



République Algérienne Démocratique et Populaire



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Chadli Ben Djedid El-Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences de la Mer

MEMOIRE
en vue de l'obtention du diplôme de Master I
Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Spécialité: Bioressources Marine

THEME

Dosage des protéines et des lipides chez l'Anguille
***Anguilla anguilla* de l'Est Algérien (Tonga et El Mellah)**

Présenté par :

Benfoued Zina & Remadnia Ahlem

Devant le jury :

Mme GHARSALLAH Z.	Directrice	Université Chadli Bendjedid, El-Tarf
Mme BEZZAZEL N.	Examinatrice	Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Pr .KHATI W.	Présidente	Université Chadli Bendjedid, El-Tarf

Année universitaire 2019/2020

Remerciement

On adresse tout d'abord nos remerciements les plus sincères à Mme Gharsallah Sabrina qui a accepté de superviser ce projet.

Sa grande connaissance dans le domaine ,sa patience surtout sa confiance, ses remarques et ses conseils sa disponibilité et sa bienveillance ainsi que son expérience ont joué un rôle important dans la conception de ce travail.

Nous remercions chaleureusement Pr: Khati. W qui a accepté de présider ce jury.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mme Bezzazel N. pour nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

On tiens également à remercier monsieur le Chef du département de bio marine de l'université de Chadli Bendjdid ainsi que tout le personnel et les enseignants du département pour leurs soutiens inestimable.

A nos enseignants qui nous ont initié aux valeurs authentiques, on signe un profond respect et un profond amour.

Merci à vous tous

LISTE DES FIGURES

N°	Titre	Page
Fig 1	Distribution géographique et aire de reproduction de l'anguille européenne (Migado, 2005).	4
Fig 2	Cycle de vie de l'anguille <i>Anguilla anguilla</i> (adapté d'après Dekker 2002).	6
Fig 3	Positionnement des lacs Tonga et El Mellah du complexe lacustre d'El Kala (BNEDER 2004, modifiée)	11
Fig 4	Carte générale du lac Tonga (source M.P.R.H. 2004).	12
Fig 5	Carte générale de la lagune El Mellah (source M.P.R.H. 2004).	13
Fig 6	Caractéristiques techniques de la nasse utilisée pour la pêche des anguilles.	15
Fig 7	Extraction des lipides et protéines selon le procédé de Shibko et <i>al.</i> , 1966.	17
Fig 8	Pourcentage des populations d'anguilles par classe de taille dans les deux plans d'eau (septembre 2019 à février 2020).	21
Fig 9	Evolution de l'indice de condition Kc en fonction de la période de pêche d' <i>Anguilla anguilla</i> .	21
Fig 10	Variation des teneurs des protéines durant la période de pêche des anguilles au niveau de Tonga et El Mellah (MF: matière fraîche).	22
Fig 11	Variation des teneurs des protéines durant la période de pêche des anguilles au niveau de Tonga et El Mellah (MF: matière fraîche).	22

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
Tab 1	Réalisation de la gamme d'étalonnage pour dosage des protéines totales.	18
Tab 2	Gamme d'étalonnage des lipides.	19
Tab 3	Différentes classes de tailles en cm, des anguilles capturées dans le Lac Tonga et El Mellah	20

SOMMAIRE

I- INTRODUCTION.....	1
II- RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES.....	2
1. Présentation de l’anguille européenne.....	2
1.1. Position systématique.....	2
1.2. Morpho-anatomie.....	2
1.3. Aire de répartition.....	3
1.4. Ecologie.....	4
1.4.1. Capacité de nage.....	4
1.4.2. Régime alimentaire.....	4
1.4.3. Habitat.....	5
1.4.4. Tolérance de température.....	5
1.4.5. Croissance.....	5
1.4.6. Longévité en milieu continental.....	5
1.5. Cycle biologique de l’anguille européenne.....	5
2. Composition chimique de la chair du poisson.....	6
3. Concepts de la migration et lien avec l’énergie.....	7
3.1. Concepts de la migration.....	7
3.1.1. Définition de la migration.....	7
3.1.2. Rôle de la migration.....	8
3.1.3. Cadres théoriques de la migration.....	8
3.2. Le statut énergétique.....	9
II. MATÉRIELS ET MÉTHODES	
1. Présentation de la zone d’étude.....	11
1.1. Le lac Tonga.....	11
1.2. La lagune El Mellah.....	13
2. Collecte et traitement des échantillons.....	14
2.1. Méthode d’échantillonnage.....	14

2.2. Traitement des échantillons.....	15
3. Variation du coefficient de condition (Kc).....	15
4. Extraction et dosage des métabolites (Lipides, Protéines).....	16
4.1. Dosage des protéines	18
4.2. Dosage des lipides	18
5. Analyse statistique.....	19

IV- RESULTATS

1. Paramètres morpho-métriques.....	20
2. Variation du coefficient de condition (Kc).....	21
3. Teneurs des protéines totales	22
4. Teneurs des lipides totaux.....	22

V- DISCUSSION

2. Classes des tailles.....	24
2. Facteur de condition (Kc).....	24
3. Teneurs des protéines totales.....	25
4. Teneurs des lipides totaux.....	26

CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	27
--	-----------

RESUME.....	28
--------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	29
---	-----------

ANNEXE

I- Introduction

Autrefois considérée comme espèce nuisible, l'Anguille européenne connaît depuis plus d'une trentaine d'années un déclin très important sur l'ensemble de son aire de répartition (Bruslé, 1994 ; Stone, 2003 ; CIEM6, 2013). Elle est aujourd'hui placée sur la liste rouge des espèces en danger critique d'extinction (UICN France) et considérée en dehors de ses limites biologiques de sécurité (CIEM, 1996). Ainsi, sa présence renseigne de la qualité physico-chimique du milieu et de l'accessibilité de l'habitat (Feunteun, 2002 ; Robinet et Feunteun, 2002). Au sein du règne animal, la migration est l'un des phénomènes le plus visible et le plus largement répandu notamment chez les insectes, les poissons, les baleines et les oiseaux (Dingle 1996 ; Alerstam et *al.*, 2003). Les réserves énergétiques sont reconnues comme une composante clé nécessaire à la migration. Chez l'anguille, les caractéristiques de stockage d'énergie sont très variables selon le stade du cycle de vie. La larve leptocéphale se nourrit principalement de neige marine (Miller et *al.* 2012, 2013) ou d'organismes planctoniques (Rieman et *al.*, 2010) alors que la civelle ne s'alimente pas ou peu (Bardonnnet et Riera, 2005) et est donc dépendante des réserves accumulées par la larve leptocéphale. Durant la migration transocéanique, ces réserves vont également être catabolisées pour couvrir les dépenses énergétiques nécessaires aux activités de nage et de changement de salinité (Beaumont et *al.*, 1994). Il a été montré que les réserves énergétiques accumulées par l'anguille jaune couvraient pour 40% les dépenses énergétiques liées à la migration et pour 60% les dépenses énergétiques liées à la reproduction (Van Ginneken et Van den Thillart, 2000 ; Van Ginneken, 2005). Son pourcentage élevé de lipides, sa place élevée dans le réseau trophique font qu'elle peut dramatiquement accumuler des molécules xénobiotiques lipophiles lors de son long séjour continental (Bruslé, 1990 ; Robinet & Feunteun, 2002), la rendant vulnérable pour contrôler le déclenchement, la durée, la distance et les adaptations physiologiques et comportementales de la navigation (Moore, 2002 ; Alerstam *et al.*, 2003).

Il s'agit d'une étude comparative, de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* récoltée au niveau de deux sites Ramsar, le lac Tonga et El Mellah, à son stade d'anguille jaune sédentaires et de quantifier les réserves énergétiques lipidiques et protéiques qui lui sont indispensables lors de la reproduction et de la migration vers la mer des Sargasses, dont la santé est intimement liée aux facteurs environnementaux.

II- RAPPELS BIBLIOGRAPHIQUES

1. Présentation de l'anguille européenne :

1.1. Position systématique :

L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* Linnée 1758) est l'un des poissons osseux les plus primitifs appartenant à l'ordre des Anguilliformes et à la famille des Anguillidés qui ne comprend qu'un seul genre, comportant suivant les auteurs, 14 et 19 espèces Indo-pacifiques (Tesch, 1977).

Sur la base des critères morphologiques et génétiques, Watanabe *et al.* (2005) démontrent 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 critères spécifiques de ces anguilles sont basés sur la distribution géographique, la longueur de la nageoire dorsale, la disposition des dents maxillaires et vomériennes du plafond buccal, la robe tachetée ou non, et le nombre de vertèbres et myomères (Tesch, 1977 ; Lecomte-Finiger, 1984). L'espèce majoritairement représentée en Méditerranée, *Anguilla anguilla*, a été décrite par Linné en 1758.

La position systématique de l'anguille européenne est la suivante (FNAM ; Nelson, 1994):

Embranchement	: Vertebrata
Super-classe	: Chordata
Classe	: Osteichthyens
Sous-classe	: Apoda
Ordre	: Anguilliformes
Familles	: Anguillidae
Genre	: <i>Anguilla</i>
Espèce	: <i>anguilla</i> (Linnaeus, 1758)

1.2. Morpho-anatomie :

La forme très particulière, de l'anguille est serpentiforme, allongé cylindrique et recouvert d'une peau épaisse dans laquelle s'imbriquent de minuscules écailles ovales qui n'apparaissent qu'à l'âge de 4 à 5 ans. De 60 cm de long pour un poids de 400 g environ (Taille: de 20 à 50

cm pour les mâles et de 40 à 150 cm pour la femelle. Poids : 100 à 500 g pour le mâle et de 0,300 à 3 kg pour la femelle jusqu'à 4 kg.). La mâchoire est garnie de toutes petites dents en très grands nombres (Gysin, 2004). La mâchoire inférieure est plus courte que la supérieure.

La tête est légèrement aplatie et les opercules laissent apparaître chacun un petit orifice branchial. Les yeux sont de petite taille. La bouche, largement fendue renferme une fine dentition saillante. L'anguille possède deux paires de narines au bout du museau, qui nous montre que l'odorat est primordial chez ce poisson. Elle est un poisson de l'ombre, car elle passe son temps cachée dans les obstacles, à l'abri de la lumière. Les nageoires pelviennes sont absentes, les nageoires caudales, anales et dorsales sont soudées. L'anguille jaune (forme sédentaire en eau douce) a le dos brun-olive et le ventre jaune, tandis que l'anguille argentée (forme migratrice) est vert-gris sur le dos avec des reflets argentés sur les flancs et le ventre. Les jeunes spécimens ou Leptocéphales ont une allure de feuille de saule (Gysin, 2004).

