu fluvial dans le fleuve Saint Laurent au Canada en 1996-97 et en 2004-2005 aux Pays Bas dans le Rhin ont permis de déterminer des taux d'exploitation compris entre 13 et 30% et des taux d'échappement compris entre 37 et 80%.

En France sur certains axes fluviaux (La Loire) ont estimé respectivement par marquage-recapture un échappement de 80% (Feunteun et Boisneau. D'autre part (Matthews *et al* 2001, McCarthy et Cullen, 2000 (*in* Prouzet, 2006) estiment à 60% en moyenne l'échappement sur l'Erne River ou sur la rivière Shannon en Irlande.

Actuellement un travail de synthèse sur l'élaboration de « Projets Pilotes pour estimer l'échappement actuel et potentiel de l'anguille argentée » a été commandé par la Commission Européenne à un groupe d'experts réunis au sein du CEFAS (Walker *et al.*, 2010) ; ce groupe doit également réaliser une synthèse des différents modèles existants et leur domaine d'applicabilité.

8 - PLANS DE GESTION EXISTANT ACTUELLEMENT ET A VENIR

On a vu que les plans de gestion demandés par l'Union Européenne aux pays exploitant l'anguille pour contrôler les échanges commerciaux et assurer la traçabilité des productions doivent permettre d'assurer un échappement des futurs géniteurs égal à au moins 40% de la « Biomasse pristine de géniteurs » (annexe 2). Pour être approuvés par l'U.E. ces plans doivent décrire les moyens permettant d'atteindre cet objectif et les moyens à mettre en œuvre pour en évaluer l'efficacité.

A l'heure actuelle 70 plans de gestion sont encore à examiner par l'UE, 15 plans sont déjà approuvés (BE, CZ, DE, DK, EE, FI, FR, IE, LT, LU, LV, NL, PL, SE et UK) et trois sont en cours d'approbation (ES, IT, PT) (fig. 8). Parmi les pays de la rive sud de la Méditerranée seule la Tunisie en a présenté une ébauche et a obtenu un quota d'exportation d'anguilles en 2009. Cependant actuellement pour stabiliser sa production et sa ressource, la Tunisie a élaboré un plan de gestion complet qui a été soumis à la commission européenne en Novembre 2010.

Les exemples français et tunisien sont détaillés ci-après afin de faciliter la conception de plans de gestion de l'anguille dans la zone CGPM :

L'exemple de la France

Un volet national en application du règlement R(CE) N°1100/2007 du 18 septembre 2007, a été élaboré complété par des documents établis par unité de gestion (grands ensembles hydro-systémiques), expliquant plus précisément par hydro-système l'état des fractions de population et les mesures de gestion adoptées. Cet ensemble a été adopté par l'Union Européenne en juin 2010.

Dans une première partie ce plan, qui reprend les éléments du guide européen, réalise d'abord un état de la situation de l'espèce qui comprend :

- La présentation des unités de gestion de l'anguille adoptées par la France (+ 9 annexes qui précisent par région le plan de gestion),
- L'organisation administrative de ces unités (qui administrativement s'occupe de quoi?)
- la description de la population d'anguille et les méthodes pour la décrire,
- la description des méthodes de calcul de l'échappement préconisé par l'Europe et celles adoptées
- la description des différentes pressions subies par les pêcheries et les habitats

Une seconde partie décrit ensuite les mesures de gestion préconisées pour atteindre les objectifs d'échappement des anguilles en abordant un certain nombre de points :

- comment la France entend reconstituer le stock d'anguille,
- quel est le calendrier adopté pour atteindre la cible d'échappement,
- quelles sont les mesures de gestion adoptées pour mieux encadrer la pêche,
- quelles sont les mesures de gestion envisagées pour rendre transparents les obstacles aux migrations (avalaison et dévalaison),
- quelles sont les mesures préconisées concernant les habitats (augmentation de la capacité d'accueil) et les contaminants chimiques (mesures prises pour rétablir la qualité sanitaires des populations d'anguilles),
- quelles mesures seront prises pour la protection des zones humides

Certains dispositifs exigés par le règlement sont ensuite présentés comme par exemple :

- Le programme de repeuplement des eaux intérieures et les précautions à prendre, les zones de relâcher des juvéniles et le dispositif de réservation des anguilles de moins de 12cm (groupe 0+),
- Les mesures de contrôle de la filière de capture et de commercialisation (mesures de traçabilité des captures) et évolutions,
- Les méthodes pour assurer le suivi du taux d'échappement,

Cet ensemble de dispositifs doit permettre de sécuriser les échanges commerciaux entre pays et de faire disparaître les filières illégales de commercialisation.

A l'occasion de l'élaboration du plan de gestion anguille français un certain nombre de problèmes ont été signalés, en particulier :

- l'évaluation de la biomasse pristine de géniteurs (cependant l'extrapolation des productions par type d'habitat et l'analogie avec des systèmes similaires sur lesquels des évaluations ont déjà été établie peuvent permettre de réaliser des approximations basées sur les données historiques avant 1980,

- la difficulté d'évaluation des pressions anthropiques autres que la pêche à l'échelle des fractions de populations sur un hydro-système, au niveau des individus et de leurs habitats (il n'existe actuellement aucune information sur la qualité sanitaire des anguilles argentées dévalantes),
- la gestion de la pêcherie ciblant les individus de moins de 12cm

Le projet de plan de gestion anguille de la Tunisie

Dans le contexte d'une raréfaction de l'anguille euro-méditerranéenne, la Tunisie a tenu à participer à l'effort commun de l'ensemble des pays euro-méditerranéens pour la restauration de cette espèce en inscrivant son effort de gestion dans le cadre fixé par le règlement européen de septembre 2007.

Le plan de gestion Tunisien propose à la fois des mesures de régression des facteurs de mortalités significatifs à court terme et d'autres à plus long terme. Les contours et le contenu du projet de plan de gestion ont été définis durant les années 2009 et 2010 avec l'appui d'une expertise extérieure (Cemagref). Une large consultation des différents acteurs liés à la ressource anguille est à la base de ce projet de plan : administration, organisme techniques, organisations de pêcheurs professionnels, les concessionnaires, les mareyeurs et l'interprofession. Une étroite relation a été établie avec la communauté scientifique en particulier l'INSTM qui sera chargé de la coordination scientifique du plan de gestion. Un groupe de travail a été constitué pour la rédaction du Plan de Gestion Anguille Tunisien.

La concertation est conduite en tenant compte de certains enjeux : participer à la restauration de l'espèce, améliorer les habitats par des actions sur la qualité physico-chimique des milieux aquatiques, maintenir une pêche professionnelle durable et les tissus économiques autour de cette ressource, mieux connaître la filière d'exploitation et de commercialisation, développer des formules d'agrément et de traçabilité des captures y compris pour l'exportation, améliorer le processus de collecte de données pour le suivi de l'espèce et la surveillance des habitats.

Le plan de gestion anguille Tunisien comprend 4 parties:

- Une Introduction montrant la situation particulière de la Tunisie vis-à-vis de cette ressource euro-méditerranéenne et présente l'organisation administrative de la gestion par région ou hydro-systèmes,
- une 1ère partie faisant l'état de l'existant (acquis éco-biologique, connaissances des habitats, des pressions anthropiques (pêcheries, braconnage, industries polluantes,...), synthèse des textes réglementaires actuellement en vigueur encadrant les pressions anthropiques ou en matière de protection d'habitats,
- une 2ème partie décrivant les mesures de gestion de l'espèce et de ses habitats : mesures supplémentaires à prendre par exemple pour la pêche, la connectivité dans les hydro-systèmes, le sauvetage de fractions de population bloquées en pieds de barrage, les mesures d'alevinage, les zones de réserves, la limitation de rejets polluant , la restauration de zones humides.... ,
- une 3ème partie concernant le système de suivi du plan de gestion mis en place et de la mesure des effets du plan sur la restauration de l'anguille (qui s'occupera de quoi comment et ou?? qui a ou aura l'autorité?...),

- enfin une conclusion faisant la synthèse des grandes options choisies par la Tunisie pour participer à la protection et la restauration de l'espèce.

Le plan Tunisien est accompagné d'un programme de recherche ciblé qui a été défini en soutien du plan de gestion Anguille. Toutes les actions proposées dans ce programme de recherche serviront à mieux estimer les potentiels d'accueil pour l'anguille des différents hydro-systèmes continentaux et littoraux et les niveaux de pression sur les fractions de populations d'anguille dans ces hydro-systèmes. Il permettra aussi de mesurer les niveaux d'échappement des futurs géniteurs. En complément ce programme de recherche comportera des mises au point de techniques et de méthodes pour mettre en place les suivis et la gestion de cette espèce en Tunisie

9 – CONCLUSION

Compte-tenu de la fragilité actuelle des populations d'anguille européenne en Atlantique et en Méditerranée un effort commun des pays riverains de la méditerranée apparaît comme une condition nécessaire à une bonne gestion de cette ressource. Peu prises en compte dans les modèles de fonctionnement de population à l'échelon international, les fractions de population d'anguilles peuplant les hydro-systèmes méditerranéens doivent maintenant être intégrées. La mise en place de plans de gestion anguille couvrant l'ensemble des sous régions de la zone CGPM doit donc être considérée comme une action prioritaire.

