

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

Université Chadli Bendjedid -El-Taref-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Science de la Mer

Filière : Hydrobiologie Marine Et Continentale

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme Master II en science de la mer

Option : Bio-Ressources Marines

Thème :

*Croissance de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* capturée
dans le lac Tonga -Park National d'El kala-*

REALISE PAR:

M^{me} MADI KHAOULA

M^{elle} ACHOURI MARIEM

Soutenu publiquement devant le jury :

- | | | |
|--|-------|----------------------------------|
| ◆ Présidente : Dr. Dahel A. | M.C.B | Univ. Chadli Bendjedid –El TAREF |
| ◆ Examinatrice : Dr. Rachdi M. | M.C.B | Univ. Chadli Bendjedid –El TAREF |
| ◆ Directrice de mémoire : Dr. Tahri M. | M.C.A | Univ. Chadli Bendjedid –El TAREF |

2018 /2019

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة الشاذلي بن جديد - الطارف

Université Chadli Bendjedid -El-Taref-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Science de la Mer

Filière : Hydrobiologie Marine Et Continentale

Mémoire

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme Master II en science de la mer

Option : Bio-Ressources Marines

Thème :

*Croissance de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* capturée
dans le lac Tonga -Park National d'El kala-*

REALISE PAR:

M^{me} MADI KHAOULA

M^{elle} ACHOURI MARIEM

Soutenu publiquement devant le jury :

- | | | |
|--|-------|---------------------------------|
| ◆ Présidente : Dr. Dahel A. | M.C.B | Univ. Chadli Bendjedid –El TARF |
| ◆ Examinatrice : Dr. Rachdi M. | M.C.B | Univ. Chadli Bendjedid –El TARF |
| ◆ Directrice de mémoire : Dr. Tahri M. | M.C.A | Univ. Chadli Bendjedid –El TARF |

2018 /2019

Remerciements

*Je tiens à remercier dans un premier temps
mon dieu*

** J'adresse tout d'abord mes remerciements les plus sincères, à
Dr. TAHRI MARDJA, qui a très volontiers accepté de
superviser ce projet. Sa grande connaissance dans le domaine, sa
patience et 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 **Dr. DAHEL A. qui a
accepté de présider ce jury.*

Nos remerciements s'adressent aussi à **Dr. RACHEDI M.
pour nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.*

**Je tiens aussi à remercier monsieur le chef du département de
BIO MARINE l'Université de **Chadli Bendjdid** ainsi que tout le
Personnel et les enseignants du département pour leur soutien
Inestimable.*

*A tous mes enseignants qui m'ont initié aux valeurs authentiques, en
signe d'un profond respect et d'un profond amour !!!*

Merci à vous tous

Dédicace

Je dédie ce mémoire

À mes parents :

Papa « AISSA » je sais qu'en ce jour-là tu es très fière de moi, cette source de tendresse, de patience et de générosité qui m'ont donné la force de continuer. J'aime beaucoup ma perle. Toi c'est le plus beau cadeau de mon Dieu dans ma vie

Maman « NAIMA » sans toi je n'aurais jamais été qui je suis aujourd'hui, MERCI de m'avoir « enseigné » les principes de la vie, MERCI d'avoir été très forte et de m'avoir poussé toujours plus loin,

À tous mes chère frères et sœurs : **Douaa, Mohammed Tamer** et sur tous **Saif eddine** Qui m'ont donné tout le soutien moral et appréciation. J'espère que Dieu vous donne tout son bien et prend soin de vous tout au long de votre vie

À ma petit nounou **ASSIL**

À mes tantes ; cousins et grands-mères

À la mémoire de mes grands-pères **MABROUK, ISMAIL** et ma tante **RACHIDA** je vous aime beaucoup, que dieu vous garde dans son « paradis »

À man mari **HOUSSEM** Qui m'a encouragé et aidé sur le chemin du succès

Et je ne peux pas oublier ma deuxième famille **KHROUF** mes deuxième parents **Mr BELGASME et Mme NADIA** et leurs filles **ROUMAYSSA ; CHAHINESE et MALEK**

À toute la famille **MADI** et **KHROUF**

À mon binôme **MARIEM**

À tous mes amis **Amira ; Zahra ; Loubna ; Hanene ; Djimaa ; Rima ; Sara ; Saida ; Chahira ; Souhaila ; Mouna ; Abir ; Amira ; Soumaya ; Firial ; Houda ; Hajira ; Khadidja et Imene**

À tous mes collègues de travail

À tous les étudiants sans exception de la promotion **2018/2019**

Option : **BIO MARINE**

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer Sans exception et je dis merci pour les bons moments qu'on a passés ensemble.

