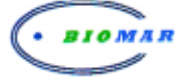




وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة باجي مختار - عنابة



**UNIVERSITÉ BADJI MOKHTAR - ANNABA
LABORATOIRE BIORESSOURCES MARINES**

**FACULTÉ DES SCIENCES
DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MER**

MÉMOIRE

**Présenté en vue de l'obtention du diplôme de Magistère en Écologie Marine
Option : Aquaculture**

**MORPHOLOGIE, STRUCTURE ET DYNAMIQUE DE LA
POPULATION D'ANGUILLE EUROPEENNE
ANGUILLA ANGUILLA (L., 1758) DANS LA LAGUNE DU
MELLAH**

Par :

YOUBI Chems Eddine

Devant le jury d'examen :

Président

M. KARA H. (Professeur, Laboratoire Bioressources marines, Université d'Annaba).

Directeur

CHAOUI L. (Maître de conférences, Laboratoire Bioressources marines, Université d'Annaba).

Examineur

M. DERBAL F. (Maître de conférences, Laboratoire Bioressources marines, Université d'Annaba).

M. DRAREJA B. (Maître de conférences, Université d'Annaba).

2011-2012

SOMMAIRE

Résumés.....	1
INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I : GENERALITES.....	5
1. Le milieu	5
1.1. Situation géographique.....	5
1.2. Le climat.....	5
1.3. Bathymétrie.....	6
1.4. Sédimentologie.....	7
1.5. Hydrologie.....	7
1.5.1 Les échanges d'eau entre la mer et la lagune	7
1.5.2 Courantologie.....	8
1.6. Caractéristiques physico-chimiques des eaux.....	8
2. Les peuplements.....	9
2. 1. Les peuplements planctoniques.....	9
2. 2. La macroflore.....	9
2. 3. La macrofaune benthique.....	10
2. 4. Les poissons.....	10
3. Aménagements et exploitation.....	11
3. 1. Aménagements	11
3.1.1Aménagement du chenal.....	11
3.1.2 La bordigue.....	11
3.1.3 Les installations conchylicoles.....	11
3.2. Exploitation.....	12
4.. Valeurs sociales et culturelles.....	12
2. Etat des connaissances sur l'espèce étudiée.....	14
2.1 Systématique : <i>Anguilla anguilla</i> (Linné 1758).....	14
2.2. Aire de répartition.....	15
2.3. Cycle biologique.....	16
2.3.1. Phase de reproduction.....	16
2.3.2. Le développement embryonnaire et la phase larvaire.....	17
2.3.3. La phase de pénétration en eau douce : le stade civelle.....	17
2.3.4. Stade anguilette : phase de colonisation des eaux continentales.....	18

2.3.5. L'anguille jaune	18
2.3.6. Stade intermédiaire	19
2.3.7. Stade anguille argentée	19
2.3.8. Phase de migration de reproduction.....	20
2.4. Hypothèse de la panmixie.....	20
CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	22
1. Echantillonnage.....	22
2. Détermination du stade de développement et du sexe.....	23
3. Biométrie.....	25
4. Détermination de l'âge individuel des poissons.....	27
4.1. Extraction, conservation et observation des otolithes.....	28
4.2. Recherche de la périodicité du dépôt de l'anneau d'arrêt de croissance.....	29
4.3. Le rétrocalcul des tailles aux différents âges	30
5. Etude de la croissance	31
CHAPITRE III : RESULTATS.....	33
1. Structure démographique.....	33
2. Biométrie.....	36
3. Détermination de l'âge.....	38
3.1. Lecture directe des otolithes	38
3.2. Variations de l'accroissement marginal des otolithes	39
3.3. Le rétrocalcul des tailles aux différents âges.....	40
4. Etude de la croissance.....	42
4.1. Croissance linéaire absolue.....	42
4.2. Croissance relative ou relation taille-poids.....	43
4.3. Croissance pondérale absolue.....	46
CHAPITRE IV : DISCUSSION.....	47
1. Morphologie.....	47
2. Structure démographique	47
3. Age et Croissance.....	48
Conclusion	53
Références bibliographiques	54
Annexes.....	65
Liste des figures.....	72
Liste des tableaux.....	74

RESUME

Ce travail est une contribution à la biologie de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*; Linné 1758) de la lagune du Mellah. Différents aspects ont été abordés : sa structure, sa biométrie, son âge et sa croissance.

La structure démographique montre que les tailles sont comprises entre 17,5 et 75,8cm. En fonction du stade du développement, les anguilles jaunes dominent généralement dans toutes les classes de taille et représentent 78,50% de l'effectif étudié. Selon le sexe, les femelles dominent avec 59,59% de la population totale. Une prépondérance des mâles est observée à partir d'une taille de 45cm. L'ensemble des distributions de la longueur totale présente des allures unimodales, avec des bases assez larges témoignant d'une assez grande dispersion des tailles.

La caractérisation morphologique de l'anguille européenne du Mellah et la recherche d'un éventuel dimorphisme sont abordés, pour cela quatorze caractères métriques ont été utilisés pour décrire la morphologie chez la population totale, les mâles, les femelles, les stades jaunes et argentés. La croissance des différentes parties du corps de cette espèce n'est pas toujours isométrique par rapport à la longueur totale ou céphalique. Les différences morphologiques entre les mâles et les femelles existent, mais dans la pratique, il est difficile de distinguer le sexe à l'aide des caractéristiques morphologiques.

L'âge des anguilles est déterminé par otolithométrie, celui-ci est marqué par le dépôt d'un seul anneau en mai-juin. L'âge de la population échantillonnée est compris entre 1 et 6 ans pour les femelles et 2 et 6 pour les mâles dont la croissance est plus rapide par rapport à celle des femelles. La longueur asymptotique (L_{∞}), déterminé à partir du modèle de Von Bertalanffy, est égale à 53,29cm pour les mâles et à 60,24cm pour les femelles. La croissance relative indique une allométrie majorante pour la population totale et les mâles et une isométrie de croissance pour les femelles ($P \leq 0,05$).

Mots-clés. *Anguilla anguilla*, croissance, structure, âge, Lagune Mellah, Algérie.

SUMMARY

This work is a contribution to the biology of European eel (*Anguilla anguilla*; Linné 1758) of the lagoon of Mellah. Various aspects were approached: its structure, its biometrics, its age and its growth.

The demographic structure shows that the sizes lie between 17,5 and 75,8cm. According to the stage of the development, the yellow eels generally dominate in all the classes of size and account for 78,50 % of studied manpower. According to the sex, the females dominate with 59,59 % of the total population. A preponderance of the males is observed starting from a size of 45cm. The whole of the distributions overall length takes unimodal forms, with rather broad bases testifying to a rather great dispersion of the sizes.

The morphological characterization of European eel of Mellah and the search for a possible dimorphism are approached, for that fourteen metric characters were used to describe morphology in the total population, the males, the females, the yellow and silver plated stages. The growth of the various parts of the body of this species is not always isometric compared to the overall length or cephalic. The morphological differences between the males and the females exist, but in practice, it is difficult to distinguish the sex using the morphological characteristics.

The age of eels is determined by otolithometry, this one is marked by the deposit of only one ring in May - June. The age of the sampled population lies between 1 and 6 years for the females and 2 and 6 for the males whose growth is faster compared to that of the females. The asymptotic length (L_{∞}), given starting from the model of Von Bertalanffy, is equal to 53,29cm for the males and 60,24cm for the females. The relative growth indicates an allometry raising for the total population and the males and a isometry of growth for the females ($P \leq 0,05$).

Keywords. *Anguilla anguilla*, growth, structure, age, Mellah Lagoon, Algeria

ملخص

هذا العمل هو مساهمة في علم الأحياء من ثعبان البحر الأوروبي (أنغيلا أنغيلا، ليننيوس 1758) للملاح البحرية. وناقشت مختلف جوانب : هيكلها، القياسات الحيوية، والعمر والنمو.

التركيبة السكانية تبين أن أحجام تقع بين 17،5 و 75،8 سم. وفقا لمرحلة من مراحل التنمية ، و ثعبان البحر الأصفر تهيمن عموما في جميع الطبقات من حجم وتمثل 78،50 % من القوى العاملة التي شملتها الدراسة. وفقا للجنس، والإناث 59،59 % مع الهيمنة من مجموع السكان. ويلاحظ كثرة من الذكور بدءا من حجم 45 سم. كامل طول توزيعات العام يأخذ أشكالا الأحادي الواسطة، مع قواعد واسعة بدلا تدلي بشهادتها أمام لتشتت كبير بدلا من الأحجام.

تناقش المورفولوجية توصيف ملاح ثعبان البحر الأوروبي وإيجاد مثنوية الشكل ممكن، واستخدمت لهذا أربعة عشر حرفا متري لوصف التشكل بين مجموع السكان مراحل الذكور والإناث، والأصفر والفضة. نمو أجزاء مختلفة من الجسم من هذا النوع ليست دائما متساوي القياس النسبي ل الطول الإجمالي أو الرأسي. الاختلافات الشكلية بين الذكور والإناث موجودة ، ولكن في الواقع أنه من الصعب تمييز الجنس باستخدام الخصائص المورفولوجية.

يتم تحديد السن التي ثعابين otolithometry ، تتميز بأنها إيداع حلقة واحدة مايو حزيران / يونيو والعمرى للسكان عينات بين 1 و 6 سنوات للإناث والذكور 2 و 6 التي تنمو بوتيرة أسرع مقارنة مع الإناث. طول مقارب (لام ∞) ، تحديد من طراز فون برتالانفي ، تساوي 53،29 سم للذكور و 60،24 سم للإناث. النمو النسبي يشير قياس التنامي العلوي بالنسبة لمجموع السكان والنمو والذكور للإناث متساوي القياس (ف ≥ 0.05).

INTRODUCTION

La population de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est, depuis une vingtaine d'années, en régression constante sur toute sa zone de répartition, Europe et Afrique du Nord. Selon le CIEM (2006), le stock d'anguille est en dessous de ses limites biologiques. Le niveau d'abondance observé depuis 1990 a chuté de 80 % en trois générations. Le recrutement est à un niveau minimal historique et la plupart des observations ne montrent pas de tendance à la récupération.

Les causes de cette régression sont multiples et synergiques. Selon la commission des pêcheries intérieures (EIFAC) de la FAO, elles peuvent être classées en deux groupes, les causes d'origine océanique et celles d'origine continentale. Les facteurs océaniques, principalement représentés par les perturbations dues au réchauffement climatique, interviendraient dans la zone nord du Gulf Stream et dérouteraient davantage au nord les larves leptocéphales au cours de leur migration. Même si aucune relation claire n'a été démontrée avec la chute du recrutement (Moriarty & Dekker, 1997), nombre de références bibliographiques font état de ce déclin (Moriarty 1986; Hagström & Wickström 1990 ; Svärdsön, 1999; Dekker 2003). Il a d'abord eu lieu dans la partie nord de l'Europe (Westin, 1998) et s'étend dorénavant à toute l'aire de répartition de l'espèce. Les facteurs continentaux sont multiples: la pêche qui s'exerce sur l'ensemble des écophases, la très forte régression des habitats de grossissement, les difficultés de circulation, le non accès à une grande partie du réseau hydrographique, la toxicité des polluants, l'infestation parasitaire, etc...

L'anguille est un poisson migrateur amphihalin thalassotoque c'est-à-dire qu'il croît dans les eaux continentales, saumâtres ou douces avant de rejoindre son lieu de reproduction situé dans la mer des Sargasses (Fontaine, 1975; McDowall, 1999). Sur le plan ichthyologique, l'anguille européenne est l'une des espèces occupant la plus grande diversité d'habitats. Elle est en effet susceptible de coloniser tous les types d'habitats accessibles depuis la mer et constitue généralement un élément majeur de nombreux hydrosystèmes fluviaux et estuariens. Sur le plan écologique, elle est considérée comme un excellent bioindicateur de l'intégrité du continuum fluvial et de la qualité des hydrosystèmes (Feunteun, 2002). Sa présence dans les cours d'eau indique en effet l'existence et l'accessibilité d'habitats diversifiés (marais, plaines d'inondation des vallées fluviales, zones amont des cours d'eau, etc.), mais également une bonne qualité physico-chimique de l'eau; l'espèce étant particulièrement sensible aux pollutions diffuses (Robinet & Feunteun, 2002). Cette espèce est aussi un item alimentaire

important pour de nombreux prédateurs aquatiques tels que les Ardéidés (Feunteun & Marion, 1994). Elle joue également un rôle important dans le fonctionnement des hydrosystèmes, plus particulièrement dans les flux de matières organiques (Laffaille et *al.*, 2000). Pour toutes ces raisons, l'anguille européenne doit être considérée comme une espèce parapluie (selon la définition de Simberloff, 1998), c'est-à-dire que toute aide à la gestion durable de cette espèce ne peut être que profitable à tous les autres organismes de la biocénose aquatique ainsi qu'au milieu concerné (Feunteun, 2002). Elle constitue de plus une ressource socio-économique importante. Tous ses stades continentaux (civelle, anguilette, anguille jaune et argentée) sont exploités à travers l'Europe pour une production globale annuelle moyenne estimée à environ 20 000 tonnes d'anguilles, correspondant à environ 2 billions d'individus, prélevés par an sur toute l'Europe (Dekker, 2000).

Ce travail s'insère dans le cadre du programme BIODEEL, initié par le laboratoire bioressources marines (Chaoui, 2009), ayant pour objectif la caractérisation de l'état des stocks des fractions de population d'anguille dans le nord-est algérien, en tenant compte des pressions anthropiques et de leurs impacts directs (pêche) ou indirects (modification des caractéristiques naturelles du milieu) sur les poissons dans la mesure où les connaissances sur la biologie, la démographie, les déplacements des anguilles européennes dans les estuaires et les milieux côtiers sont lacunaires. Dans ce cadre, les particularités biologiques, écologiques et dynamiques de cette espèce dans la lagune du Mellah (extrême nord-est de l'Algérie) seront recherchées. Ces informations permettront d'établir les plans de gestion des stocks et d'aménagement des milieux, nécessaires à une exploitation rationnelle et durable de cette ressource.

CHAPITRE I : GENERALITES

1. Le milieu

1.1. Situation géographique

La lagune Mellah dénommée localement lac Mellah ou "Garaat El-Melha" est localisée à l'extrême Est de l'Algérie près de la ville d'EL-Kala à proximité de la frontière algéro - tunisienne ($8^{\circ} 19' 30''E$, $36^{\circ} 53' 50''N$), en bordure de la Méditerranée entre deux cap Rosa et Roux (Fig. 1).

Le Mellah s'étend du Nord au Sud sur 4 km et d'Est en Ouest sur 2 km, couvrant ainsi une superficie d'environ 865 hectares. C'est un plan d'eau de type "estuarien" (Guelorget et Perthuisot, 1983), allongé plus ou moins perpendiculairement à la côte. Il communique avec la mer par un chenal long d'environ 870 m et de 15 m de large (Ondpa, 2005). Il reçoit, en outre, les eaux douces des oueds Mellah et Bouaroug au sud, et de l'oued R'kibet à l'ouest. Ses extensions marécageuses se trouvent essentiellement au nord, au départ du chenal, et au sud, à l'embouchure de l'oued Bouaroug.



Figure 1. Vue satellitaire du système lacustre de la région d'EL-Kala (modifié de: [www. maps.google.com](http://www.maps.google.com) , [18/11/ 2010]).

1.2. Le climat

El-Kala bénéficie d'une forte pluviométrie qui fait d'elle une des régions les plus arrosées d'Algérie, se situant dans l'étage bioclimatique Sub-humide chaud. Le minimum absolu observé a lieu en décembre avec $6^{\circ}C$ et le maximum en août avec $39^{\circ}C$. La région, particulièrement sa partie lacustre, bénéficie d'une forte pluviométrie et reçoit une moyenne

annuelle de 910 millimètres, avec un maximum de 1300 mm. L'humidité atteint ses valeurs les plus fortes au lever et au coucher du soleil et dans les mois les plus froids, en janvier et décembre. Les vents dominants, ceux de Nord-Ouest, avec une vitesse moyenne variant de 3,3 à 4,8 m/s, apportent les précipitations les plus importantes venues de l'atlantique. A l'opposé, le Sirocco souffle principalement en été venant du Sud-Est, assèche l'atmosphère et favorise, avec les températures élevées, les incendies de forêts (Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, 2005).

1.3. Bathymétrie

La profondeur de la lagune varie suivant les différents secteurs; à l'Ouest de l'étendue les fonds sont en pente assez marquée et la profondeur croit rapidement vers le centre jusqu'à moins de 6 m. Dans la partie Est sur près de 500 m la profondeur maximale est de 2 m, au-delà existe une rupture de pente jusqu'à une profondeur à un peu plus de 5 m (fig. 2) (Guelorget et *al.*, 1982). La lagune est caractérisée par deux plateaux peu profonds (< 2 m), correspondant à l'accumulation périphérique des matériaux détritiques du bassin versant, longeant les rives et on note également l'existence de cônes alluviaux au droit des embouchures des principaux oueds notamment au Sud (Guelorget et *al.*, 1989). D'autre part, Messerer (1999), signale que la profondeur maximale de la lagune ne dépasse pas 5,20 m, relevée dans la partie centrale de l'étendue en octobre 1996 (in Drareja, 2007).

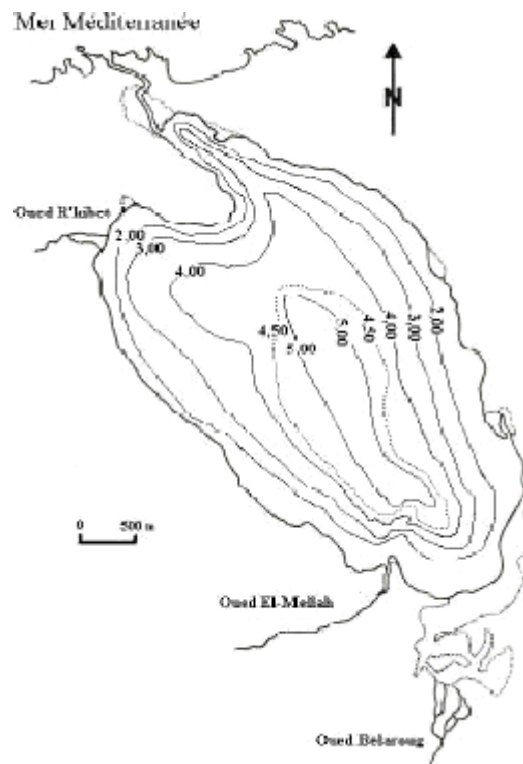


Figure 2. Bathymétrie de la lagune Mellah (d'après Guelorget et *al.*, 1982).

1.4. Sédimentologie

La granulométrie de la lagune Mellah comme dans la majorité des lagunes méditerranéennes, s'organise d'une façon concentrique; c'est-à-dire que la taille des grains diminue régulièrement de la rive vers le centre de la lagune. Toutefois, Draredja (1992) signale en saison printanière avant l'aménagement du chenal de communication (1988), l'existence de cinq zones lithologiques, allant des sables purs près des rives aux vases pures au centre de l'étendue, en passant par les sables légèrement envasés, les vases sableuses et les vases légèrement ensablées. Selon cet auteur, la fraction pélitique reste également importante dans les sédiments de la zone centrale de l'étranglement de la lagune au Nord. Les tapis de l'herbier *Ruppia sp* couvrent les sables purs du pourtour lagunaire (Drareja, 2007).

1.5. Hydrologie

1.5.1 Les échanges d'eau entre la mer et la lagune

Le bassin versant, avec un périmètre de 56,15 kilomètres, couvre une superficie de 81,45 kilomètres carrés, le site reçoit les eaux des Oueds Riguibet au Nord-Ouest et Laroug au Sud-Ouest. Son régime hydrologique est influencé d'une part, par les mouvements de l'eau marine pénétrant par le chenal, les échanges entre le lac se faisant dans une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre, et d'autre part, par les apports directs d'eau douce lors des pluies et, enfin, les eaux charriées par les Oueds. Ceux du Mellah et Laroug au sud, Riguibet au Nord-Ouest et Setha. De plus, une partie de l'eau recueillie dans le bassin versant du Mellah s'infiltré et alimente les nappes souterraines, elles-mêmes en communication probable avec la lagune. L'apport des ruisseaux peut être estimé à environ 20 M m³/an (Messerer, 1999). Le chevelu hydrographique, très lâche, est constitué par 4 ordres de cours d'eau, on note au total une longueur de réseau d'environ 94,89 kilomètres (Messerer 1999). El Mellah se caractérise par une diversité de situations hydrologiques, dont le gradient de salinité lui confère une grande richesse halieutique et limnologique. Il est relié à la mer par un chenal de 900 mètres de long, de 20 mètres de large et d'une profondeur de 0,5 à 2 mètres. L'altitude du Mellah étant au niveau de la mer, le chenal évacue à son niveau moyen, lorsque l'apport des précipitations est important, le trop-plein d'eau douce. Ce phénomène qui s'observe surtout d'octobre à avril permet au lac d'avoir un bilan positif. A l'inverse, pendant la saison chaude, de mai à septembre, la réduction des précipitations et l'augmentation de l'évaporation ont tendance à diminuer le niveau moyen du lac, et on assiste alors à une compensation du volume général par un apport d'eau marine par le biais du chenal. Ce bilan négatif du lac provoque un courant lent, prenant naissance dans la baie du chenal qui,

conjugué aux vents dominants Nord-Ouest, circule du Nord au Sud en ce qui concerne la rive-Est du lac et du Sud au Nord pour la rive-Ouest, adoptant ainsi un mouvement circulaire en boucle. Les mesures réalisées par Guelorget et *al.*, (1989) et Messerer (1999), ont montré qu'entre le plus bas niveau (en été) et le plus haut (en hiver), l'amplitude pouvait atteindre environ 80 cm.

1.5.2 Courantologie

Les marées sont mises en évidence par l'alternance de mouvements d'entrées d'eaux de mer vers la lagune (le flot), et les sorties des eaux de celle-ci vers la mer (le jusant). Dans la lagune Mellah, ces marées peuvent atteindre une amplitude de 40 cm (Thomas et *al.*, 1973). Cependant, la dynamique des eaux de la lagune est réglée par le régime des marées non seulement barométriques (Semroud, 1983) qui sont d'ailleurs très faibles, mais surtout d'origines astronomiques (Ounissi et *al.*, 2002). Le régime de marée est de type microtidal semi-diurne. Il peut être occulté par le remplissage de la lagune en hiver et au printemps, où la marée se trouve masquée par l'évacuation d'eau excédentaire continentale. En été, le régime semi-diurne des données de trois cycles effectués au niveau du chenal, montre que les sorties annuelles moyennes sont quatre fois plus importantes que les entrées. Selon Guelorget et *al.* (1989), la circulation des eaux de surface du bassin s'effectue en une lente rotation périphérique dans le sens des aiguilles d'une montre (fig. 3A), en concordance avec la direction des vents dominants Nord-Ouest. Contrairement, Messerer (1999) décrit une courantologie rectiligne des eaux superficielles de la lagune (fig. 3B et 3C), du Nord au Sud pendant la pleine mer (le flot) et inversement durant la basse mer (le jusant).

1.6. Caractéristiques physico-chimiques des eaux

D'une manière générale, et pour la même période, les eaux de la lagune du Mellah sont caractérisées par une homogénéité des paramètres physico-chimiques, aussi bien verticalement qu'horizontalement; ceci est favorisé par la faible profondeur moyenne de la lagune (inférieure à 3m). Toutefois, les particularités saisonnières sont bien marquées (Draredja et Kara; 2004).