1.3. Aire de répartition

L'anguille européenne possède une aire de répartition extrêmement vaste, séparée en deux régions distinctes, en relation avec le caractère migrateur de cette espèce (**Fig.1**).

L'aire de ponte semble se situer dans la mer des Sargasses (Ginneken et Maes, 2005 ; Maes et *al.*, 2006). En effet, c'est dans cette zone que les plus petites larves (5 mm) ont été trouvées (Schmidt, 1922) ; La répartition des anguilles pendant leur migration de reproduction s'étend depuis l'Europe du Nord via l'océan Atlantique et jusqu'à la mer des Sargasses, au Nord Nord-Est des Antilles. Les larves nouvellement écloses sont portées par le Gulf Stream et par la dérive Nord Atlantique jusqu'à la côte continentale de l'Europe et de l'Afrique du Nord, qui représente l'aire de grossissement. Il est généralement admis que l'anguille européenne constitue un seul stock panmictique (DeLigny et Pantelouris, 1973 ; Tesch, 1977 ; Lintas-Hirano et Archer, 1998).

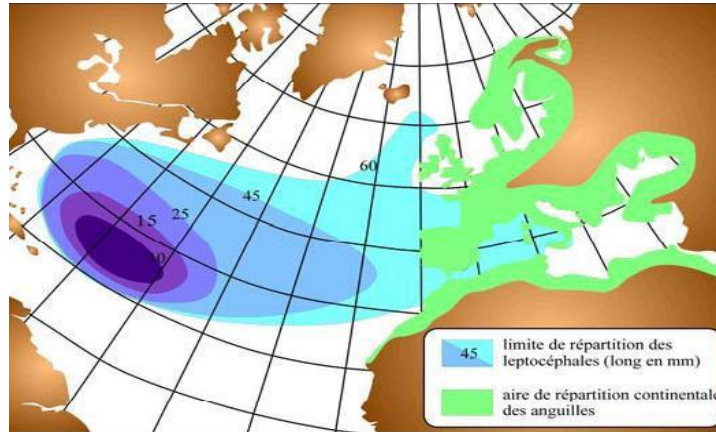


Figure 1 : Distribution géographique et aire de reproduction de l'anguille européenne (Migado, 2005).

1.4. Ecologie :

1.4.1. Capacité de nage : L'anguille se déplace en nageant (pas très bien) et surtout par reptation, dans les milieux humides. Son activité est plutôt nocturne, elle se cache le jour. Les civelles nagent en moyenne 29 cm/s avec un courant à 20 cm/s et une température de 11 à 14,3°C. Les anguilles jaunes peuvent nager de 1,94 à 4,8 fois leur longueur par seconde. Les argentées elles, semblent rejoindre l'aire de ponte avec une vitesse moyenne de 2,7 à 3,9 km/heure.

1.4.2. Régime alimentaire :

Durant les stades marins larvaires, l'anguille s'alimente sans doute de plancton microscopique. Son régime alimentaire est composé d'escargots et de larves aquatiques, de têtards, de petits poissons.

Au cours du stade d'anguille jaune, période de croissance, les anguilles deviennent des prédateurs omnivores. Les larves de chironome, les vers, les moules, les gastéropodes, les insectes, les crustacés (écrevisses d'eau douce, en particulier), les poissons et les œufs de poissons sont consommés en fonction de leur disponibilité ; des grenouilles et des petits rongeurs peuvent également être consommés. Le seul cas d'impact notable des anguilles sur leur écosystème a été observé en présence d'écrevisses d'eau douce (*Astacus astacus*) en rivière ou en lac. Après un peuplement d'anguilles, certaines populations d'écrevisses ont fortement diminué en raison de la prédation des anguilles (Mikaelian, 2002).

1.4.3. Habitat : Dotée d'une grande valence écologique, l'anguille est caractérisée par la grande diversité des sites colonisés ; depuis les eaux froides de l'Islande et de la Scandinavie jusqu'aux eaux tempérées des côtes marocaines, colonisant aussi bien les eaux purement marines et les eaux saumâtres lagunaires et estuariennes que les eaux douces fluviales, et à des altitudes pouvant aller jusqu'à 1000m (Deelder, 1985). Avec les transferts pour l'aquaculture, l'anguille européenne se développe désormais au Japon et dans la mer du Japon. Elle peut même dominer sur certaines portions de rivière (Okamura *et al.*, 2001 et 2002).

1.4.4. Tolérance de température : Les anguilles ont une température optimale de croissance estimée à 22°C. La température létale est difficile à estimer car l'anguille devient inactive lorsque la température diminue (à partir de 12°C). La température maximale tolérée dépend de l'acclimatation (température de départ) mais elle serait létale à partir de 39°C.

1.4.5. Croissance: Les anguilles ont une forte croissance dépendant de leur âge, de la température et de la capacité trophique du milieu. D'une manière générale, la croissance varie de 3 à 8 cm par an.

1.4.6. Longévité en milieu continental : De 3 à 14 ans pour les mâles (taille de 50 cm) et de 6 à 18 ans et plus pour les femelles (taille de 50 cm à plus de 1 m).

1.5. Cycle biologique de l'anguille européenne :

L'anguille européenne est un poisson téléostéen thalassotoque qui se répartit entre zones tempérées et tropicales sur l'ensemble du globe. A ce jour, la mer des Sargasses est le seul site de reproduction connu (Schmidt, 1922 ; McCleave *et al.*, 1998 ; Tesch, 2003). Après la reproduction, les larves leptocéphales vont être transportées passivement, par vagues successives, vers les côtes européennes et nord africaines par le Gulf Stream et le courant Nord Atlantique (Feunteun, 2002 ; Tesch, 2003).

L'utilisation d'un transport actif lors de la migration a également été suggérée (Lecomte-Finiger, 1994 ; Arai *et al.*, 2000) suite à la mise en évidence de mouvements migratoires verticaux de larves dans la colonne d'eau (Schoth et Tesch, 1984 ; McCleave *et al.*, 1998). La durée de la migration est sujet de débats, avec des estimations variant de 7 mois (Lecomte-Finiger, 1992) à deux ans (Kettle et Haines, 2006 ; Bonhommeau *et al.*, 2009) mais les différentes études sur la microstructure de l'otolithe laisseraient penser que la migration s'effectuerait entre 5 et 8 mois (Lecomte-Finiger 1994; Arai *et al.*, 2000). A l'approche du plateau continental, les larves vont effectuer leur première métamorphose en civelles et progressivement se pigmenter en remontant les estuaires. Par la suite, une phase de croissance

somatique en rivière va avoir lieu sous le stade d'anguille jaune. Généralement, cette phase dure de 3 à 8 ans pour les mâles et de 8 à 15 ans pour les femelles (Feunteun, 2002) avec une majorité de mâles recensés en aval et des femelles principalement en amont des bassins versants (Bruslé et Quignard, 2001). L'anguille effectue ensuite une seconde métamorphose pour atteindre le stade d'anguille argentée et amorce sa seconde migration transocéanique pour se reproduire et mourir en mer des Sargasses (**Fig.2**).

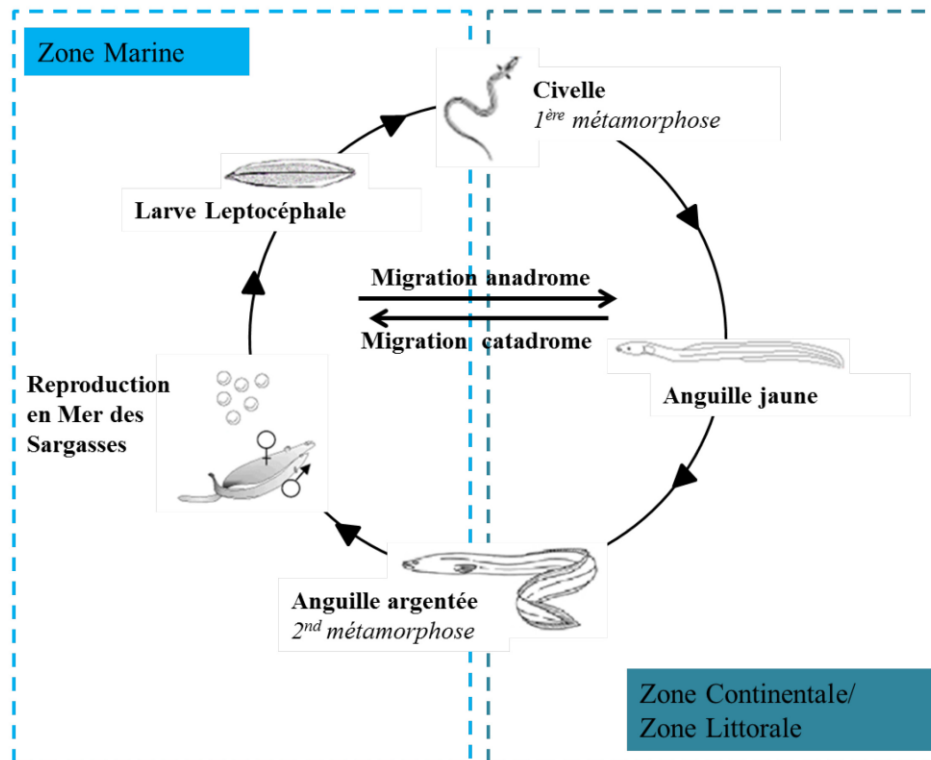


Figure 2 : Cycle de vie de l'anguille *Anguilla anguilla* (adapté d'après Dekker 2002).

2. Composition chimique de la chair du poisson :

- ✚ L'eau est le composant fondamental de la matière vivante. Par sa teneur, bien sûr, qui est de loin la plus élevée comparée aux autres constituants.
- ✚ En ce qui concerne les protéines, le poisson représente un apport en protéines d'aussi bonne qualité que la viande. Il contient en plus une quantité plus importante de substances azotées non protéiques (ammoniaque, urée...) qui lui donnent une odeur caractéristique. Le poisson contient en moyenne 20 % de protéines.
- ✚ Par rapport aux lipides, le pourcentage est variable (0,5 % à 20 %) et les poissons sont classés en trois groupes :

- ✓ les poissons maigres (0,5 % à 5 %) : merlan, sole, dorade, morue, truite, ainsi que les mollusques et les crustacés.
- ✓ les poissons demi-gras (5 % à 10 %) : maquereau, sardine, saumon, thon.
- ✓ les poissons gras (> 10 %) les moins nombreux : anguille, hareng. Cependant, la composition lipidique des poissons varie beaucoup selon l'espèce considérée, le régime alimentaire et la saison de la pêche.
- ✚ La teneur en glucides dans le muscle du poisson est faible (Mendel, Kemp *et al.* 1954 ; Schulz) et elle est influencée par les conditions de capture, qui peut conduire à l'épuisement des réserves de glycogène et ainsi à une diminution du niveau de glucide. Dans les conditions anoxiques post mortem, le glycogène continu d'être métabolisé, résultant de l'augmentation de l'acide lactique avec l'abaissement du pH.
- ✚ Les apports en minéraux, le poisson apporte peu de calcium mais représente une bonne source importante phosphore et d'iode pour les poissons de mer mais peu riche en fer. On note également, la présence zinc, fer, sodium et sélénium.