Cependant en l'état actuel des recherches conduites sur cette espèce dans la zone CGPM, beaucoup d'informations manquent et leur acquisition est nécessaire. En effet outre les éléments sur la démographie des populations peuplant les hydro-systèmes méditerranéens (structure en taille, en ages, en sexes, âges à la dévalaison, vitesse de croissance, qualité des individus en termes de contamination par les polluants ou certains parasites...) d'autres données sont à obtenir. Ainsi il est indispensable de disposer de données particulières telles que celles concernant la qualité des habitats continentaux (capacité d'accueil...), les pressions anthropiques autres que la pêche, la qualité des individus migrants, les niveaux de contamination par certains parasites et virus, la teneur des eaux en polluants chimiques, mais surtout de la chaîne trophique... Ces informations n'existent pas actuellement dans les bases de données CGPM et se pose donc la question de les ajouter à l'existant. Il conviendrait donc de s'orienter dans un premier temps vers un renseignement minimum de cette base de données puis de la compléter par un choix de facteurs pertinents à déterminer dans le cadre des activités des quatre Sous-Comités Scientifiques de la CGPM.

Cependant, chaque pays devrait développer en parallèle sa propre base de données lui permettant de construire et de suivre le «Plan de gestion anguille» proposé et de mesurer son efficacité. Dans cette optique une collaboration entre les experts du Comité Scientifique Consultatif de la CGPM et le groupe de travail de l'EIFAC/ICES sur la gestion de l'anguille pourrait être très profitable.

BIBLIOGRAPHIE

Abouhala A., R. Boukabous, 2009. Structure de la commercialisation des produits de la mer au Maroc. *Options Méditerranéennes ressources.ciheam.org/om/pdf/c17/96605676*

Adam G. 1997. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758) : dynamique de la sous population du Lac de Grand Lieu en relation avec les facteurs environnementaux et anthropiques. Thèse de doctorat Cemagref / Université Paul Sabatier Toulouse. 353p .

Aguilar A., Alvarez M.F., Leiro J.M & Sanmartin M.L, 2005. –Parasite population of the european eel (*Anguilla anguilla* L.) in the rivers Ulla and Tea (Galicia, North Spain). *The IUCN red list of threatened species*

Amilhat E., H. Farrugio, R. Lecomte-Finiger, G. Simon, P. Sasal., 2008. Silver eel population size and escapement in a Mediterranean lagoon: Bages-Sigean, France. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* (2008) 390-391, 05

Anonyme 1984. Groupe national Anguille : Rapport de synthèse et programme quinquennal. Rapport Min Agriculture, Secrétariat d'état à la Mer, Secrétariat d'état à l'environnement. 60p.

Anonyme, 1998. Extract of the report of the advisory committee on fishery management to the European Commission: European eel. 14p.

Anonyme, 2009. Piano Nazionale di Gestione (PNG) per l'anguilla in Italia . Reg. (CE) 1100/07

Anonyme 2010 a. Plan de Gestion Anguille de la France : Volet national. MEEDDM, Onema, MAAP, 120 p.

Anonyme 2010 b. Plan de Gestion Anguille de la France : Volet local de l'unité de gestion Rhône-Méditerranée.32 p.

Ashley,J.T.F., Horwitz,R., Steinbacher,J.C., Ruppel,B., 2003. A comparison of congeneric PCB patterns in American eels and striped bass from the Hudson and Delaware River estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 46 (10), pp. 1294-1308

Aström, M. and W. Dekker (2007). "When will the eel recover? A full life-cycle model." *Ices Journal of Marine Science* **64**(7): 1491-1498.

Bertin L ., 1951. Les Anguilles. Payot, Paris 1951.

Bevacqua D., Melia P., Crivelli A J, Gatto M., and. De Leo G. A.,2007. Multi-objective assessment of conservation measures for the European eel (*Anguilla anguilla*): an application to the Camargue lagoons. *International Council for the Exploration of the Sea. Oxford Journals.* pp.1483 à 1490.

Bonhommeau S., Chassot E., Rivot E., 2008. Fluctuations in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso sea. *Fisheries Oceanography*, 17, 32-44.

Bonhommeau, S., Blanke, B., Tréguier, A. -M., Grima, N., Rivot E., Vermard, Y. & Le Pape, O. (2009).

Can the European eel larvae cross the Atlantic Ocean in 6 months? *Fisheries Oceanography* (in press)

Bonhommeau, S. Le Pape O, Gascuel D, Blanke B, Tréguier A.-M, Grima N, Vermard Y, Castonguay M and. Rivot E 2009. Estimates of the mortality and the duration of the trans-Atlantic

migration of European eel *Anguilla Anguilla* leptocephali using a particle tracking model. *Journal of Fish Biology* (2009) 74, 1891–1914

Boudjadi. Z., 2010 Etat de santé de l'anguille *Anguilla anguilla*, peuplant deux hydrosystèmes de l'extrême nord est Algérien (cas de l'estuaire du Mafrag et du lac Oubeïra) Doctorat Université Badji-Mokhtar, Annaba Algérie , 246p.

Bruslé J., 1990. Effects of heavy metals on eels, *Anguilla* sp. *Aquat. Living Resour.*, 3, 131-141

Bruslé J., 1994. L'anguille européenne *Anguilla anguilla*, un poisson sensible aux stress environnementaux et vulnérable à diverses atteintes pathogènes. *Bull. Fr. Pêche Piscic.* 335 : 237-260

Besta M., 2010. L'exploitation de l'anguille européenne en Tunisie :Réglementation, Etat des lieux et Problématique . *Transversal workshop on European Eel . Salaambo, Tunisia, 23-24 September 2010*

Boetius J., Harding E.F., 1985. A re-examination of Johannes Schmidt's Atlantic eel investigations. *Dana*, 4, 129-162.

Castonguay M, McCleave JD., 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

Castonguay M, Hodson PV, Moriarty C, Drinkwater KF, Jessop BM., 1994. Is there a role of ocean environment in American and European eel decline? *Fisheries Oceanography* 3:197-203

Cepralmar, 2003. L'exploitation de l'anguille en Languedoc–Roussillon (*Anguilla anguilla*) Réalisé dans le cadre du Suivi des pêcheries lagunaires.

Chaouchi B., 1995. Contribution à l'étude de l'écosystème Ichkeul : condition du milieu et peuplements ichtyques. *DEA. Fac. Sci. Tunis.* 282p.

COGEPOMI., 2006. Programme de gestion de l'anguille sur les lagunes méditerranéennes 2006-2008 (Projet). *Direction Régionale de l'Environnement Rhône-Alpes Bassin Rhône-Méditerranée* : 6 p.

Cognetti, G., C., De Angelis., 1980. Anguille e anguillicoltura. *Edagricole.* p.:138.

Crivelli, A. J., N. Auphan, P. Chauvelon, A. Sandoz, J. Y. Menella, and G. Poizat, 2008. Glass eel recruitment, *Anguilla anguilla* (L.), in a Mediterranean lagoon assessed by a glass eel trap: factors explaining the catches. *Hydrobiologia* 602:79-86.

Copemed/INRH Nador, 1998. Situation actuelle de la pêche artisanale en méditerranée marocaine résultats de l'enquête effectuée en décembre 1998

Council of the European Union, 2007. Council Regulation (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel, Brussels, 7 p.

De Leo G. A. et Gatto M., 1995. A size and age-structured model of the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52, 7, 1351-1367.

De Leo G. et Gatto M., 1996a. Modeling and managing European eels of the Valli Di Comacchio lagoons. *Italian Journal of Applied Statistics*, 8, 1, 229-239.

De Leo G. A. et Gatto M., 1996b. Trends in vital rates of the European eel: Evidence for density dependence? *Ecological Applications*, 6, 4, 1281-1294.

Dekker W., 1996. A length-structured matrix population model used as a fish stock assessment tool in : Cowx I.G. ed., Stock assessment in inland fisheries. Fishing news books, 245-259.

Dekker W., 1998. Long-term trends in the glass eels immigrating at Den Oever, the Netherlands. Bulletin Français de la Pêche et de Pisciculture, *Conseil Supérieur de la Pêche*, Paris (France) 349: 199-214.

Dekker W., 2000b. A Procrustean assessment of the European eel stock. *Ices Journal of Marine Science*, 57, 4, 938-947.

Dekker W., 2000c. Impact of yellow eel exploitation on spawner production in lake IJsselmer, The Netherlands. *Dana*, 12, 17-32.

Dekker W., 2003. On the distribution of the European eel (*Anguilla anguilla*) and its fisheries. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 60, 787-799.

Dekker W., 2004. Slipping through our hands, population dynamics of the European eel. *PhD Thesis, University of Amsterdam*

Desaunay Y. et Guerault D. 1997. Saesonal and long term changes in biometrics of eel larvae : a possible relationship between recruitment variation and north atlantic ecosystems productivity. *Journal of fish biology*, 51, 317-339.