À tous ceux que j'aime, et tous ceux qui m'aiment, à mes

Amies, ...à tout le monde...je vous dis MERCI

KHAOULA M.

Dédicace

Je dédie mon travail à ma tendre Maman et papi : vous représentez pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement et d'encouragements incessants.

A Mon très cher père

Je le dédie également à mes chers frères et mes sœurs pour leurs encouragements.

À Toutes mes amies et mes collègues de la promotion, à tout ce qui m'aiment.

Mille Merci

MERIEM

Résumé

Animal énigmatique et mystérieux, l'anguille européenne a depuis l'Antiquité fasciné son entourage ; grand migrateur, amphihaline, thalassotoque, catadrome, semelpare...etc.; or, depuis au moins le début des années 1980, son abondance continentale a décliné à travers toute son aire de répartition, les causes avancées sont très nombreuses vu la complexité de son cycle biologique.

Nous avons donc choisie d'entreprendre une étude sur la croissance de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* peuplant le lac Tonga 2 saisons d'étude, de septembre 2018 jusqu'à mars 2019.

Les anguilles échantillonnées sont totalement considérées comme « jaunes » selon l'IO ; tandis que la moitié est considérée comme « argentées » selon l'ILp ;

Des indices morphologiques internes moyens de : RGS moyen=0,84%, RHS moyen=1,7% et RTDVS moyen=2,43% ont été enregistrés.

Un bon état de croissance de toutes les anguilles capturées ($K=1,8$).

Mots clés : *Anguilla anguilla* ; croissance ; lac Tonga ; Parc National d'El Kala.

المخلص

حيوان مهاجر وغامض، ثعبان البحر الأوروبي منذ ذلك الحين فتنت حاشيته. مهاجر كبير، أمفيثالين، ثالاسوتوك، سادار، سيميلبار... إلخ؛ ومع ذلك، فمنذ أوائل الثمانينيات على الأقل، انخفضت وفرة قارية عبر مداها، والأسباب عديدة للغاية بالنظر إلى تعقيد دورة حياتها.

لذلك اخترنا إجراء دراسة حول نمو ثعابين البحر الأوروبية *Anguilla anguilla* التي تعمر بحيرة تونغا خلال موسمين دراسيين، من سبتمبر 2018 إلى مارس 2019

تعتبر الثعابين التي تم أخذ عينات منها "صفراء" تمامًا وفقًا لـ IO بينما يعتبر النصف "فضي" وفقًا لـ ILP

يعني المؤشرات المورفولوجية الداخلية المتوسطة لـ RGS moyen=0,84%، RHS moyen=1,7% et RTDVS moyen=2,43% التي تم تسجيلها .

حالة نمو جيدة لجميع الثعابين المنتقاة (K=1,8).

الكلمات المفتاحية: النمو- بحيرة تونجا - حديقة القالة الوطنية، *Anguilla anguilla*

Abstract

Enigmatic and mysterious animal, the European eel has fascinated its surroundings; big migratory, amphihaline, thalassotoc, catadromous, semelpare etc ...; However, since the early 1980s, its continental abundance has declined throughout its range. The causes advanced are very many, seen the complexity of its life cycle.

We therefore decided to undertake a study on the growth of the European eel *Anguilla anguilla* populating Tonga Lake (Parc National of El Kala), during 2 seasons of study, from September, 2018 to March, 2019.

The eels sampled are mostly considered "yellow" according to the IO while half of those are considered like "silver" according to the ILp;

The internal morphological indexes are: mean RGS = 0.51%, mean RHS = 1.42% and mean

RTDVS = 2.43;

A good growth state of all captured eels ($K=1.8$).

Keywords: *Anguilla anguilla*; Growth; Tonga Lake; Park National of El Kala .