3. Concepts de la migration et lien avec l'énergie :

L'étude de la migration de l'anguille européenne nécessite de définir quelques concepts généraux afin d'appréhender les relations ayant conduit à ce travail de thèse. Dans un premier temps, le cadre général de la migration va être introduit et l'accent sera mis sur la migration partielle observée chez l'anguille. Par la suite, le rôle du statut énergétique sera abordé.

3.1. Concepts de la migration :

3.1.1. Définition de la migration :

Au sein du règne animal, la migration est l'un des phénomènes le plus visible et le plus largement répandu notamment chez les insectes, les poissons, les baleines et les oiseaux (Dingle 1996 ; Alerstam *et al.* 2003). La migration est un processus de déplacement complexe et c'est une composante essentielle de l'histoire de vie de certains organismes que ce soit, la sterne arctique (*Sterna paradisaea*), qui traverse plus de 16 000 km pour se rendre en antarctique, ou le saumon du pacifique (*Oncorhynchus spp.*), qui traverse les rapides d'une rivière de l'Alaska pour se reproduire. A partir d'une définition de Kennedy (1985), Dingle (1996) considère que la migration est un déplacement non distrait par la ressource, qui présente 5 caractéristiques :

- la persistance du mouvement
- la droiture du déplacement (aucun détour possible)
- l'absence de distraction par la ressource

- des conditions de départ et d'arrivée spécifiques
- une énergie réallouée pour maintenir la migration

Cette définition présente l'avantage de poser de nombreux postulats qui peuvent s'appliquer à tous les organismes migrants.

La distinction entre migration et dispersion est souvent confuse mais contrairement à la migration, la dispersion est un processus de répartition d'individus observable d'un point de vue génétique à l'échelle de la population.

3.1.2. Rôle de la migration :

Selon certains auteurs, les animaux migrent dans l'optique de maximiser leur fitness pour une seule ou plusieurs raisons :

- Trouver une aire d'alimentation plus riche : les individus migrent ainsi vers une zone de croissance plus favorables où la ressource alimentaire n'est pas limitante (Southwood 1961 ; Northcote 1978 ; Aidley 1981).
- Rejoindre une aire de reproduction pour favoriser l'isolement reproducteur et le succès de reproduction (Northcote 1978 ; Sinclair 1988).
- Fuir les prédateurs : les individus évitent ainsi les conditions défavorables du milieu précédent et maximisent leurs chances de survie (Northcote 1978 ; Werner et Gilliam 1984 ; Jonsson et Jonsson 1993).

3.1.3. Cadres théoriques de la migration :

La migration est la conséquence d'interactions complexes entre des facteurs intrinsèques (génétiques, physiologiques et comportementaux) et des facteurs extrinsèques (conditions climatiques, habitat, ressources) (Åkesson et Hedenström 2007). Afin de bien comprendre la migration dans son ensemble, Drake et al. (1995) ont proposé un modèle conceptuel afin de mieux appréhender les relations agissant sur la migration. Ce modèle est basé sur 4 composantes essentielles :

- L'aire de migration qui comprend l'environnement et les éléments biotiques auxquels les migrants sont adaptés.
- Le syndrome de migration qui regroupe l'ensemble des traits permettant l'activité migratrice (processus de locomotion, signaux environnementaux etc.).
- Le cadre génétique qui est à la base de la mise en place du syndrome.

- La trajectoire de la population qui prend en compte de nombreux paramètres comme le temps de migration, la route empruntée etc.

Ce modèle permet ainsi de définir les bases à la compréhension de la migration puisqu'il incorpore les facteurs sélectifs et proximaux agissant sur la migration tout en prenant en compte la sélection naturelle.

Dans le cadre de la migration de l'anguille, des premiers travaux ont mis en évidence que les préférences de salinité chez la civelle étaient liées à leur facteur de condition et leur taux de croissance, suggérant que le statut énergétique des individus pourrait avoir un rôle sur leur comportement de migration (Edeline et al. 2004, 2006). Par ailleurs, Bureau Du Colombier et al. (2007) ont montré qu'il existait des différences de contenu énergétique entre les civelles migrantes et les civelles non migrantes, les civelles migrantes ayant un plus fort contenu énergétique. Par la suite, Edeline (2007) a suggéré que les civelles suivaient une stratégie conditionnelle évolutivement stable. Chaque individu choisirait donc une tactique migratoire, en fonction de son niveau énergétique (Edeline et al. 2006 ; Bureau Du Colombier et al. 2007) afin de maximiser sa fitness.

3.2. Le statut énergétique :

En général, l'énergie consommée par un organisme peut être utilisée pour différentes finalités : des fins de croissance et/ou de reproduction, une dissipation sous forme de chaleur par le métabolisme de maintenance, l'activité et la digestion, ou l'excrétion par les fèces (Winberg 1987 ; Rombough 2011). Cette répartition de l'énergie est communément définie sous le terme de budget énergétique. Morinville et Ramussen (2003) ont par exemple mis en évidence que les ombles de fontaine (*Salvelinus fontinalis*) migrants avaient des taux de consommation 1,4 fois plus importante montrant ainsi que ces individus allouent une part plus conséquente de leurs budgets énergétiques aux processus métaboliques. Dans le cas des civelles, qui ne s'alimentent pas pour la plupart (Bardonnet et Riera 2005), la part de réserves qu'elles alloueront à leur métabolisme de maintenance aura donc des répercussions directes sur l'énergie nécessaire à leur migration. Le terme de statut énergétique fait appel au concept de budget énergétique car il représente l'interaction entre l'énergie disponible et les besoins énergétiques d'un individu. L'énergie disponible est le reflet des réserves énergétiques de l'individu. Les besoins énergétiques vont quant à eux déterminer la vitesse à laquelle l'individu va utiliser ses réserves. Du fait de l'évolution des réserves énergétiques d'une part et des besoins énergétiques d'autre part, ces deux paramètres ne sont pas des variables

Rappels bibliographiques

statiques si bien que le statut énergétique évolue dans le temps et dans l'espace. Ainsi, l'expression de tout comportement coûteux en énergie (activité, décontamination, stress) aura pour effet de diminuer le statut énergétique.

III- MATERIEL ET METHODES

1. Présentation de la zone d'étude

Dans le cadre de cette étude nous avons procédé à l'examen des anguilles peuplant le complexe de zones humides du Parc National d'El Kala, situé à l'extrémité nord-Est de l'Algérie, comprenant le lac Tonga ($36^{\circ}53'N$; $8^{\circ}31'E$) et la lagune El Mellah ($36^{\circ}53'N$; $8^{\circ}13'E$).



Figure 3 : Positionnement des lacs Tonga et El Mellah du complexe lacustre d'El Kala (BNEDER 2004, modifiée)

1.1. Le lac Tonga :

C'est un plan d'eau douce d'une superficie de 2400 ha, qui se déverse dans la mer par l'intermédiaire de l'oued Messida, localisé à 5 km au Sud-Est de la ville d'El-Kala et à 65 km à l'Est-Sud-Est de la ville d'Annaba (**Fig.4**). Ses coordonnées géographiques au centre sont $36^{\circ} 51' 511 N - 8^{\circ} 30' 100 E$. De forme allongée, son périmètre est égal à environ 22 km.

Les mesures bathymétriques font ressortir que le lac Tonga est un plan d'eau peu profond. La profondeur maximale mesurée en période estivale est de 1,80 m. La profondeur moyenne est de 1,20 m. (M.P.R.H. 2004).

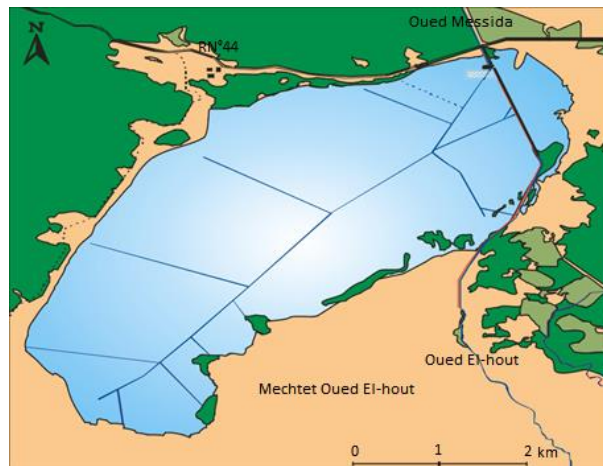


Figure 4 : Carte générale du lac Tonga (source M.P.R.H. 2004).

Le plan d'eau du lac Tonga dispose d'un bassin versant relativement large en comparaison avec ceux de l'Oubeïra et du Mellah. Deux cours d'eau importants drainent les eaux de surface ; le plan d'eau a un émissaire à sens unique vers la mer « le canal artificiel de la Messida ». Le lac Tonga est un milieu semi artificiel. Il a fait l'objet de plusieurs tentatives d'assèchement qui se sont échelonnées de la fin du XIX siècle jusque vers 1940.

Le lac reçoit également les eaux souterraines des nappes dans les terrains qui le bordent tout autour. C'est à ce flux souterrain que l'on doit l'échec des tentatives d'assèchement (M.P.R.H. 2004).

De part sa faible profondeur et donc son faible volume, le fonctionnement du lac Tonga, se trouve sous forte influence de facteurs majeurs tels que la température, les vents, les précipitations et l'ensoleillement ; de ce fait, les variations de ces paramètres ont des effets immédiats sur l'écosystème et sont par ailleurs liés au rythme des saisons.

Le lac Tonga compte 82 espèces végétales qui appartiennent à 31 familles, parmi elles 32 espèces, soit 39% sont rares, comme *Marsilea diffusa*, *Nymphaea alba* et *Utricularia exoleta* (P.N.E.K., 2009). Le lac abrite la loutre *Lutra lutra* et il est le site de nidification d'un nombre important d'espèces aviaires : le Râle d'eau *Rallus aquaticus*, l'Erismature à tête blanche, le Fuligule nyroca, la Talève sultane, le Blongios nain *Ixobrychus minutus*, la Guifette moustac *Chlidonias hybrida*, l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus*. On y rencontre également la Sarcelle marbrée *Marmaronetta angustirostris* occasionnelle et le Flamant rose. Sa richesse avifaunistique s'élèverait à 23 espèces d'oiseaux d'eau nicheurs, qui dépasserait les 45 si l'on retient l'ensemble des espèces nicheuses, notamment Passereaux, Marouettes et Rapaces (P.N.E.K., 2009).