Djebbari N., Z. Boudjadi & M. Bensouilah, 2009. L'infestation de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758 par le parasite *Anguillicola crassus* dans le complexe de zones humides d'El Kala (Nord-Est algérien). *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2009, n°31 (1), 45-50.

Dönni W., Maier K. J. and Vicenti H., 2001. Bestandsentwicklung des Aals (*Anguilla anguilla*) im Hochrhein. *Mitt. Zur Fischerei, Buwal*, Bern, 27, 99 pp. In ICES, 2003.

Durrieu G., Maury-Brachet R., Girardin M., Rochard E., Boudou A., 2005. Contamination by heavy metals (Cd, Zn, Cu, Hg) of high fish species in the Gironde Estuary (France). *Estuaries*, 28, 581-591

Durif C, Dufour S, Elie P (2005) The silvering process of the eel: a new classification from the yellow resident stage to the silver migrating stage. *J Fish Biol* 66:1-19

Durif CMF, Dufour S, Elie P (2006) Impact of silvering stage, age, body size and condition on the reproductive potential of the European eel. *Mar Ecol Prog Ser* 327:171-181

Durif CMF, van Ginneken V, Dufour S, Müller T, Elie P (2009) Seasonal evolution and individual differences in silvering eels from different locations. In: van den Thillart G, Dufour S, Rankin C (eds) Spawning migration of the European eel. Springer, Netherlands, pp 13–38

El-Hilali M., Yahyaoui A. & Chetto N., 2005. .Etude de l'infestation des anguilles (*Anguilla anguilla*) par le parasite (*Anguillicola crassus*) dans l'estuaire du Sebou au nord-ouest du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Vie, 2004-2005, 26-27, 39-42.

Edeline, E., Dufour, S., Briand, C., Fatin, D., Elie, P., 2004. Thyroid status is related to migratory behavior in *Anguilla anguilla* glass eels. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 282, 161–270.

Edeline, E., Bardonnnet, A., Bolliet, V., Dufour, S., Elie, P., 2005a. Endocrine control of *Anguilla anguilla* glass eel dispersal: Effect of thyroid hormones on locomotor activity and rheotactic behavior. *Horm. Behav.* 48, 53–63

Edeline, E., Dufour, S., Elie, P., 2005b. Role of glass eel salinity preference in the control of habitat selection and growth plasticity in *Anguilla anguilla*. *Mar. Ecol., Prog. Ser.* 304, 191–199

Edeline E. et Elie P. 2008 Proximate and ultimate control of eel continental dispersal. *Eel Book Processing*. Springer editor,

EELREP (2005). Estimation of the reproduction capacity of European eel. Final report. Available via <http://www.fishbiology.net/eelrepsum.html>. Accessed 13 Oct 2009

El-Hilali M., Yahyaoui A., Sadak A., Maachi M. & Taghy Z., 1996. Premières données épidémiologiques sur l'anguillicolose au Maroc. *Bull. Fr. Pêche et Piscicult.*, 340, 57-60.

El-Shebly AA, El-kady MA, Hossain MY, 2007. A preliminary observation on the pond culture of European eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) in Egypt: recommendations for future studies. *Pak J Biol Sci.* 2007 Apr 1;10(7):1050-5.

Elie P. et Daguzan J. 1976. Alimentation et croissance des civelles d'anguilla anguilla (poisson téléostéen anguilliforme) élevées expérimentalement à diverses températures au laboratoire. *Annales de la Nutrition et de l'alimentation*, 30, 229-244.

Elie P et Fontenelle G. 1982. La pêche de la civelle d'*Anguilla anguilla* en France : Nécessité d'une gestion de cette ressource. *Asso. Internat. Entret. Ecol. Dijon.* 14 p

Elie.P, Lecomte-Finiger. R, Cantrelle. I, Charlon. N.(1982). Définition des limite des différents stades pigmentaires durant la phase civelle d'*Anguilla anguilla*L.. *Vie et Milieu*, 32,(3) :149-157.

Elie P et Rigaud. C 1984 Groupe Anguille : Rapport thématique . Rapport Min Agriculture, Secrétariat d'état à la Mer, Secretariat d'état à l'environnement. 217 p.

Elie P. Et Rigaud C. Etude de la population d'anguille de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine : pêche, biologie écologie. Examen particulier de l'impact du barrage d'Arzal sur la migration anadrome. Université de Rennes, CEMAGREF, URFDAAPP, 175 p.

Elie P. 1997. L'impact d'un barrage d'estuaire sur la migration des poissons amphihalins : solutions de réhabilitation et premiers résultats.

Elie P. (2001) La vie de l'anguille. La Lettre de Sea-River N° 12

Elie. P. et Girard. P., 2009 « Effets des micropolluants et des organismes pathogènes chez l'anguille européenne *Anguilla anguilla* L. 1758 ». Collection Etude CEMAGREF N° 128

Elie P., 1979 Contribution à l'étude des montées de civelles d'*Anguilla anguilla* Linné (Poisson, Téléostéen, Anguilliforme), dans l'estuaire de la Loire: pêche, écologie, écophysiologie et élevage. *PhD thesis, University of Rennes I*

Elie P, Fontenelle G. 1982 La pêche de la civelle d'*Anguilla anguilla* en France. Nécessité d'une gestion de cette ressource. In: *Ecologiques AldE (ed) Colloque sur la production et la commercialisation du poisson d'eau douce*, Dijon, p 1-13

Feunteun E., Acou A., Laffaille P. et Legault A., 2000. European eel (*Anguilla anguilla*): prediction of spawner escapement from continental population parameters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 57, 8, 1627-1635.

Feunteun E., 2002. Management and restoration of European eel population (*Anguilla anguilla*): An impossible bargain. *Ecological Engineering*, 18, 5, 575-591.

Nicola G.G, Elvira B. & Almodovar A, 1996. Dams and fish passages facilities in the large rivers of Spain: effects on migratory species. *Arch Hydrobiol. suppl.* 113. 1-4: 375-379

Ezzat A.E. and El-Seraffy S.S., 1977. Food of *Anguilla anguilla* in Lake Manzalah, Egypt. *Marine Biology* 41, 287-291 (1977)

Ezzat A., Al Kholly A.A. & El Serafi S., 1984. Age and growth of *Anguilla anguilla* L. in lake Manzalah, Egypt. *Bull.Int.Oceanogr. & Fish., ARE*, 10:81-92

Farrugio H., Peyrille D. et Cabos O., 2007. Mesure de l'efficacité de la réglementation française de la pêche à l'anguille dans la lagune méditerranéenne de Bages-Sigean, *IFREMER, Laboratoire Ressources Halieutiques, Sète, HMT/RH Sète/07-01, 9 p.*

Farrugio H. et Quignard J.P., 1981. Les pêcheries fixes lagunaires : caractéristiques et possibilités. *La Pêche Maritime*, 1283 : 289-294

Fries, L.T., D.J. Williams and S.K. Johnson, 1996. Occurrence of *Anguillicola crassus*, an exotic parasitic swim bladder nematode of eels, in the southeastern United States. *Transactions of the American Fisheries Society*. 125 : 794 – 797.

Gandolfi- Hornyold A., 1930. Recherches sur l'âge, la croissance et le sexe de la petite anguille argentée du lac de Tunis. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô. N°17. 50p.*

Genc E., Sahan A., Altun T., Cengüzler U., 2005. Occurrence of the Swimbladder Parasite *Anguillicola crassus*(Nematoda, Dracunculoidea) in European Eels(*Anguilla anguilla*) in Ceyhan River, Turkey. *Turk J Vet Anim Sci.* 29 (2005) 661-663

Gargouri Ben Abdalah L. & Maarmouri F., 2006. Spatio-temporal dynamics of the nematode *Anguillicola crassus* in Northeast Tunisian lagoons. *C.R. Biologies* 329, 785-789.

Gascuel D. et Fontenelle G., 1994. Approche conceptuelle de la modélisation de la dynamique du stock d'anguilles dans un bassin versant : intérêt et adaptation du modèle de rendement par recrue. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 332, 43-56.

Heldt H., 1929. Les civelles du lac de Tunis. Considération sur les époques de présence, taille et le poids. *Bull. Inst. Océanogr. Salammbô*. 10 : 107-124.

Heldt H., 1928. Premières captures de civelles dans le lac de Tunis. *Bull. Stat. Océanogr Salammbô*. N°9. 8p..

Heldt H. 1929. Le lac de Tunis, résultat des pêches aux filets fins. *Bull. Stat. Océanogr. Salammbô*. 30. 1-4

Hizem B., 2003. Caractérisation écobiotique des fractions de populations de *l'Anguilla anguilla* (Linné, 1758) dans deux hydrosystèmes du nord de la Tunisie : Le canal de Kalaât ElAndalous et le Lac Ichkeul. *Mémoire Mastere. INAT. Tunis. 105p.*

Hizem B., Elie P. , Kraïem M. M., 2010. Etude de la contamination de l'anguille européenne par *Anguillicola crassus* (kuwahara, niimi et itagaki, 1974) dans les hydrosystèmes de la Tunisie septentrionale : synthèse des connaissances sur les niveaux d'infestation dans les pays du magrheb. *Cybium* (sous presse)

Hosny C.F.H. & Dowidar N.M., 1988. Anguilla fisheries in lake Manzalah, Egypt. *Rapp. Comm. Int. Mezz Medit.* 31, 2 : 72

Ibbotson A., Smith J., Scarlett P. et Aprahamian M. W., 2002. Colonisation of freshwater habitats by the European eel *Anguilla anguilla*. *Freshwater Biology*, 47, 9, 1696-1706.