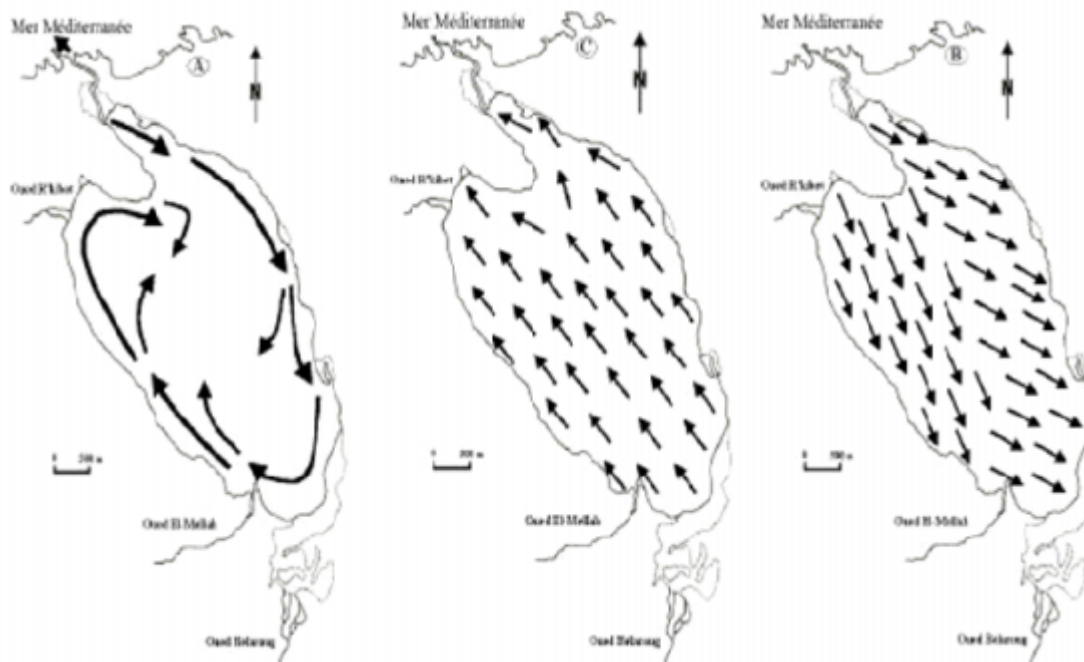


Figure 3. Mouvements des eaux superficielles. A: trajectoires hypothétiques (d'après Guelorget et *al.*, 1989). B et C: mouvements rectilignes des eaux respectivement pendant le flot et le jusant (d'après Messerer, 1999).

2. Les peuplements

2. 1. Les peuplements planctoniques

Sur le plan de la diversité planctonique, 200 espèces de phytoplancton ont été identifiées par Remita (1999) et 47 espèces de zooplancton par Haridi (1999) (Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, 2005).

2. 2. La macroflore

La lagune du Mellah se caractérise par l'existence de rives extrêmement réduites dont une grande partie de la végétation très diversifiée est terrestre. En effet, la configuration générale des rives permet à la végétation ligneuse constituée de maquis de *Pistacia lentiscus*, *Myrtus communis*, *Calycotum villosa*, *Cistus salvifolis*, *Quercus coccifera*, *Quercus suber* et *Quercus faginea* de s'installer très près de la limite des eaux de la lagune. Au niveau de la rive Ouest s'élèvent des massifs de chêne liège (*Quercus suber*) avec un cortège de végétation allant jusqu'à 2 ou 3 mètres de la limite des eaux. La partie Nord-Ouest a fait l'objet d'un reboisement d'eucalyptus qui cède la place vers le Nord à une vaste aulnaie développée à la

faveur du delta de l'Oued Erriguibet. Sur le plan floristique, un groupement de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) se situe au Nord-Ouest du Mellah sur des sables et des argiles lagunomarine riches en lumachelles ou calcaires issus de la décomposition de coquillages marins. Il occupe environ 2 % de la superficie étudiée à une altitude de 10 mètres. Il existe aussi une variété de groupements végétaux composés d'une suberaie pure, d'une cocciferaie pure, d'un mélange de chêne liège (*Quercus suber*) et de chêne kermes (*Quercus coccifera*) avec une prédominance de chêne liège et un mélange de ces deux espèces avec la bruyère *Erica arborea*. La pinède de pin d'Alep (*Pinus halepensis*) constitue une curiosité floristique sur les dunes car cette espèce est essentiellement calcicole. Le maquis à *Myrtus communis*, celui à *Calycotum villosa* et à lavande (*Lavandula stoechas*), les pelouses, le peuplement à Pin maritime (*Pinus maritima*), les peuplements à Eucalyptus, l'olivieraie et les cultures, constituent la couverture végétale du bassin versant de la lagune (Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar, 2005).

2. 3. La macrofaune benthique

L'inventaire de la macrofaune benthique de la lagune du Mellah réalisé par Draredja et Kara (2004) entre décembre 1997 et décembre 1998 a révélé la présence de 42 espèces (annexe 1): 13 mollusques, 14 polychètes, 12 crustacés et 5 espèces appartenant à des embranchements faiblement représentés, formant le groupe dénommé "divers". La densité moyenne à l'échelle de la lagune est estimée à 2816,6 ind/m².

2. 4. Les poissons

Les eaux de la lagune hébergent un peuplement piscicole relativement diversifié, composé de 38 d'espèces appartenant à vingt familles (annexe 2), dont la majorité (71%) sont des migrateurs marins lagunotrophes. Les espèces sédentaires ne représentent que 24% de la richesse ichtyologique totale du milieu. Il s'agit essentiellement de petits poissons gobiidés, blenniidés et syngnathidés. Enfin, seul deux poissons dulçaquicoles pénètrent dans cette lagune. Seules sept espèces sont très communes: *Atherina boyeri*, *Anguilla anguilla*, *Chelon labrosus*, *Liza aurata*, *Mugil cephalus*, *Sparus aurata* et *Dicentrarchus labrax*. Les quatorze espèces communes comprennent 6 sédentaires, 6 résidentes temporaires et 2 visiteuses dulçaquicoles. Les espèces peu communes, au nombre de 6, sont réparties entre sédentaires (2) et résidentes temporaires (4). Les visiteurs marins exceptionnels sont *Apogon imberbis*, *Coris julis*, *Belone belone*, *Lichia amia* et *Mullus surmuletus* (Chaoui, 2005).

3. Aménagements et exploitation

3. 1. Aménagements

Ces derniers ont concernés le chenal reliant la lagune à la mer, l'installation d'une bordigue et de tables conchylicoles.

3.1.1 Aménagement du chenal

L'aménagement du chenal réalisé en 1988, a permis de l'élargir à 20 m (section mouillée) et d'approfondir son lit à 2 m, afin d'améliorer les échanges hydriques et d'augmenter la salinité de la lagune. Un système de régulation hydraulique a été prévu afin de renouveler un volume d'eau d'environ 21,5.106 m³ par mois et d'autre part, de maintenir la salinité proche de celle de la mer (FAO, 1987).

Les dunes de sables à l'Ouest du chenal, qui sont sous l'influence directe des vents dominants (Nord-Ouest), doivent être stabilisées par la plantation d'espèces locales, afin de réduire les phénomènes d'érosion par le transport éolien et par conséquent le colmatage du chenal. Dix ans après l'aménagement du chenal, on assiste à un ralentissement remarquable de la circulation des eaux lors du flux et du reflux. Cette situation est due à un ensablement très important, qui réduit progressivement la section libre du chenal, et également aux courants côtiers transportant le sable dans les zones mortes du chenal. D'autre part, les crues hivernale et printanière des oueds charrient d'importantes charges de matériaux, dont une partie pouvant être acheminée vers le chenal lors du jusant.

3.1.2 La bordigue

La bordigue, décrite par Cataudella et Ferlin (1984), est un piège construit dans le chenal de communication avec la mer et destiné à la capture des poissons lors de leur migration génésique. Ce système est actif toute l'année ; il est considéré comme un barrage à poisson composé d'un ou plusieurs déflecteurs qui devient ou stoppent les poissons durant leur phase migratoire et les conduisant vers de grandes cages métalliques appelées chambres de capture. La bordigue est composée de sept unités de capture polygonale ou chambres (c1 à c7) disposés en "V" dont la pointe est dirigée en amont du courant. Un jeu de passerelles montées avec des madriers en bois reposent sur des équerres métalliques, permet aux pêcheurs de se déplacer d'une chambre à l'autre.

3.1.3 Les installations conchylicoles

Actuellement, il n'existe aucune activité conchylicoles dans le Mellah, seule la récolte de bivalves est exercée dans cet écosystème. La cueillette de la palourde (*Ruditapes*

decussatus) et accessoirement celle de la coque (*Cerastoderma glaucum*), sont exercées depuis 1990. Celles-ci sont pratiquées manuellement sur les rives accessibles (< 1,20 m). La récolte est concentrée notamment sur les rives Est et Sud, en raison de l'importance du gisement dans ces endroits.

3.2. Exploitation

La pêche artisanale existe dans la lagune Mellah depuis le début du siècle. L'activité de pêche des poissons, repose essentiellement sur le système de pièges à poissons (bordigues) selon la période de migration des espèces. La pêche au trémail est pratiquée surtout en bordure de la lagune. La production aquacole est très variable d'une année à une autre (fig. 4 et 5), en fonction surtout de l'effort de pêche exercé et des conditions hydrologiques très variables de la lagune. La production piscicole est constituée essentiellement de mullets, loup, sole, dorade, marbré et anguille, pêchés à différentes périodes de l'année. L'exploitation de la lagune est basée essentiellement sur la pêche des poissons.

4.. Valeurs sociales et culturelles

La valeur socio-économique du site est reconnue à travers les emplois générés par les activités de pêche au niveau de la lagune. Sur le plan des pêcheries, cette lagune exploitée par une entreprise privée joue un rôle socio-économique important dans la région. La production aquacole est très variable d'une année à une autre, en fonction surtout de l'effort de pêche exercé et des conditions hydrologiques très variables de la lagune. La production piscicole est constituée essentiellement de mullets, loup, sole, dorade, marbré et anguille, pêchés à différentes périodes de l'année. L'exploitation de la lagune est basée essentiellement sur la pêche des poissons.

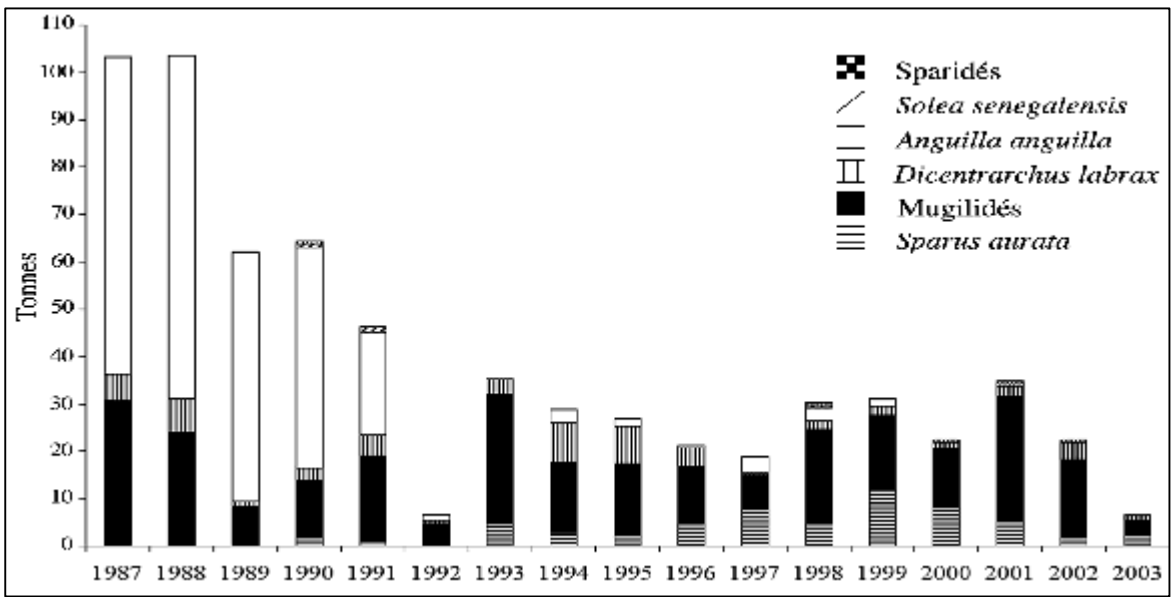


Figure 4. Evolution de la production halieutique de la lagune Mellah. (Chaoui et al., 2006).

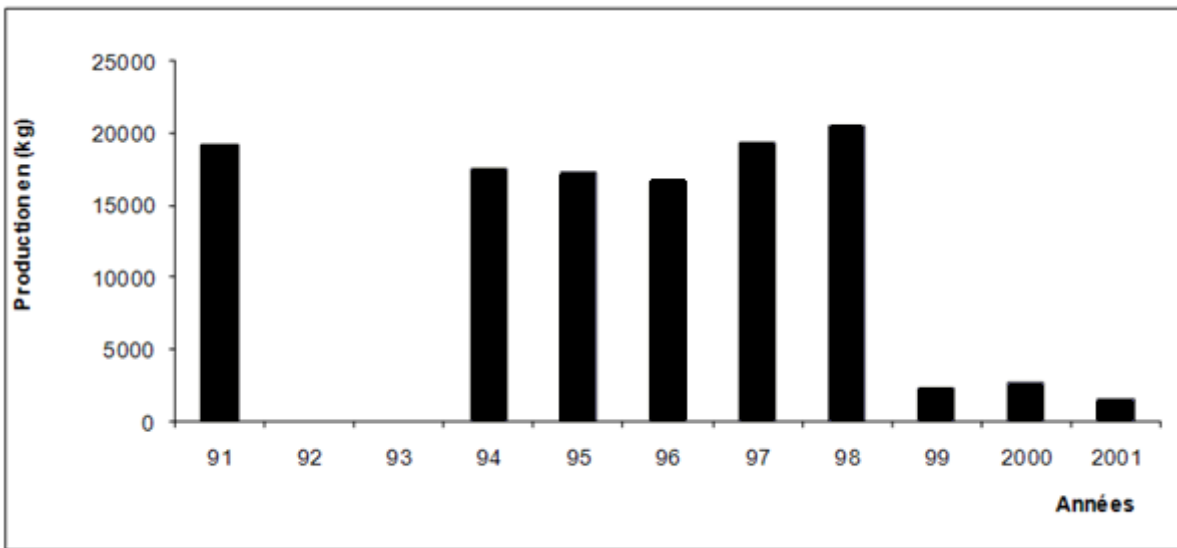



Figure 5. Production conchylicole (en kg) de la lagune du Mellah, de 1991 à 2001(ONDPA, 2001)

2. Etat des connaissances sur l'espèce étudiée

2.1 Systématique : *Anguilla anguilla* (Linné 1758)

L'anguille est un poisson qui fait partie de la super classe des Ostéichthyens et du super ordre des Elopomorphes, un taxon de Téléostéens phylogénétiquement anciens (fig. 6). L'anguille présente un squelette complètement ossifié, de minuscules écailles, des nageoires pectorales mais n'a pas de nageoire pelvienne.

CARTE D'IDENTITE	
Nom latin :	<i>Anguilla anguilla</i>
Nom commun :	Anguille européenne
Taille adulte:	40cm - 1m (1.30m max*)
Poids:	1-4kg (6kg max*)
Age :	15-25 ans (85 ans max*)
Position systématique	
Règne	<i>Animalia</i>
Embranchement	<i>Chordata</i>
Sous-embr.	<i>Vertebrata</i>
Super-classe	<i>Osteichthyes</i>
Classe	<i>Actinopterygii</i>
Sous-classe	<i>Neopterygii</i>
Infra-classe	<i>Teleostei</i>
Super-ordre	<i>Elopomorpha</i>
Ordre	<i>Anguilliformes</i>
Sous-ordre	<i>Anguilloidei</i>
Espèce	<i>Anguilla anguilla</i>



allemand :	aal
anglais :	eel
catalan :	anguila
chinois :	shàn
danois :	ål
espagnol :	anguila
espéranto :	angilo
féroïen :	állur
finnois :	ankerias
grec :	Χέλι
hongrois :	angolna
indonésien :	belut
islandais :	áll
italien :	anguilla
japonais :	unagi
latin :	anguilla
néerlandais :	aal
norvégien :	ål
portugais :	anguia
russe :	yropb
suédois :	ål
tchèque :	úhor

* Source fishbase.org

Figure 6. Position systématique de l'anguille européenne.

On dénombreait deux espèces Atlantiques et entre 16 et 17 espèces Indo-pacifiques selon les auteurs (Tesch, 1977) jusqu'à l'étude de Tsukamoto et Aoyama (1998) et Watanabe et al. (2005) qui démontrent par des critères morphologiques et génétiques qu'il existe en fait 15 espèces au niveau mondial. Il existe des controverses quant à leur séparation phylogénétique (Bastrop et al., 2000; Aoyama et al., 2001; Aoyama, 2003) et leurs aires de ponte ne sont pas toutes localisées avec certitude (Tsukamoto et al., 2003; Miller, 2003). Les deux espèces Atlantiques occupent l'hémisphère nord. Leur détermination est basée sur le nombre de vertèbres et myomères (Tesch, 1977; Lecomte-Finiger, 1985).

2.2. Aire de répartition

Dans la famille des Anguillidae, l'anguille européenne est certainement l'espèce qui présente l'aire de répartition la plus vaste. En zone continentale (Fig. 7), l'aire s'étale dans la majorité des pays côtiers d'Europe et d'Afrique du Nord, entre une limite méridionale située en Mauritanie (30°N) et une limite nord située en mer de Barents (72°N). L'ensemble du bassin méditerranéen et de la mer Noire sont également peuplés par les anguilles européennes jusqu'à 45°E (Ege, 1939).

Les milieux constituant l'habitat de l'anguille sont variés: eaux saumâtres (baies, fjords, lagunes, estuaires), milieux dulçaquicoles lotiques (fleuves, rivières, torrents), et lentiques (lacs, étangs, canaux), seules les limites physiques (obstacles à la migration) semblent restreindre l'aire de répartition vers l'amont.

La partie marine de l'aire de répartition de l'espèce n'a été explorée que tardivement lors des campagnes océaniques de Schmidt en 1906 et 1920. Cette exploration de l'océan Atlantique a révélé l'amplitude de la distribution océanique des larves, préleptocéphales et leptocéphales d'*Anguilla anguilla* mais aussi d'*Anguilla rostrata*, l'espèce nord américaine. Ainsi, une cartographie de la distribution des larves des deux espèces a pu être dressée. Elle permet, compte tenu des gradients de longueurs totales des individus capturés, de localiser les aires de pontes hypothétiques des anguilles européennes et américaines en mer des Sargasses. Malgré la proximité supposée des aires de ponte et la ressemblance physiologique et morphologique des deux espèces, les aires de répartition se distinguent nettement (Schmidt, 1922 ; Mac Cleave et al. 1987). Leur distinction est possible selon différents critères simples (nombre de vertèbres) (Schmidt, 1914; Boetius, 1976) ou plus complexes (caryotype,...) (Ege, 1939; Ohno et al., 1973; Passakas, 1981; Boetius et Harding, 1985; Tagliavini et al., 1995; Strehlow, 1996). Sur la partie continentale européenne de l'aire de répartition de l'anguille, on observe finalement une faible proportion d'*Anguilla rostrata* (0,3 à 1,1% du recrutement en civelle au Danemark (Boetius, 1976).

L'anguille européenne se reproduirait entre 22° et 30°N et entre 48° et 65°W (Schmidt, 1922), ou selon des données plus récentes, entre 23° et 30°N et entre 48° et 74°W (Mac Cleave et al., 1987). Des travaux plus récents font également le point sur la répartition océanique des leptocéphales d'*Anguilla anguilla*, ils résultent des données collectées au cours de l'expédition océanique de 1979 (Tesch 1982), il est fait état de la répartition verticale des larves entre 35 et 600 mètres de profondeur. Des rythmes nyctéméraux améliorent notamment l'abondance des captures à plus faible profondeur la nuit (Tesch 1980, Kracht 1982).

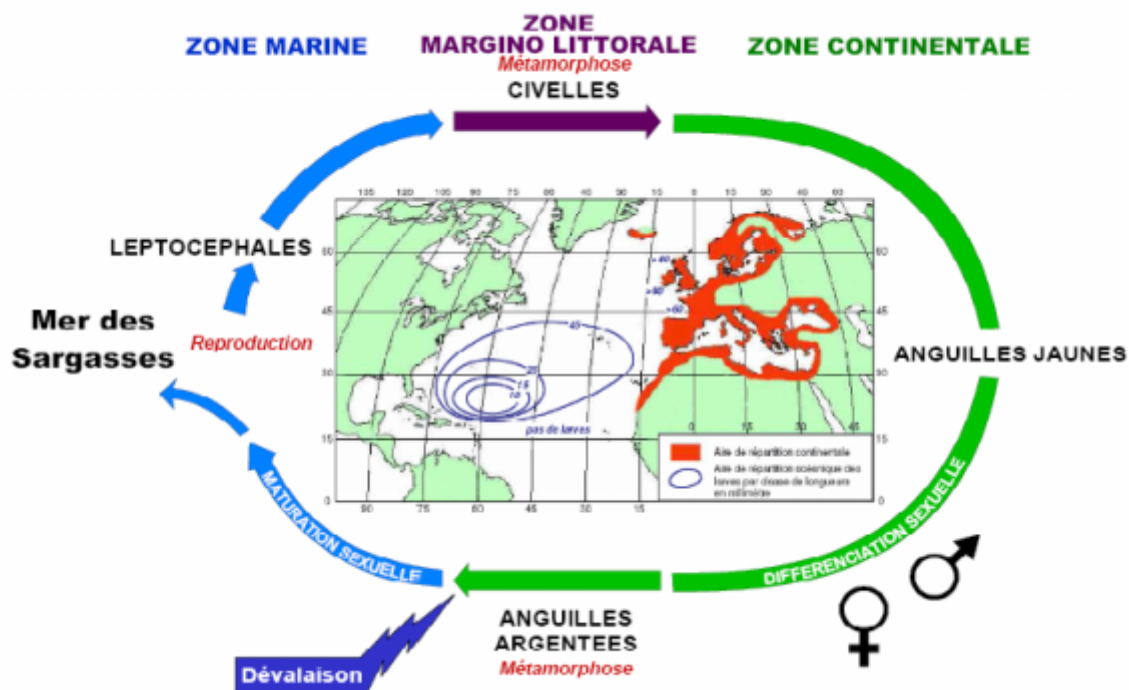


Figure 7. Aire de répartition et cycle biologique de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L. 1758), adaptée de Germain (1927) pour l'aire continentale et Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves (modifié d'après Dekker, 2003).

2.3. Cycle biologique

Le cycle vital de l'anguille, espèce amphihaline est complexe et, à l'inverse de celui du saumon atlantique, encore caractérisé par de nombreuses zones d'ombres. Par exemple, la reproduction n'a jamais été observée et aucun œuf ou adultes n'ont été capturés dans l'aire de fraie présumée (Nilo et Fortin, 2001). Le statut taxonomique de l'espèce est encore très imprécis et des hybridations entre l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) et américaine (*Anguilla rostrata*) sont couramment constatées (Boëtius 1980, Avise et al., 1986 et 1990). Cependant, les derniers travaux effectués sur la diversité génétique des anguilles européennes et américaines (Wirth et Bernatchez 2001, 2003) tendent à montrer une ségrégation bien établie entre ces deux espèces.