La pêche est théoriquement autorisée de septembre à février pour ne pas déranger la nidification des oiseaux d'eau pour lesquels le lac Tonga constitue la zone privilégiée de nidification à l'échelle du maghreb.

En dehors de l'Anguille, trois espèces de poisson sont recensées dans ce site : la Carpe commune *Cyprinus carpio*, le Barbeau *Barbus callensis*, la Gambusie *Gambusia affinis*. Seule l'anguille fait l'objet d'une exploitation par des concessionnaires privés ; Les quantités annuelles pêchées durant la période s'étalant de 1990 à 2003 varient de 9 à 36 tonnes (source M.P.R.H. 2004).

1.2. La lagune El Mellah

Le lac Mellah est une lagune côtière d'eau saumâtre localisée à 9,5 km à l'ouest de la ville d'El-Kala. Ses coordonnées géographiques au centre sont 36° 53' 565 Nord – 8° 19' 560 Est (**Fig.5**). C'est un plan d'eau de forme ovoïde, son périmètre est égal à 13,53 km et sa superficie est de l'ordre de 864 ha, il est alimenté par trois principaux affluents (Oued Reguibet, Oued Bouaroug et Oued Mellah) et communique avec la mer par un chenal d'une longueur de 870 m et une largeur de 15 m environ (M.P.R.H. 2004).

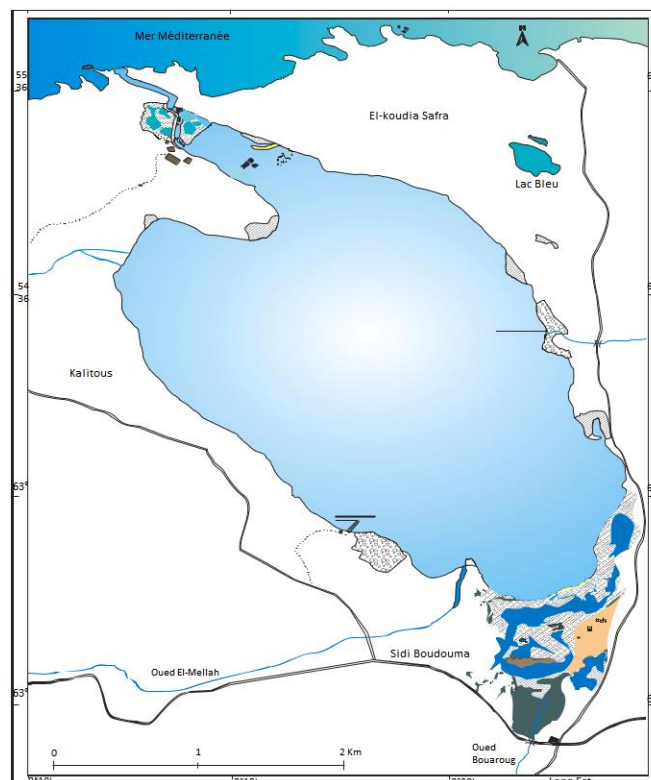


Figure 5: Carte générale de la lagune El Mellah (source M.P.R.H. 2004).

Les mesures bathymétriques font ressortir que la lagune El Mellah est un plan d'eau peu profond. La profondeur maximale est de 6,40 m et ne représente que 0,3% de la superficie. La profondeur moyenne est égale à 2,7 m.

Dans la lagune la température de l'eau est comprise entre 11,8°C et 28°C ; La salinité présente, comme la température, des fluctuations saisonnières ; les salinités faibles (21.9 g/l) sont relevées en hiver et les plus élevées sont enregistrées en été (34.9 g/l). En plus de la température, la salinité est aussi sous l'influence des échanges mer-lagune par le biais du chenal. Etant donné le faible volume de la lagune par rapport aux apports d'eau, le régime de la salinité est régi par celui des précipitations ; c'est l'importance de ces dernières qui engendre l'excédant ou le déficit et détermine ainsi le sens des échanges avec la mer et, de ce fait, la concentration en sels.

Le pH de l'eau de la lagune est alcalin (dépassant 8) ; cette alcalinité du pH de l'eau montre que la lagune est sujette à une forte activité photosynthétique.

Une végétation typiquement halophile (jonc, salicorne) se développe au niveau du lac Mellah (PNEK 2009).

Sur les 30 espèces d'oiseaux marins recensées en Algérie, la lagune El Mellah en héberge 11 soit 37% du total. Si on y ajoute le Cormoran huppé et la Mouette mélanocéphale ainsi que les espèces pélagiques telles que le Fou de Bassan, les Puffins...ont obtenu une richesse globale pour la région qui est égale à 16 espèces soit plus de 50% des oiseaux marins d'Algérie.

Le lac Mellah est réputé pour sa richesse halieutique composée de 17 d'espèces de poissons, des mollusques et des crustacés à grande valeur marchande tels le loup, la daurade, la sole, l'anguille, la palourde, la matsagoune (P.N.E.K., 2009).

2. Collecte et traitement des échantillons :

2.1. Méthode d'échantillonnage :

La présente étude a ciblé la fraction de la population d'anguilles peuplant les lacs Tonga et El Melleh durant la période qui s'étale de septembre 2019 à février 2020. Les récoltes ont été mensuelles et pour chaque station 80 poissons ont été pêchés.

La capture a été effectuée à l'aide des nasses fixes composées de 5 à 6 cerceaux, sont munis de deux filets réflecteurs verticaux reliés à la berge pour faciliter le rabattage des anguilles vers l'ouverture d'environ 55 cm de diamètre (**Fig.6**). Les relevés des nasses sont effectués biquotidiennement au cours de toute la période d'étude.

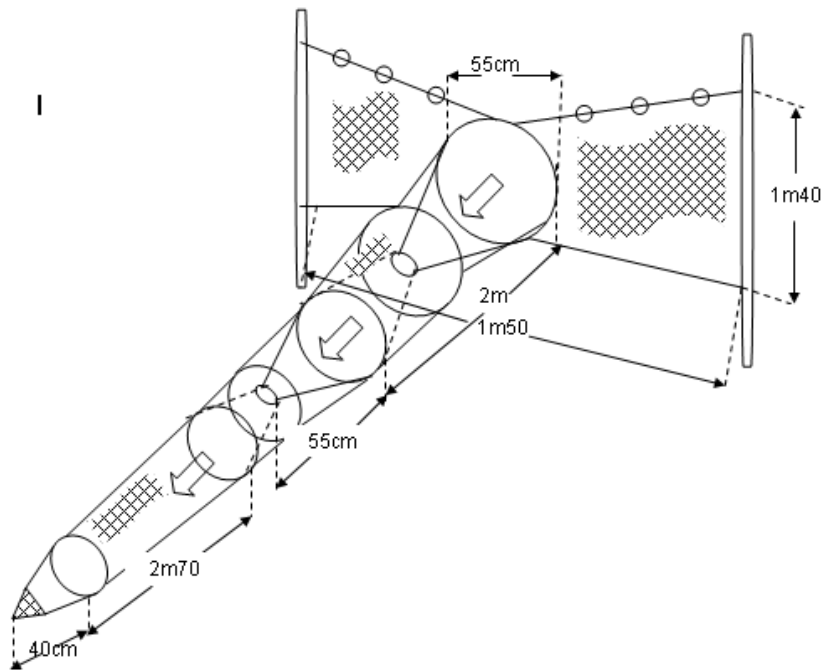


Figure 6: Caractéristiques techniques de la nasse utilisée pour la pêche des anguilles.

2.2. Traitement des échantillons :

Les anguilles capturées sont acheminées au laboratoire, vivants dans des bacs contenant l'eau de leur site de capture. Dès notre arrivée au laboratoire, les anguilles ont été sacrifiées par le froid et séchées au papier filtre (sans anesthésie). En effet, l'utilisation d'un anesthésiant a montré un impact biochimique et sur la production d'hormones du système endocrinien (Renault et *al.*, 2011). Les anguilles sont ensuite mesurées, pesées et classées par classe de tailles (classe de 20 cm). Des fragments de muscle (100 mg) sont prélevés puis conservé à (-20°C), jusqu'au moment du dosage.

3. Variation du coefficient de condition (Kc)

Le coefficient de condition Kc est défini par le rapport entre le poids et la taille du poisson. Il est donné par la formule de Postel (1973) :

$$Kc = 100 * W/L^3 \quad \text{où } W : \text{ Poids en gramme ; } L : \text{ Longueur en centimètre.}$$

Ce coefficient de condition ou d'embonpoint (état de santé général du poisson) permet d'apprécier les variations morphologiques en rapport avec l'état physiologique des individus et les conditions écologiques (température, salinité, ...) auxquelles les populations sont soumises.

4. Extraction et dosage des métabolites (Lipides, Protéines) :

L'extraction des métabolites dans la chair a été réalisée selon le procédé de Shibko et *al.*, 1966. Les fragments de muscle additionnés de TCA à 20 % sont broyés manuellement à l'aide d'un homogénéiseur à ultrasons, le broyat est centrifugé à 5000 tours / min pendant 10 min. Le culot I est additionné de 1 ml d'éther/chloroforme (1V/1V), une deuxième centrifugation est réalisée à 5000 tours/min pendant 10 min, le surnageant II récupéré servira au dosage des lipides, tandis que le culot II, dissout dans 1 ml de NaOH (0,1 N), sera utilisé pour le dosage des protéines totales (**Fig.7**).