ICES, 2002. Report of the ICES/EIFAC working group on eels. *ICES C.M. 2002/ACFM:03*.

ICES, 2003. ICES/EIFAC Working Group on Eel, Nantes, France 2-6 septembre 2002, 96 p.

ICES, 2006. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 23–27 January 2006, Rome, Italy, *ICES CM 2006/ACFM:16*, 352 p.

ICES, 2007. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 3–7 September 2007, Bordeaux, France, *ICES CM 2007/ACFM:23*, 534 p.

ICES, 2008. Report of the Joint EIFAC/ICES Working Group on Eels (WGEEL), 3–9 September 2008, Leuven, Belgium, *ICES CM 2008/ACOM:15*, 212 p.

Kara M.H. & L. Chaoui, 1998. Niveau de production et rendement d'une lagune méditerranéenne : le lac Mellah (Algérie).

Katselis, G., Koutsikopoulos, C., Dimitriou, E. and Rogdakis Y., 2003. Spatial patterns and temporal trends in the fishery landings of the Messolonghi-Aitoliko lagoon system (western Greek coast). *Scientia Marina*, 67(4): 501-511.

Kettle A. J. and Haines K., 2005. How does the European eel (*Anguilla anguilla*) retain its population structure during its larval migration across the North Atlantic Ocean? *NRC Research Press Web site at <http://cjfas.nrc.ca> on 29 November 2005*. J18426

Kheyyali D., Lachheb K., Yahyaoui A. & Hossaini-Hilali J. 1999. Status of European Eel infestation by the nematode *Anguillicola crassus* in aquatic ecosystems in Morocco. *Actes Inst. Agron. Vet.*, 19, 177-180.

Knights B. and White E.M., 1998. Enhancing immigration and recruitment of eels: the use of passes and associated trapping systems. *Fisheries Management and Ecology* 4, 311-324.

Knights B., 2003. A review of the possible impacts of long-term oceanic and climate changes and fishing mortality on recruitment of anguillid eels of the Northern Hemisphere. *Science of the Total Environment* 310:237-244

Koutsikopoulos C., Cladas Y., Zompola S., Dimitriou E., Mitropoulos D., Chatzistryrou A., 2009. Hellenic Eel Management Plan In accordance with council regulation (EC) No 1100/2007. *Ministry Of Rural Development And Food, Directorate Of Aquaculture And Inland Waters*

Kracht R., 1982. On the geographic distribution and migration of I and II-group eel larvae as studied during the 1979 Sargasso Sea expedition. *Helgoländer Meeresuntersuchungen* 35:321-327

Krueger WH, Oliveira K., 1999. Evidence for environmental sex determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Environmental Biology of Fishes* 55:381-389

Lachheb K. 1997. Contribution à l'étude de l'anguillicolose chez l'anguille européenne au Maroc. *Thèse de 3ème Cycle, Inst. Agron. Vét. Hassan II, Rabat*, 91 p.

Lachheb S., 2004. Etude de la sélectivité et de l'efficacité de capture des nasses et des verveux pour la pêche de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (L.1758). *Mémoire de Mastere. INAT. Tunis*. 110p.

Lambert P., 1994. Synthèse des concepts de modélisation du phénomène de migration des civelles d'*Anguilla anguilla* en estuaire. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 335, 99-110.

Lambert P., Rochard E. et Elie P., 1995. A study of the estuarial migration of civelles (*Anguilla anguilla* L., 1758) using individual based simulation. C.C. M :21, ICES/CIEM, Anacat Committee, 8p

Lambert P. et Feunteun E., 1998. Compte rendu des journées " anguilles " de Paimpont du 23 au 25 septembre 1998. GRISAM, 44p.

Lambert P., et Rochard E., 2007 Identification of the inland population dynamics of the European eel using pattern-oriented modelling. *Ecological modelling* 206 ,166–178.

Lambert P., 2008. Evaluation des effets possibles de différents niveaux de réduction des impacts anthropiques sur le temps de restauration du stock d'anguille. Rapport CEMAGREF/ONEMA. 22p.

Larinier M. et Dartiguelongue J. 1989. La circulation des poissons migrateurs : le transit à travers les turbines des installations hydroélectriques. Bull. Français, Pêche et Pisciculture, 312, 94 p.

Larinier M., Chanseau M., Rigaud C., Steinbach P., 2006. Elements d'aide à la définition d'une stratégie de restauration des axes de migration de l'anguille. GHAAPPE Toulouse. Note RA 06-01, 23p

Lecomte-Finiger, R. (1992). Growth history and age at recruitment of European glass eels (*Anguilla anguilla*) as revealed by otolith microstructure. *Marine Biology* **114**, 205–210

Lecomte-Finiger, R. (1994). The early-life of the European eel. *Nature* **370**, 424.

Lefebvre F., Acou A., Poizat G., Crivelli J., Contournet P., Priour F. & Soulas O., 2003. L'anguillicolose chez les anguilles

Loste C. and Dusserre K., 1996. La pêche sur l'étang de Bages-Sigean. Évolutions de 1985 à 1995, *CEPRALMAR Report, Montpellier*, 100 p.

Loucif N., Meddour A. & Samraoui B., 2009. Biodiversité des Parasites chez *Anguilla anguilla* Linnaeus, 1758 dans le Parc National d'El Kala – Algérie. *European Journal of Scientific Research*, 2, 300-309.

Melhaoui M., 1994, Ecologie des ressources halieutiques des eaux continentales à intérêt économique : Anguillidae, Salmonidae. Thèse de doctorat d'état, Université Mohamed 1^{er}, Faculté des Sciences d'Oujda, 212p.

Moller Möller H., S. Holst, H. Lüchtenberg and F. Peterson, 1991. Infection of eel *Anguilla anguilla* from the river Elbe estuary with two nematodes, *Anguillicola crassus* and *Pseudoterranova decipiens*. *Diseases of Aquatic Organisms* 20 : 163 – 170.

Moriarty C. et Dekker W. 1997. Management of the eel. Fisheries Bultin Dublin, 15, 110 p.

Naismith I. A. et Knights B., 1990. Modelling of unexploited and exploited populations of eels *Anguilla anguilla* (L.), in the Thames estuary. *Journal of Fish Biology*, 37, 975-986.

Palm, S, Dannewitz, J., Prestegaard, T., Wickström, H., 2009. Panmixia in European eel revisited: No genetic difference between maturing adults from southern and northern Europe. *Heredity* Volume 103, Issue 1, Pages 82-89

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., 2007. Swimming performance of silver eels is severely impaired by the swim-bladder parasite *Anguillicola crassus*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 352, 244–256.

- Palstra A, van den Thillart G., 2009. Artificial maturation and reproduction of the European eel. In: van den Thillart G, Dufour S, Rankin C (eds) Spawning migration of the European eel. Springer, Netherlands, pp 309–332
- Palstra A. P. Van den Thillart Guido E. E. J. M. 2010. Swimming physiology of European silver eels (*Anguilla anguilla* L.): energetic costs and effects on sexual maturation and reproduction. *Fish Physiol. Biochem.*
- Pasquaud S., Elie, P., Jeantet, C., Billy, I., Martinez, P., Girardin, M., 2008. A preliminary investigation of the fish food web in the Gironde estuary, France, using dietary and stable isotope analyses. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78 (2), pp. 267-279
- Pierron, F., Baudrimont, M., Bossy, A., Bourdineaud, J.-P., Brèthes, D., Elie, P., Massabuau, J.-C., 2007. Impairment of lipid storage by cadmium in the European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Toxicology* 81 (3), pp. 304-311
- Pierron, F., Baudrimont, M., Lucia, M., Durrieu, G., Massabuau, J.-C., Elie, P., 2008. Cadmium uptake by the European eel: Trophic transfer in field and experimental investigations. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70 (1), pp. 10-19
- Pierron, F., Baudrimont, M., Dufour, S., Elie, P., Bossy, A., Baloche, S., Mesmer-Dudons, N., Gonzalez, P., Bourdineaud, J.-P., Massabuau, J.-C., 2008. How cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration. *Environmental Science and Technology* 42 (12), pp. 4607-4612
- Pieters H., Hagel P., 1992. Biomonitoring of mercury in European eel (*Anguilla Anguilla*) in the Netherlands, compared with pike-perch (*Stizostedion lucioperca*) : statistical analysis. In: Vernet J.P. (Ed.). *Impact of Heavy Metals in the Environment*. Elsevier, Amsterdam : 203-217
- Pérez L., Barrera R., Asturiano J.F., Jover M., 2004. Producción de anguilas: pasado, presente y futuro. *Revista AquaTIC*, nº 20, pp. 51-78.
- Peters G. and F. Hartmann, 1986. *Anguillicola*, a parasite nematode of the swimbladder spreading among eel populations in Europe. *Diseases of Aquatic Organisms* 1: 229-230.
- Pierron F., Baudrimont M., Dufour S., Elie P., Bossy A., Baloche S., Mesmer-Dudons N., Gonzalez P., Bourdineaud J.P. and Massabuau J.C., 2008. How cadmium could compromise the completion of the European eel's reproductive migration. *Environ. Sci. Technol.*, 42, 4607–4612.
- Plante N., 1990. Estimation de la taille d'une population animale à l'aide d'un modèle de capture recapture avec stratification, *Masters Thesis, Université Laval, Quebec, Canada*.
- Prignon, C., J.C. Micha, A. Gillet, 1998. Biological and environmental characteristics of fish passage at the Tailfer Dam on the Meuse River, Belgium, pp. 69-84. In : Jungwirth, M., S. Schmutz & S. Weiss (ed.), *Fish Migration and Fish Bypasses. Fishing News Books-Blackwell Science, Oxford*, 438 pages.