2.3.1. Phase de reproduction

Parmi les 19 espèces et sous-espèces d'*Anguilla*, deux (*Anguilla anguilla* et *Anguilla rostrata*) fréquentent l'Océan Atlantique (Tesch 1977). Ces deux espèces ont leurs zones de reproduction qui se chevauchent très probablement en mer des Sargasses. La localisation des aires de fraie semble influencée par la convergence subtropicale (Kleckner et al., 1983). Schmidt (in Nilo et Fortin, 2001) observait pour *Anguilla anguilla* un pic de reproducteur en

mars, résultat confirmé ultérieurement en 1979 (Tesch et Wegner 1990). Mac Cleave et *al* (1987) pensent que la fraie a lieu de janvier à juillet et ce, pour les deux espèces dont l'hybridation a bien été montrée. Schmidt (1925) supposait que la reproduction s'effectuait à des profondeurs comprises entre 400 et 700 mètres. Cependant, Robins et *al* (1979) ont observé au large des Bahamas des anguilles par 2000 mètres de fond.

2.3.2. Le développement embryonnaire et la phase larvaire

Nous n'avons que peu d'informations sur le développement embryonnaire des anguilliformes. Aucun œuf n'a été récolté dans le milieu naturel jusqu'à présent. L'éclosion des œufs engendre des larves appelées leptocéphales. Les plus petites mesurant 5 mm environ ont été capturées sur l'aire de reproduction présumée. Ces larves dites "en feuille de saule" ou littéralement "à tête mince" (fig. 8) consomment du plancton. Elles sont dentées de 3 à 20 dents selon la taille (Bertin, 1951).

Aux abords du talus continental, les larves se métamorphosent en civelles, préparant ainsi leur migration anadrome de colonisation des eaux continentales. Pour parvenir à cette phase de métamorphose, la durée était estimée à 2 ou 3 ans (Schmidt 1919, 1922), mais l'estimation de l'âge à partir de l'observation des microstries des otolithes de civelles par microscopie électronique à balayage a ramené cette durée entre 7 et 11 mois (Lecomte-Finiger et Yahyaoui 1989).



Figure 8. Photographie de leptocéphale d'anguille (*Anguilla anguilla*) (Y. Desaunay, IFREMER).

2.3.3. La phase de pénétration en eau douce : le stade civelle

Une fois arrivée sur le plateau continental et métamorphosée en jeune civelle translucide, l'anguille va progressivement se pigmenter jusqu'à devenir une anguille jaune. Cette pigmentation, dont la cinétique dépend notamment de la salinité et de la température (Briand et *al.*, 2004), est découpée en stades pigmentaires présentés tout d'abord par Schmidt

(1906) et Strubberg (1913), puis cette classification a été détaillée par différents auteurs. Une synthèse de la dynamique de la mise en place de la pigmentation est proposée par Elie et *al.* (1982).

2.3.4. Stade anguilette : phase de colonisation des eaux continentales

L'anguilette présente une pigmentation généralisée et correspond au stade VII décrit par Elie et *al.* (1982). Le stade anguilette est très souvent assimilé au stade plus global d'anguille jaune, or on considère que ce dernier correspond plutôt à une phase de sédentarisation de l'anguille (Laffaille et *al.*, 2005). En fait, les anguillettes poursuivent leur migration vers l'amont comme en témoignent les observations dans les passes à anguilles (Elie & Rigaud, 1984 ; Moriarty, 1986 ; Legault, 1987 ; Baras et *al.*, 1994 ; Laffaille et *al.*, 2000 ; Feunteun et *al.*, 2003). Il est donc nécessaire de distinguer les anguillettes des anguilles jaunes selon ce critère de dynamique migratoire, même si pratiquement la caractérisation du comportement reste difficile. Globalement, on pourra caractériser le stade anguilette comme celui qui correspond à la phase de cycle de vie continentale durant laquelle l'anguille pigmentée poursuit une migration vers l'amont et n'est pas sexuellement différenciée (Adam, 1997).

2.3.5. L'anguille jaune

Le stade jaune strictement sédentaire permet notamment à l'anguille de se différencier sexuellement de sorte qu'il soit possible d'évoquer la notion de dimorphisme sexuel (Kushnirov et Degani 1995), la longueur des anguilles mâles étant nettement moindre que celle des femelles pour des âges avancés (Sinha et Jones 1967; Lee 1979; Vollestad et Jonsson 1988; Fernandez-Delgado et *al.*, 1989).

La différenciation sexuelle, très labile, apparaît à partir de 15-20 cm et jusqu'à 30 cm. Le déterminisme sexuel est induit par des facteurs écologiques et/ou environnementaux. Il semble exister une répartition géographique différentielle en fonction des sexes : les plus grandes femelles sont dominantes dans les zones situées dans les zones de tête de bassin versant alors que les mâles sont majoritaires dans les zones aval des hydrosystèmes (Haraldstad et *al.*, 1985 ; Vollestad 1992). Enfin, notons que la détermination de l'âge chez l'anguille est très difficile. Les méthodes utilisées font l'objet de nombreuses controverses engendrant, par conséquent, des incertitudes sur la durée de cette phase de croissance. Cependant, des études ont pu montrer que cette phase de sédentarisation correspond à une phase de croissance active et d'accumulation de réserves qui peut durer de 5 à 9 ans dans les eaux françaises (Mounaix, 1992 ; Panfili et *al.*, 1992).

2.3.6. Stade intermédiaire

L'anguille est généralement classée en deux phases, jaune-sédentaire et argentée-migrante. Cependant, dans le milieu naturel, l'existence de stades intermédiaires (surtout en ce qui concerne la coloration) entre ces deux phases est un phénomène assez courant (Durif et *al.*, 2000; Durif, 2003). Aussi, l'aspect général du poisson donne des indications très fortuites sur son état de maturation.

L'ensemble des observations effectuées par Durif (2003) a mis en évidence l'existence de différentes étapes dans le déroulement de la métamorphose. La cinétique de cette métamorphose se caractérise par la succession, d'une façon progressive, de changements internes et externes. Les différents stades intermédiaires entre le stade "anguille jaune" et le stade "anguille argentée" ont été décrits par Durif (2003).

2.3.7. Stade anguille argentée

L'argenture est l'ultime métamorphose qui prépare l'anguille à la migration de reproduction grâce à tout un ensemble de modifications morphologiques et physiologiques qui marquent la limite entre deux étapes, caractérisées par des modes de vie et des environnements très différents. Ces transformations débutent bien avant la migration elle-même et sont, à ce titre, anticipatrices (Fontaine, 1994). La modification la plus visible est constituée par le changement de la coloration de la peau qui devient argentée avec des reflets métalliques (Tesch 1977). L'accroissement de la taille de l'œil est important et a été décrit par de nombreux auteurs depuis Schmidt (1906).

La période de dévalaison s'effectue suivant les latitudes de l'été à l'hiver. Les variations de température, de débit et les rythmes lunaires jouent un rôle important sur le déclenchement de la dévalaison (Smith and Saunders 1955 ; Winn et al 1975 ; Gosset et *al* 2000). Les tailles et l'âge des dévalants varient en fonction principalement du sexe : les mâles migrant à une taille et à un âge inférieurs en moyenne à ceux des femelles.

Parmi les autres transformations anatomiques remarquables, figure celle de la vessie natatoire dont la modification de la paroi permet à l'anguille d'atteindre des profondeurs d'au moins 2000 mètres (Robins et *al* 1979). A ces profondeurs, la modification des cellules rétinienne permet à l'anguille de se mouvoir dans un environnement moins riche au niveau du spectre lumineux.

2.3.8. Phase de migration de reproduction

En phase océanique, les quelques travaux qui ont tenté de suivre le début de la migration (Tesch, 1974, 1979, 1989, 1992; Westin, 1990) montrent une orientation axée globalement vers la mer des Sargasses. Les travaux de Dufour (1994) présentent des arguments pour une migration à grande profondeur, la pression hydrostatique jouerait un rôle primordial dans la stimulation de la fonction gonadotrope (Dufour & Fontaine, 1985). Même si la trace des anguilles argentées disparaît aux abords du plateau continental, il est quand même admis que ces dernières regagnent l'océan pour parvenir à terme à l'aire supposée de reproduction (Sinha & Jones, 1975 ; Tesch, 1977). Cette migration de reproduction qui permet de couvrir entre 5000 et 6000 km, est donc encore fort mal connue. Le retour à la mer des Sargasses durerait 120 jours environ à une vitesse de 1,4 km/h (Boetius & Boetius, 1980). Le nombre d'ovules émis par la femelle est compris entre 800 000 et 1 400 000, ce qui confère à l'espèce une capacité de reproduction importante (Elie, 1998). Le pic d'intensité maximale des pontes se situerait entre les mois de mars et avril, en relation avec l'arrivée massive des civelles l'hiver suivant (Gueraud et *al.*, 1991). Les potentialités de survie des géniteurs après la ponte restent inconnues (Lecomte-Finiger, 1990; Lecomte-Finiger, 2004). Cependant, il est supposé que l'acte reproducteur conclut le cycle de vie de cette espèce qui serait donc semelpare (Tesch, 1977 ; Westerberg, 1979).

2.4. Hypothèse de la panmixie

L'hypothèse de panmixie signifie que l'anguille européenne constitue une seule population s'appariant au hasard en mer des Sargasses. Il en résulte qu'au travers de la dissémination aléatoire des larves par le biais de la circulation océanique, l'ensemble des stocks d'anguille européenne disséminés sur les bassins versants de l'aire de colonisation, allant de la Mauritanie au Cercle Polaire, appartient à la même population reproductrice. Cette hypothèse généralement acceptée est cependant remise en question par les derniers travaux portant sur la diversité génétique de la population (Wirth et Bernatchez 2001, 2003). Ces auteurs établissent en effet à partir de l'analyse de l'ADN nucléaire les faits suivants :

- l'espèce *Anguilla rostrata* est bien différenciée à partir des marqueurs génétiques utilisés d'*Anguilla anguilla* et sa structure non arborescente semble indiquée que l'espèce est panmictique ;
- l'espèce *Anguilla anguilla* a une structure arborescente qui montre l'existence de plusieurs groupes: un groupe Méditerranéen; un groupe mer du Nord et un groupe Atlantique ; ce qui permet de conclure que l'espèce n'est pas panmictique ;

- l'échantillon d'origine islandaise occupe une position intermédiaire et confirme les travaux de Avise et *al.* (1990) sur la présence d'un taux non négligeable d'hybrides des 2 espèces (5,6% de l'échantillon observé) dans ces rivières.

CHAPITRE II : MATÉRIEL ET MÉTHODES

1. Echantillonnage

Des échantillons mensuels d'anguille ont été prélevés dans la lagune du Mellah, entre novembre 2008 et novembre 2009. Ils proviennent des pêches professionnelles à l'aide de nasses fixes. Au total, 1814 individus ont été prélevés. Des nasses fixes en forme d'entonnoirs sont utilisées en eaux peu profondes, employées surtout pour la capture des anguilles, des crevettes et de petits poissons. Cet engin de faible hauteur est composé de 5 cerceaux, d'une maille de 10 mm avec une ouverture d'environ 1,5 m de diamètre (Fig. 9). Il est muni de deux filets réflecteurs verticaux pour faciliter le rabattage des poissons et elles sont maintenues dans l'eau au moyen de perches en bois plantées verticalement dans le fond. Les relevés des nasses sont effectués chaque matin.

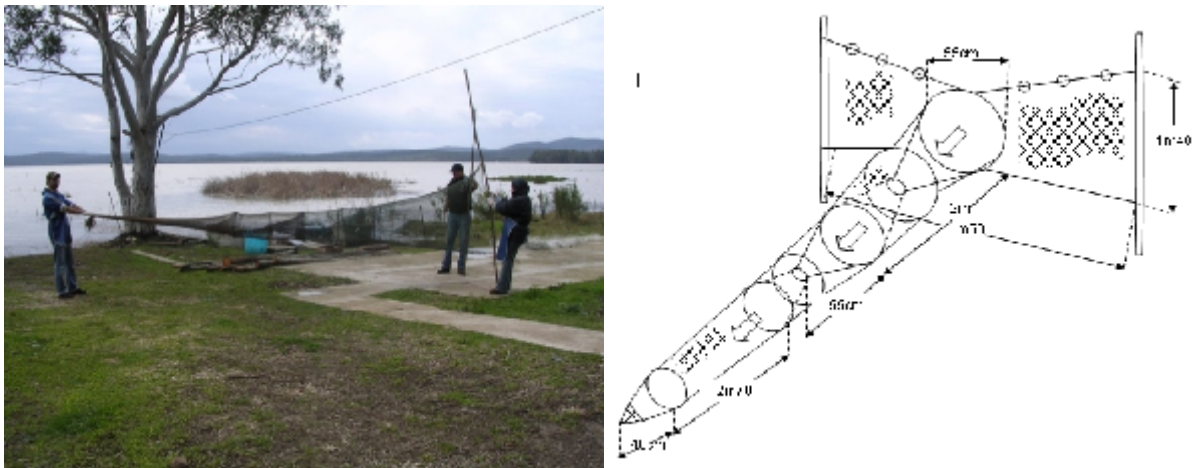


Figure 9. Photo (à gauche) et schéma (à droite) du type de nasse fixe utilisée pour la pêche de l'anguille au niveau de la lagune du Mellah.

Toutes les anguilles capturées sont anesthésiées avec du phénoxy-éthanol ($C_8H_{10}O_2$) à une concentration de 3 à 7 ml par 10 litres d'eau de la lagune, selon la taille des individus et la biomasse présente. Sur chaque poisson, les paramètres suivants ont ensuite été mesurés au millimètre près:

- La longueur totale (Lt): mesurée à l'aide d'un ichtyomètre, de l'extrémité de la lèvre inférieure à l'extrémité de la nageoire caudale.
- Le diamètre vertical (Dvo) et horizontal de l'œil (Dho): mesurés à l'aide d'un compas à pointes sèches
- La longueur de la nageoire pectorale (Lnp) mesurée également à l'aide d'un compas à pointes sèches.

- Le poids frais (P): déterminé au milligramme près, à l'aide d'une balance électronique à 1 g de précision.

2. Détermination du stade de développement et du sexe

Au moment des mesures, les anguilles sont classées par un ou plusieurs observateurs (1 à 3 personnes) en trois catégories, d'après l'examen de leur aspect extérieur en se basant sur la méthode de Durif (tab. 1):




- anguilles argentées (a): elles sont caractérisées par la présence d'un contraste marqué entre le dos et le ventre et par la présence d'au moins un point sur une ligne latérale différenciée.

- anguilles jaunes (j): elles sont caractérisées par une couleur jaune et/ou vert sur le ventre ou sur les flancs.

- anguilles intermédiaires (int): elles représentent les individus n'ayant ni la coloration typique de l'anguille argentée (face dorsale noire, ventre argenté, ligne latérale bien marquée), ni celle de l'anguille jaune.

Les photos sont présentées à titre d'exemple, mais en particulier pour les anguilles intermédiaires, elles ne représentent qu'un seul type de livrée parmi une multitude de possibilité (d'après Durif, 2003) (tab1).

Tableau 1. Critères macroscopiques d'identification des différents stades des anguilles.

Critères	Argenté	Intermédiaire	Jaune
Dos noir ou d'une couleur foncée	Oui	Oui	Parfois
Ventre blanc à reflets argentés	Oui	En partie	Non
Ligne latérale bien visible séparant la partie dorsale de la partie ventrale	Oui	Non	Non
Couleur jaune sur le ventre ou sur les flancs	Non	Parfois	Oui
Nageoire pectorale foncée	Oui	Parfois	Parfois (mais de couleur plutôt jaune)
Photos			

Afin de vérifier nos observations, nous avons utilisé la valeur de l'indice oculaire de Pankhurst (1982). Cet indice s'exprime par la formule:

$$IO = \left(\frac{Dvo + Dho}{4} \right)^2 \times \frac{\pi}{Lt} \times 100$$

où:

Dvo: le diamètre vertical de l'œil

Dho: le diamètre horizontal de l'œil

π : 3.14

Lt: la longueur totale du poisson.

La conformité des observations macroscopiques avec les résultats de l'application de l'indice oculaire est recherchée, afin de vérifier la validité de la classification établie des stades de développement (annexe 3). La répartition des différents stades de développement est analysée en fonction de la taille des individus et en fonction du temps.

Après ouverture de la cavité générale (en partant de l'anus jusqu'au niveau des nageoires pectorales), le sexe est déterminé par l'examen macroscopique des gonades (fig. 10). Les individus ont été classés en trois catégories : femelles (ovaires visibles différenciés), mâles (testicules visibles différenciés) et indifférenciés lorsque les gonades n'étaient pas visibles ou indiscernables des amas graisseux péritonéaux.

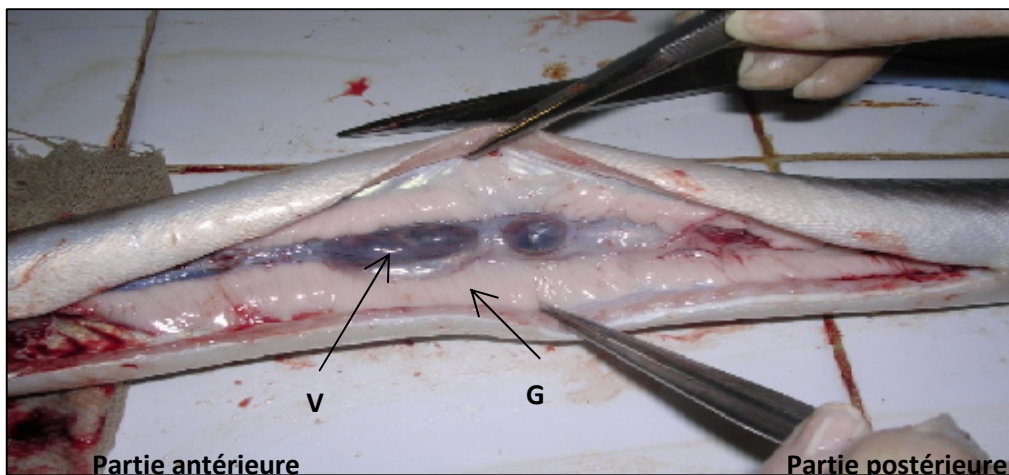


Figure 10. Dissection d'une anguille mâle, vue ventrale. G : gonade, VG : vessie gazeuse.

Le sex-ratio est déterminé globalement, puis selon la taille des individus et en fonction du temps puis comparées (test du χ^2 de Kruskal-Wallis ; $p = 0.01$ et 1 dl).

$$\chi^2_{obs} = (m^2 / F) + (f^2 / F)$$

où

m: nombre de mâles

f: nombre de femelles

n: nombre de femelles et de mâles dans l'échantillon

F = n / 2: fréquence absolue théorique pour chaque sexe.

3. Biométrie

L'étude biométrique a porté sur 369 individus (141 mâles, 126 femelles et 102 indéterminés), de longueur totale comprise entre 17,5 et 75.8 cm. Nous avons retenu 14 paramètres pour caractériser la morphologie des poissons dans notre échantillon (fig. 11): la longueur totale (Lt), la longueur standard (Lst), la longueur céphalique (Lcep), la longueur pré-dorsale (Lpd), la longueur pré-anale (Lpa), la longueur de la nageoire pectorale (Lnp), la longueur du museau (Lm), la longueur du mandibule (Lmd), le diamètre vertical de l'œil (Dvo), le diamètre horizontal de l'œil (Dho), l'espace inter-orbitaire (Eio), la longueur post orbitaire (lpo), la hauteur du corps (Hc) et l'épaisseur du corps (Ec).

Toutes les mesures ont été rapportées à la longueur totale où à la longueur céphalique par une équation de régression de type axe majeur réduit, préconisées par Tessier (1948). Le coefficient de corrélation "r" est calculé et la comparaison statistique du coefficient d'allométrie "b" de cette équation avec la valeur "1" est réalisée par le test t de Student (Dagnélie, 1975):

$$T_{obs} = |b^2 - 1| \sqrt{n-2} / 2b \cdot \sqrt{1-r^2}$$

avec:

b: l'ordonnée a l'origine de l'équation.

r: coefficient de corrélation.

n: nombre de couple de données.

Si b < 1, l'allométrie est minorante; si b = 1, il y a isométrie; si b > 1: l'allométrie est majorante. Le seuil de signification appliqué est $\alpha = 0,05$ pour n - 2 degrés de liberté (ddl).

Afin de rechercher une éventuelle différence morphologique entre les anguilles mâles et femelles ainsi qu'entre les deux stades de développement (jaune et argenté), nous avons comparé pour chaque caractère les équations des droites de régression. Pour cela, nous avons

utilisé le test "t" de Student adapté aux axes majeurs réduits (Mayrat, 1959). On compare tout d'abord les pentes des deux axes en comparant une différence à son erreur standard :

$$tpe = \frac{a_1 - a_2}{\sqrt{Var(a_1 - a_2)}} \text{ à } (n - 4) \text{ degrés de liberté,}$$

où :

a_1 et a_2 : pentes des deux droites.

n : nombre total de couples.

Si la différence de pente n'est pas significative, on compare alors la position des deux droites expérimentales par deux "droites auxiliaires" parallèles passant par les centres de gravité des échantillons mais de pente intermédiaire commune. On calcule une variance commune autour de ces parallèles ; c'est une régression combinée "tpo" :

$$tpo = \frac{Y_{1P} - Y_{2P}}{\sqrt{Var(Y_{1P} - Y_{2P})}} = \frac{|\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2| - a_p(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)}{\sqrt{S^2 y_p \left[\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right) \times \left(\frac{2}{1 + R_p} \right) + \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2)^2}{NS^2 X_p} \right]}} \quad \text{où :}$$

$\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$: distance entre les droites auxiliaires.

\bar{Y}_1 et \bar{Y}_2 : moyenne des Y des droites expérimentales.

\bar{X}_1 et \bar{X}_2 : moyenne des X des deux droites expérimentales.

a_p : pente de la droite auxiliaire.

R_p : coefficient de corrélation moyen.

$\frac{1}{n_1}(S^2 Y_p)$ et $\frac{1}{n_2}(S^2 Y_p)$: variance de $\bar{Y}_{1P} - \bar{Y}_{2P}$ considérées comme moyennes de $Y_{1P} - Y_{2P}$.

$NS^2 X_p$: covariance des X_p .

N : nombre total de couples.