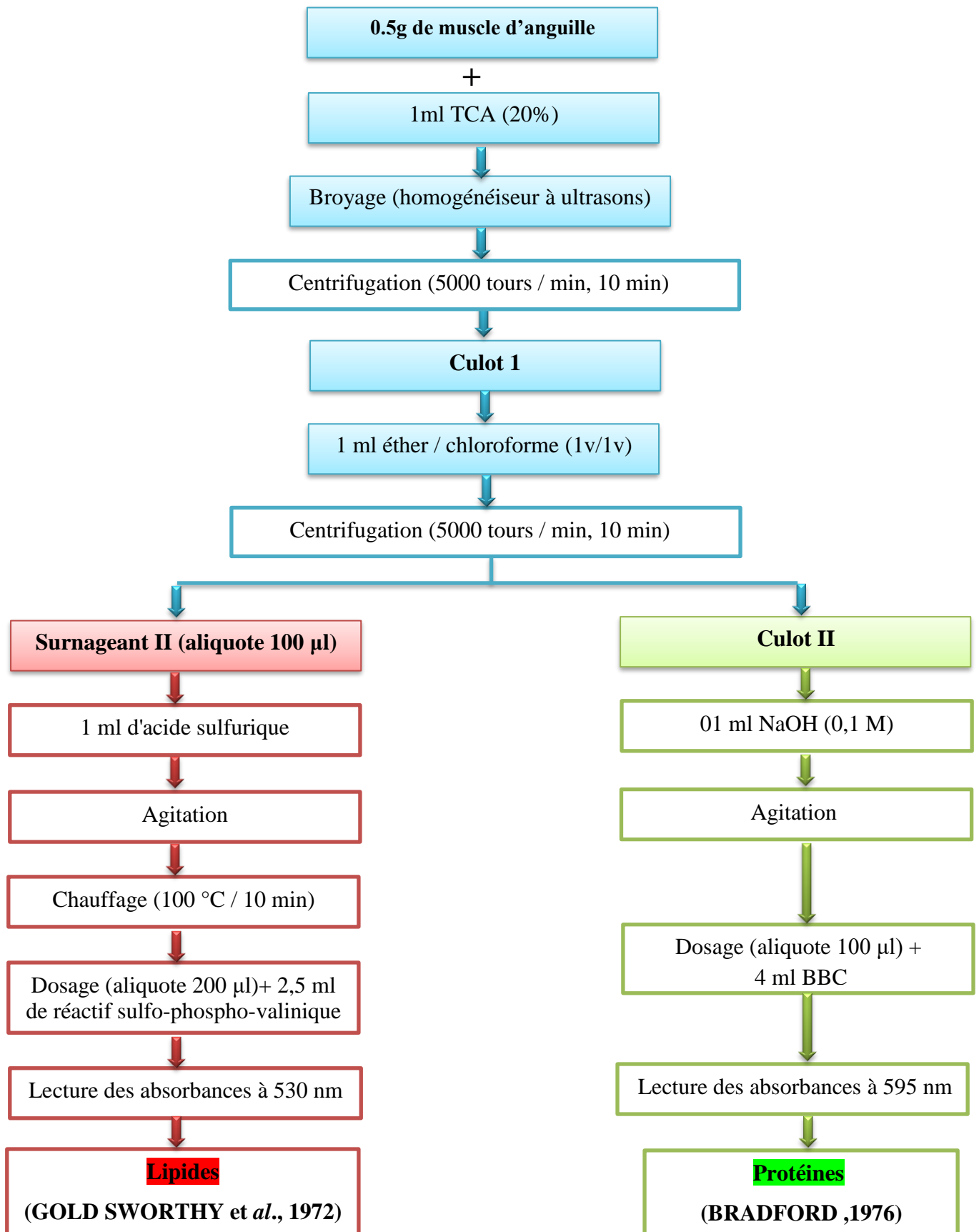


Figure 7 : Extraction des lipides et protéines selon le procédé de Shibko et al., 1966.

4.1. Dosage des protéines :

La méthode de Bradford modifiée selon (Ramagli et *al.*, 1985), est un dosage colorimétrique, basé sur le changement d'absorbance; la mesure se fait à 595 nm; se manifestant par le changement de la couleur du bleu brillant de coomassie (BBC : G250) après liaison avec les acides aminés aromatiques (tryptophane, tyrosine et phénylalanine) et les résidus hydrophobes, des acides aminés présent dans la ou les protéines. Le changement d'absorbance est proportionnel à la quantité du colorant lié, indiquant donc la concentration en protéines dans l'échantillon (Belzil et Parent, 2005).

La réalisation de ce dosage nécessite l'élaboration d'une gamme d'étalonnage de protéines standards. Les résultats sont exprimés en équivalent-albumine (l'albumine de sérum de boeuf BSA (20 mg/ ml) produit de référence servant à la standardisation (Dauvillier, 1998) Selon le tableau 2 :

Tableau 1 : Réalisation de la gamme d'étalonnage pour dosage des protéines totales

Tubes	1	2	3	4	5	6
BSA (µg)	0	20	40	60	80	100
Eau distillée (µl)	100	80	60	40	20	0
BBC (ml)	4	4	4	4	4	4
Quantité de protéines (µg)	0	400	800	1200	1600	2000

Les protéines des échantillons, ont été dosées dans un aliquote de 100µl additionné de 4 ml de BBC. Après agitation, la lecture des absorbances est effectuée à 595 nm contre un blanc à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

4.2. Dosage des lipides :

La quantification des lipides a été faite selon la méthode de (Goldsworthy et *al.*, 1972). Les lipides développent à chaud avec l'acide sulfurique concentré un complexe rose dont l'intensité de coloration mesurée à une longueur d'onde de 530 nm est proportionnelle à la concentration des lipides. Un aliquote de 100µl de l'extrait lipidique (surnageant II), additionné de 1 ml d'acide sulfurique concentré (98 %). Après agitation, les tubes sont chauffés à 100 °C pendant 10 min, refroidis et 200µl de chaque tube sont additionnés de 2,5 ml de réactif sulfophosphovanillique. Après 30 min à l'obscurité, la lecture des absorbances est effectuée.

La solution mère de lipides est préparée en utilisant de l'huile de tournesol qui contient plus de 99 % de triglycérides ; 25 mg d'huile sont pesés dans un tube eppendorf, et repris dans 10 ml d'un mélange éther/chloroforme (1/1, V/V). La courbe d'étalonnage est préparée selon le Tableau 1:

Tableau 1 : Gamme d'étalonnage des lipides.

Tubes	1	2	3	4	5	6
Solution mère de lipides (µl)	0	20	40	60	80	100
Solvant (éther /chloroforme) (µl)	100	80	60	40	20	0
Acide sulfurique	1	1	1	1	1	1
Réactif Vanilline (ml)	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

5. Analyse statistique :

Les résultats obtenus sont représentées par la moyenne plus ou moins ($m \pm s$), établie sur un effectif ou un nombre de répétitions précisés. L'analyse statistique à un facteur contrôlé (ANOVA 1) a été réalisée à l'aide du logiciel MINITAB version 16.

IV- RESULTATS

1. Paramètres morpho-métriques :

Afin de mieux cerner nos résultats, et pour comparer les mensurations, nous avons jugé de regrouper les différentes mesures dimensionnelles en trois classes de taille (classe de 20 cm), pour chacun des lacs. L'analyse des histogrammes (**Tab.3**) montre que les anguilles étudiées peuvent être subdivisées en groupes. Le premier groupe capturé à Tonga, est constitué d'anguilles dont la taille est inférieure à 39 cm, ce groupe représente 47,50 % de l'ensemble des captures dans le lac Tonga et 38,75% pour El Mellah (**Fig.8**). Le deuxième groupe est formé d'anguilles de taille comprise entre 39 et 59 cm, cet ensemble d'individus de taille moyenne représente respectivement 41,25 % à El Mellah et 35 % le lac Tonga. Le troisième groupe d'individus de taille relativement grande dont la taille est supérieure à 59 cm avec un pourcentage de 20 % pour El Mellah et 17, 50 % pour les captures à Tonga.

Tableau 3 : Différentes classes de tailles en cm, des anguilles capturées dans le Lac Tonga et El Mellah

Classe de taille	EL MELLAH	TONGA
[19-39[31	38
[39-59[33	28
[59-79[16	14

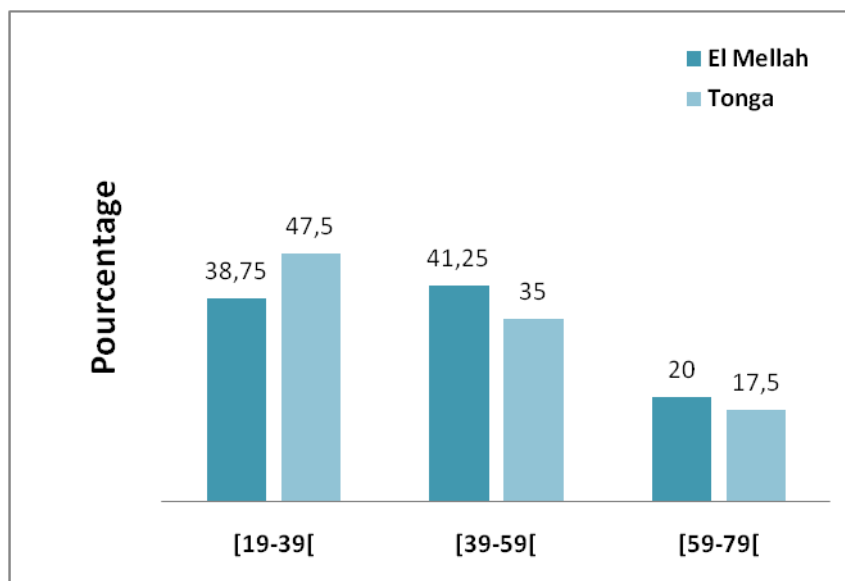


Figure 8 : Pourcentage des populations d’anguilles par classe de taille dans les deux plans d’eau (septembre 2019 à février 2020).

2. Variation du coefficient de condition (Kc) : La variation des coefficients de condition des différentes anguilles pêchées dans les deux plans d’eau est illustrée dans les graphes suivants (**Fig.9**). Chez les anguilles du lac Tonga, le coefficient Kc évolue entre 0,13 et 0,18 avec une moyenne de $0,16 \pm 0,02$. Alors que celles du lac El Mellah, Kc varie entre 0,14 et 0,19 avec une moyenne de $0,18 \pm 0,01$. La moyenne de Kc est presque la même chez les deux populations. L’analyse de la variance AV1 **Tableau 1 (Annexe)** révèle qu’il n’y a pas de différence significative entre les stations par rapport au coefficient de condition.