Prouzet P., 2006. Impact des facteurs anthropiques et naturels sur le fonctionnement de quelques populations halieutiques. *IFREMER, Centre de Nantes. Laboratoire Ressources Halieutiques d'Aquitaine. Université de Pau et des pays de l'Adour* : 146 p

Ramade F., 1989. *Eléments d'écologie: Ecologie appliquée*. Mac Graw – Hill. 578 p.

Romdhane M.S., 1985. La lagune de Ghar El Melh : Milieu, peuplement, exploitation. *Thèse 3ème cycle. Univ. Tunis. Tunis*. 245p.

Robinet T et Feunteun, E (2002). Sublethal effects of exposure to chemical compounds: A cause for the decline in Atlantic eel . *Ecotoxicology*,11, 265-277.

Roche H., Dorval J., Buet A., Freitas S., Ramade F., 2000-2001. Contamination des anguilles de la réserve naturelle de Camargue par les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAPs) et recherche de biomarqueurs. *Ichthyophysiological Acta*, 23, 71-85

Roche H., Buet A., Jonot O., Ramade F., (2000) Organochlorine residues in european eel (*Anguilla anguilla*) crucian carp (*Carassius*) and catfish (*Ictalurus nebulosus*) from Vaccarès lagoon (French Nature reserve of Camargue) – effects on some physiological parameters. *Aquatic toxicology* 48 (2000) 443-459

Roche H., Buet A., Ramade.F. (2002) Relationships between persistent organic chemicals residues and biochemical constituents in fish from a protected area : th French National Nature Reserve of Camargue. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C* 133 (2002) 393-410.

Sancho E., Ferrando M.D., Andreu E., 1996. Physiological stress responses of *Anguilla anguilla* to fenitrothion. *J. Environ. Sci. Health*, B31(1), 87-98

Sancho E., Fernandez-Vega C., Sanchez M., Ferrando M.D., Andreu-Moliner E., 2000. Alterations on AChE activity of the fish *Anguilla anguilla* as response to herbicide-contaminated water. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 46:57-63

Sebert M-E, Amerand A, Vettier A, Weltzien FA, Pasqualini C, Sebert P, Dufour S (2007) Effects of high hydrostatic pressure on the pituitary-gonad axis in the European eel, *Anguilla anguilla* (L.). *Gen Comp Endocrinol* 153:289–298

Schmidt J., 1906. Contributions to the life of the eel (*Anguilla vulgaris* FLEM). *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions du Conseil International pour l'Exploration de la Mer* 5:137-264.

Schmidt J., 1909. On the distribution of the freshwater eels (*Anguilla*) throughout the world. I. Atlantic Ocean and adjacent region. *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser. Serie Fiskeri* 3: 1-45.

Schmidt J., 1923. The breeding places of the eel. *Philosophical Transactions Royal Society* 211: 179-208.

Smogor R. A., Angermeier P. L. et Gaylord C. K., 1995. Distribution and abundance of American eels in Virginia Streams - Tests of null models across spatial scales. *Transactions of the American Fisheries Society*, 124, 6, 789-803.

Tapie N., Budzinski H., Elie P., Gonthier P., 2006. Contamination en polychlorobiphényles (PCB) des anguilles du système fluvio-estuarien de la Gironde. *Rapport final, Nov.2006, LPTC Bordeaux-Cemagref Bordeaux* : 58 p

Tapie N., Budzinski H., Pasquaud S., Elie P., 2010. PBDE and PCB contamination of eels from the Gironde estuary from glass eel to silver eels. *Chemosphère* (à paraître)

Tesch, F.W., 2003. The eel, 5th ed. *Blackwell Science, Oxford, England*. 408 pp. (Thorpe, J.E., ed.).

Van Ginneken V. J. T. G.E. Maes., 2005 - The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its lifecycle, evolution and reproduction: a literature review

Van Ginneken, V.J.T., 2006. Simulated migration of European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus 1758) PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands. *PhD Thesis, Wageningen University, The Netherlands*: 309 p.

Van Ginneken V.J.T., Ballieux B., Willemze R., Coldenhoff K., Lentjes E., Antonissen E., Haenen O. and van den Thillart G., 2005. Hematology patterns of migrating European eels and the role of EVEX virus. *Comp. Biochem. Physiol. C-Toxicol. Pharmacol.*, 140, 97–102.

Van Ginneken V, Vianen G, Muusze B, Palstra A, Verschoor L, Lugten O, Onderwater M, van Schie S, Niemantsverdriet P, van Heeswijk R, Eding E, van den Thillart G (2005a). Gonad development and spawning behaviour of artificially- matured European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Anim Biol* 55:203–218

Van Ginneken V., Palstra A., Leonards, P., Nieveen, M., van den Berg, H., Flik, G., Spannings T., Niemantsverdriet, P., van den Thillart, G., Murk, A., 2009. PCBs and the energy cost of migration in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Aquatic Toxicology*

Vigier J.F., 1997. Les pathologies des anguilles. Synthèse des connaissances sur la pathologie chez différentes espèces du genre *Anguilla*. CEMAGREF Editions, 198 p.

Vøllestad LA., (1992) Geographic variation in age and length at metamorphosis of maturing European eel: environmental effects and phenotypic plasticity. *Journal of Animal Ecology* 61:41-48

Vollestad L. A. et Jonsson B., 1988. A 13-year study of the population dynamics and growth of the European eel *Anguilla anguilla* in a Norwegian river: Evidence for density-dependant mortality, and development of a model for predicting yield. *Journal of Animal Ecology*, 57, 983-997.

Walker, A.M., Apostolaki, P., Aprahamian, M., Poole, R., De Eyto, E., Dekker, W., Wickström, H., Beaulaton, L., Briand, C., Jouanin, C., Lambert, P., Diaz, E., Andonegi, E., Bevacqua, P., De Leo, G., Ciccotti, E., Cannas, A., Doering-Arjes, P., Fladung, E. & Oeberst, R., 2010. Studies and pilot projects for carrying out the common fisheries policy. LOT 2: Pilot projects to estimate potential and actual escapement of silver eel. Rapport intermédiaire juin 2010. Cefas reference C3517

Yalçin-Özdilek Ş., Gümüş A, Dekker W., 2006. Growth of european eel in a turkish river at the south-eastern limit of its distribution. *Electronic Journal of Ichthyology* October, 2006 2: 55-64

Yahyaoui, 1991 Contribution à l'étude de l'anguille (*Anguilla anguilla*, 1758) dans son aire méridionale de répartition géographique; littoral atlantique et méditerranéen marocain. Thèse d'état, Université Mohamed V, Faculté des sciences de Rabat, 314 p.

Zompola, S., 2008. Dynamics of the migration of the young eels (*Anguilla anguilla*) in the freshwater of Western Greece and its fishery exploitation. *PhD Thesis, Department of biology, Univeristy of Patras*, 168 p.