Avant d'effectuer l'analyse statistique, il été nécessaire aussi de contrôler la validité de l'hypothèse d'égalité des variances résiduelles :

$$H_0 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$$

Ce test s'écrit de la manière suivante :

$$F_{obs} = \frac{\sigma^2 \max}{\sigma^2 \min} \text{ dont } \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1^2 = \frac{SCE_{yx_1}}{n_1 - 1} \\ \sigma_2^2 = \frac{SCE_{yx_2}}{n_2 - 1} \end{array} \right.$$

L'hypothèse d'égalité des variances résiduelles doit être rejetée au niveau α lorsque :

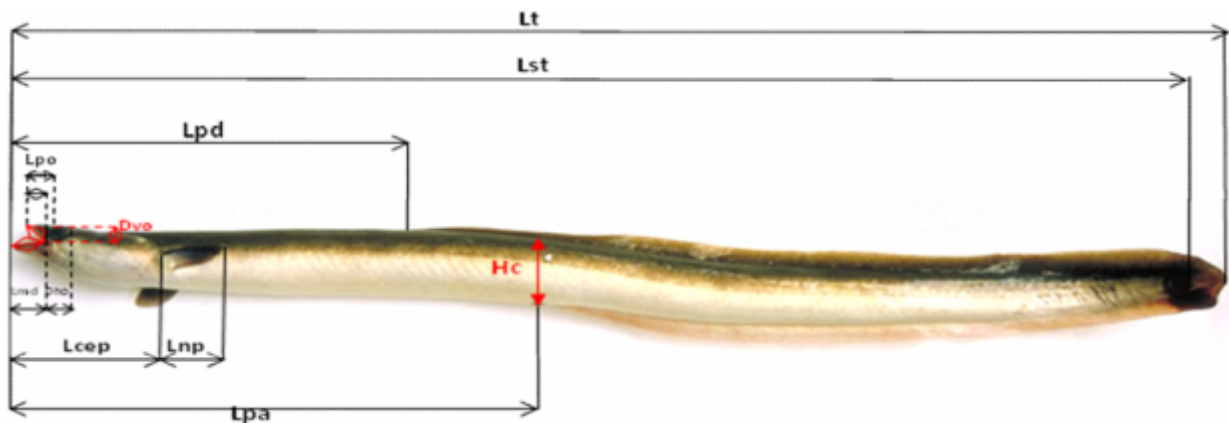
$$F_{obs} = F_{1-\frac{\alpha}{2}} \text{ pour } \left\{ \begin{array}{l} \alpha = 0,05 \\ K_1 = (n_1 - 1)ddl \\ K_2 = (n_2 - 1)ddl \end{array} \right. \text{ où :}$$

SCE_{yx_1} : somme des carrées des écarts du premier échantillon.

SCE_{yx_2} : somme des carrées des écarts du deuxième échantillon.

n_1 : effectif total de premier échantillon.

n_2 : effectif total du deuxième échantillon.



Lt: la longueur totale; Lst: la longueur standard; Lcep: la longueur céphalique; Lpd: la longueur pré-dorsale; Lpa : la longueur pré-anale ; Lnp : la nageoire pectorale ; Lm : la longueur du museau ; Lmd : la longueur du mandibule ; Dvo : le diamètre vertical de l'œil ; Dho : le diamètre horizontal de l'œil ; Eio : l'espace inter orbitaire ; Lpo : la longueur post orbitaire ; Hc : la hauteur du corps ; Ec : l'épaisseur du corps.

Figure 11. Différentes mesures prises sur l'anguille européenne *Anguilla anguilla* pêchée dans la lagune du Mellah.

4. Détermination de l'âge individuel des poissons

Dans cette étude, nous avons opté pour une méthode directe de détermination de l'âge par otolithométrie. Les otolithes ont été observés entiers dans un bain éclaircissant en lumière

réfléchi sur un fond noir. Cette technique est peu coûteuse, accessible à tous, et s'est révélée suffisante pour déterminer l'âge individuel.

De nombreux auteurs ont ainsi utilisé l'observation «*in toto*» dans des bains éclaircissants tels que l'alcool (Vollestad, 1985 ; Vollestad et Jonsson, 1988 ; Fernandez-Delgado et *al.*, 1989 ; Gordo et Jorge, 1991), la créosote (Mann et Blackburn, 1991), le xylène (Hansen et Eversole, 1984 ; Arias et Drake, 1985), le salicylate de méthyle (Macewan et Hetch, 1984), le benzoate de méthyle (Ximénès, 1986), l'essence de camomille (Lecomte-Finiger, 1985 ; Mounaix, 1992), l'essence de romarin (Panfili, 1993).

4.1. Extraction, conservation et observation des otolithes

Une section de quelques centimètres au niveau de la mâchoire inférieure, allant jusqu'aux opercules, permet l'isolement et l'accès libre au plancher de la boîte crânienne où a été pratiquée une incision à l'aide d'une scie, permettant de retirer les deux sagittas de leurs saccules otiques (fig. 12). Après leur extraction, les otolithes se présentent sous une forme ovale et comprimée latéralement, avec une taille qui demeure toutefois réduite (3 à 5 mm). Elles sont ensuite nettoyées à l'eau et débarrassées de toutes les impuretés, puis séchées avec du papier absorbant, et enfin conservées à sec dans des petits piluliers étiquetés et numérotés.

Les otolithes sont examinés plongés dans un liquide. Les différents milieux suivants ont été essayés: l'eau, l'éthanol, l'essence de camomille. L'eau n'a pas un bon indice de réfraction, l'éthanol a un bon indice de réfraction, mais il a tendance à abîmer les otolithes en cas d'usages répétés. L'essence de camomille fournit aussi de bonnes images bien qu'elle soit légèrement teintée de jaune, mais elle ne présente aucun risque pour l'otolithe. Pour toutes ces raisons évoquées, nous avons choisi l'essence de camomille.

Les sagittas sont placés entiers sur la face proximale convexe, dans une petite cuve en verre contenant quelques gouttes d'essence de camomille, de façon à couvrir l'otolithe entièrement. L'observation a été faite avec une loupe binoculaire (Gr. x10) sur un fond noir en lumière réfléchi. Les zones opaques sont apparues blanches et les zones hyalines noires. Pendant la manipulation, il peut être nécessaire de faire bouger l'otolithe ou de soulever son bord dorsal pour observer le champ dorsal, afin de l'examiner sous tous ces angles, tout en jouant sur l'intensité de la lumière. L'observation du champ dorsal (face concave) est également nécessaire. Cette opération est répétée une seconde fois, et même une troisième fois si nécessaire, afin de confirmer le comptage.

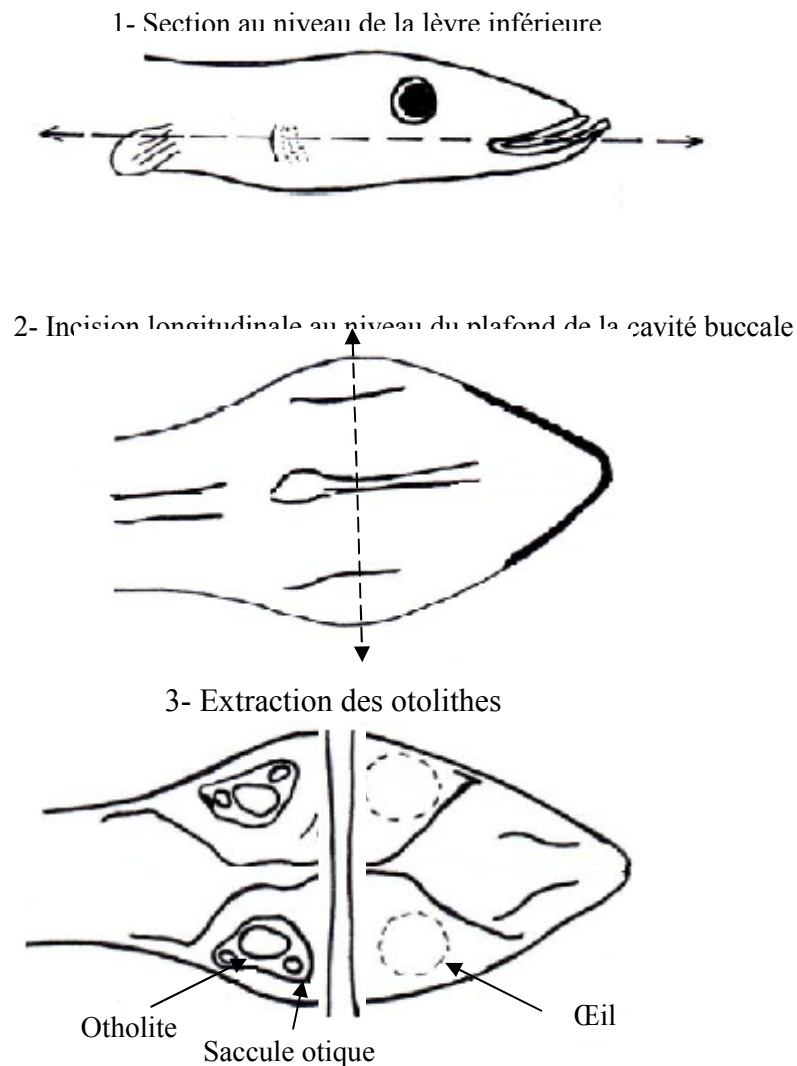


Figure 12. Extraction des otolithes de la boîte crânienne de l'anguille.

4.2. Recherche de la périodicité du dépôt de l'anneau d'arrêt de croissance

La validation du dépôt de l'anneau d'arrêt de croissance constitue une étape fondamentale pour une estimation fiable de l'âge. La validation consiste essentiellement à déterminer la chronologie de la formation des marques de croissance sur la pièce osseuse. Il existe plusieurs méthodes de validation, celle retenue par cette étude est la méthode semi-directe, basée sur le suivi mensuel de la formation de la marque de croissance marginale, appelée allongement marginal (AM) et calculé d'après la formule suivante:

$$AM = (R_t - R_n) / (R_n - R_{n-1})$$

où :

R_t rayon de l'otolithe.

R_n et R_{n-1} désignent respectivement le dernier et l'avant-dernier anneau d'arrêt de croissance.

La chronologie de l'apparition des anneaux d'arrêt de croissance sur les otolithes a été déterminée par la mesure de leur accroissement marginal (AM) et son suivi mensuel. Cet allongement marginal, mesuré à l'aide d'un micromètre oculaire monté sur un microscope optique, correspond à la distance entre le dernier anneau d'arrêt de croissance auquel nous donnerons la valeur n (Stequart, 1971) et le bord antérieur et entre le dernier anneau opaque et l'extrémité de l'otolithe. Cet accroissement est maximal immédiatement avant la formation du $(n+1)^{\text{ième}}$ anneau, c'est-à-dire au moment de la reprise de la croissance. Sous un microscope, l'anneau d'arrêt de croissance n est considéré que lorsqu'il constitue une marque continue faisant le tour de l'otolithe. L'accroissement marginal des otolithes a été suivi durant un cycle annuel, de novembre 2008 à novembre 2009.

4.3. Le rétrocalcul des tailles aux différents âges

Le rétrocalcul est une méthode qui permet de calculer de façon rétrospective la taille des individus aux différents âges. Cette méthode s'appuie sur l'hypothèse d'une relation de proportionnalité entre la taille totale du poisson et une dimension de l'otolithe (diamètre, rayon...). Pour déterminer la longueur du poisson au moment de l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance, nous avons appliqué la formule de Lea (1910):

$$L_t_n = L_t (R_n/R) + b$$

avec :

L_t_n : longueur totale du poisson à la formation de l'anneau n ,

R_n : rayon du $n^{\text{ième}}$ anneau formé,

R : rayon total de l'écaille,

L_t : longueur du poisson à la capture.

b : indice de correction.

5. Etude de la croissance

L'analyse de la croissance des anguilles de la lagune du Mellah a été réalisée pour la sous-population totale et par sexe. Le modèle adopté dans cette étude est celui de Von Bertalanffy (1938). Il a l'avantage d'être facilement incorporé dans les modèles d'évaluation des stocks halieutiques. Sa formulation mathématique s'exprime comme suit :

$$L_t = L_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

où

L_t : longueur totale à l'instant "t" en cm

L_∞ : longueur théorique maximale ou taille asymptotique en cm

K: taux de croissance

t_0 : âge théorique auquel la longueur est nulle.

La détermination de L_∞ , k et t_0 est réalisée par le logiciel Fishparm (version 3.0) (Prager et al ; 1989). Afin de pouvoir comparer la croissance des anguilles de la lagune du Mellah avec celles d'autres localités méditerranéennes, nous avons calculé l'indice de performance de croissance de Munro et Pauly (1983), qui s'exprime par la formule suivante:

$$\Phi = \ln K + 2 \ln L_\infty$$

La croissance relative des poissons est également étudiée. Elle dépend étroitement de l'état biologique et physiologique du poisson (degré de réplétion de l'estomac, degré de développement des glandes génitales et stade de leur maturation.). Parmi les intérêts de la connaissance de cette relation, figurent celui de permettre le calcul du poids du poisson connaissant sa longueur et *vice versa*. La relation liant la taille au poids est de la forme:

$$P = a L^b$$

où

P: poids en g.

L: longueur totale en cm.

a, b: constantes ;

Les paramètres a et b sont déterminés par le programme Fishparm (version 3.0) (Prager et al ; 1989). La valeur de b est comparée statistiquement à 3 au seuil $\alpha = 5\%$, à l'aide du test t de Student (Dagnélie, 1975) :

$$T_{obs} = |b^2 - 1| \sqrt{n-2} / 2b \cdot \sqrt{1-r^2}$$

Si $b = 3$, la croissance du poisson est isométrique. Si b diffère de 3, la croissance du poisson est allométrique, minorante si elle est inférieure à 3 et majorante si elle est supérieure à cette valeur.

Connaissant déjà les paramètres du modèle linéaire de Von Bertalanffy et le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids, nous avons calculé le poids théorique à chaque âge à l'aide de l'équation :

$$P_t = P_\infty [1 - e^{-k(t-t_0)}]^b$$

où:

P_t (g): poids total du poisson à l'instant t .

P_∞ (g): poids correspondant à L_∞ .

b : pente de la droite exprimant la relation entre le poids et la taille.

CHAPITRE III : RESULTATS

1. Structure démographique

Les échantillons prélevés ont une taille comprise entre 24,5 cm (23 g) et 75,8 cm (842 g). Les histogrammes de fréquence des tailles sont établis après regroupement des individus dans des classes de tailles de 1 cm de longueur totale. La taille moyenne dans la population est de $44,81 \pm 7,04$ cm. Les individus de taille inférieure à 40 cm représentent 25,91%; ceux dont la longueur totale est comprise entre 40 et 60 cm forment 72,74%. Cependant, les anguilles de grande taille (> 60 cm) ne dépassent pas 1,35% de l'effectif global.

L'analyse de la conformité des observations macroscopiques aux résultats basés sur l'application de la formule de Pankhurst (1982) (tab. 2) montre que les résultats observés sur le terrain sont en majorité confirmés par l'indice oculaire avec une moyenne mensuelle variant entre 50 et 100 % et une moyenne globale de 88,12%.

Tableau 2. Taux de conformité des observations des stades argentés identifiés macroscopiquement à ceux déterminés par la formule de Pankhurst (1982).

Mois	Observation directe	Formule de Pankhurst	% de conformité
novembre 2008	25	13	52
décembre	42	40	95.23
Janvier	7	7	100
Février	138	127	92.03
Avril	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
septembre	0	0	0
octobre	2	1	50
novembre 2009	5	5	100
total	219	193	88.12

L'évolution numérique des différents stades de développement en fonction de la taille des poissons est illustrée par la figure 13. Exclusives entre 24 et 35 cm, les anguilles jaunes dominant généralement dans toutes les classes de tailles et représentent 78,34% de l'effectif total. Le stade intermédiaire apparait entre 36 et 75 cm et représente 10,21% de cet effectif.

Les anguilles argentées sont rencontrées à partir de 35 cm et atteignent une taille de 67 cm. Leur fréquence est de 11,44%. Quelle que soit la période, les anguilles jaunes sont numériquement dominantes (entre 37,35 et 98,97%) (fig. 15). Les formes intermédiaires apparaissent en décembre (14,46%) et atteignent leur plus grande fréquence en février (19,05%). Les adultes argentés sont présents dans les échantillons de novembre (48,19%) à février ou elles atteignent 19,20% de l'effectif total.

En fonction du sexe, l'échantillon est composé de 257 mâles, de 379 femelles et de 108 indifférenciés. Ces derniers restent présents jusque dans la classe de tailles 43-44 cm. Le sex-ratio est globalement en faveur des femelles avec 59.59% (valeur significativement supérieure à 50% car $\chi^2=23.40$; $p\leq 0.01$). Son évolution en fonction de la taille des poissons montre une large dominance des femelles jusqu'à 46 cm avec un sex-ratio moyen de 72.26% (valeur significativement supérieure à 50% car $\chi^2=74.37$; $p\leq 0.01$) (fig. 14). Au-delà, et jusqu'à 55 cm, les mâles deviennent plus nombreux et représentent en moyenne 56.71% (valeur significativement supérieure à 50% car $\chi^2=11.48$; $p\leq 0.01$) de l'effectif total. En fonction du temps, les indifférenciés sont présents durant toute l'année, alors que la répartition des deux sexes ne montre pas de tendance claire (fig. 16).

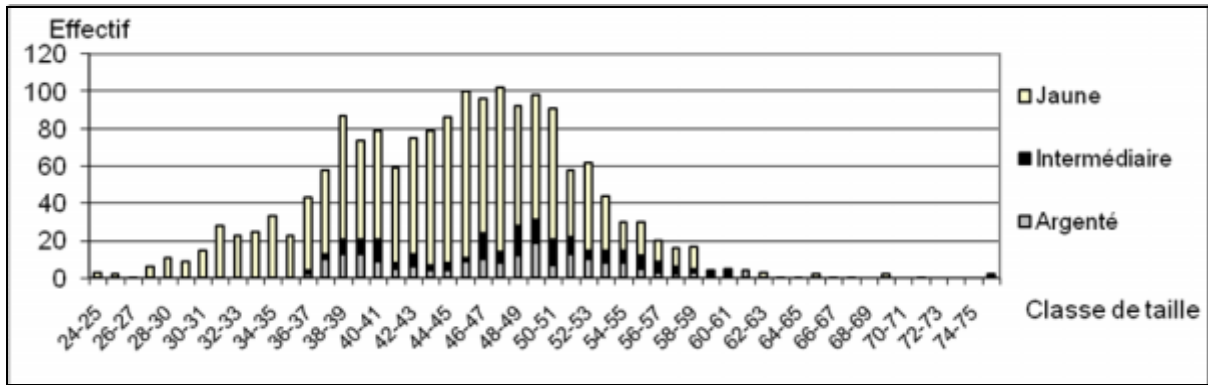


Figure 13. Fréquences des tailles des anguilles en fonction des stades de développement.

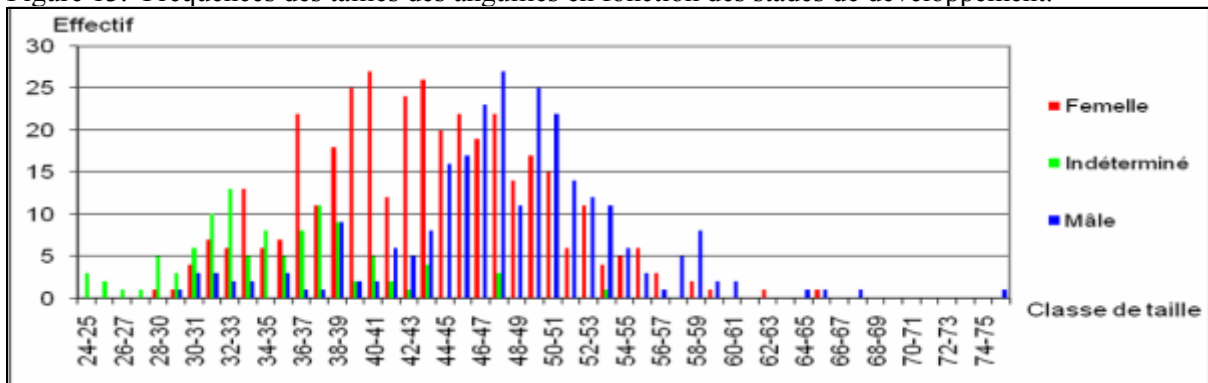


Figure 14. Fréquences des tailles des anguilles en fonction du sexe.

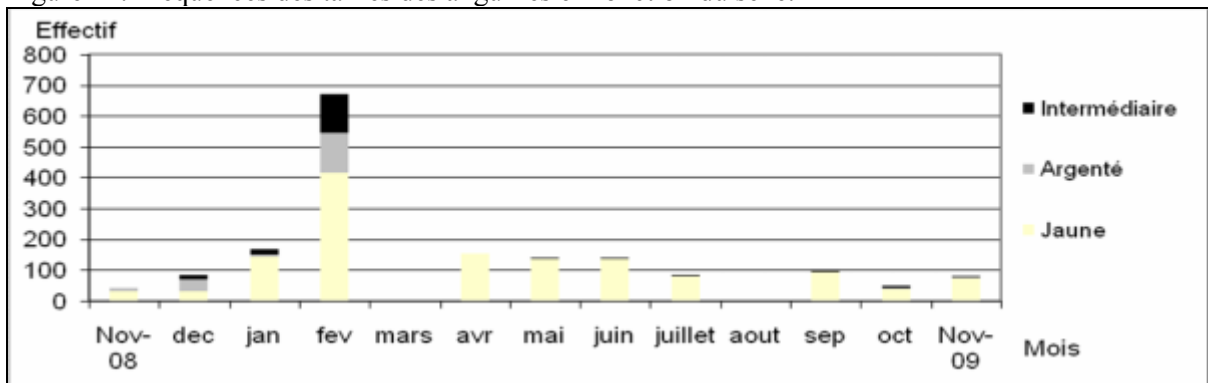


Figure 15. Fréquence mensuelle des anguilles en fonction des stades de développement.

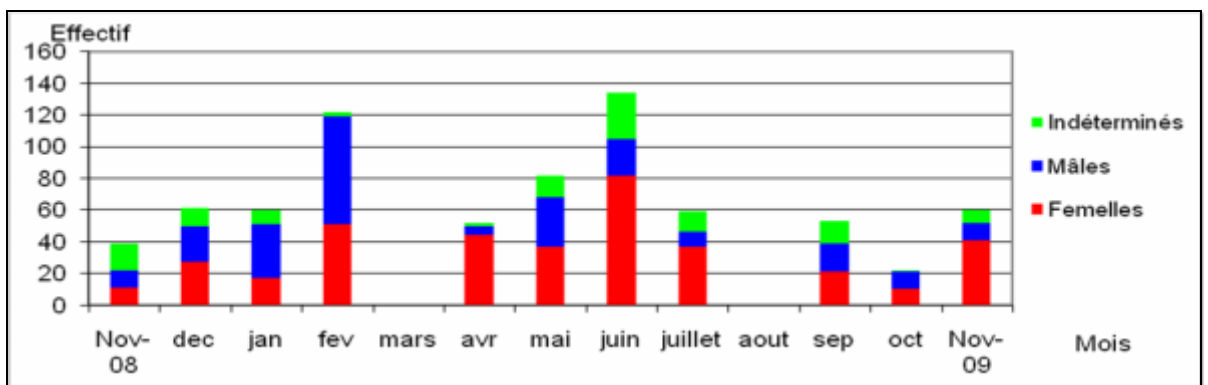


Figure 16. Fréquence mensuelle des anguilles en fonction du sexe.

2. Biométrie

Les équations de régression des différents caractères métriques en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) et leurs coefficients de corrélation sont consignées dans le tableau 3. Les plus faibles corrélations sont celles qui lient les diamètres de l'œil (horizontal et vertical) à la longueur céphalique, quelque soit le sexe et le stade de développement du poisson.

Chez la population totale, la longueur céphalique, la longueur de la nageoire pectorale, la longueur du museau, la longueur du mandibule, le diamètre horizontal et vertical de l'œil, la hauteur du corps et son épaisseur présentent une croissance allométrique. L'isométrie de croissance est mise en évidence dans le cas de cinq caractères: la longueur standard, la longueur prédorsale, la longueur anale, l'espace inter-orbitaire, la longueur post orbitaire.

Chez les mâles, neuf caractères présentent une allométrie majorante, il s'agit des longueurs céphalique, pré-dorsale, de la nageoire pectorale, du museau, du mandibule, des diamètres vertical et horizontal de l'œil, de la hauteur et de l'épaisseur du corps. On note également quatre cas d'isométrie concernant la longueur standard, la longueur pré-anale, l'espace inter orbitaire et la longueur post orbitaire.