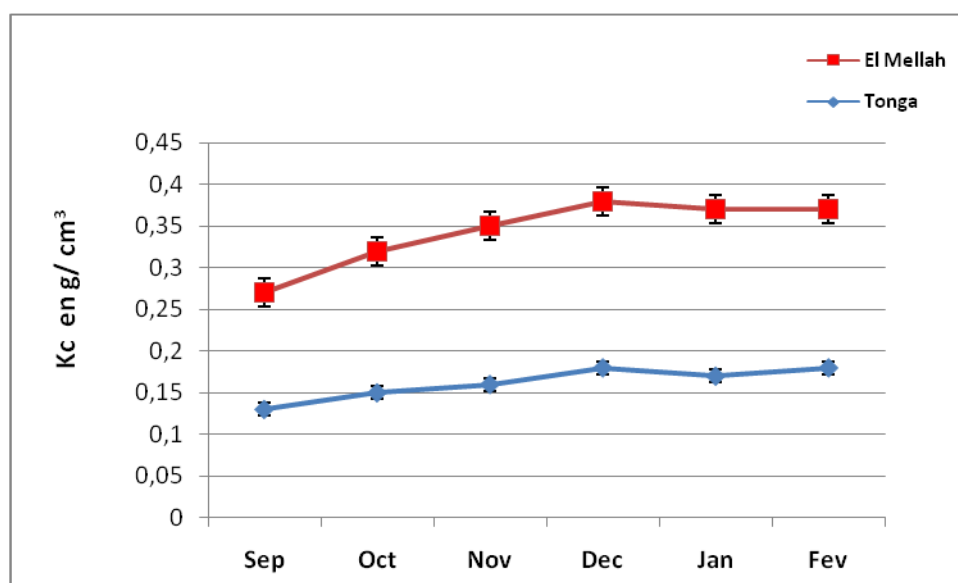


Figure 9 : Evolution de l’indice de condition Kc en fonction de la période de pêche d’*Anguilla anguilla*.

3. Teneurs des protéines totales :

Le dosage des protéines évalué au niveau du muscle des anguilles, est exprimé en (gr/gr de tissus frais) est représenté sur la **figure 10**. Les résultats montrent une augmentation des protéines en fin de saison automnales non significatives qui tend à diminuer en hiver, et ceux chez les anguilles des deux plans d'eau. L'analyse AV 1 (mois) révèle des différences très hautement significatives (**Tableau 2, Annexe**).

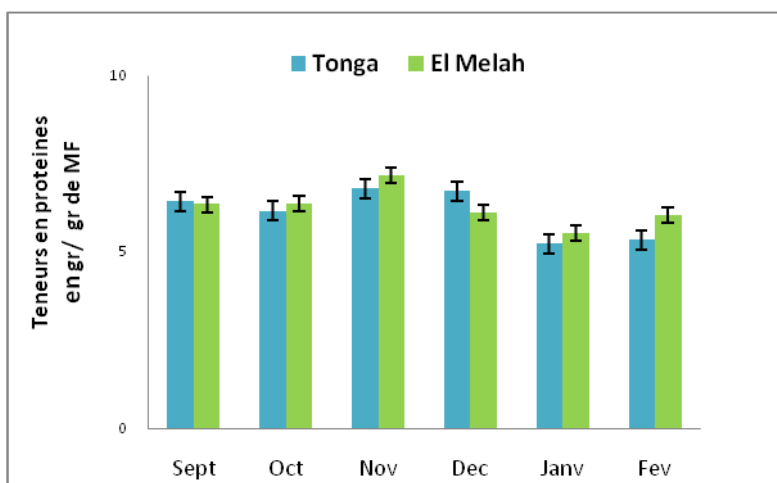


Figure 10 : Variation des teneurs des protéines durant la période de pêche des anguilles au niveau de Tonga et El Mellah (MF: matière fraîche).

4. Teneurs des lipides totaux :

Les concentrations des lipides (**Fig.11**) dosées au niveau du muscle, augmentent significativement entre les mois, avec des teneurs plus élevées observées chez les anguilles du lac El Mellah. L'analyse AV 1 (mois) révèle des différences très hautement significatives (**Tableau 3, Annexe**).

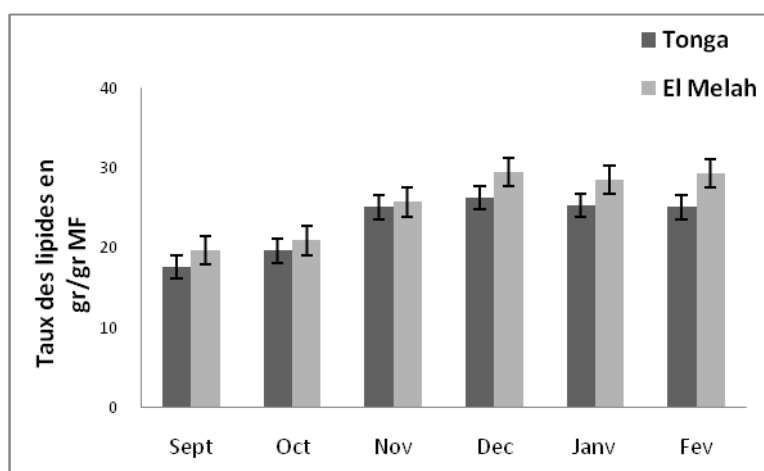


Figure 11 : Variation des teneurs des lipides durant la période de pêche des anguilles au niveau de Tonga et El Mellah (MF: matière fraîche).

V- Discussion

Ce travail vise à évaluer l'état de santé de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) des lacs Tonga et El Mellah de l'Est Algérien. Nous nous sommes intéressés à la structure démographique et à quantifier le coefficient de condition, les réserves énergétiques lipidiques et protéiques dans la chair.

1. Classes des tailles :

La structure démographique de la population montre que les anguilles jaunes prédominent numériquement (47,50 % à Tonga et 38,75% à El Mellah) dans la classe de taille inférieure à 39 cm. Des résultats similaires ont été observés par LADJAMA F. (2016), qui ont montré que 75% des effectifs d'anguilles capturés dans les deux plans d'eau ont une taille comprise entre 37 et 57 cm. Ces résultats sont en accord avec ceux de Zemouchi M.C., 2012 qui confirme la prédominance des anguilles jaunes (79,42%) dans les classes de tailles limites comprises entre 30 et 60 cm. Dans le lac Oubeira, Tahri (2016) rapporte que les tailles des anguilles capturées étaient comprises entre 30 et 89,5 cm durant la 1ère et la 2ème campagne. Cet auteur a par ailleurs remarqué l'absence d'anguilles de moins de 30 cm et que la classe dominante était représentée par les individus de taille comprise entre 70-80 cm. Dans ce même plan d'eau, Boudjadi (2010) signale des tailles d'anguilles comprises entre 31 cm et 89,4 cm. En revanche, chez les anguilles de l'estuaire du Mafragh, Tahri (2009) enregistre des tailles variant de 24 cm à 74 cm. Au Maroc, El Hilali (2007) et Wariaghli (2013), notent que la population de l'estuaire du Sebou et du Loukous, est constituée de petits individus de tailles moyennes entre 20 et 40 cm dans les estuaires Sebou et Loukous.

En Tunisie, les anguilles capturées dans la lagune de Ghar El Melh sont représentées essentiellement par des individus de taille moyenne (30-50 cm) (Dhaouadi R. et al., 2014) Selon Moriarty (1996), les prises d'anguilles jaunes de cette catégorie de taille sont plus importantes dans les écosystèmes lagunaires et côtiers marins (lagunes, baies, estuaires) qu'au sein des milieux dulcicoles où les prises sont relativement limitées. Il a été aussi observé une répartition hétérogène des anguilles de classes de tailles différentes en fonction de la bathymétrie, avec une absence des petits individus dans les habitats profonds chez *A. anguilla*, *A. australis* et *A. dieffenbachii* (Glova et al., 1998 ; Jellyman & Chisnall, 1999 ; Baizez, 2000, 2001). Selon Oliveira (2001), la ségrégation par sexe est intimement liée à la taille, ce qui explique la présence des jeunes anguilles le long des berges.

Dans le cas du lac Tonga, l'hypothèse d'une ségrégation des classes de taille des anguilles selon la bathymétrie des habitats est probable d'où l'importance des captures dans les faibles profondeurs tout le long de la périphérie de cet écosystème.

2. Facteur de condition (Kc) :

Le facteur de condition est un indicateur de la qualité de la croissance des populations des poissons. Il décrit la qualité de croissance selon les conditions du milieu. Pour les anguilles cet indice est de 0,16 dans les bonnes normes (Bauchot, 1978).

Chez l'anguille, l'embonpoint varie en fonction des stades de développement. Ainsi, plusieurs auteurs ont montré que la valeur du coefficient (Kc) augmente avec la croissance (et donc en fonction de la taille et du poids) (ROCHE, 1983 ; AFFANDI, 1986 ; BERRAHO, 1990 ; EL-HILALI, 1998). AFFANDI (1986) signale que le (Kc) peut présenter des petites divergences en relations avec l'état trophique de l'individu. En effet, l'embonpoint dépend de plusieurs facteurs écologiques (milieu, saison, quantité de nourriture) (LECOMTE-FINIGER, 1983a, MALLAWA, 1987, NEVEU, 1981a et b, EL-HILALI, 1992) et physiologiques (sexe) (ROSSI et VILLANI, 1980) qui influencent l'état de nutrition et donc la santé du poisson.

Rappelons que l'embonpoint des anguilles reste relativement faible en relation avec la forme allongée du poisson (LECOMTE-FINIGER, 1983a). EL-HILALI (2007), montre que la valeur du (Kc) chez l'anguille européenne, suit plus la croissance en taille et en poids que l'augmentation de l'âge.

Dans notre étude, le facteur de condition Kc est presque le même dans les deux sites. Il est en moyenne de $0,16 \pm 0,02$ à Tonga et de $0,18 \pm 0,01$ à El Mellah. Selon LADJAMA F. (2016), les anguilles de Tonga et El Mellah montrent leur meilleur état d'embonpoint en automne et en hiver. Nos résultats sont similaires à ceux de Wariaghli F. (2013) au Maroc, qui a noté que le coefficient Kc est presque la même chez les deux populations de Loukkos et Sebou avec une moyenne de $0,17 \pm 0,01$ et $0,18 \pm 0,02$ respectivement.

Dans le lac Oubeira, Tahri (2016) note, selon les valeurs du coefficient de condition obtenues, que les anguilles capturées dans ce plan d'eau possèdent un potentiel énergétique important, avec des valeurs assez élevées (1^{ère} campagne : K compris entre 1,69 et 1,89 ; 2^{ème} campagne : K compris entre 1,78 et 2,26). Cet auteur rapporte que le coefficient de condition était corrélé positivement avec la taille et le poids des anguilles capturées. En revanche, Boudjadi (2010) montre l'existence d'une faible relation du coefficient de condition K avec la taille, le poids et même l'âge des anguilles. Ce même auteur signale, dans le Mafrag, que le

coefficient de condition est relativement élevé chez les anguilles de petite et de grande taille et chez celles de poids relativement élevé ; ce sont toutefois, les anguilles les plus âgées qui enregistrent les valeurs les plus élevées du coefficient de condition.

Les valeurs enregistrées dans les divers plans d'eau du PNEK semblent beaucoup plus élevées que celles signalées par Acou *et al.*, (2009) dans les bassins versants français comme le Frémur ou l'Oir (0.168 et 0.196 respectivement) ou encore dans les neuf sites échantillonnés par Durif (2003), où Kc était égale à 0.190 ± 0.003 .