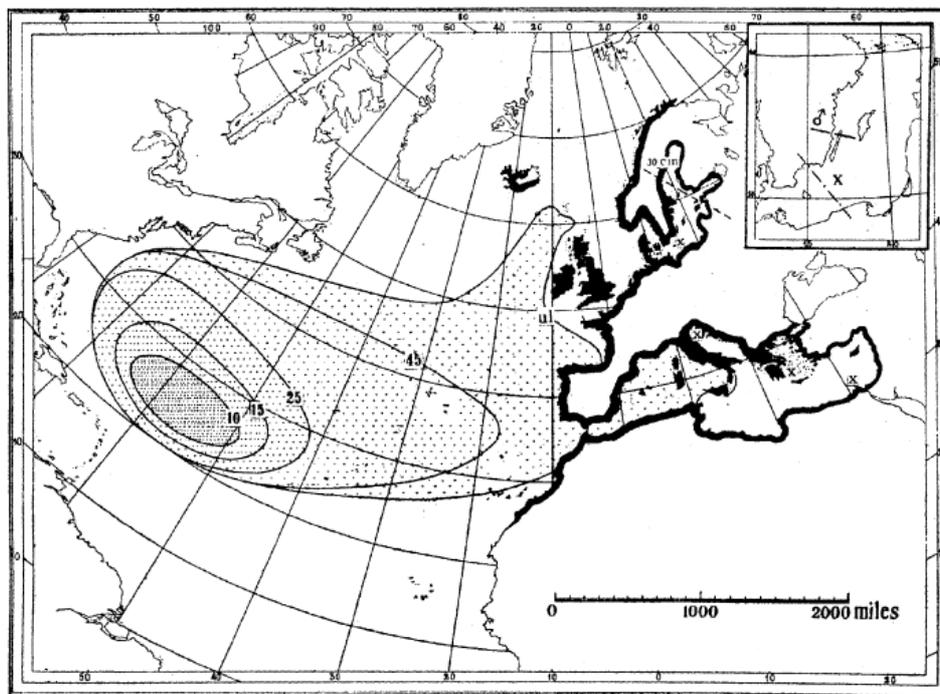


fig.1 . Distribution des larves d'anguille en fonction de leur taille en mm (d'après Schmidt, 1923)

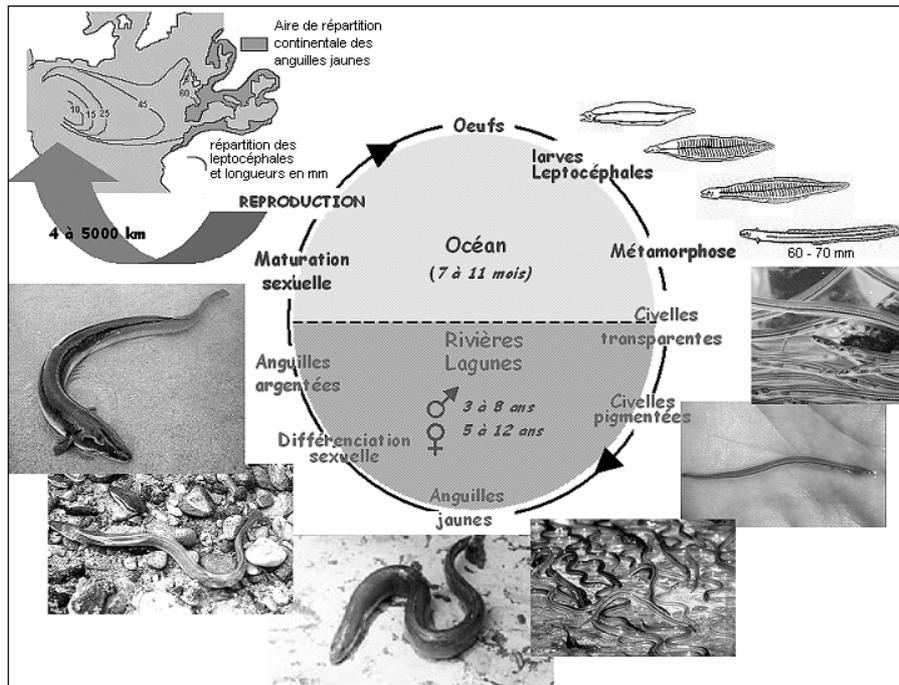


fig. 2 . Cycle vital de l'anguille européenne

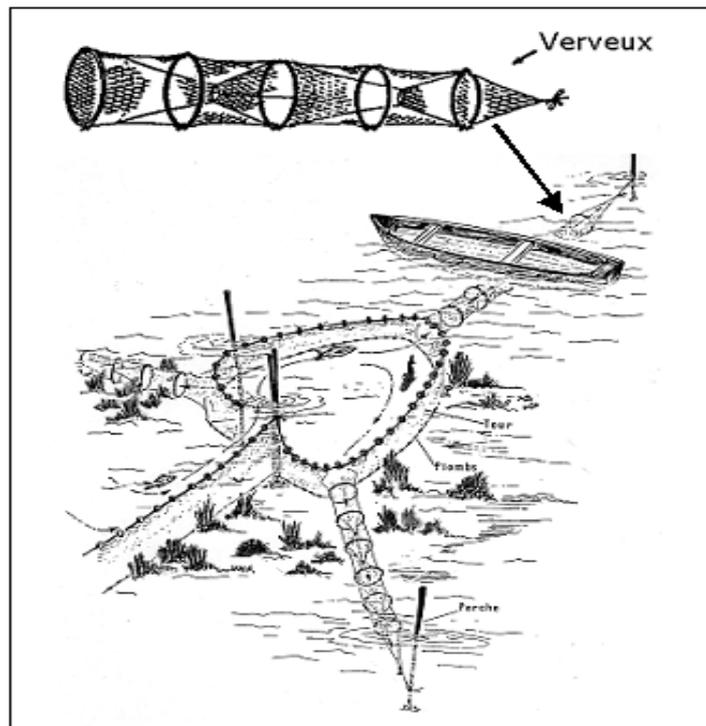


fig. 3 . Filet fixe de type « capéchade ».

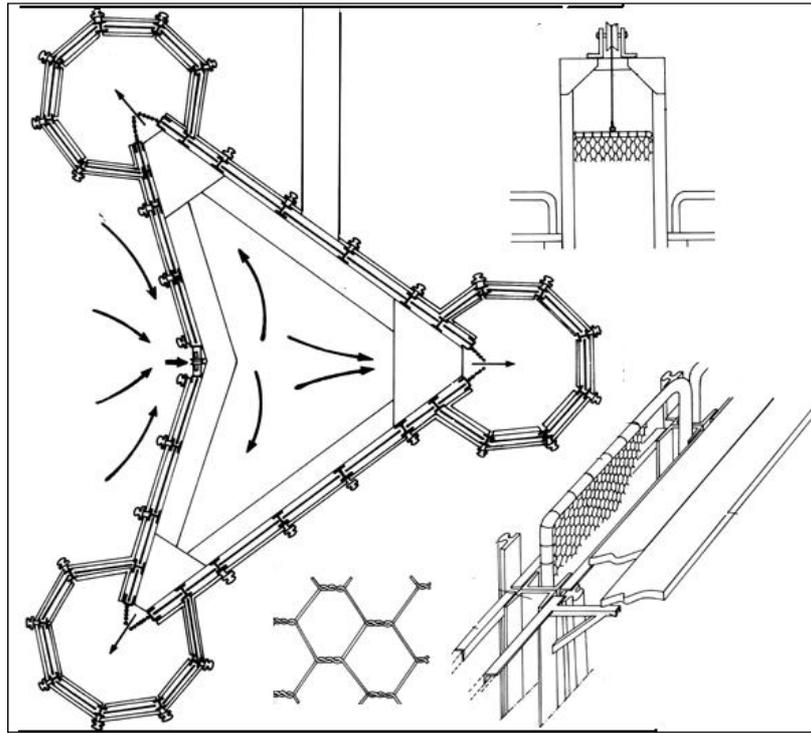


fig. 4 . Schéma d'une bordigue du lac de Tunis

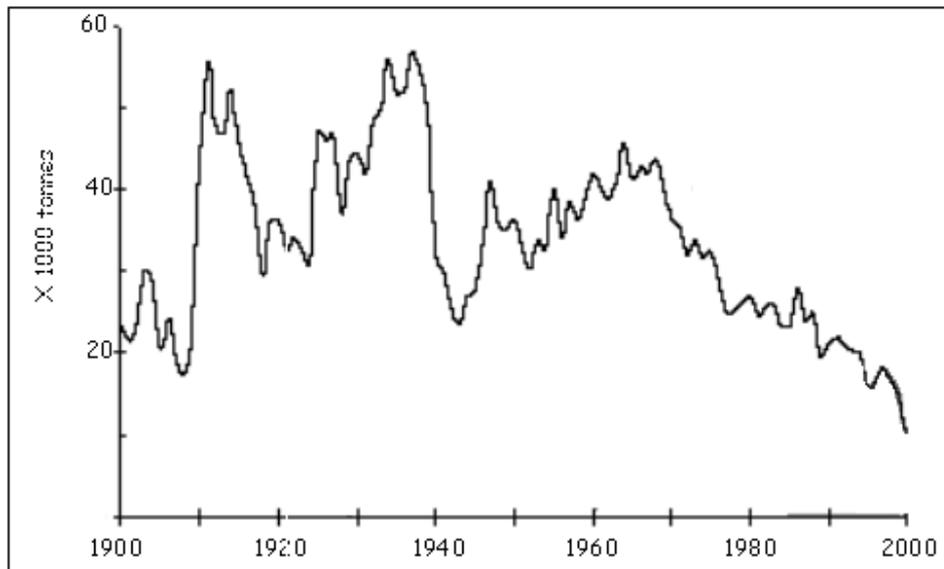


fig. 5. Evolution des captures d'anguille européenne durant le XXeme siècle (d'après Decker, 2004)