Chez les femelles, on trouve le même type de relations que chez les mâles, c'est-à-dire neuf cas d'allométrie et quatre cas d'isométrie. Les paramètres concernés par l'allométrie majorante sont : la longueur céphalique, la longueur de la nageoire pectorale, le museau, le mandibule, le diamètre vertical et horizontal de l'œil, la longueur post-orbitaire, la hauteur et l'épaisseur du corps. Les caractères ayant une croissance isométrique sont : les longueurs standards, pré-dorsale, pré-anale et l'espace inter-orbitaire.

L'examen des caractères métriques chez les stades jaunes, montre que l'isométrie concerne huit paramètres sur les quatorze mesurés ; il s'agit des : longueur standard, céphalique, pré-dorsale, pré-anale, diamètre vertical et horizontal de l'œil, l'espace inter orbitaire, la longueur post-orbitaire.

La croissance relative des différents paramètres mesurés chez les stades argentés est isométrique pour tous les caractères, à l'exception de la longueur du museau et du mandibule ayant une allométrie de croissance majorante.

L'égalité des variances résiduelles des différents caractères mesurés pour les deux sexes est confirmée par le test F sauf dans 3 cas : la longueur standard, la longueur du museau et celle du mandibule. Les différences morphologiques sont constatées pour la longueur céphalique (tpe = 2,313), la longueur de la nageoire pectorale (tpe = 3.556), le diamètre horizontal de l'œil (tpe = 2,299), la hauteur (tpe= 7.466) et l'épaisseur du corps (tpe= 4.401)

(annexe 4). En effet, toutes ces mesures sont en faveur des femelles, c'est-à-dire que leur croissance est plus rapide que chez les mâles.

En fonction des stades de développement (jaune et argenté), L'égalité des variances résiduelle est confirmée par le test F sauf dans 3 cas, celui de la longueur standard, le diamètre horizontal de l'œil et l'espace inter-orbitaire. Les différences morphologiques sont constatées pour la longueur de la nageoire pectorale ($t_{pe} = 4.601$) et le mandibule ($t_{pe} = 2,118$) (annexe 5), ces dernières sont en faveur des stades argentés.

Tableau 3. Relations métriques chez la population totale, les mâles, les femelles et chez les différents stades de développement de l'anguille *Anguilla anguilla* de la lagune Mellah.

Fonction	Equation de régression				
	Population totale	Mâles	femelles	argentées	Jaunes
$L_s=f(L_t)$	$L_s=1,001t-0.012$	$L_s=0.997t-0.001$	$L_s=1,002t-0.014$	$L_s=1,001t-0.010$	$L_s=1,005t-0.015$
$L_c=f(L_t)$	$L_c=1,212t-1.462$	$L_c=1,431t-2.061$	$L_c=1,251t-1.576$	$L_c=1,198t-1.419$	$L_c=1,165t-1.193$
$L_{pd}=f(L_t)$	$L_{pd}=1,14t-0.886$	$L_{pd}=1,25t-1,185$	$L_{pd}=1,199t-1,044$	$L_{pd}=1,123t-0.839$	$L_{pd}=1,163t-0.789$
$L_a=f(L_t)$	$L_{pa}=1,127t-0,709$	$L_{pa}=1,199t-0,903$	$L_{pa}=1,161t-0,802$	$L_{pa}=1,117t-0,678$	$L_{pa}=1,146t-0,621$
$L_{np}=f(L_t)$	$L_{np}=1,353t-2.244$	$L_{np}=1,374t-2.307$	$L_{np}=1,071t-1.46$	$L_{np}=1,359t-2.277$	$L_{np}=0.974t-1.204$
$L_m=f(L_c)$	$L_m=1,27t-1,069$	$L_m=1,350t-1,228$	$L_m=1,393t-1,306$	$L_m=1,215t-0.959$	$L_m=1,394t-0.9$
$L_{md}=f(L_c)$	$L_{md}=1,31t-1,101$	$L_{md}=1,340t-1,164$	$L_{md}=1,505t-1,468$	$L_{md}=1,212t-0.914$	$L_{md}=1,492t-0.949$
$D_{vo}=f(l_c)$	$D_{vo}=1,297t-1,496$	$D_{vo}=1.388t-1.657$	$D_{vo}=1,206t-1,242$	$D_{vo}=1,04t-1.091$	$D_{vo}=0.963t-0.776$
$D_{ho}=f(l_c)$	$D_{ho}=1,265t-1,437$	$D_{ho}=1,459t-1,78$	$D_{ho}=1,172t-1,185$	$D_{ho}=1,039t-1,086$	$D_{ho}=0.827t-0.682$
$E_{io}=f(L_c)$	$E_{io}=1,035t-0,829$	$E_{io}=1,116t-0,984$	$E_{io}=1,079t-0,876$	$E_{io}=0.996t-0,777$	$E_{io}=1,023t-0,73$
$L_{po}=f(L_c)$	$L_{po}=1.082t-0,832$	$L_{po}=1.063t-0,806$	$L_{po}=0.983t-0,629$	$L_{po}=1.094t-0,868$	$L_{po}=0.954t-0,598$
$H=f(L_t)$	$H=1,347t-2.206$	$H=1,860t-3.589$	$H=1,235t-1.878$	$H=1,309t-2.12$	$H=1,239t-1.631$
$E_p=f(L_t)$	$E_p=1.357t-2.353$	$E_p=1.581t-2.953$	$E_p=1.207t-1.914$	$E_p=1.293t-2.204$	$E_p=1.199t-1.677$

3. Détermination de l'âge

3.1. Lecture directe des otolithes

Les otolithes de 624 individus (154 immatures, 273 femelles, 197 mâles) se sont révélés lisibles sur un total de 779 poissons examinés, soit un taux de succès de 80.1%. Le tableau 4 précise les caractéristiques des trois échantillons considérés. L'annexe 6 donne la clé âge-longueur et montre la présence de 6 classes d'âges de fréquences différentes. En effet, les âges 2 à 4 ans sont représentés par près de 93 % des effectifs. En revanche, les plus jeunes individus (individus âgés d'une seule année) ont une fréquence de 3%, suivis des classes de tailles de 5 et 6 ans qui ne représentent que 4,85%. L'âge moyen de la population est de $3,06 \pm 0,92$ ans, cependant, il est important de noter que l'âge maximum enregistré est de 8 ans, mais ne concerne qu'un seul individu (mâle de 59,6 cm et 322 g). L'importance numérique des différents âges chez les individus indéterminés, les mâles et les femelles est illustrée par la figure 17.

Tableau 4. Caractéristiques statistiques de l'échantillon d'anguilles indifférenciées, mâles et femelles de la lagune du Mellah.

Sexe	n	Longueur en cm			
		Moy	s^2	Min	Max
Indifférencié	154	37.76	6.77	17.5	58.8
Mâle	197	48.63	5.71	31.9	71.3
Femelle	273	44.48	6.21	30.3	65.6

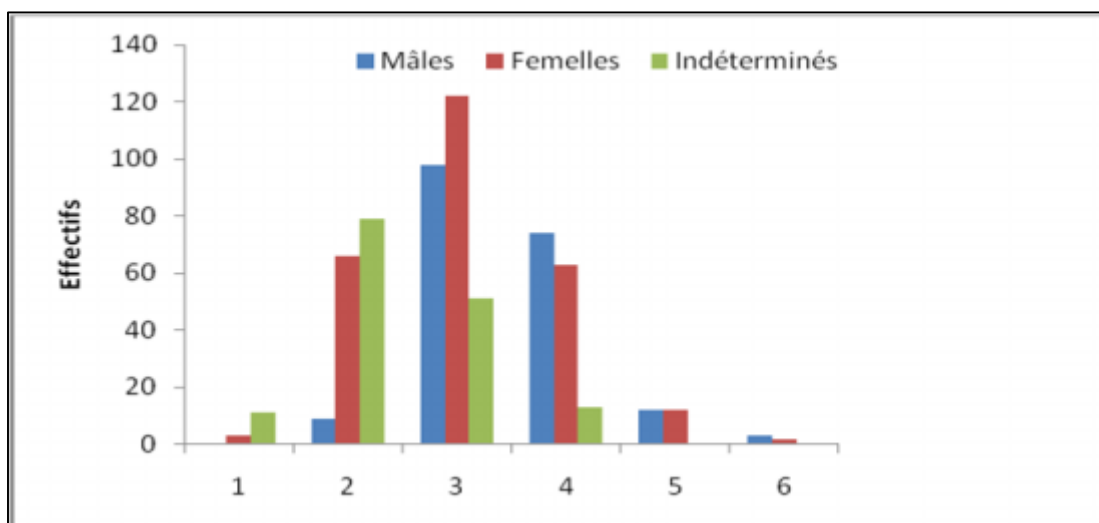


Figure 17. Distribution des fréquences des classes d'âges des anguilles pêchées dans la lagune du Mellah.

3.2. Variations de l'accroissement marginal des otolithes

L'évolution de l'allongement marginal des otolithes au cours d'un cycle annuel est représentée par la figure 18. Le calcul de l'accroissement marginal concerne des individus dont l'âge est compris entre 2 et 6 ans et dont les effectifs sont répartis comme suit: 2ans : 169, 3 ans : 257, 4 ans : 88, 5 ans : 14. Les valeurs les plus élevées de l'allongement marginal sont observées en avril ($AM = 0,629 \pm 0,329$). Cette valeur maximale est suivie par une chute brusque en mai et atteint son minimum en juin ($0,280 \pm 0,310$). L'accroissement marginal augmente de nouveau et atteint $0,545 \pm 0,321$ et $0,489 \pm 0,24$ respectivement en octobre et novembre 2009. Ces valeurs permettent de considérer qu'il n'apparaît qu'un seul anneau de croissance par an. En effet, la comparaison statistique (anova) indique une différence significative entre les moyennes mensuelles de l'accroissement marginal ($p < 0,0001$). En complétant l'analyse statistique avec une comparaison multiple ou la méthode de Newman et Keuls (Dagnelie, 1975), ce test nous a permis de confirmer que le dépôt a lieu en mai-juin est devient apparent en juillet.

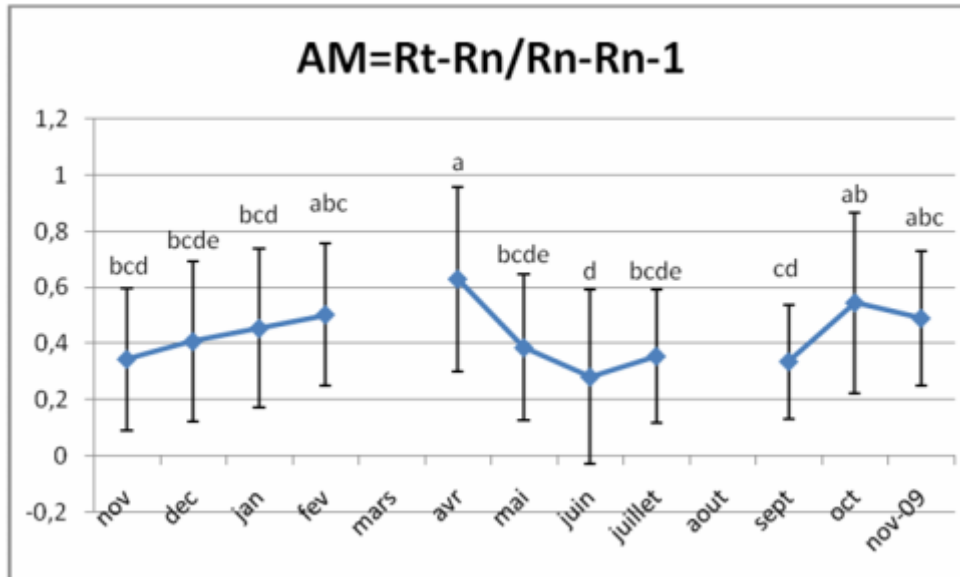


Figure 18. Variations mensuelles de l'accroissement marginal des otolithes chez la population totale de l'anguille *Anguilla anguilla* de la lagune Mellah.

L'évolution des accroissements marginaux par âge est représentée par la figure 19, cette dernière ne montre pas de tendance claire, mais il apparaît globalement que les individus âgés de 2 et 3 ans ont la même tendance que les résultats précédents, c'est-à-dire un pic en avril suivi d'une chute brusque en mai-juin.

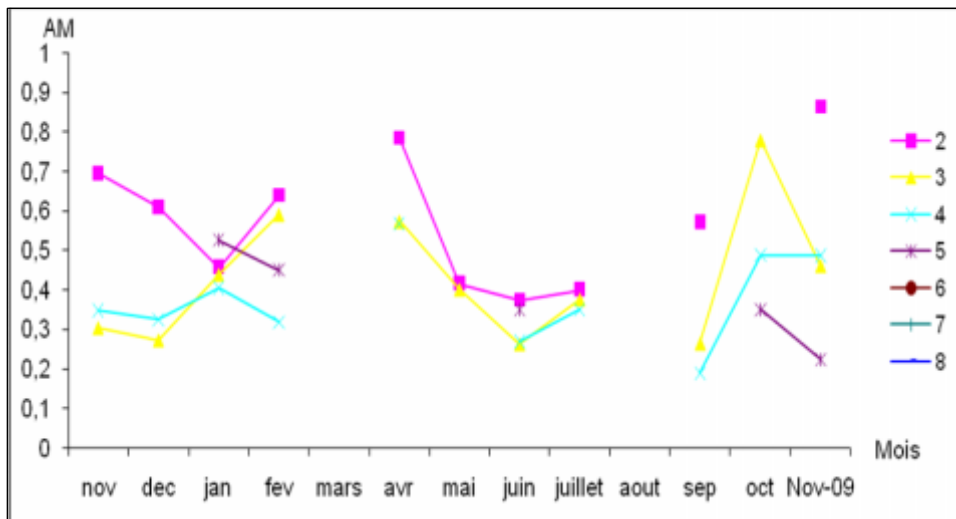


Figure 19. L'évolution des accroissements marginaux par âge.

3.3. Le rétrocalcul des tailles aux différents âges

Les tableaux 5 (a, b, c) donnent les longueurs moyennes rétrocalculées pour chaque âge chez les sexes confondus, les mâles et les femelles. Le taux de croissance le plus élevé est enregistré au cours des trois premières années, avec respectivement 10,06, 7,14 et 5,06 cm/an. Ce schéma est conservé lorsque l'analyse est réalisée pour chaque sexe indépendamment, avec cependant quelques différences entre les mâles et les femelles. Cette différence est généralement en faveur des mâles avec un écart de 1,9 cm à 1 an, 1,8 cm à 2 ans, 2,3 cm à 3 ans et 1,8 cm à 4 ans. Les femelles reprennent un léger avantage à 5 ans (1,2 cm).

Tableau 5. Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les otolithes chez la population totale d'Anguille (a), les mâles (b) et les femelles (c) de la lagune du Mellah (les âges de 1 à 5 sont obtenus à partir de la lecture directe des otolithes. Lt1 à Lt5 sont les longueurs recalculées par âges).

(a)

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5
1	N=13 M=24.87 Et=4.33				
2	N=153 M=23.89 Et=4.27	N=153 M=33.53 Et=4.98			
3	N=246 M=24.86 Et=4.35	N=246 M=34.91 Et=4.64	N=246 M=42.10 Et=5.21		
4	N=108 M=22.52 Et=4.90	N=108 M=32.77 Et=5.55	N=108 M=40.15 Et=4.34	N=108 M=46.21 Et=4.31	
5	N=16 M=20.32 Et=4.36	N=16 M=31.84 Et=4.08	N=16 M=39.12 Et=3.92	N=16 M=44.85 Et=3.80	N=16 M=50.02 Et=4.75
total	N=536 M=23.98 Et=4.55	N=523 M=33.96 Et=5.00	N=370 M=41.38 Et=5.02	N=124 46.00 Et=4.25	N=16 M=49.93 Et=4.61

N=effectif, M:moyenne, Et : écart type

(b)

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5
1					
2	N=11 M=28.38 Et=3.90	N=11 M=38.46 Et=4.33			
3	N=84 M=26.93 Et=3.91	N=84 M=37.28 Et=4.21	N=84 M=44.41 Et=5.48		
4	N=42 M=22.84 Et=5.45	N=42 M=33.45 Et=6.59	N=42 M=41.84 Et=3.84	N=42 M=47.51 Et=3.93	
5	N=5 M=22.02 Et=4.65	N=5 M=33.84 Et=2.60	N=5 M=41.04 Et=2.73	N=5 M=45.44 Et=2.52	N=5 M=49.54 Et=2.79
total	N=142 M=25.60 Et=4.90	N=142 M=36.07 Et=5.32	N=131 M=43.39 Et=5.11	N=47 M=47.19 Et=3.86	N=5 M=49.36 Et=2.54

N=effectif, M:moyenne, Et : écart type

(c)

Age	Lt1	Lt2	Lt3	Lt4	Lt5
1	N=3 M=27.07 Et=0.49				
2	N=55 M=24.72 Et=3.86	N=55 M=35.59 Et=4.85			
3	N=105 M=24.17 Et=3.77	N=105 M=34.58 Et=3.91	N=105 M=41.98 Et=4.24		
4	N=43 M=21.99 Et=5.01	N=43 M=32.56 Et=5.34	N=43 M=39.20 Et=4.25	N=43 M=45.49 Et=4.26	
5	N=10 M=19.83 Et=4.33	N=10 M=31.17 Et=4.56	N=10 M=38.35 Et=4.38	N=10 M=44.71 Et=4.56	N=10 M=50.50 Et=5.75
total	N=216 M=23.72 Et=4.25	N=213 M=34.27 Et=4.64	N=158 M=41.00 Et=4.45	N=53 M=45.35 Et=4.28	N=10 M=50.50 Et=5.75

N=effectif, M:moyenne, Et : écart type

4. Etude de la croissance

4.1. Croissance linéaire absolue

La comparaison des tailles aux différents âges obtenues par la lecture directe des otolithes et par le rétro-calcul, nous a permis d'opter pour la méthode de retrocalcul. Cette méthode a été beaucoup utilisée dans le cas de l'anguille, particulièrement lorsque les effectifs sont faibles. Le principe est de calculer la relation liant la taille du poisson a celle du rayon de son otolithe, puis de calculer la taille du poisson à la nième marque, connaissant la taille du poisson a la capture, le rayon de l'otolithe a la capture et le rayon de l'otolithe la nième marque. Les résultats du rétrocalcul doivent toujours être interprétés avec attention car les méthodes mathématiques sont nombreuses (Francis, 1990) et les possibilités de biais peuvent être non négligeables (Campana, 1990, Ricker, 1992).

A partir des paramètres calculés, le modèle théorique de croissance linéaire de VB s'écrit comme suit:

$$\text{Mâles : } Lt = 53,29 [1 - e^{-0,49(t + 0,30)}].$$

$$\text{Femelles : } Lt = 60,24 [1 - e^{-0,31(t + 0,59)}].$$

$$\text{Sexes confondus : } Lt = 58,62 [1 - e^{-0,34(t + 0,53)}].$$

Conformément à ces équations, la figure 20 montre l'évolution des tailles des sexes séparés et confondus en fonction de l'âge. A 1 an, la longueur totale est de 23,98 cm et atteint

49,83cm à 5 ans. Les taux de croissance les plus importants sont enregistrés au cours de la première et de la deuxième année, avec respectivement 10,05 et 7,13 cm. Selon le sexe, la longueur totale est de 23,92cm à 1an et de 50 cm à 5 ans chez les femelles. Pour les mâles, à 1 an, la longueur totale est de 25,5 cm et atteint 49,52 cm à 5 ans. Les taux les plus importants sont enregistrés également au cours de la première et de la deuxième année, avec respectivement 10,05 et 7,13 cm pour les femelles et 10,92 et 6,63cm pour les mâles.

L'indice de performance de croissance est de 7,07 chez les deux sexes confondus et montre une légère différence selon le sexe avec 7,15 chez les mâles et 7,04 chez les femelles.

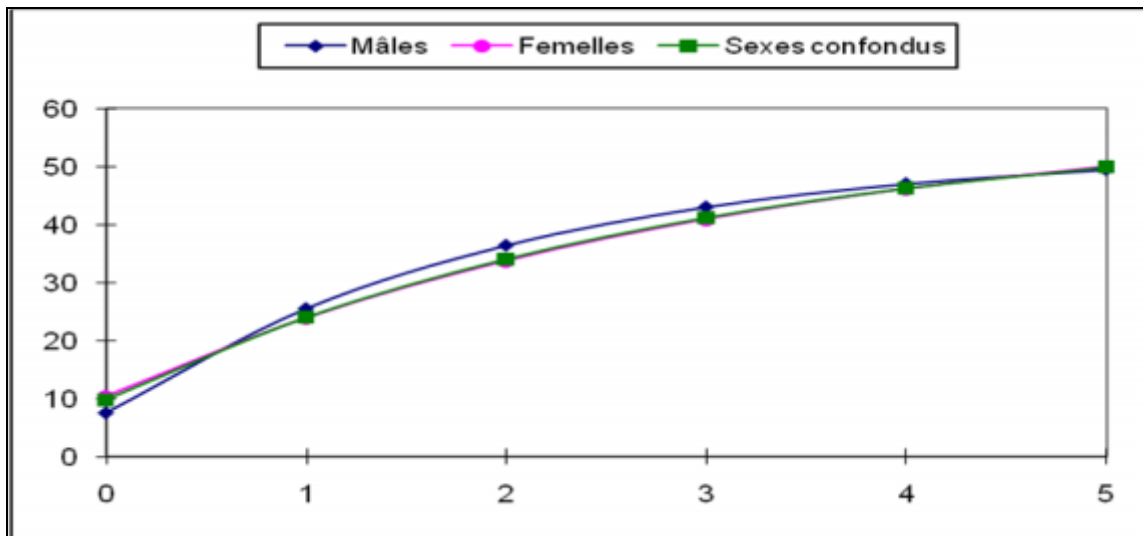


Figure 20. Croissance linéaire absolue des mâles, des femelles et des deux sexes confondus de l'anguille *Anguilla anguilla* dans la lagune du Mellah.

4.2. Croissance relative ou relation taille-poids

Chez la population étudiée, le modèle de croissance relative s'écrit: $P = 5,525 \cdot 10^{-4} L^{3,241}$ (allométrie majorante, $r = 0,847$, $P \leq 0,05$). Il est exprimé graphiquement par la figure 21.

En fonction du sexe le modèle de croissance relative s'écrit: $P = 1,127 \cdot 10^{-3} L^{3,065}$ (isométrie, $r = 0,841$, $P \leq 0,05$) pour les femelles et $P = 5,067 \cdot 10^{-4} L^{3,277}$ (allométrie majorante, $r = 0,859$, $P \leq 0,05$) pour les mâles.

L'analyse des variations mensuelles de la relation taille-poids (tab. 6) montre qu'il existe toujours une corrélation significative entre les deux variables ($0,841 \leq r \leq 0,949$, $P \leq 0,05$). Dans l'échantillon global, l'allométrie entre la taille et le poids est majorante, c'est le cas également pour la majorité des mois. Toutefois, des cas d'allométrie minorantes sont constatés en décembre, septembre et en octobre. Aucun cas d'isométrie n'a été enregistré.