LES LISTES

Liste des figures

N°	Titre	Page
Figure 01	anguille adulte. (Logrami.fr)	03
Figure 02	Aire de répartition de l'Anguille européenne (Adam, 1997)	05
Figure 03	Le cycle de vie de l'Anguille européenne (Adam, 1758)	12
Figure 04	Situation géographiques du site d'étude dans le Parc National d'El-Kala (Benyacoub, 1996).	13
Figure 05	: Mesures biométriques des anguilles capturées (à droite : mesure de la taille ; à gauche : prise de poids) (Madi K et Achouri M, 2019)	15
Figure 06	Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Madi K et Achouri M, 2019)	17
Figure 07	Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Madi K et Achouri M, 2019)	17
Figure 08	Pesée des gonades (Madi K et Achouri M, 2019)	18
Figure 09	Pesée du foie (Madi K et Achouri M, 2019)	18
Figure 10	Pesée le tube digestif vide (Madi K et Achouri M, 2019)	19
Figure 11	Distribution des classes de taille des anguilles capturées.	20
Figure 12	Distribution des classes de poids des anguilles capturées.	20
Figure 13	Variation mensuelle des tailles moyennes des anguilles capturées	21
Figure 14	Variation mensuelle des poids moyens des anguilles capturées.	21
Figure 15	Relation taille / poids chez les anguilles capturées.	22
Figure 16	Proportion des anguilles capturées en automne, selon l'ILp.	23
Figure 17	Proportion des anguilles capturées en hiver, selon l'ILp.	23
Figure 18	Variation saisonnière de l'ILp moyen des anguilles du Tonga.	24
Figure 19	Proportion des anguilles capturées en automne, selon l'IO.	24
Figure 20	Proportion des anguilles capturées en hiver, selon l'ILp.	25

Liste des figures

Figure 21	Variation saisonnière de l'IO moyen des anguilles du Tonga.	25
Figure 22	Variation mensuelle de l'indice de condition K moyen	26
Figure 23	Classes de taille des anguilles capturées et stades correspondants établis par GRISAM.	27
Figure 24	Proportion du RGS (%) des anguilles capturées.	27
Figure 25	Variation saisonnière du RGS moyen	28
Figure 26	Proportion du RHS (%) des anguilles capturées.	28
Figure 27	Variation saisonnière du RHS moyen	29
Figure 28	Proportion du RTDVS (%) des anguilles capturées.	29
Figure 29	Variation saisonnière du RTDVS moyen	30

Liste des tableaux

N°	Titre	Page
Tableau 01	Classification de l'anguille européenne <i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	04
Tableau 02	Périodes d'échantillonnage au niveau de site d'étude.	14

Liste des Abréviations

Abréviations	Noms
Cm	Centimètre
DA	Dinar algérien
DHD - DHG	Diamètres oculaires horizontaux des yeux droits et gauches
DVD - DVG	Diamètres oculaires verticaux des yeux droit et gauche
E	Est
GRISAM	GRoupe d'Intérêt Scientifique sur les poissons AMphihalins
Ha	Hectare
Ip	Indice de la nageoire pectorale
IO	Indice oculaire
K	Coefficient de condition
Km	Kilomètre
Lp	Longueur de la nageoire pectorale
Lt	Longueur totale
m	Mètre
mm	Millimètre
N	Nord
Pf	Poids du foie

Liste des Abréviations

Pg	Poids des gonades
Pt	Poids total
PTDv	Poids du tube digestif vide
RGS	Rapport Gonado-Somatique
RHS	Rapport Hépat-Somatique
RTDVS	Rapport Tube Digestif Vide Somatique
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation ; la Science et la Culture
%	Pourcentage

Sommaire

Introduction

Partie 01 : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

1	Généralité anguille européenne <i>Anguilla anguilla</i>	03
2	Classification	4
3	Habitat et aire de répartition	4
4	Habitat dégradé et/ou fragmenté	5
5	Stades de développement de l'Anguille européenne	6
6	Rythmes journaliers et saisonniers	8
7	Le comportement migratoire de l'anguille	10
8	Aquaculture et reproduction artificielle	12

Partie 02 : MATERIELS ET METHODES

1	Présentation de la région d'étude : le lac Tonga (Parc Natior d'El-Kala)	13
2	Traitement des anguilles	14
3	Calcul des indices de croissance	15

Partie 03 : RESULTAT

1	Structure de la sous-population étudiée	20
2	Relation taille / poids	22
3	Application des indicateurs de qualité d'anguilles argentées	23
3.1	Les Indicateurs externes	23
3.1.1	L'indice de la nageoire pectorale (ILp)	23
3.1.2	L'Indice Oculaire (IO)	24
3.1.3	L'indice de condition K	26
3.1.4	La grille GRISAM	26
3.2	Les indicateurs internes	27
3.2.1	Le Rapport Gonado-Somatique (RGS%)	27
3.2.2	Le Rapport Hépat-Somatique (RHS%)	28
3.2.3	Le Rapport Tube Digestif Vide-Somatique (RTDVS%)	29

Partie 04 : DISCUSSION		
1	Les indices externes	31
2	Les indices internes	33
Partie 05 : CONCLUSION ET PERSPECTIVES		
	Conclusion et perspectives	36
REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE		
	Reference Bibliographique	37