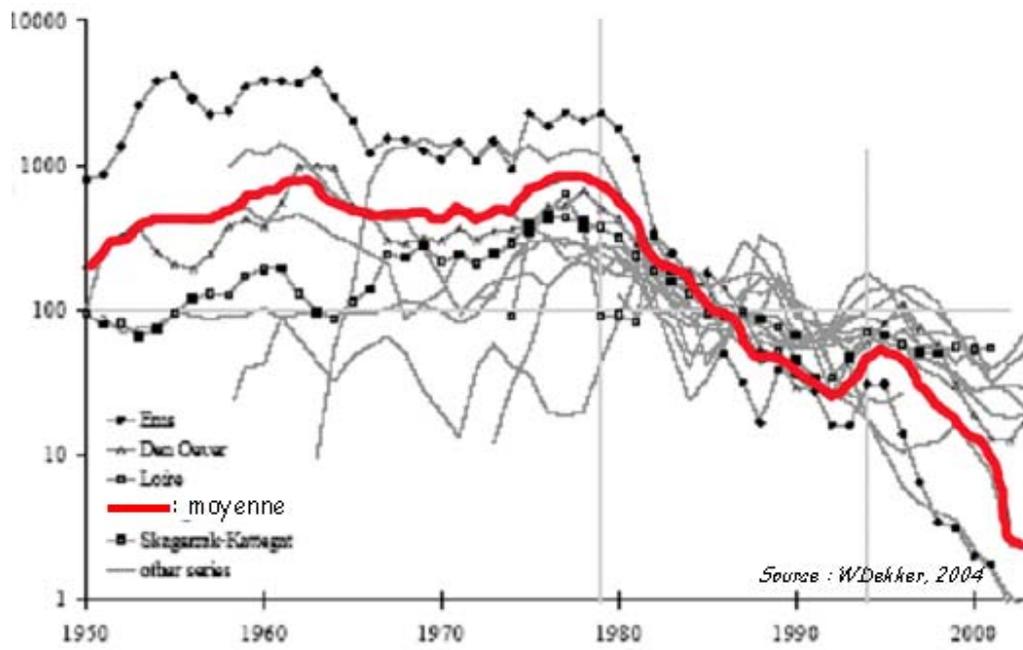


fig. 6 . Evolution du recrutement en civelles dans les eaux européennes (d'après Decker, 2004)

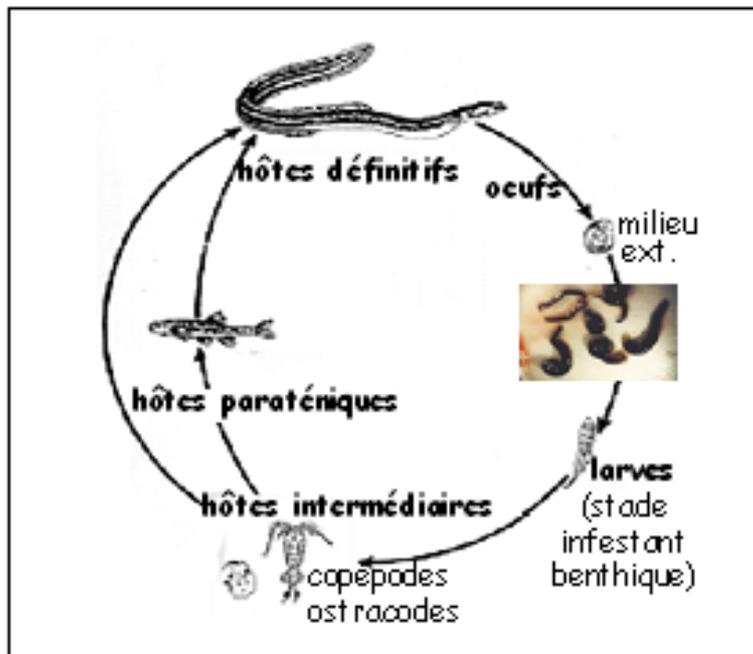


fig. 7 . Cycle du parasite *Anguillicola crassus*

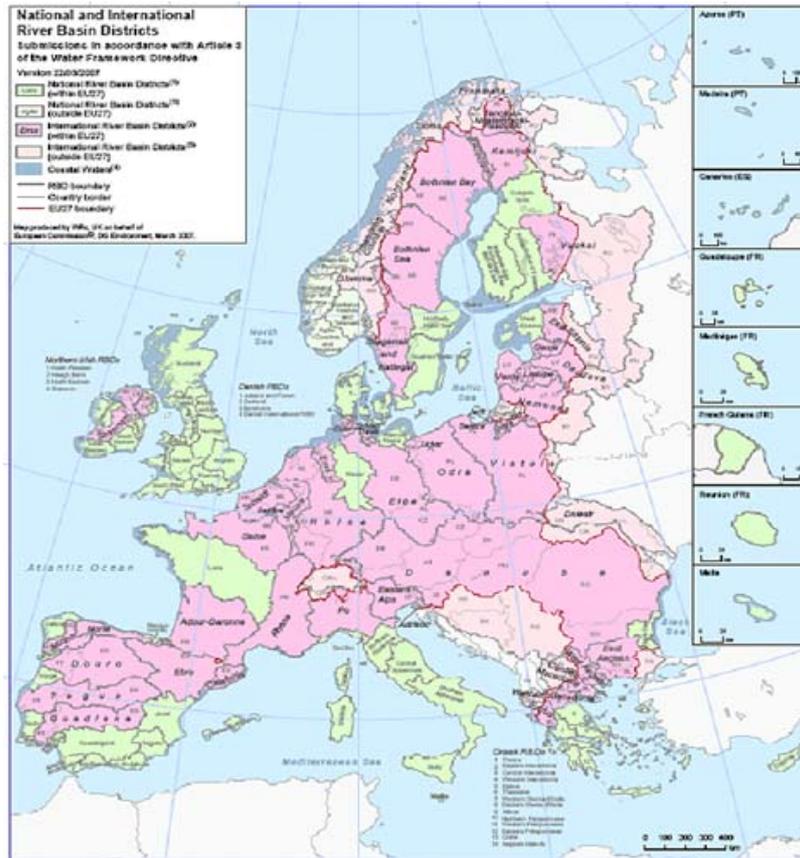


fig. 8. Les plans de gestion anguille à réaliser par Pays. Sont indiqués : les grands ensembles hydrographiques (sous unité de gestion) dans chaque pays, les sous unités de gestion ayant des fractions de stocks d'anguille partagés par plusieurs pays et enfin les pays hors union européenne mais ayant des fractions de stock d'anguille euro-méditerranéenne à gérer.

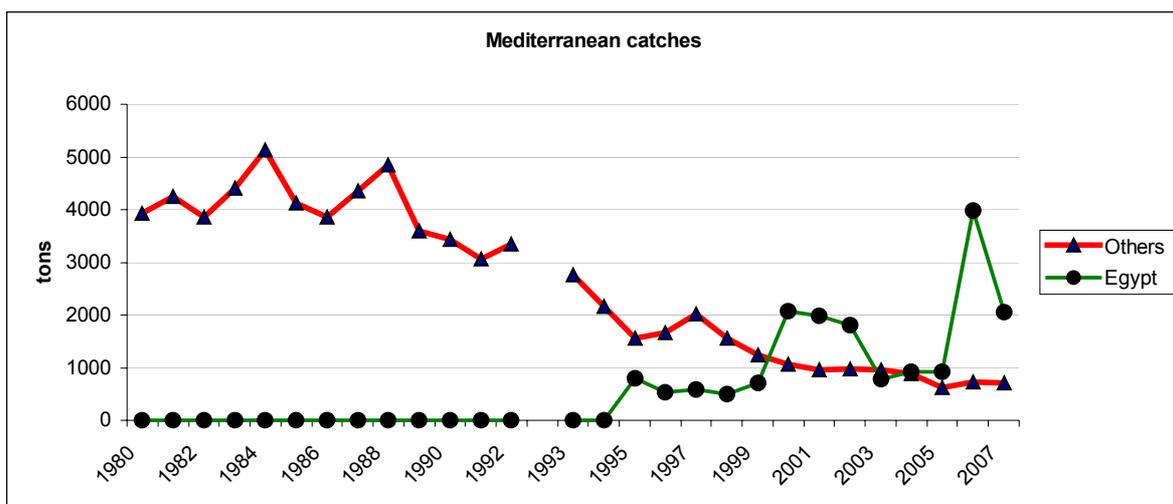


fig. 9 . Evolution de la production méditerranéenne d'anguille européenne
(source : FAO FISHSTAT+)

Country		1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Italy	33391	2264	2340	2087	2076	2361	1907	1928	2076	2155	1301	1199	1106	1662
France	18838	1012	1090	934	1251	1810	1501	1224	1362	1565	1306	1398	1265	941
Turkey	9341	224	374	424	588	616	583	517	543	756	472	230	262	245
Tunisia	6474	423	441	306	349	298	116	160	120	140	280	340	234	224
Albania	1907								177	194	143	165	81	188
Spain	863								59	25	78	70	65	60
Greece	505			14	22	13	13	25	5	10	4	31	41	15
Morocco	251			86	121	33	5		5		1			
Albania	184													
Slovakia	112													
Croatia	37													7
Romania	28													
Algeria	10													
Cyprus	8													
Montenegro	4													
Slovenia	2													
		3923	4245	3851	4407	5131	4125	3854	4347	4845	3585	3433	3054	3342
Egypt	17634													