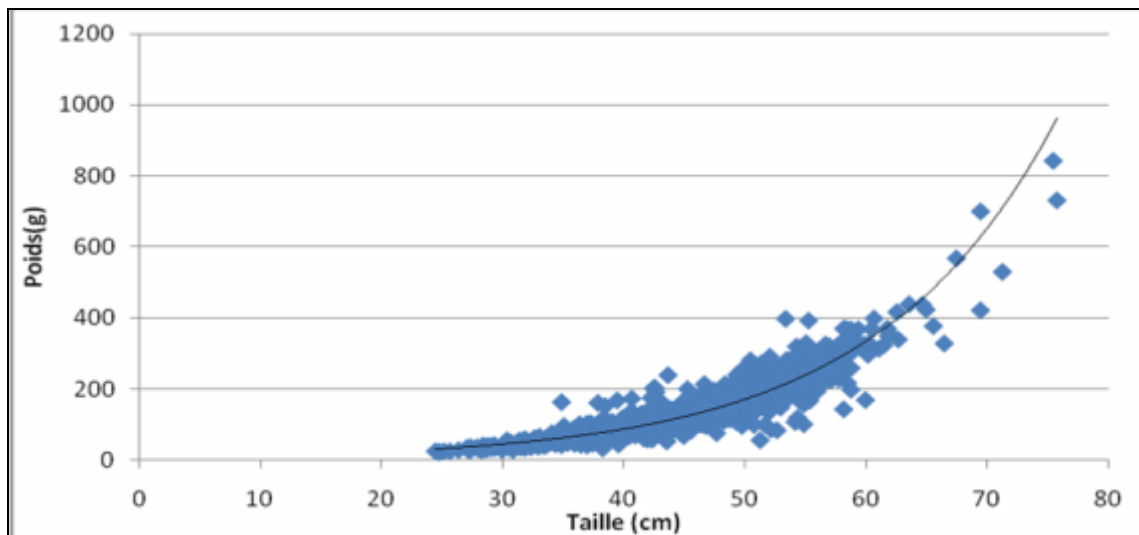


Figure 21. Croissance relative chez la population totale des anguilles (*Anguilla anguilla*) de la lagune du Mellah.

Tableau 6. Relations d'allométrie entre le poids et la longueur totale chez les anguilles échantillonnées dans la lagune du Mellah.

Mois	Effectif	Longueur total	Poids total	P = a L ^b		r	Type d'allométrie
				b	A		
Novembre 2008	143	45.91±5.91 31.7-Lt-59.4	144.37±60.08 41-Pt-369	3.348	3.69.10 ⁻⁴	0.904	Tobs =4.214 (Majorante)
Décembre	85	42.74±5.19 32.2-Lt-56.5	116.96±38.18 50-Pt-249	2.427	1.253.10 ⁻²	0.844	Tobs=4.925 (Minorante)
Janvier	166	45.73±5.21 29.4-Lt-67.5	140.45±55.74 29-Pt-568	3.504	1.932.10 ⁻⁴	0.882	Tobs=5.812 (Majorante)
Février	679	47.76±5.621 34.5-Lt-75.8	150.12±67.30 48-Pt-731	3.381	2.976.10 ⁻⁴	0.841	Tobs=7.82 (Majorante)
Mars							
Avril	153	43.56±6.40 31.2-Lt-58.8	126.16±64.44 40-Pt-310	3.325	4.139.10 ⁻⁴	0.895	Tobs=3.907 (Majorante)
Mai	138	39.34±7.29 24.5-Lt-55.3	113.25±67.40 23-Pt-398	3.414	3.537.10 ⁻⁴	0.909	Tobs=5.011 (Majorante)
Juin	139	42.22±7.72 26.4-Lt-75.5	134.16±98.00 29-Pt-842	3.378	3.754.10 ⁻⁴	0.949	Tobs=11.71 (Majorante)
Juillet	84	40.92±6.73 25.7-Lt-60.5	94.10±59.70 26-Pt-370	3.697	8.861.10 ⁻⁵	0.872	Tobs =5.326 (Majorante)
Aout							
Septembre	97	38.86±6.74 27.1-Lt-71.3	104.01±65.18 29-Pt-530	2.829	3.081.10 ⁻³	0.925	Tobs =2.089 (Minorante)
Octobre	50	49.47±5.11 32.9-Lt-57.8	196.26±54.24 45-Pt-298	2.663	5.901.10 ⁻³	0.853	Tobs =2.158 (Minorante)
Novembre 2009	80	42.78±7.09 29.1-Lt-62	122.18±69.60 34-Pt-355	3.299	4.597.10 ⁻⁴	0.943	Tobs =3.271 (Majorante)
Total	1814	44.81±7.04 24.5-Lt-75.8	136.17±71.56 23-Pt-842	3.241	5.525.10 ⁻⁴	0.847	Tobs =8.417 (Majorante)

4.3. Croissance pondérale absolue

Utilisant les paramètres du modèle de VB déjà définis et le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids, les équations théoriques de croissance pondérale s'écrivent comme suit:

$$\text{Mâles : } Pt = 217,96 [1 - e^{-0,4997(t + 0,303)}]^{3,241}$$

$$\text{Femelles : } Pt = 324,29 [1 - e^{-0,3165(t + 0,5991)}]^{3,241}$$

$$\text{Sexes confondus : } Pt = 296,87 [1 - e^{-0,3431(t + 0,5335)}]^{3,241}$$

Ces équations sont exprimées graphiquement par la figure 22. A un an, le poids total est de 16,38 g et atteint 175,45 g à 5 ans. L'évolution des taux de croissance annuels indiquent des gains importants entre la première et la deuxième année, atteignant 21,07% du poids maximum enregistré. En fonction du sexe, le poids total est de 16,26 g à 1 an et de 177,33 g à 5 ans chez les femelles. Pour les mâles, il est de 19,99 g à 1 an, et atteint 171,89 g à 5 ans. Le gain est important entre la deuxième et la troisième année pour les femelles et entre la première et la deuxième pour les mâles, atteignant respectivement 20,94% et 24,16% du poids maximum enregistré.

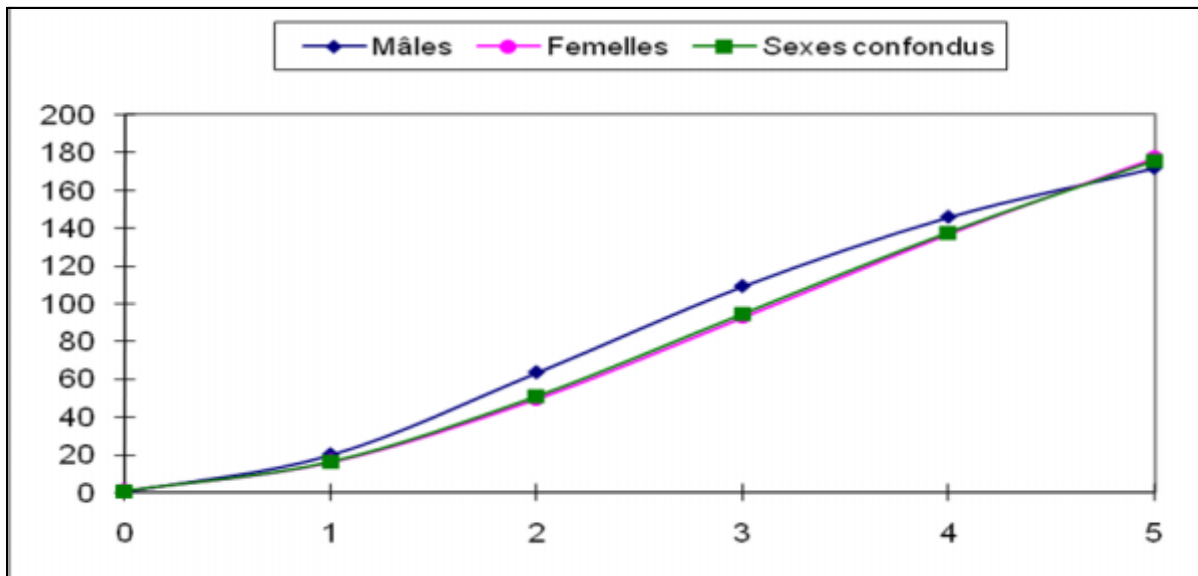


Figure 22. Croissance pondérale absolue chez les mâles, les femelles et les sexes confondus de l'anguille (*Anguilla anguilla*) de la lagune du Mellah.

DISCUSSION

1. Structure démographique

La structure démographique des anguilles de la lagune du Mellah montre qu'elles sont constituées essentiellement de stade jaune (78.50% de l'effectif étudié) dont la taille moyenne est comprise entre 40 et 60 cm (72.74% de la population totale). En effet, les données de la pêche montrent des niveaux de capture d'anguilles jaunes plus importants dans les lagunes, les baies et les estuaires que dans d'autres milieux d'eau douce (Moriarty, 1996). Les travaux portant sur des populations d'anguilles américaines *Anguilla rostrata* dans des estuaires corroborent l'hypothèse de l'utilisation des habitats saumâtres par les anguilles jaunes (Hansen & Eversole 1984, Helfman et al. 1984, Goodwin & Angermeier 2003, Morrison & Secor 2003).

Le déterminisme du sexe est vraisemblablement sous dépendance de la densité (Rossi et al. 1988; Kruger, 1999; Oliveira, 2001). Les fortes densités d'individus favoriseraient l'orientation du sexe en mâle pour une plus grande proportion de la population, ce qui est largement observé en conditions expérimentales et en aquaculture (Degani & Kushnirov 1992, Roncarati et al. 1997). En admettant que d'une part, l'orientation du sexe est sous influence de la densité, et d'autre part que la densité des anguilles diminue avec la distance à la mer, on s'attend à ce que la proportion de mâles diminue avec la distance à la mer. Cette tendance est généralement observée à l'échelle des bassins versants, avec une plus grande abondance de mâles dans les estuaires, les lagunes côtières et une prédominance des femelles dans les hauts de bassins versants (Helfman et al. 1987, Goodwin & Angermeier 2003, Morrison & Secor 2003). Cependant, à petite échelle (partie aval du bassin de la Tamise), Naismith & Knights (1990), ont observé que la proportion de mâles est plus faible en aval qu'en amont). Ce résultat concorde avec le notre, dans la mesure où nous avons trouvé un sex-ratio en faveur des femelles (SR = 59.59%).

2. Biométrie

Des dissemblances morphologiques sont mises en évidence entre les deux sexes et entre le stade jaune et argenté. La longueur céphalique, la longueur de la nageoire pectorale, le diamètre horizontal de l'œil, la hauteur et l'épaisseur du corps, semblent être des caractères de dimorphisme sexuel. A taille égale, ces derniers seraient plus grands chez les femelles. Malheureusement, nous ne pouvons pas faire de comparaisons avec d'autres travaux en raison de l'absence de données sur ce sujet. Aussi, les anguilles argentées sont différentes des

anguilles jaunes au niveau de la nageoire pectorale et du mandibule. Ces caractères seraient plus grands, à taille égale, chez les stades argentés.

3. Age et Croissance

Dans la lagune du Mellah, les anguilles présentent des âges variables (de 1 à 6 ans) avec une prédominance forte des groupes d'âges II, III et IV, le groupe III étant généralement le plus répandu et le plus dominant dans notre population. Ces valeurs sont comparées avec les résultats de populations d'anguilles provenant d'autres régions et d'environnements différents (fleuves, lacs, lagunes, estuaires...) (tab. 7), et on note que cette prédominance (groupes d'âges II, III et IV) s'observe dans la lagune de Bages-Sigean et celle de Canet en France (Mallawa, 1976).

Tableau 7. Longévité et âges dominants de l'anguille *A. anguilla* dans différentes régions (Modifié de Mallawa et Lecomte-Finiger, 1992).

Auteurs	Sites	Age de la population	Groupe d'âge dominant
Ce document	Mellah (lagune) Algérie	1-6	II-IV
Moriarty (1974)	Shannon (estuaire) Irlande	5-26	VII-XIV
Moriarty (1979)	Melick bay (estuaire) Irlande	7-25	VIII-XIII
Ask et al (1971) in Suardson (1976)	Baltic	1-10	III-V
Lee & Lassere (1982)	Arcachon (lagune) France	1-8	III
Rossi & Villani (1976)	Lesina et Varano (lagune) Italie	1-5	I-III
Gatto & Rossi (1979)	Comacchio (lagune) Italie	1-14	I-VII
Ardizzone & Corsi (1985)	Pontin (Lagune) Italie	1-5	II-III
Purwanto (1981)	Piemanson (Camargue) France	1-4	I-II
Gis Arm (1986)	Mauguio	1-6	I-II
Mallawa (1987)	Bages-Sigean Canet lagune (narbonnais Roussillon) France	1-12 1-10	II-IV
Panfili (1988)	Vaccarès	1-5	I-II
	Mauguio	1-7	
	Vic	1-3	
El Hilali (2007)	Oued Sebou (estuaire) Maroc	1-7	I-II

Les résultats de comparaisons de croissances d'anguille montrent qu'il existe des différences importantes entre les biotopes colonisés par cette espèce (Tab. 8 et fig. 23). La variabilité de la croissance en milieu naturel est importante; elle avait été soulignée dans plusieurs études (Vollestad, 1989, 1992 ; Fontenelle, 1991 ; Panfili et *al.*, 1994). L'influence du sexe sur la croissance n'est pas présentée dans le Tableau 8, mais de nombreuses études ont montré la plus forte croissance des femelles en milieu naturel (Tesch, 1977 ; Lee, 1979 ; Rossi, 1979 ; Rossi et Villani, 1980 ; Aprahamian, 1986, 1988 ; Vollestad et Jonsson, 1988 ; Panfili et *al.*, 1994) et surtout en aquaculture (Egusa, 1979). Les différences de croissance peuvent aussi être très marquées entre les individus d'un même milieu (Panfili et *al.*, 1994).

Le Tableau 8 montre que les tailles à un an sont plus élevées si l'on tient compte des résultats obtenus par observation directe de la taille à un âge donné plutôt que des résultats rétrocalculés. Par exemple, pour deux estuaires espagnols, la taille à un an observée est de 25,3 cm pour Arias et Drake (1985) et la taille rétrocalculée par Fernandez-Delgado et *al.* (1989) est de 13,5 cm. Le fait le plus caractéristique est la différence sensible entre les milieux «saumâtres» et les milieux «d'eau douce». Ceci est remarquable non seulement pour les tailles à un an, entre 10,2 et 25,3 cm pour l'eau saumâtre et entre 10,0 et 16,0 cm pour l'eau douce, mais aussi pour les accroissements interannuels (Tab. 8). Dès le départ, les individus qui grandissent dans les eaux dulçaquicoles présentent un retard en taille par rapport à ceux qui fréquentent les sites proches de la mer, et cette différence sera ensuite accentuée par des taux de croissance plus faibles en eau douce. Les croissances dans les eaux saumâtres méditerranéennes semblent meilleures que partout ailleurs, jusqu'à 15,2 cm (Fernandez-Delgado et *al.*, 1989 (Espagne)), 14,5 cm (Rossi et Villani, 1980 (Italie)), 10 cm (Mellah, 2010) et 9,0 cm (Panfili, 1993 (France)) entre la première et la deuxième année ; ensuite les accroissements annuels sont variables avec une tendance à la diminution vers les classes âgées. Panfili (1993) ayant étudié et comparé deux populations saumâtre et dulçaquicole, dans deux régions méditerranéennes proches, avec un même outil de lecture d'âge, montre que la différence se fait surtout dès la première année, et qu'ensuite les taux de croissance sont comparables.

Tableau 8. Données issues de la littérature traitant de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (recherche non exhaustive) (modifié d'après Panfili et Ximénès, 1994).

Auteurs	Milieu	Pays	Méthode	taille à 1 an	Accroissement entre deux classes d'âge (cm)								
					1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	
Ce travail	lagune	Algérie	rétroc.	24	10	7,4	4,6	3,9					
Penaz et Tesch (1970)	estuaire	Allemagne	rétroc.	11,9	3,7	4,1	4,5	5,1					
Rossi et Vilani (1980)	lagune	Italie	rétroc.	22,7	14,5	6,7	1,6	12,8					
Ardizzone et Corsi (1985)	lagune	Italie	obs.	23,3	4,1	4,7							
Arias et Drake (1985)	estuaire	Espagne	obs.	25,3	6,2	6,7	6,8						
Vollestad (1986)	lagune	Norvège		12,8	7,2	7,7	5,1	5,0	4,4	5,5	3,2	2,2	
Mallawa (1987) M	lagune	France	rétroc.	14,2	6,4	6,1	4,6	3,4	2,4	3,3			
Mallawa (1987) F	lagune	France	rétroc.	14,4	7,1	6,5	5,6	5,4	5,1	5,1	6,3	6,6	
Fernandez-Delgado <i>et al.</i> (1989)	estuaire	Espagne	rétroc.	13,5	15,2	9,8	5,8	6,1	3,7				
Gordo et Jorge (1991)	lagune	Portugal	obs.	17,2	6,1	6,2	5,6	5,0	5,5	5,6	3,8	3,8	
Lecomte-Finiger (1992)	lagune	France	obs.	22,0	2,8	4,8	2,9	2,4					
Mounaix (1992)	estuaire	France	obs.	12,6	7,2	4,5	5,9	16,2	15,5				
Mounaix (1992)	estuaire	France	rétroc.	14,7	5,3	7,6	4,5	5,4	6,2				
Panfili (1993)	lagune	France	rétroc.	19,5	9,0	6,1	6,4	7,0					
El hilali (2007)	Estuaire	Maroc	Obs.	14,6	4,2	4,2	4,4	0,9	2,9				
Sinha et Jones (1967)	rivière	Angleterre	obs.	13,6	2,6	3,9	3,4	4,1	2,6				
Penaz et Tesch (1970)	rivière	Allemagne	rétroc.	11,9	4,5	5,0	4,6	2,0					
Rasmussen et Therkildsen (1979)	rivière	Danemark	obs.	10,8	4,5	3,4	7,8	1,3	6,6	4,5	1,1	0,7	
Berg (1985)	lac	Allemagne	rétroc.	11,9	5,1	5,4	5,4	4,8	5,2	4,4	4,0	3,6	
Paulovitz et Biro (1986)	lac	Hongrie	rétroc.	13,4	9,4	9,5	7,1	5,4	5,0	5,1	4,8	5,6	
Vollestad et Jonsson (1988)	rivière	Norvège	rétroc.	13,3	8,4	8,3	7,8	6,7	5,5	4,2	3,4	2,7	
Nagiec et Bahnsawy (1990)	lac	Pologne	rétroc.	13,0	6,5	4,8	3,9	4,6	3,9	3,9	3,6	3,6	
Mann et Blackburn (1991)	torrent	Angleterre	obs.	10,0	2,0	3,5	2,0	3,5	4,0				
Mounaix (1992)	fleuve	France	obs.	14,0	9,5	6,1	1,0	2,9	11,6				
Mounaix (1992)	fleuve	France	rétroc.	16,0	4,0	2,5	2,5	1,0	12,5				
Panfili (1993)	canal	France	rétroc.	12,4	6,2	6,3	6,0	5,4	4,0	4,0	4,4	4,2	

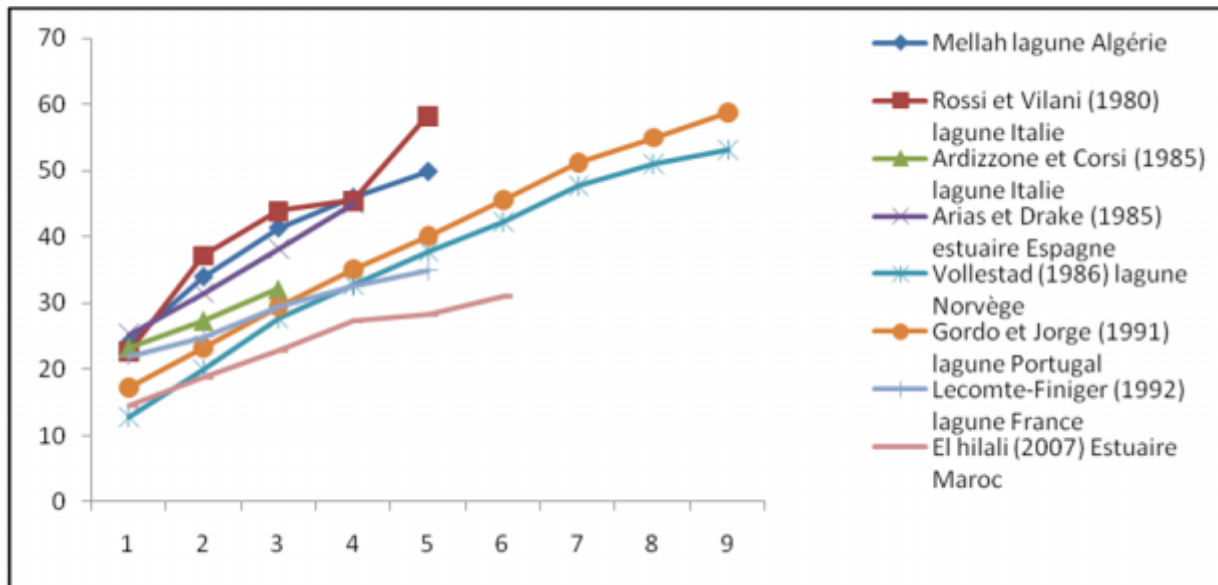


Figure 23: Courbes de croissance de diverses populations de l'anguille européenne obtenues d'après les données du tableau 11(modifié d'après Panfili et Ximénès, 1994).

Il faut rattacher ces différences : (1) aux périodes d'arrivée des civelles dans les biotopes ; (2) à la disponibilité, la qualité et la quantité de nourriture (les lagunes sont considérées comme des milieux riches où viennent se reproduire de nombreuses espèces) ; (3) à la compétition interspécifique. D'autre part, Edeline et Elie (2004) estiment que les taux de croissance élevés observés chez les populations marines et estuariennes pourraient être liés à l'action de la salinité sur le comportement alimentaire de l'anguille et non à la plus forte disponibilité en nourriture de ces milieux.

La croissance de l'anguille est un phénomène extrêmement irrégulier. Des individus d'un même groupe d'âge peuvent avoir des tailles et des poids différents. La croissance en longueur et en poids n'est donc pas liée à une augmentation d'âge et l'anguille la plus longue et/ou la plus lourde n'est pas forcément la plus âgée. Cette irrégularité de croissance, très importante, s'observe chez toutes les espèces d'anguilles (Tesch, 1977).

Nous constatons un gradient latitude nord-sud sur la croissance des anguilles, les latitudes méridionales révélant une croissance plus forte. Peut-on lier ce constat à l'effet des conditions environnementales, ou doit-on émettre quelques réserves sur la réalité biologique du gradient nord-sud ? La question reste en suspens. En effet, même si les méthodes d'estimation de l'âge utilisées par les différents auteurs sont toutes basées sur l'otolithométrie, la préparation des otolithes n'est pas identique, cassure ou ponçage, lumière transmise ou réfléchie, brûlages ou colorations diverses, loupe binoculaire, microscope optique ou

électronique, etc... Il est ainsi impossible de distinguer les effets induits par la méthode d'estimation de l'âge et les effets biotiques et/ou abiotiques sur la croissance biologique des anguilles.

Conclusion

La population d'anguille européenne échantillonnée dans la lagune du Mellah entre novembre 2008 à novembre 2009 révèle l'existence d'individus dont la longueur totale est comprise entre 24,5 cm (10g) et 75,8 cm (842g). La taille moyenne dans la population est de $44,81 \pm 7,04$ cm. Quelle que soit les classes de taille ou les périodes de l'année, les anguilles jaunes sont généralement dominantes, elles représentent 78,34% de l'effectif total. En fonction du sexe, l'échantillon composé de 257 mâles, de 379 femelles et de 108 indifférenciés, montre un sex-ratio globalement en faveur des femelles avec 59,59% (valeur significativement inférieur à 50% car $\chi^2=23,40$; $p \leq 0,01$). En fonction du temps, la répartition des deux sexes ne montre pas de tendance claire.