3. Teneurs des protéines totales :

Les résultats montrent une augmentation des protéines en fin de saison automnales non significatives qui tend à diminuer en hiver, et ceux chez les anguilles des deux plans d'eau. Selon LADJAMA I. (2016), l'anguille du lac Tonga est plus riche en nutriments que celui de la lagune El mellah et les taux augmentent significativement ($p \leq 0.001$) au printemps. De même, l'importante teneur en macronutriments pour l'anguille de Tonga, lui donne un avantage nutritionnel du fait de sa richesse en protéines (de l'ordre de 23 %) qui la rend très compétitive avec d'autres poissons (dorade, merlan et rouget). Selon Lecomte –Finiger (1983), l'anguille se nourrit surtout la nuit en périodes chaudes (printemps et été). Egalement les maximums d'activités alimentaires observées chez l'anguille Européenne se produisent à des températures situées entre 25 et 2°C, ce qui explique des taux élevés de ces paramètres biochimiques à la saison de printemps. Selon Ando et Hatano (1986), la fraction protéinique est plutôt constante dans la plupart des espèces, cependant, on pu observer des variations comme la réduction en protéines se produisant dans le saumon pendant de longues migrations de ponte qui s'étend de janvier à juillet.

4. Teneurs des lipides totaux :

Durant la phase de croissance, les anguilles jaunes accumulent les lipides au niveau du muscle et du foie (Lovern, 1938 ; Bertin, 1956), essentiellement sous forme de triglycérides (Lewander *et al.*, 1974 ; Dave *et al.*, 1975). Chez les poissons migrateurs en général, cette accumulation des réserves lipidiques est indispensables à la réalisation de la migration transocéanique ainsi qu'à la maturation des gonades (Lewander *et al.*, 1974 ; Larsson *et al.*, 1990 ; Svedäng et Wickström, 1997 ; van Ginneken and van den Thillart, 2000).

La présente étude montre une augmentation significative du taux de lipides musculaires entre les mois, avec des teneurs plus élevées observées chez les anguilles du lac El Mellah. Nos résultats sont en accord avec ceux de LADJAMA I. (2016), qui montrent que les taux de lipides totaux enregistrés sont situés entre $19,4 \pm 0,20$ pour l'anguille du lac Tonga et

22,15±0,11% pour celle de la lagune El Mellah avec un maximum obtenu en hiver chez cette dernière. En Tunisie, les anguilles du lac nord de Tunis semblent les moins grasses avec 18,4% de lipides dans le muscle contre 22,5% et 23,5% respectivement chez leurs congénères de Ghar El Melh et de l'Ichkeul. Les anguilles argentées ont une teneur en matière grasse au niveau du muscle de 10-28 % avec une moyenne de 20% (Svedang et Wickstrom, 1997). Ces auteurs qualifient les anguilles avec un taux de lipides inférieur à cette moyenne de «maigres».

Larsson *et al.* (1990) attribuent les différences observées au niveau des taux lipidiques entre les populations d'anguille aux facteurs environnementaux telles que la température, la disponibilité de la nourriture (compétition inter-spécifique), sa qualité nutritive, la densité des anguilles (compétition intra-spécifique), le taux de croissance et la pollution. En effet, Pierron *et al.* (2007) montrent que le Cd déclenche une augmentation de la lipolyse au niveau génétique et enzymatique, ce qui altère le stockage des lipides dans le muscle d'anguilles jaunes. Plusieurs auteurs ont décrit les exigences énergétiques requises par les géniteurs de l'anguille européenne pour la migration et la reproduction. En forçant des anguilles argentées à nager activement dans un tunnel de natation pour mimer la migration de reproduction, Palstra *et al.* (2006) rapportent qu'un taux de 7,8% de lipides est requis pour la migration, 5,7% pour l'incorporation dans les oocytes. Ils concluent donc que seulement 13,5% est essentiel pour que la migration se passe dans de bonnes conditions. En utilisant la même expérience, van den Thillart *et al.* (2007) rejoignent les conclusions de Boetius et Boetius (1980) et estiment qu'un taux de lipides musculaires de 20,7% est indispensable pour que les anguilles argentées puissent migrer et se reproduire (13% pour la nage et 7,7% incorporés dans les oeufs). Toutefois, ce seuil de 20,7% de van den Thillart *et al.* (2007) a été établi sur la base d'une migration de 6000 km qu'il faut parcourir pour atteindre la mer des Sargasses. Or, les anguilles argentées partant des latitudes méridionales ont relativement moins de distance à parcourir que leurs semblables issues des latitudes nordiques, et donc moins de besoins énergétiques comme le soulignent Belpaire *et al.* (2009). Le coût énergétique alloué à la nage des anguilles Algériennes sera logiquement inférieur, octroyant le surplus à la maturation des gonades et à la reproduction. D'autres auteurs suggèrent que, comme les salmonidés, les anguilles pourraient à un moment donné de leur voyage reprendre une activité alimentaire jusqu'à ce que leurs réserves lipidiques soient réapprovisionnées (Svedang et Wickstrom, 1997).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au vu des résultats obtenus, nous avons constaté au cours de la période d'étude que la fraction de la population d'anguille (*Anguilla anguilla*) est composée essentiellement de jeunes individus, avec un pourcentage de 47,50 % de l'ensemble des captures dans le lac Tonga et 38,75% pour El Mellah.

Le suivi du coefficient de condition (Kc) durant la période d'étude, montre que les anguilles des deux plans d'eau présente un bon embonpoint.

Les taux de protéines montrent une augmentation non significative en fin de saison automnale qui tend à diminuer en hiver, et ceux chez les anguilles des deux plans d'eau. Les concentrations les plus importantes sont de l'ordre de 6,79 gr/gr à Tonga et 7,16 gr/gr à El mellah.

Les concentrations des lipides dosées au niveau du muscle, augmentent significativement entre les mois, avec des teneurs plus élevées observées chez les anguilles du lac El Mellah. Ces concentrations sont situées entre 17,16 et 27,1 gr/gr pour les échantillons de Tonga, et entre 19,66 et 29,72 chez les anguilles d'El Mellah.

Enfin, ce travail permet d'envisager de nombreuses voies pour des recherches futures, il serait donc intéressant :

- ✓ De poursuivre les mêmes études dans différents écosystèmes aquatiques (eau saumâtre, eau douce) et de dresser des études comparatives ;
- ✓ D'augmenter l'effectif des anguilles pêchées afin de toucher toute la population et de pouvoir établir une comparaison entre les différentes classes de taille
- ✓ De faire une étude éco-toxicologique par l'évaluation de l'effet de la pollution des milieux marin et lagunaire sur les réserves énergétiques et le concept de migration de l'anguille. Cela, afin de tenter d'empêcher l'extinction et donc mieux protéger voir préserver cette espèce dans les eaux continentales algériennes.

Résumé

Ce travail vise à évaluer l'état de santé de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*). Il s'agit d'une étude comparative de cette espèce durant son stade d'anguille jaune sédentaires au niveau de deux sites Ramsar, les lacs Tonga et El Mellah de l'Est Algérien. Nous nous sommes intéressés à la structure démographique et à quantifier le coefficient de condition (Kc), ainsi que les réserves énergétiques lipidiques et protéiques dans la chair, qui lui sont indispensables lors de la reproduction et de la migration vers la mer des Sargasses, dont la santé est intimement liée aux facteurs environnementaux.

Les anguilles sont capturées mensuellement pendant 6 mois (septembre 2019 à février 2020).

La structure démographique de la population montre que les anguilles jaunes prédominent numériquement dans les deux plans d'eau.

Le suivi mensuel du facteur de condition (Kc) montre qu'il n'y a pas de différence significative dans les valeurs de cet indice entre les deux stations.

Par rapport à l'extraction des métabolites, la teneur en protéines montre une augmentation non significative en fin de saison automnale qui tend à diminuer en hiver.

Enfin, le taux de lipides musculaires montre une augmentation significative entre les mois, avec des teneurs plus élevées observées chez les anguilles du lac El Mellah.

Mots clés : *Anguilla anguilla*, structure démographique, coefficient de condition, métabolites, Est-Algérien.

Références bibliographiques

Acou A., Lefebvre F., Contournet P., Poizat G., Panfili J. et Crivelli A.J., 2003. L'argenture chez des anguilles femelles (*Anguilla anguilla*) de deux sous-populations du delta du Rhône. Bull. Pêche Piscic., 2003,368: 55-68

Affandi R., 1986. Etude biologique de l'anguille *Anguilla anguilla* en élevage: Intérêt de l'ensilage acide dans l'alimentation. Thèse 3^{ème} Cycle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris 6, 287p

Alerstam T. Hedenström A. & Åkesson S. 2003. Long-distance migration: evolution and determinants. *Oikos* 103 : 247-260

Ando et Hatano (1986). Biochemical characteristics of chum salmon muscle during spawning migration. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 52, 1229-1235.

Aoyama J., Nishida M. et Tsukamoto K. 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., Tsukamoto K. et Yamauchi K. (Eds). *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo. Chap. 2: 1929.

Baizez A., Rigaud C. et Feunteun E., 2000. Hétérogénéité de répartition de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* L., observée par pêche électrique dans un marais endigué de la côte atlantique française (Marais Breton). Cybium, 24 : 23-32

Baisez A. 2001. - Optimisation des suivis d'abondances et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*, L.) dans un marais endigué de la côte atlantique : relation espèce - habitat. Thèse de 3^{ème} cycle, Université de Toulouse III.

Bardonnat A. Rigaud C. & Labonne J. 2005. - Étude expérimentale des comportements de civelles d'*Anguilla anguilla* L. Influence de la densité et de la disponibilité en abris. *Bull. Fr. Pêche Pisc.* 378-379, 47-65.

Bauchot R. & Bauchot M. L. 1978. - Coefficient de condition et indice pondéral chez les Téléostéens. *Cybium*, 3^{ème} Série, 4: 3 - 16.

Belpaire C. Goemans G. Geeraerts C. Quataert P. Parmentier K. 2008. Pollution

fingerprints in eels as models for the chemical status of rivers. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1483–1491.

BERRAHO A. 1990. - Comparison of Growth Rate of Cultured Elvers (*Anguilla anguilla*). *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie*. 75, 6: 697-897.

Boetius J. 1980. Atlantic *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.

Bonhommeau S, Chassot E, Rivot E .2008. Fluctuation in European eel (*Anguilla anguilla*) recruitment resulting from environmental changes in the Sargasso Sea. *Fish Oceanogr* 17:32–44.

Boudjadi Z. 2010. Etat de santé de l'anguille européenne *Anguilla Anguilla* peuplant deux hydrosystèmes de l'extrême Nord Est Algérien. These de doctorat. Univ. Annaba □ 223 pages.