1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	
1307	986	886	883	1010	682	645	549	446	402	458	387	115	64	109	Italy
589	261	20	126	307	307	77	65	105	105	106	105	2	2	2	France
261	329	390	342	400	300	200	176	122	147	158	165	176	162	179	Turkey
373	390	130	192	202	150	206	108	135	202	166	108	181	250	250	Tunisia
150	100	6	10	21	58	63	70		23		50	102	190	116	Albania
55	50	45	37	33		21	47	11	72	31	33	27	23	21	Spain
17	23	31	21	21	34	16	24	24	16	19	18	15	18	15	Greece
															Morocco
		33	40					98	2		2	3	3	3	Albania
7	20	13	7	8	8	8	4	6	7	5	7	5	4	3	Slovakia
5	5	7	6	7											Croatia
				1	1		26								Romania
					10										Algeria
										6	2				Cyprus
													2	2	Montenegro
									2						Slovenia
2764	2164	1561	1664	2010	1550	1236	1069	947	978	949	877	626	718	700	
		798	537	585	501	709	2064	1979	1802	781	916	924	3983	2055	Egypt

Tab. 1. Statistiques de captures d'anguilles européennes en Méditerranée
(source : FAO FISHSTAT+)

ANNEXE 1

CITES Article IV

Réglementation du commerce des spécimens d'espèces inscrites à l'Annexe II

1. Tout commerce de spécimens d'une espèce inscrite à l'Annexe II doit être conforme aux dispositions du présent Article.

2. L'exportation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance et la présentation préalables d'un permis d'exportation. Ce permis doit satisfaire aux conditions suivantes:

a) une autorité scientifique de l'Etat d'exportation a émis l'avis que cette exportation ne nuit pas à la survie de l'espèce intéressée;

b) un organe de gestion de l'Etat d'exportation a la preuve que le spécimen n'a pas été obtenu en contravention aux lois sur la préservation de la faune et de la flore en vigueur dans cet Etat;

c) un organe de gestion de l'Etat d'exportation a la preuve que tout spécimen vivant sera mis en état et transporté de façon à éviter les risques de blessures, de maladie, ou de traitement rigoureux.

3. Pour chaque Partie, une autorité scientifique surveillera de façon continue la délivrance par ladite Partie des permis d'exportation pour les spécimens d'espèces inscrites à l'Annexe II, ainsi que les exportations réelles de ces spécimens. Lorsqu'une autorité scientifique constate que l'exportation de spécimens d'une de ces espèces devrait être limitée pour la conserver dans toute son aire de distribution, à un niveau qui soit à la fois conforme à son rôle dans les écosystèmes où elle est présente, et nettement supérieur à celui qui entraînerait l'inscription de cette espèce à l'Annexe I, elle informe l'organe de gestion compétent des mesures appropriées qui doivent être prises pour limiter la délivrance de permis d'exportation pour le commerce des spécimens de ladite espèce.

4. L'importation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la présentation préalable soit d'un permis d'exportation, soit d'un certificat de réexportation.

5. La réexportation d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance et la présentation préalables d'un certificat de réexportation. Ce certificat doit satisfaire aux conditions suivantes:

a) un organe de gestion de l'Etat de réexportation a la preuve que le spécimen a été importé dans cet Etat conformément aux dispositions de la présente Convention;

b) un organe de gestion de l'Etat de réexportation a la preuve que tout spécimen vivant sera mis en état et transporté de façon à éviter les risques de blessures, de maladie ou de traitement rigoureux.

6. L'introduction en provenance de la mer d'un spécimen d'une espèce inscrite à l'Annexe II nécessite la délivrance préalable d'un certificat par l'organe de gestion de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit. Ledit certificat doit satisfaire aux conditions suivantes:

a) une autorité scientifique de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit a émis l'avis que l'introduction ne nuit pas à la survie de ladite espèce;

b) un organe de gestion de l'Etat dans lequel le spécimen a été introduit a la preuve que tout spécimen vivant sera traité de façon à éviter les risques de blessures, de maladie ou de traitement rigoureux.

7. Les certificats visés au paragraphe 6 ci-dessus peuvent être délivrés, sur avis de l'autorité scientifique pris après consultation des autres autorités scientifiques nationales, et, le cas échéant, des autorités scientifiques internationales, pour le nombre total de spécimens dont l'introduction est autorisée pendant des périodes n'excédant pas un an.

ANNEXE 2

EXTRAITS DU RÈGLEMENT (CE) No 1100/2007 DU CONSEIL du 18 septembre 2007 instituant des mesures de reconstitution du stock d'anguilles européennes

Article 2

Élaboration d'un plan de gestion de l'anguille

1. Les États membres recensent et définissent les différents bassins hydrographiques situés sur leur territoire national qui constituent l'habitat naturel de l'anguille européenne (ci-après dénommés «bassins hydrographiques de l'anguille»); ces bassins peuvent comprendre des eaux marines. Sur présentation des justifications appropriées, un État membre peut désigner l'ensemble de son territoire national ou une unité administrative régionale existante comme constituant un seul bassin hydrographique de l'anguille

3. Les États membres élaborent un plan de gestion de l'anguille pour chaque bassin hydrographique tel que défini au paragraphe 1.

4. L'objectif de chaque plan de gestion 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. Le plan de gestion des anguilles est établi dans le but de réaliser cet objectif à long terme.

5. L'objectif visé en matière de taux d'échappement est déterminé de l'une des trois manières suivantes, les données disponibles pour chaque bassin hydrographique de l'anguille étant prises en compte:

- a) utilisation des données recueillies dans la période la plus appropriée précédant 1980, à condition que leur nombre et leur qualité soient suffisants;
- b) estimation, à partir de l'habitat, du potentiel de production, en l'absence de facteurs de mortalité anthropique; ou
- c) en fonction de l'écologie et de l'hydrographie de bassins de même type.

6. Chaque plan de gestion de l'anguille présente une description et une analyse de la situation actuelle de la population d'anguilles dans le bassin hydrographique concerné, qu'il relie à l'objectif visé en matière d'échappement au paragraphe 4.

7. Chaque plan de gestion de l'anguille comprend des mesures visant à atteindre, à suivre et à vérifier la réalisation de l'objectif fixé au paragraphe 4. Les États membres définissent les moyens à mettre en oeuvre en fonction des conditions locales et régionales

8. Le plan de gestion de l'anguille comprend, de manière non limitative, les mesures suivantes

- la réduction de l'activité de pêche commerciale,
- la limitation de la pêche récréative,
- les mesures de repeuplement,

- les mesures structurelles visant à permettre le franchissement des rivières et à améliorer les habitats dans les cours d'eau, conjointement avec d'autres mesures de protection de l'environnement,
- le transport des anguilles argentées des eaux intérieures vers des eaux d'où elles puissent migrer librement vers la mer des Sargasses,
- la lutte contre les prédateurs,
- l'arrêt temporaire des turbines des centrales hydroélectriques,
- les mesures en faveur de l'aquaculture.

Article 4

3. La réduction des captures visée au paragraphe 2 peut être remplacée totalement ou partiellement par des mesures immédiates portant sur d'autres facteurs de mortalité anthropique, qui permettent à un nombre d'anguilles argentées équivalent à celui qui serait obtenu par une réduction des captures de migrer vers la mer pour s'y reproduire.

Article 7

Mesures concernant le repeuplement

1. Si un État membre autorise la pêche d'anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm, que ce soit au titre d'un plan de gestion de l'anguille élaboré conformément à l'article 2 ou au titre d'une réduction de l'effort de pêche conformément à l'article 4, paragraphe 2, ou à l'article 5, paragraphe 4, il affecte au moins 60 % de toutes les anguilles d'une longueur inférieure à 12 cm pêchées dans ses eaux chaque année destinées à la commercialisation en vue de servir au repeuplement dans les bassins hydrographiques de l'anguille tels que définis par les États membres conformément à l'article 2, paragraphe 1, aux fins d'augmenter le taux d'échappement des anguilles argentées.

2. Le pourcentage de 60 % destiné au repeuplement doit être fixé dans un plan de gestion de l'anguille établi conformément à l'article 2. Ce pourcentage sera fixé à au moins 35 % au cours de la première année d'application d'un plan de gestion de l'anguille et il augmentera progressivement par tranches annuelles de 5 % au moins. Le niveau de 60 % est atteint, au plus tard, le 31 juillet 2013.

Article 12

Contrôle et exécution concernant les importations et exportations d'anguilles

Au plus tard le 1er juillet 2009, les États membres:

- prennent les mesures nécessaires pour déterminer l'origine et garantir la traçabilité de toutes les anguilles vivantes qui sont importées ou exportées depuis leur territoire,
- déterminent si les anguilles qui sont récoltées dans la zone communautaire et exportées depuis leur territoire ont été capturées dans le respect des mesures de conservation de la Communauté,
- prennent des mesures en vue de déterminer si les anguilles récoltées dans les eaux d'une organisation régionale de pêche concernée et importées depuis leur territoire ont été capturées dans le respect des règles convenues au sein de l'organisation régionale de pêche en question.