Sur la base de quatorze caractères morphométriques, nous avons caractérisé la population d'anguille de la lagune du Mellah. Les différentes parties mesurées ne croissent pas toujours de manière isométrique, par rapport à la longueur totale ou à la longueur céphalique. L'allométrie majorante est démontré dans le cas de la longueur céphalique, la longueur de la nageoire pectorale, la longueur du museau, la longueur du mandibule, le diamètre horizontal et vertical de l'œil, la hauteur du corps et son épaisseur. Le reste des caractères présentent une croissance isométrique. Cinq caractères semblent valables pour la distinction entre les mâles et les femelles, il s'agit de la longueur céphalique, la longueur de la nageoire pectorale, le diamètre horizontal de l'œil, la hauteur et l'épaisseur du corps. Ces caractères seraient plus grands chez les femelles. De même, on peut distinguer des différences morphométrique entre les anguilles jaunes et argentées par plusieurs caractères : la longueur de la nageoire pectorale et du mandibule. Ces caractères seraient plus grands chez les stades argentés.

Deux méthodes ont servi à déterminer l'âge des anguilles du Mellah : la méthode directe basée sur la lecture des otolithes et la méthode de retrocalcul. L'âge de l'échantillon est compris entre 1 et 8ans, avec une moyenne de $3,06 \pm 0,92$ ans. Le suivi mensuel de l'accroissement marginal au cours d'un cycle annuel montre la formation d'un seul anneau d'arrêt de croissance qui se forme en avril et devient visible en juin. Le modèle de Von Bertalanffy établi pour les mâles, les femelles et les sexes confondus permet de décrire la croissance linéaire et pondérale d'*Anguilla anguilla*. De 23,98cm (16,38 g) à 1 an elles passent à 52,38cm (206,25 g) au bout de la cinquième année.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

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 l'Université de Toulouse. 299 pp.

Arias M., Drake P., 1985. Estructura de la población y régimen alimentario de *Anguilla anguilla* L, 1758 (Osteichthyes, Anguillidae), en los esteros de San Fernando (Cadiz). Invest. Pesq., 49(4), 475-491.

Avise J.C., G.S. Helfman, N.C. Saunders and L.S. Hales., 1986. Mitochondrial DNA differentiation in North Atlantic eels: population genetic consequences of an unusual life history pattern. Proceedings of the National Academy of Science of the USA, 83: 4350-4354.

Avise J.C., W.S. Nelson, J. Arnold, R.K. Koehn, G.C. Williams and V. Thorsteinsson., 1990. The evolutionary genetic status of Icelandic eels. Evolution, 44(5) : 1254 – 1262.

Aoyama J., M. Nishida & K. Tsukamoto., 2001. Molecular phylogeny and evolution of the freshwater eel, Genus *Anguilla*. Molecular Phylogenetics and Evolution, 20 : 450-459.

Aoyama J., 2003. Origin and evolution of the freshwater eels, Genus *Anguilla*. In: Aida K., K. Tsukamoto & K. Yamauchi (Eds). Eel Biology. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 2: 19-29.

Aprahamian M.W., 1986. Eel (*Anguilla anguilla* L.) production in the River Severn, England. Polskie Arch. Hydrobiol., 33 (3/4), 373-389.

Aprahamian M.W., 1988. Age structure of eel, *Anguilla anguilla* (L), populations in the River Severn, England, and the River Dee, Wales. Aquacult. Fish. Manag., 19, 365-376.

Baras E., B. Salmon & J.C. Phillipart., 1994. Evaluation de l'efficacité d'une méthode d'échantillonnage par nasses des anguilles jaunes (*Anguilla anguilla* L.) en migration dans la Meuse. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335 : 7-16.

Bastrop R., B. Strehlow, K. Jürss & C. Sturmbauer., 2000. A new molecular phylogenetic hypothesis for the evolution of freshwater eels. Molecular Phylogenetics and Evolution, 14 : 250-258.

Bertin, L., 1951. Les anguilles. Variation, croissance, euryhalinité, toxicité, hermaphrodisme juvénile et sexualité, migrations, métamorphoses. Payot, Paris, 188.

Boetius, J., 1976. Elvers, *Anguilla anguilla* and *Anguilla rostrata*, from two Danish localities. Size, body weight, developmental stage and number of vertebrae related to time of ascent. Meddr Danm. Fisk.- og Havunders, vol 7 : p. 199-219.

Boëtius J., 1980. *Anguilla anguilla*. A presentation of old and new data of total numbers of vertebrae with special reference to the occurrence of *Anguilla rostrata* in Europe. Dana, 1: 93-112.

Boëtius I. & J. Boëtius., 1980. Experimental maturation of female silver eels, *Anguilla anguilla*. Estimates of fecundity and energy reserves for migration and spawning. Dana, 1 : 1-28.

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

Briand, C., Fatin, D., and Lambert, P., 2004. Effets de la température et de la salinité sur le développement de la pigmentation des civelles (*Anguilla anguilla*). Cybium, 28(3) : 247–254.

Cataudella S.& Ferlin. P, 1984. - Aspects de basse technologie dans l'aménagement des ressources piscicoles et le développement de l'aquaculture dans les lagunes. In: Management of coastal Lagoon Fisheries. Studies and reviews, pp. 160-172. General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), N° 61.

Chaoui. L., 2006. L'ichtyofaune de la lagune du Mellah. Biologie, génétique et exploitation de la daurade *Sparus aurata* (L., 1758). Thèse de doctorat d'état en science de la mer de l'université d'Annaba.

CIEM., 2006. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. Rome, Italy, 23-27 January 2006.

Campana S.E., 1990. How reliable are growth back-calculations based on otoliths ? Can. J. Fish. Aquat. Sci., 47, 2219-2227.

Dagnélie, P., 1975. Théorie et méthodes statistiques, Vol. 1 : La statistique descriptive et les fondements de l'inférence statistique. Duculot ed., Gembloux.378p.

Degani G, Kushnirov D., 1992. Effets of 17 β Estradiol and grouping on sex determination of European eels. Prog. Fish-Cult. 54:88-91

Dekker W., 2000. A procrustean assessment of the European eel stock. ICES Journal Marine Science, 57 : 938-947.

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

Draredja B., 1992. Conditions hydrosédimentaires en structure de la macro faune benthique en période printanière d'un écosystème lagunaire méditerranéen, lac El Mellah (Algérie) thèse de Magister ISMAL, 147p.

Drareja B., 2007. Structure et fonctionnement d'un milieu lagunaire méditerranéen : lagune Mellah (El-Kala, Algérie nord-est).Thèse de doctorat d'état en science de la mer de l'université d'Annaba 225p.

Drareja B & Kara M.H., 2004. Diversité de la macrofaune benthique de la lagune Mellah (Algérie Nord-Est).*Rapp. Comm. Int. Mer medit.*, 37,2004.

Dufour S., 1994. Neuroendocrinologie de la reproduction de l'anguille : de la recherche fondamentale aux problèmes appliqués. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, 335 : 187-211.

Dufour S. & Y. Fontaine., 1985. La migration de reproduction de l'Anguille européenne : un rôle probable de la pression hydrostatique dans la stimulation de la fonction gonadotrope. Bulletin de la Société Zoologique de France, 110 : 291-299.

Durif C., 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* : caractérisation des fractions dévalantes, phénomène de migration et franchissement d'obstacles, Cemagref Bordeaux, Unité Ressources aquatiques continentales.Thèse de Doctorat en Écologie Aquatique, Université Paul-Sabatier, Toulouse III/Cemagref, 2003. 348 p.

Durif C., Elie P., Dufour S., Marchelidon J. et Vidal B., 2000. Analyses des paramètres morphologiques et physiologiques lors de la préparation à la migration de dévalaison chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) du lac de Grand-Bleu (Loire-Atlantique). *Cybium*, 24 (3) suppl. : 63-74.

Edeline E. and Elie P. 2004. Is salinity choice related to growth in juvenile eel *Anguilla anguilla* ? *Cybium, Revue Intern. Ichtyologie*, V 28, N°1 Suppl. Rif, 2003.

Ege, V., 1939. A revision of the genus *Anguilla* shaw: a systematic, phylogenetic and geographical study. Bianco Luno A/S, Copenhagen. 266 p.

Egusa S., 1979. Notes on the culture of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) in Japanese farming ponds. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. int. Explor. Mer*, 174, 51-58.

Elie P, C. Rigaud., 1984. Etude de la population d'anguilles de l'estuaire et du bassin versant de la Vilaine: examen particulier de l'impact du barrage d'arzal sur la migration anadrome.

Elie P., 1998. Vie d'anguille. *Eaux Libres*, 24 : 4-7.

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

FAO., 1987. Aménagement du chenal du lac mellah. Fao et ministère de l'hydraulique, de l'environnement et des forêts, division de développement des activités hydrauliques et agricoles, note préliminaire, janvier 19987 :25p.

Fernandez-Delgado CH, J.A., Herrera, M., Bellido, M., 1989. Age and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla*, in the estuary of the Guadalquivir river (south-west Spain). *J. Fish Biol.* 34:561-570.

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

Feunteun E. & L. Marion., 1994. Impact of heron (*Ardea cinerea*) on fish communities: the case study of the main European colony. *Hydrobiologia*, 279/280 : 327-344.

Feunteun E., P. Laffaille, T. Robinet, C. Briand, A. Baisez, J.M. Olivier & A. Acou., 2003. A review of upstream migration and movements in inland waters by anguillid eels. Towards a general theory. In: Aida K, K. Tsukamoto, K. Yamauchi (eds) *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo, pp. 191-213.

Fiche descriptive sur les zones humides Ramsar., 2005. Réserve intégrale du Lac El Mellah (Wilaya d'El Tarf). Ministère de l'agriculture et du développement rural direction générale des forêts

Fontaine M., 1975. Physiological mechanisms in the migration of marine amphihaline fish. *Advances in Marine Biology*, 13 : 241-355.

Fontaine Y.A., 1994. L'argenture de l'anguille: Métamorphose, Anticipation, Adaptation. *Bulletin Français de la Pêche et Pisciculture*, 335 : 171-185.

Fontenelle G., 1991. Age et longueur moyenne des anguilles (*Anguilla anguilla*) en Europe: une revue critique. EIFAC Working Party on Eel, Dublin, Ireland. 16 p.

Francis R.I.C.C., 1990. Back-calculation of fish length : a critical review. *J. Fish Biol.*, 36, 883-902.

Germain L., 1927. La distribution géographique des anguilles. *Bulletin de la Société d'Océanographie de France*, 35 : 678-682.

Goodwin KR, Angermeier PL., 2003. Demographic characteristics of American Eel in the Potomac River drainage, Virginia. *Trans. Am. Fish. Soc.* 132:524-535.

Gordo L.S., Jorge M.I., 1991. Age and growth of the European eel, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758), in the Aveiro lagoon, Portugal. *Sci. Mar.*, 55 (2), 389-395.

Gosset C, F. Travade, C. Durif, J. Rives et C. Garaicoechea., 2000. Etude des dispositifs de dévalaison pour l'anguille argentée : Test de deux exutoires de dévalaison à la centrale hydroélectrique de Halsou (Nive- 64). Rapport de contrat INRA/EDF, 35 pages + annexes.

Guelorget O., Ximens M.C., Frisoni G.F., Perthuisot J.P., 1982. Diagnose écologique du lac El Mellah (Algérie) pour l'évaluation de ces potentialités halieutiques et aquacoles. Rapport de mission FAO (PNUD/MEDRAP) ,130p.

Guelorget, O. & Perthuisot, J. P., 1983. Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. Trav. Lab. Geol. ENS, 16, 136 p.

Guelorget O., Frisoni G.F., Ximens M.C., Perthuisot J.P., 1989. Expressions biologiques du confinement dans une lagune méditerranéenne. Le lac El Mellah (Algérie) Rev. Hydorbiol. Trop. 22 (2) : 87-99.

Guerault D., R. Lecomte, Y. Desaunay, S. Biaganti, P. Beillois & P. Grellier. 1991., The glass-eel arrivals in the Vilaine estuary (Northern Biscay Bay) through the year 1990 : demographic features and the early life history. EIFAC, Working Party on Eel, Dublin (Irlande), 28 9, ronéo.

Hagström, O. and H. Wickström ., 1990. "Immigration of young eel to Skagerrak-Kattegat Area 1900-1989." Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 75: 11-20.

Hansen RA, Eversole AG., 1984. Age, growth, and sex ratio of American eels in brackish-water portions of a South Carolina river. Trans. Am. Fish. Soc. 113:744-749.

Haraldstad O., L.A. Vollestad & B. Jonsson., 1985. Descent of European silver eels, *Anguilla anguilla* L., in a Norwegian watercourse. Journal of Fish Biology, 26 : 37-41.

Haridi, H., 1999. Le zooplancton de la lagune Mellah (El Kala, Algérie). Bilan d'échanges avec la mer et incidences écologiques en hiver et au printemps. Mémoire de Magister en Océanographie. Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ISMAL., Alger). 64 p + annexes.

Helfman GS, Bozeman EL, Brothers EB., 1984. Size, age, and sex of American eels in a Georgia River. Trans. Am. Fish. Soc. 113:132-141.

Helfman GS, Facey DE, Hales LS., 1987. Reproductive ecology of the American eel. American Fisheries Society Symposium 1:42-56

Keith P., J. Allardi & P. Moutou., 1992. Le livre rouge des espèces menacées en France. Min. Env. Paris. 111 pp.

Kleckner R.C., J.D. McCleave and G.S. Wippelhauser., 1983. Spawning of American eel, *Anguilla rostrata*, relative to thermal fronts in the Sargasso Sea. *Environmental Biology of Fishes*, 9(3/4): 289-293.

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

Kruger WH, Oliveira, K., 1999. Evidence for environmental sex determination in the American eel, *Anguilla rostrata*. *Environ. Biol. Fish.* 55:381-389.

Kushnirov D. & G. Degani., 1995. Sexual dimorphism in yellow European eels, *Anguilla anguilla* (L.). *Aquaculture Research*, 25 : 409-414.

Laffaille P., E. Feunteun, A. Acou & J.C. Lefeuvre., 2000. Role of European eel (*Anguilla anguilla* L.) in the transfer of organic matter between marine and freshwater system. *Verhandlungen International Vereinigung Limnologie*, 27 : 616-619.

Laffaille P., A. Acou & J. Guillouët., 2005. The yellow european eel (*Anguilla anguilla*) may adopt a sedentary lifestyle in inland freshwaters. *Ecology of Freshwater Fish*, 14 : 191-196.

Lea, E., 1910. On the methods used in the herring investigations. *Publ. Circ. Cons. Int. Expl. Mer, Copenhagen*, 53 : 7-175.

Lee T.W. 1979. Dynamique des populations d'anguilles *Anguilla anguilla* (L.) des lagunes du bassin d'Arcachon. Thèse de l'université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier. 218 p.

Lecomte-Finiger R., 1985. L'âge de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) : état actuel des connaissances et recherches nouvelles en Méditerranée. Sonderdruck aus *Zeitschrift für angewandte Ichthyologie*, 1 : 178-192.

Lecomte-Finiger R., 1990. Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée et sa migration catadrome. *Ann. Biol.*, T. XXIX, Fasc. 3: 183-184.

Lecomte-Finiger R., 2004. The genus *Anguilla* Schrank, 1798: current state of knowledge and questions. *Review in Fish Biology and Fisheries*, 13 : 265-280.

Legault A. 1987. L'anguille dans le bassin de la Sèvre Niortaise *Biologie Ecologie exploitation*. Publications du Département d'halieutique n°6- ENSA Rennes, 305 p.

Legault A., A. Acou, J. Guillouët & E. Feunteun., 2003. Survey of downstream migration of silver eels through discharge pipe on a reservoir dam. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture*, 368 : 43-54.

Macewan A., Hecht T., 1984. Age and growth of the longfin eel, *Anguilla mossambica* Peters, 1852 (Pisces : Anguillidae) in Transkei rivers. S. Afr. J. Zool., 19 (4), 280-285.

Mallawa A., Lecomte-Finiger R., 1992. Comparative study of two populations of *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758) eels from French Mediterranean lagoons (Bages- Sigean and Canet-Saint-Nazaire) : age population and structure. Sci. Mar, 56 (1), 1-6.

Mann R.H.K., Blackburn J.H., 1991. The biology of the eel *Anguilla anguilla* (L.) in an English chalk stream and interactions with juvenile trout *Salmo trutta* L. and salmon *Salmo salar* L. Hydrobiologia, 218, 65-76.

Mayrat. A., 1959. Nouvelle méthode pour l'étude comparée d'une connaissance relative dans deux échantillons. Application à la carapace de *Panaeus kerathurus* (Forsk.). Bull. I.F.A.N., T. XXI, série A, I.

McCleave J.D., R.C. Kleckner and M. Castonguay., 1987. Reproductive sympatry of American and European eels and implications for migration and taxonomy. American Fisheries Society Symposium, 1: 286-297.

McDowall R.M., 1999. Different kind of diadromy in fishes (revisited) and its place in phylogenetic analysis. Review in Fish Biology and Fisheries, 56 : 410-413.

Messerer Y., 1999. Etudes morphométriques et hydrologiques du complexe lacustre d'El Kala (Algérie) cas des lacs El Mellah et Oubeïra. Thèse de magister. Université Badji Mokhtar Annaba, 123 pp.

Miller M., 2003. The worldwide distribution of Anguillid leptocephali. In : Aida K., K. Tsukamoto & K. Yamauchi (Eds). Eel Biology. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 11: 157-168.

Moriarty, C., 1986. "Variations in elver abundance at European catching stations from 1958 to 1985." Vie et milieu 36: 233-235.

Moriarty C., 1996. Variation in numbers of eels *Anguilla anguilla* caught by constant effort in a lake, 1981-1994. Ecol. Freshw. Fish 5:148-152.

Moriarty C. & W. Dekker (Eds.), 1997. Management of the European eel. Fisheries Bulletin 15, 110 pp.

Morrison WE, Secor DH., 2003. Demographic attributes of yellow-phase American eels (*Anguilla rostrata*) in the Hudson River estuary. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 60:1487-1501.
Mosegaard H, Svedang H, Taberman K. 1988. Uncoupling of somatic and otolith growth rates in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) as an effect of differences in temperature response. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 45:1514-1524.

Mounaix B., 1992. Intercalibration et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) : application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne. Thèse Doctorat, ENSA Rennes, France, 146 p.

Munro, J. L. & Pauly, D., 1983. A simple method for comparing growth of fishes and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 1: 5-6.

Naismith IA, Knights B., 1990. Modelling of unexploited and exploited populations of eels *Anguilla anguilla* (L.), in the Thames estuary. J. Fish Biol. 37:975-986.

Nilo P. et R. Fortin., 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Univ. Du Québec à Montréal, Dépt Sciences Biologiques pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune, Québec, 298 p.

Ohno, S., Christian, L., Romero, L., Dofuku, R. et Ivey, C., 1973. On the question of American eels, *Anguilla rostrata* versus European eel, *Anguilla anguilla*. *Experientia*, vol 29 : p. 891.

ONDPA., 2005. Etude portant sur la connaissance des biomasses des lacs de la wilaya d'El-Tarf et établissement des règles de gestion halieutiques spécifiques. Expertises et rapport pour le compte du Ministère de la pêche et des ressources halieutiques. Tomes 1 et 2. 420 p.

Oliveira K, Mc Cleave, J. D., Wippelhauser, G. S., 2001. Regional variation and the effect of lake : river area on sex distribution of American eels. J. Fish Biol. 58:943-952.

Ounissi M., Haridi A. & Rétima A., 2002. Variabilité du zooplancton de la lagune Mellah (Algérie) selon l'advection tidale en hiver et au printemps 1996-1997. *J. Reche.Océanographique*, 27(1) :1-13.

Panfili J., 1993. Estimation de l'âge individuel des poissons: méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées. ORSTOM Paris Trav. Doc. Microfich., 456 p + ann.

Panfili J., M.C. Ximenes, A.J. Crivelli & T. Do Chi., 1992. Validation de l'âge de l'anguille européenne dans les lagunes méditerranéennes françaises (Camargue) : résultats préliminaires. In : Baglinière, J.L., Castanet, J., Conand, F. et F.J. Meunier. Eds. Tissus durs et âge individuel des vertébrés, Colloque National, Bondy. Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA, Paris. p. 119-127.

Panfili J., Ximénès M.C., Crivelli A.J., 1994. Sources of variation in growth of the European eel (*Anguilla anguilla*) estimated from otoliths. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 51, 506-515.

Pankhurst, N. W., 1982. Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). – J. Fish Biol. 21: 127–140.

Passakas, T., 1981. Comparative studies on the chromosomes of the European eel (*Anguilla anguilla* L.) and the American eel (*Anguilla rostrata* Le Sueur). Folia Biol., vol 29(1) : p. 41-57.

Prager, M. H., Saila, S. B. & Recksiek, C. W., 1989. Fishparm: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science. Second edition. Old Dominion University. Oceanography Technical Report 87-10.

Ricker W.E., 1992. Back-calculation of fish lengths based on proportionality between scale and length increments. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 49, 1 01 8-1 026.

Roncarati A, Melotti P, Mordenti O, Gennari L., 1997. Influence of stocking density of European eel (*Anguilla anguilla*, L.) elvers on sex differentiation and zootechnical performances. J. appl. Ichthyol. 13:131-136

Robinet T. & E. Feunteun., 2002. Sublethal effects of exposure to chemical compounds: a cause for the decline in Atlantic eels? Ecotoxicology, 11 : 265-277.

Robins C.R., D.M. Cohen and C.H. Robins., 1979. The eels, *Anguilla* and *Histobranchus*, photographed on the floor of the deep Atlantic in the Bahamas. Bulletin of Marine Science, 29: 401-45.

Rossi R., Villani P., 1980. A biological analysis of eel catches, *Anguilla anguilla* L., from the lagoons of Lesina and Varano, Italy. J. Fish Biol., 16, 413-423.

Rossi R, Carrieri P, Franzoi P, Cavallini A, Gnes A., 1988. Eel population dynamics in the Comaccio lagoons. Obalia 14

Schmidt J. 1909. Remarks on the metamorphosis and distribution of the larvae of the eel (*Anguilla vulgaris* Turt.). Medd. Komm. Havund. Fisk. III: 1-17.

Schmidt, J., 1914. First report on eel investigations. Rap. P.-V. CIEM, vol 18 : in Bertin 1951.

Schmidt J., 1922. The breeding places of the eel. Phil. Trans. R. Soc. London, 211 : 179-208.

Schmidt J., 1924. L'immigration des larves d'anguilles par le détroit de Gibraltar. C.R. Acad. Sci. Paris, 179, 729-732.

Schmidt J., 1925. The breeding places of the eel. Annual report of the Board of Regents of the Smithsonian Institution, report for 1924: 279-316.

Semroud R., 1983. Contribution à l'étude écologique des milieux saumâtres méditerranéen : le lac El Mellah (El Kala, Algérie). Thèse 3ème cycle, USTHB, Alger, 137 pp.

Simberloff D., 1998. Flagships, umbrellas, and keystone: is single-species management passé in the landscape area ? *Biological Conservation*, 83: 247-257.

Sinha V.R.P. & Jones J.W., 1967. On the sex and distribution of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*). *Journal of Zoology*, London: 150, 371-385.

Sinha V.R.P. & J.W. Jones., 1975. The European freshwater eel. Liverpool University Press. 146 p.