Bradford M., 1976. *Anal. Biochem.* 72, pp 248-254. Brasseur D., Delzenne N., Henderickx H., Huyghebaert A et Kornitzer M..2004 .Recommandation et allégations □ concernant les acides gras oméga 3. 108 pages. ruun A. F. 1963. The breeding of the North Atlantic freshwater-eel. *Advance in Marine Biology*, 1:137-169.

Bruslé J. 1990. L'anguille européenne (*Anguillaanguilla*), une espèce jugée commune jusqu'à la dernière décennie, mérite-t-elle d'acquiescer aujourd'hui le statut d'espèce menacée? *Bulletin de la Société Zoologique de France*, 114:61-73.

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

Bureau Du Colombier S, Bolliet V, Lambert P, Bardonnnet A., 2007. Energy and migratory behavior in glass eels (*Anguilla anguilla*). *Physiol Behav.* 92(4):684–90.

Deelder C. L., 1985. Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). *FAO Fisheries Synopsis No. 80. Revision 1.* 73 p.

Durif C., 2003. La migration d'avalaison de l'anguille européenne *Anguilla anguilla*: □ Caractérisation des fractions dévalantes, phénomènes de migration et

franchissement des obstacles. Doctorat de l'Université en Ecologie Aquatique, Université de Toulouse II, 357 pp.

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 Supp. Rif, 2003

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

Edeline E., 2007. Adaptive phenotypic plasticity of eel diadromy. *Mar Ecol Prog Ser*. 4;341:229–32.

El-Hilali M., 1992. Contribution à l'étude de la biologie des civelles d'*Anguilla anguilla* L., 1758 dans l'estuaire du Sebou (littoral atlantique marocain). C.E.A., Univ. Mohammed V, Rabat, 46p

El-Hilali M. 1998. – L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) dans les eaux continentales marocaines. Migration et potentialités de croissance des civelles, Biologie et parasitologie de l'anguille jaune. *Thèse de 3^{ème} cycle*, Univ. Mohammed V, Rabat, 165p.

El-Hilali M. 2007. L'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L., 1758) dans le Bas-Sebou : Biologie et infestation par *Anguillicola crassus*. These de doctorat, Université Mohamed V, Rabat, Maroc, 201p.

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

Ginneken van V. J. T. et Maes G. E. 2005. The European eel (*Anguilla anguilla*, Linnaeus), its life cycle, evolution and reproduction: a literature review. *Reviews in fish biology and fisheries*. 15:367-398.

Johnson S. K., Fries L. T., Williams J. et Huffman D. G. 1995. Presence of the parasitic swin bladder nematode, *Anguillicola crassus*, in Texas aquaculture. *World aquaculture*, 26: 35-36.

Kennedy C. R. 1983. A checklist of British and Irish freshwater fish parasites with notes on their distribution. *J. Fish Biol.* 6: 613–644.

LADJAMA I. (2016). Facteurs environnementaux et qualités organoleptiques des anguilles du complexe des zones humides du PNEK. Thèse de Doctorat. 144p.

LARSON P., HAMRIN S. and OKLA L., 1990. Fat content as a factor inducing migratory behaviour in the eel (*Anguilla anguilla*) to the Sargasso Sea. Naturwissenschaften, 77: 488-490

LECOMTE-FINIGER R. 1983. - Contribution à la connaissance de l'écobiologie de l'anguille, *Anguilla anguilla*, L. 1758, des milieux lagunaires méditerranéens du golfe de Lion, Narbonnais et Roussillon. *Thèse d'État*, université de Perpignan, France, 203 p.

Lecomte-Finiger R. 1984. Contribution à la connaissance de l'écobiologie de l'anguille, *Anguilla anguilla* L. 1758, des milieux lagunaires méditerranéens du Golfe du Lion : Narbonnais et Roussillon. Thèse de doctorat. Université de Perpignan. 203 p. + annexes.

Lecomte-Finiger R. 1992. Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée *Anguillaanguilla* L. et sa migration catadrome. *Annales de Biologie*, 29:183-194.

LECOMTE-FINIGER R., 1983a. Contribution à la connaissance de l'éco-biologie de l'anguille *Anguilla anguilla* L., 1758, des milieux lagunaires méditerranéens du Golf du lion: Narbonnais et Roussillon. Thèse d'Etat, Univ. Perpignan : 203 p

Lintas C., Hirano J. et Archer S. 1998. Genetic variation in the European eel (*Anguilla anguilla*). *Molecular Biology and Biotechnology*, 7: 263-269.

Maes E. G., Pujolar J. M., Helfmans B. et Volckaert F. A. M. 2006a. Evidence of isolation by time in the European eel (*Anguilla anguilla* L.). *Molecular Ecology*, 15, 2095-2107.

MALLAWA A. 1987. - Dynamique des stocks exploités et halieutique de l'anguille européenne (*A. anguilla* L., 1758) des lagunes du Narbonnais et du Roussillon (Bages-Sigean et Canet-St-Nazaire), golfe du Lion. *Thèse de 3ème Cycle*, Perpignan, 406 p.

McCleave J.D., P.J. Brickley, K.M. O'Brien, D.A. Kistner, M.W. Wong, M. Gallagher & S.M. Watson. 1998. Do leptocephali of the European eel swim to reach continental waters? Status of the question. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.*, 78: 285-306.

Migado (2005), Lettre d'information n°1. L'anguille dans le bassin Gironde Garonne Dordogne.

Mikaelian S.2002. Dispositifs de surveillance de la population d'anguille. Cas particulier du Marais Poitevin.

Miller M. J., Kimura S., Friedland K. D., Knights B., Kim H., Jellyman D. J. and Tsukamoto K.2003. Review of ocean-atmospheric factors in the Atlantic and Pacific oceans influencing spawning and recruitment of anguillid eels. 231–249 p.

MORIARTY C. and DEKKER W., 1997. Management of European eel fisheries. Irish Fish Bull., 15: 108

NEUVEU A., 1981a. Variations saisonnières et journalières de l'alimentation de l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans des conditions naturelles. Acta Oecologica Applic., 2 (2) : 99- 116

NEUVEU A., 1981b. Rythme alimentaire et relation trophique chez l'anguille (*Anguilla anguilla* L.), la Loche franche (*Nemacheilus barbatus* L.), le Vairon (*Phoxinus phoxinus* L.) et le Goujon (*Gobio gobio* L.) dans des conditions naturelles. Bull. Cent. Etud. Rech. Sci., Biarritz, 13 (4) : 431-444

Okamura A., Yamada Y., Mikawa N., Tanaka S. & Oka H.P., 2002. Exotic silver eels *Anguilla anguilla* in Japanese waters: seaward migration and environmental factors. *Aquatic Living Resources*, 15 (6): 335-341.

Okamura A., Zhang H., Yamada Y., Utoh T., Mikawa N., Horie N., Tanaka S. et Motonobu T., 2001. Identification of two eel species, *Anguilla japonica* and *A. anguilla* by discriminant function analysis. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 67 (6): 1056-1060.

PALSTRA A.P. VAN GINNEKEN V.J.T. MURK A.J. VAN DEN THILLART. G.E.E.J.M., 2006. - Are dioxin-like contaminants responsible for the eel (*Anguilla anguilla*) drama? *Naturwissenschaften*, 93(3), 145-148.

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

ROCHE P., 1983. Expérience de grossissement d'anguillettes : Comparaison de deux régimes alimentaires et mise au point d'un système de tri comportemental. Mém. Fin Etud. ENITA. Univ. Perpignon - ENITA Dijon - Quetigny; 83 p

ROSSI R. and VILANI 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

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

Svedäng H., Neuman E. and Wickstrom H. 1996. Maturation patterns in female European eel: age and size at the silver eel stage. Journal of Fish Biology, 48: 342-351.

Tahri M. 2009. Les parasites de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* peuplant l'estuaire du Mafragh: memoir magistère .80-81-82p.

Tahri M. 2016. Ecobiologie de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* peuplant le lac Oubeira (Parc National d'el Kala). These de doctorat. Univ. Annaba 267 pages.

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

TESCH F. W. 2003. - The eel. 3rd edition. Blackwell publishing. Ltd, Oxford, UK 5th Ed. 408p, 119–212.

Tsukamoto K., Nakai I. et Tesch F. W. 2003. Do all freshwater eels migrate? Nature, 396: 635-636.

VAN GINNEKEN V.J.T. and VAN DEN THILLART G.E.E.J.M., 2000. Eel fat stores are enough to reach the Sargasso. Nature, 403 (6766): 156-157.

Wariaghli F .Kammann, Hanel R. Nagel F. Wysujack K. & A Yahyaoui. □□ 2013a. - Contamination by biliary PAH metabolites in eel (*Anguilla anguilla* L.) in Sebou and Loukkos estuaries (Morocco). African Journal of Aquatic Science. SOUMIS.

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

Tableau 1 : Analyse de la variance AV 1 pour le coefficient de condition (Kc)

Analyse de variance					
Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	1	0,000417	0,000417	0,54	0,502
Erreur	4	0,003067	0,000767		
Total	5	0,003483			
IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé					
Niveau	N	Moyenne	EcarType	-----+-----+-----+-----	
+--					
Tonga	3	0,15333	0,02517	(------*-----)	
Mellah	3	0,17000	0,03000	(------*-----)	
-----+-----+-----+-----					
+--					
Ecart-type groupé =		0,02769	0,120	0,150	0,180 0,210

Tableau 2 : Analyse de la variance AV 1 pour les protéines

Analyse de variance					
Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	1	114,385	114,385	377,38	0,000
Erreur	18	5,456	0,303		
Total	19	119,841			
IC individuel à 95% pour la moyenne Basé sur Ecart-type groupé					
Niveau	N	Moyenne	EcarType	-----+-----+-----+-----	
+--					
Protéine	10	6,2830	0,5731	(-*-)	
mois	10	1,5000	0,5270	(-*-)	
-----+-----+-----+-----					
Ecart-type groupé =		0,5505	1,5	3,0	4,5 6,0

Tableau 3: Analyse de la variance AV 1 pour les lipides

Analyse de variance					
Source	DL	SC	CM	F	P
Facteur	1	2357,49	2357,49	278,29	0,000
Erreur	18	152,48	8,47		
Total	19	2509,97			

IC individuel à 95% pour la moyenne
Basé sur Ecart-type groupé

Niveau	N	Moyenne	EcarType	-+-----+-----+-----		
Lipides	10	23,214	4,082			
(--*--)						
mois	10	1,500	0,527	(--*--)		
				-+-----+-----+-----		
				+-----		
Ecart-type groupé =		2,911	0,0	7,0	14,0	21,0