Smith M.W. and J. . Saunders., 1955. The American eel in certain freshwaters of the maritime provinces of Canada. *Journal of Fisheries Research Board of Canada*, 12(2): 238 – 269.

Stequart, B., 1971. Contribution à l'étude du bar *D. labrax* (linné) des réservoirs à poissons de la région d'Arcachon. Thèse de 3^{ème} cycle. Faculté des sciences de bordeaux, France.149 p.

Strehlow, B., 1996. Biometric studies on premetamorphic eel larvae of *Anguilla anguilla* (Anguilliformes: Anguillidae) in comparaison with younger developmental stages of the species. *Helgoländer meeresunters*, vol 50 : p.415-424.

Strubberg A. 1913. The metamorphosis of elvers as influenced by outward conditions. Some experiments. *Medd. Komm. Havund. Fisk.*, Copenhagen: 1-11.

Svärdson, G., 1999. "The decline of the Baltic eel population." *Rep. Inst. Freshwater Res.* 55: 136-143.

Tagliavini, J., Harrison, I. J. et Gandolfi, G., 1995. Discrimination between *Anguilla anguilla* and *A.rostrata* by polymerase chain reaction-restriction fragment length polymorphism analysis. *J. Fish. Biol.*, vol 47 : p. 741-743.

Teissier, G., 1948. La relation d'allométrie: sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4(1) : 14-53.

Tesch F.W., 1974. Influence of geomagnetism and salinity on the directional choice of eels. *Helgoländer wiss. Meeresunters.*, 26 : 382-395.

Tesch F.W., 1977. The eel. *Biology and management of anguillid eels*. London, Chapman & Hall. 434 p.

Tesch F.W., 1979. Tracking of silver eels (*Anguilla anguilla* L.) in different shelf areas of the northeast Atlantic. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 174 : 104-114.

Tesch, F. W., 1980. Occurrence of eel *Anguilla anguilla* larvae west of the European continental shelf, 1971-1977. *Env. Biol. Fish.*, vol 5(3) : p. 185-190.

Tesch F.W., 1982. The Sargasso Sea Eel Expedition 1979. *Helgoländer Meeresunters*, 35 : 263-277.

Tesch F.W., 1989. Changes in swimming depth and direction of silver eels (*Anguilla anguilla* L.) from the continental shelf to the deep sea. *Aquatic living Resources*, 2 : 9-20.

Tesch F.W., 1992. Insignificance of tidal currents for silver eel migration as studied by eel trackings and current measurements. Working Party on Eel EIFAC, Dublin. Irish fisheries investigations, série A, n°36.

Tesch F.-W. and G. Wegner., 1990. The distribution of small larvae of *Anguilla* sp. Related to hydrographic conditions 1981 between Bermuda and Puerto Rico. *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 6: 845-858.

Thomas J.P., Bougazelli N., et Etender M., 1973. Projet de Parc National Marin, terrestre d'El Kala, Annaba, Algérie, 64p.

Tsukamoto K. & J. Aoyama., 1998. Evolution of the freshwater eels of the genus *Anguilla* : a probable scenario. *Environmental Biology of Fishes*, 52 : 139-148.

Tsukamoto K., T.W. Lee & H. Fricke., 2003. Spawning area of the Japanese eel. In : Aida K., K. Tsukamoto & K. Yamauchi (Eds). *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 9 : 121-140.

Vollestad L.A., 1985. Age determination and growth of yellow eels, *Anguilla anguilla* (L), from a brackish water, Norway. *J. Fish Biol.*, 26, 521-525.

Vollestad L.A., 1989. Effect of growth rate on age at maturity of the European eel *Anguilla anguilla*. EIFAC Working Party on Eel, Porto, Portugal, 22 p.

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

Von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. Biol.*, 10(2):181-213.

Watanabe S., J. Aoyama, M. Nishida & K. Tsukamoto., 2005. A molecular genetic evaluation of the taxonomy of eels of the genus *Anguilla* (Pisces : Anguilliformes). *Bulletin of Marine Science*, 76 : 675-690.

Westerberg H., 1979. Counter-current orientation in the migration of the European eel. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. Int. Explor. Mer*, 174 : 134-143.

Westin L., 1990. Orientation mechanisms in migrating European silver eel (*Anguilla anguilla*): temperature and olfaction. *Marine Biology*, 106 : 175-179.

Westin, L., 1998. "The spawning migration of European silver eel (*Anguilla anguilla* L.) with particular reference to stocked eel in the Baltic." *Fisheries Research* 38: 257-270.

Winn H.E., W.A. Richkus and L.K. Winn., 1975. Sexual dimorphism and natural movements of the American eel (*Anguilla rostrata*) in Rhode Island streams and estuaries. *Helgoländer Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen*, 27: 156-166.

Wirth T. and L. Bernatchez., 2001. Genetic evidence against panmixia in the European eel. *Nature*, 409, 1037 – 1039.

Wirth T. and L. Bernatchez., 2003. Decline of North Atlantic eels: a fatal synergy? *Proc. R. Soc. Lond.* 270, 681-688.

Ximénès M.C., 1986. L'anguille en Méditerranée française : aspects écobioécologiques et halieutiques. *Rapp. Ministère Mer, CEMAGREF Montpellier-ALA, France*, 166 p.

ANNEXES

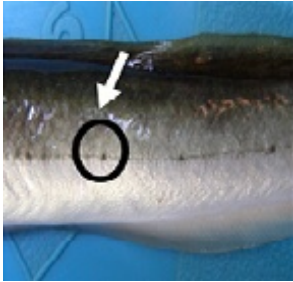
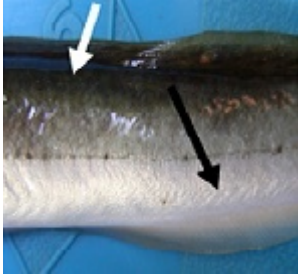
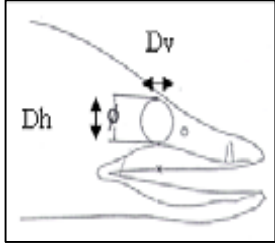
Annexe 1. Dominance moyenne (Dm) des espèces macrozoobenthiques recensées dans la lagune du Mellah.

Espèces	Dm	Espèces	Dm
Mollusques		Lumbriconereis gracilis	1,4
Brachydontes marioni	19,65	Micronereis vasiegata	0,35
Loripes laeteus	21,80	Platynereis dumerilii	1,21
Abra ovata	4,45	Glycera convulata	0,54
Cardium glaucum	1,94	Phyllodoce pusilla	0,16
Venerupis decussata	2,32	Crustacés	
Cerithium vulgatum	1,84	Corophium insidiosum	2,79
Hydrobia ventrosa	1,18	Microdeutopus gryllotalpa	2,51
Rissoa sp	1,86	Amphithoë tetox	0,48
Nassa pygmaea	0,39	Gammarus aequicauda	0,18
Haminea navieula	0,13	Gammarus sp	0,03
Scaphopode ind	0,98	Maera grossimana	0,01
Bulla utrieata	0,14	Cyathura carinata	8,84
Cyelonassa nerita	0,5	Idatea baltica	0,04
Polychètes		Anthura graeilis	0,69
Aricia foetida	4,33	Penaeus kerathurus	0,03
Nainereis laevigata	3,14	Carcinus estuari	0,003
Heteramastus fi/itomis	7,12	Cypridina mediterranea	0,78
Capitella eapitata	0,81	Divers	
Serpula vermicularis	1,9	Ophiura texturata	0,48
Peetinarina koreni	0,44	Amphiura chiajei	0,79
Salmacina dysteri	0,43	Planaire Ind.	0,79
Harmathoë spinifera	0,54	Spongiaire ind.	0,45
Nereis caudata	1,62	Sipunculidae ind.	0,75

Annexe 2: Liste et fréquence des espèces pêchées dans la lagune du Mellah (TC: très commune, C: commune, PC: peu commune, Ac: accidentelle) (d'après Chaoui, 2005).

Groupe	Espèce	Fréquence
Sédentaires	<i>Atherina boyeri</i>	TC
	<i>Lipophrys pavo</i>	C
Résidentes temporaires	<i>Parablennius pilicornis</i>	C
	<i>Gobius niger</i>	C
	<i>Gobius paganellus</i>	C
	<i>Gobius cobitis</i>	C
	<i>Gobius bucchichi</i>	C
	<i>Syngnathus abaster</i>	PC
	<i>Hyppocampus ramulosus</i>	PC
	<i>Anguilla anguilla</i>	TC
	<i>Chelon labrosus</i>	TC
	<i>Liza aurata</i>	TC
	<i>Mugil cephalus</i>	TC
	<i>Sparus aurata</i>	TC
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	TC
	<i>Diplodus sargus</i>	C
	<i>Diplodus vulgaris</i>	C
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	C
	<i>Boops boops</i>	C
	<i>Sarpasalpa</i>	C
	<i>Solea senegalensis</i>	C
	<i>Liza ramada</i>	PC
<i>Liza saliens</i>	PC	
<i>Diplodus puntazzo</i>	PC	
<i>Oblada melanura</i>	PC	
Visiteurs marins	<i>Symphodus tinca</i>	Ac
	<i>Thalassoma pavo</i>	Ac
	<i>Serranus hepatus</i>	Ac
	<i>Muraena helena</i>	Ac
	<i>Conger conger</i>	Ac
	<i>Scorpaena scrofa</i>	Ac
	<i>Apogon imberbis</i>	Ac
	<i>Coris julis</i>	Ac
	<i>Belone belone</i>	Ac
	<i>Lichia amia</i>	Ac
	<i>Mullus surmuletus</i>	Ac
Visiteurs dulçaquicoles	<i>Gambusia holbrooki</i>	C
	<i>Aphanius fasciatus</i>	C

Annexe 3. Les caractéristiques et le codage des critères décrivant l'état d'argenture des anguilles.

Les critères de classification																						
Ligne latérale	Contraste de couleur	Yeux																				
<p>Présence au moins d'un corpuscule noir sur la ligne latérale ?</p>  <p>↓</p> <p>Non = 0 Oui = 1</p>	<p>Contraste significatif entre les surfaces dorsales et ventrales quelque soit les couleurs (excepté jaune ou vert) ?</p>  <p>↓</p> <p>Non = 0 Oui = 1</p>	<p>Valeur de l'indice oculaire</p> $IO = \left(\frac{Dvo + Dho}{4} \right)^2 \times \frac{\pi}{Lt} \times 100$  <p>↓</p> <p>Si $OI < 6.5$ = 0 Si $6.5 \leq OI < 8.0$ = 1 Si $OI \geq 8.0$ = 2</p>																				
<p>Combinaisons des 3 critères</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>0</td> <td>=</td> <td>jaune</td> </tr> <tr> <td colspan="3" style="text-align: center;">autres (de 001 à 102)</td> <td>=</td> <td>en cours d'argenture et/ou erreur de caractérisation</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>=</td> <td>argentée</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>			0	0	0	=	jaune	autres (de 001 à 102)			=	en cours d'argenture et/ou erreur de caractérisation	1	1	1	=	argentée	1	1	2		
0	0	0	=	jaune																		
autres (de 001 à 102)			=	en cours d'argenture et/ou erreur de caractérisation																		
1	1	1	=	argentée																		
1	1	2																				

Annexe 4. Comparaison de la pente et de la position des droites de régression chez la population d'anguille mâles et femelles de la lagune Mellah (thé : théorique ; obs : observé) (Ah : hypothèse acceptée ; Rh : hypothèse refusée).

Fonctions	Equations		Comparaison de la variance		tpe t1- α /2 $\alpha=0.05$	tpo t1- α /2 $\alpha=0.05$	Tthéo t1- α /2 $\alpha=0.05$
	Mâles	Femelles	Fobs	Fthéo $\alpha=0.05$			
Ls=f(Lt)	Ls=0.997lt-0.001	Ls=1,002lt-0.014	2.032 Rh	1.36	-	-	-
Lcep=f(Lt)	Lcep=1,431lt-2.061	Lcep=1,251lt-1.576	1.082 Ah	1.36	2.313 Rh	-	1.965
Lpd=f(Lt)	Lpd=1,25lt-1,185	Lpd=1,199lt-1,044	1.15 Ah	1.36	0.824 Ah	0.926 Ah	1.965
Lpa=f(Lt)	Lpa=1,199lt-0,903	Lpa=1,161lt-0,802	1.047 Ah	1.36	0.744 Ah	0.658 Ah	1.965
Lnp=f(Lt)	Lnp=1,374lt-2.307	Lnp=1,071lt-1.46	1.125 Ah	1.36	3.556 Rh	-	1.965
Lm=f(Lc)	Lm=1,350lc-1,228	Lm=1,393lc-1,306	1.379 Rh	1.36	-	-	-
Lmd=f(Lc)	Lmd=1,340lc-1,164	Lmd=1,505lc-1,468	1.435 Rh	1.36	-	-	-
Dvo=f(lc)	Dvo=1.388lc-1.657	Dvo=1,206lc-1,242	1.003 Ah	1.36	1.723 Ah	0.131 Ah	1.965
Dho=f(lc)	Dho=1,459lc-1,78	Dho=1,172lc-1,185	1.017 Ah	1.36	2.299 Rh	-	1.965
Eio=f(Lc)	Eio=1,116lc-0,984	Eio=1,079lc-0,876	1.054 Ah	1.36	0.311 Ah	0.287 Ah	1.965
Lpo=f(Lc)	Lpo=1.063lc-0,806	Lpo=0.983lc-0,629	1.169 Ah	1.36	0.675 Ah	0.11 Ah	1.965
Hc=f(Lt)	Hc=1,860lt-3.589	Hc=1,235lt-1.878	1.163 Ah	1.36	7.466 Rh	-	1.965
Ep=f(Lt)	Ep=1.581lt-2.953	Ep=1.207lt-1.914	1.169 Ah	1.36	4.401 Rh	-	1.965

Annexe 5. Comparaison de la pente et de la position des droites de régression chez la population d'anguille jaune et argentée de la lagune Mellah (thé : théorique ; obs : observé) (Ah : hypothèse acceptée ; Rh : hypothèse refusée).

Fonctions	Equations		Comparaison de la variance		tpe t1- α /2 $\alpha=0.05$	tpo t1- α /2 $\alpha=0.05$	Tthéo t1- α /2 $\alpha=0.05$
	Jaunes	Argentés	Fobs	Fthéo $\alpha=0.05$			
Ls=f(Lt)	Lf=1,001lt-0.010	Lf=1,002lt-0.014	1.521	1.40 Rh	-	-	-
Lcep=f(Lt)	Lc=1,198lt-1.419	Lc=1,251lt-1.576	1.091	1.40 Ah	0.915 Ah	1.136 Ah	1.965
Lpd=f(Lt)	Lpd=1,123lt-0.839	Lpd=1,199lt-1,044	1.276	1.40 Ah	1.635 Ah	0.598 Ah	1.965
Lpa=f(Lt)	Lpa=1,117lt-0,678	Lpa=1,161lt-0,802	1.176	1.40 Ah	1.119 Ah	0.452 Ah	1.965
Lnp=f(Lt)	Lnp=1,359lt-2.277	Lnp=1,071lt-1.46	1.183	1.40 Ah	4.601 Rh	-	1.965
Lm=f(Lc)	Lm=1,215lc-0.959	Lm=1,393lc-1,306	1.163	1.40 Ah	1.282 Ah	1.033 Ah	1.965
Lmd=f(Lc)	Lmd=1,212lc-0.914	Lmd=1,505lc-1,468	1.211	1.40 Ah	2.118 Rh	-	1.965
Dvo=f(lc)	Dvo=1,04lc-1.091	Dvo=1,206lc-1,242	1.364	1.40 Ah	1.158 Ah	0.42 Ah	1.965
Dho=f(lc)	Dho=1,039lc-1,086	Dho=1,172lc-1,185	1.504	1.40 Rh	-	-	-
Eio=f(Lc)	Eio=0.996lc-0,777	Eio=1,079lc-0,876	1.425	1.40 Rh	-	-	-
Lpo=f(Lc)	Lpo=1.094lc-0,868	Lpo=0.983lc-0,629	1.309	1.40 Ah	0.787 Ah	0.02 Ah	1.965
Hc=f(Lt)	H=1,309lt-2.12	H=1,235lt-1.878	1.264	1.40 Ah	1.19 Ah	1.807 Ah	1.965
Ep=f(Lt)	Ep=1.293lt-2.204	Ep=1.207lt-1.914	1.246	1.40 Ah	1.363 Ah	1.89 Ah	1.965

Annexe 6 : Distribution des longueurs totales (en cm) dans les groupes d'âges 1 à 6 ans, d'après la lecture des otolithes.

Classe de taille (cm)	Age (années)									Effectif
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	
[24-25[	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
[25-26[	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
[26-27[	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
[27-28[	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
[28-29[	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
[29-30[	0	2	1	0	0	0	0	0	0	3
[30-31[	0	1	4	0	0	0	0	0	0	5
[31-32[	0	6	9	0	0	0	0	0	0	15
[32-33[	0	1	10	4	0	0	0	0	0	15
[33-34[	0	1	11	1	0	0	0	0	0	13
[34-35[	0	1	9	1	0	0	0	0	0	11
[35-36[	0	1	7	3	1	0	0	0	0	12
[36-37[	0	0	14	9	0	0	0	0	0	23
[37-38[	0	1	10	10	0	0	0	0	0	21
[38-39[	0	0	16	17	2	0	0	0	0	35
[39-40[	0	0	13	14	2	0	0	0	0	29
[40-41[	0	1	6	13	3	0	0	0	0	23
[41-42[	0	1	8	7	2	0	0	0	0	18
[42-43[	0	0	6	16	4	0	0	0	0	26
[43-44[	0	0	6	16	6	0	0	0	0	28
[44-45[	0	0	4	18	9	0	0	0	0	31
[45-46[	0	0	2	17	10	1	1	0	0	31
[46-47[	0	0	2	15	12	2	0	0	0	31
[47-48[	0	0	5	18	17	2	1	0	0	43
[48-49[	0	0	3	16	8	3	0	0	0	30
[49-50[	0	0	1	16	15	0	0	0	0	32
[50-51[	0	0	0	19	17	0	0	0	0	36
[51-52[	0	0	0	9	6	5	0	0	0	20
[52-53[	0	0	0	7	12	1	0	0	0	20
[53-54[	0	0	0	6	6	4	0	0	0	16
[54-55[	0	0	0	6	4	1	0	0	0	11
[55-56[	0	0	0	5	5	0	0	0	0	10
[56-57[	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
[57-58[	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3
[58-59[	0	0	0	6	3	1	1	0	0	11
[59-60[	0	0	0	0	2	0	0	0	1	3
[60-61[	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
[61-62[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[62-63[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
[63-64[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[64-65[	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
[65-66[	0	0	0	1	0	1	0	0	0	2
[66-67[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[67-68[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[68-69[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[69-70[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[70-71[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[71-72[	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
[72-73[	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	19	154	271	150	24	5	0	1	624
La taille moyenne		31,24	37,46	45,31	48,72	52,62	56,64			
Le poids moyen		47,95	76,78	139,21	178,2	237,87	313			
Ecart type de la taille		5,53	5,071	5,81	4,628	5,57	10,57			
Ecart type du poids		20,74	29,42	57,19	60,39	82,36	174,71			

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
1	Vue satellitaire du système lacustre de la région d'EI-Kala (www.googleearth.com. Modifié, 2010).	5
2	Bathymétrie de la lagune Mellah (d'après Guelorget et <i>al.</i> , 1982).	6
3	Mouvements des eaux superficielles. A: trajectoires hypothétiques (d'après Guelorget et <i>al.</i> , 1989). B et C: mouvements rectilignes des eaux respectivement pendant le flot et le jusant (d'après Messerer, 1999).	9
4	Evolution de la production halieutique de la lagune Mellah. (Chaoui et <i>al.</i> , 2006)	13
5	Production conchylicole (en kg) de la lagune du Mellah, de 1991 à 2001(ONDPA, 2001).	13
6	Position systématique de l'anguille européenne.	14
7	Aire de répartition et cycle biologique de l'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i> L. 1758), adaptée de Germain (1927) pour l'aire continentale et Schmidt (1924) pour la répartition océanique des larves.	16
8	Photographie de leptocéphale d'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) (Y. Desaunay IFREMER)	17
9	Photo (à gauche) et schéma (à droite) du type de nasse fixe utilisée pour la pêche de l'anguille au niveau de la lagune du Mellah.	22
10	Dissection d'une anguille mâle, vue ventrale. G : gonade, VG : vessie gazeuse.	24
11	Différentes mesures prises sur l'anguille européenne (<i>Anguilla anguilla</i>) pêchée dans la lagune du Mellah	27
12	Extraction des otolithes de la boîte crânienne de l'anguille	29
13	Distribution des fréquences de taille en fonction des stades de développement au sein de la population d'anguilles échantillonnées.	35
14	Distribution des fréquences de taille en fonction du sexe au sein de la population d'anguilles échantillonnées.	35

15	Distribution mensuelle des effectifs en fonction des stades de développement au sein de la population d'anguilles échantillonnées.	35
16	Distribution mensuelle des effectifs en fonction du sexe au sein de la population d'anguilles échantillonnées.	35
17	Distribution des fréquences des classes d'âges des anguilles pêchées dans la lagune du Mellah.	38
18	Variations mensuelles de l'accroissement marginal des otolithes chez la population totale d'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) de la lagune Mellah.	39
19	L'évolution des accroissements marginaux par âge.	40
20	Croissance linéaire des mâles, des femelles et des sexes confondus de l'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) dans la lagune du Mellah.	43
21	Croissance relative chez la population totale des anguilles (<i>Anguilla anguilla</i>) de la lagune du Mellah.	44
22	Croissance pondérale absolue chez les mâles, les femelles et les sexes confondus de l'anguille (<i>Anguilla anguilla</i>) de la lagune du Mellah.	46
23	Courbes de croissance de diverses populations de l'anguille européenne obtenues d'après les données du tableau 11(modifié d'après Panfili et Ximénès, 1994).	51

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Critères visuels qui ont été utilisés lors de l'échantillonnage pour attribuer un stade jaune ou argenté aux anguilles femelles et mâles. Les photos sont présentées à titre d'exemple, mais en particulier pour les anguilles intermédiaires, elles ne représentent qu'un seul type de livrée parmi une multitude de possibilité (d'après Durif, 2003).	23
2	Taux de conformité entre les stades argentés identifiés macroscopiquement et ceux déterminés par la formule de Pankhurst (1982).	33
3	Relations métriques chez la population totale, les mâles, les femelles et chez les différents stades de développement de l'anguille <i>Anguilla anguilla</i> de la lagune Mellah.	37
4	Caractéristiques statistiques de l'échantillon d'anguilles indifférenciées, mâles et femelles de la lagune du Mellah.	38
5	Longueur totale (en cm) à l'apparition de chaque anneau d'arrêt de croissance sur les otolithes chez la population totale d'Anguille(a), les mâles (b) et les femelles (c) de la lagune du Mellah (les âges de 1 à 5 sont obtenus à partir de la lecture directe des otolithes. Lt1 à Lt5 sont les longueurs recalculées par âges).	41- 42
6	Relations allométriques entre le poids et la longueur totale chez les anguilles échantillonnées dans la lagune du Mellah.	45
7	Longévité et âges dominants de l'anguille <i>A. anguilla</i> dans différentes régions (Modifié de Mallawa et Lecomte-Finiger, 1992).	48
8	Données issues de la littérature traitant de l'âge et de la croissance de l'anguille européenne (recherche non exhaustive) (modifié d'après Panfili et Ximénès, 1994).	50