Introduction

Introduction

Depuis les années 1980, tous les spécialistes de l'anguille européenne s'accordent à constater une régression des stocks sur l'ensemble de son aire de répartition comprenant tous les cours d'eau, lagunes et autres hydrosystèmes débouchant dans la Baltique, la mer du Nord, la Méditerranée et l'Atlantique, de l'Islande aux côtes marocaines (Moriarty et Dekker, 1997; Dekker, 2004). Le groupe de travail sur l'anguille du CIEM (ICES, 1998) considère que la population d'anguilles a été divisée par un facteur 10 depuis 20 ans. Certains considèrent aujourd'hui l'anguille comme une espèce menacée (Bruslé, 1990); elle a d'ailleurs été déclarée en France "espèce vulnérable" par le ministère de l'Environnement (Keith et al., 1992). Plus récemment, en 1999, le CIEM (Conseil International pour l'Exploration de la Mer) a reconnu que l'espèce se trouvait désormais "en dehors des limites biologiques de sécurité".

L'anguille est maintenant listée dans la liste Rouge des espèces menacées dans plusieurs pays (Bonhommeau, 2008), et a été incluse à l'annexe II de la convention sur le commerce international des espèces menacées (CITES) (CITES, 2006). L'anguille fait également l'objet d'un règlement européen visant à la restauration de la biomasse féconde à 40% de la biomasse (Commission of the European Communities, 2005).

Cette situation traduit un déclin de la population d'anguille et est certainement dû à la conjonction de plusieurs facteurs ; les causes du déclin des populations d'anguilles peuvent être soit marines (modification des courants océaniques, réduction de productivité des océans,...), soit affecter la partie continentale du cycle biologique de l'espèce (obstacles aux migrations, disparition de grandes surfaces d'habitats continentaux, exploitation par la pêche, présence d'organismes pathogènes).

Un des paramètres utilisés pour la gestion des stocks, est la détermination de la croissance des individus, qui reste toujours un problème d'actualité. Pour cela, et vue le manque de données dans la région sur les effectifs de cette espèce et la structure des populations, nous avons choisie d'entreprendre cette étude.

Notre travail s'articule sur 4 parties principales :

Partie 1 : Généralités : dans cette partie, nous avons décrit l'hôte : l'anguille européenne *Anguilla anguilla* et son cycle de vie ainsi que les différents facteurs qui menacent sa survie.

Partie 2 : Matériels et Méthodes : cette partie comprend un descriptif du site d'étude, du matériel et des méthodes utilisés pour la réalisation de cette étude.

Partie 3 : Résultats : dans cette partie nous avons interprété les résultats obtenus.

Partie 4 : Discussion et conclusion générale : dans cette partie sont discutés les résultats obtenus dans le cadre de cette étude avec ceux rapportés dans diverses régions où l'anguille européenne est présente ; enfin nous clôturons ce manuscrit par une conclusion et des perspectives d'études.

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

1. Généralités

L'anguille d'Europe ou anguille commune (*Anguilla anguilla*) (fig. 1) est une espèce de poissons appartenant à la famille des Anguillidés. Elle mesure de 40 cm à 150 cm et pèse jusqu'à 4 kg pour les femelles. C'est un grand migrateur (Fontaine, 1989) et plus précisément un migrateur amphihalin (au cours de sa vie l'anguille va passer par des milieux présentant différents taux de salinité ; de la mer vers l'eau douce puis à nouveau vers la mer), thalassotoque (qui se reproduit en mer) et catadrome (qui après une période de croissance dans un cours d'eau regagne la mer).

Comme pour les autres espèces d'anguilles de l'hémisphère Nord, un petit nombre d'individus effectueront en réalité la totalité de leur cycle de croissance en mer, en lagune salée ou en estuaire salé. Cette espèce est dite européenne, mais des études génétiques ont en 2006 montré que des cas d'hybridation naturelle avec l'anguille américaine existent, avec jusqu'à 15,41 % d'hybrides dans les populations islandaises d'anguilles et des valeurs allant de 6,7 % à 100 % selon les stades de la vie et les lieux. (Vicky et al, 2006). Toutes les anguilles trouvées en Europe sont considérées former une métapopulation unique (Hansen et al, 2011).

Les anguilles étaient réputées particulièrement rustiques et résistantes, grâce notamment à leur capacité à respirer l'air, mais elles sont néanmoins en forte régression depuis les années 1980 et même maintenant considérées comme espèce menacée ou en risque d'extinction, en Europe (Moriarty, 1996).

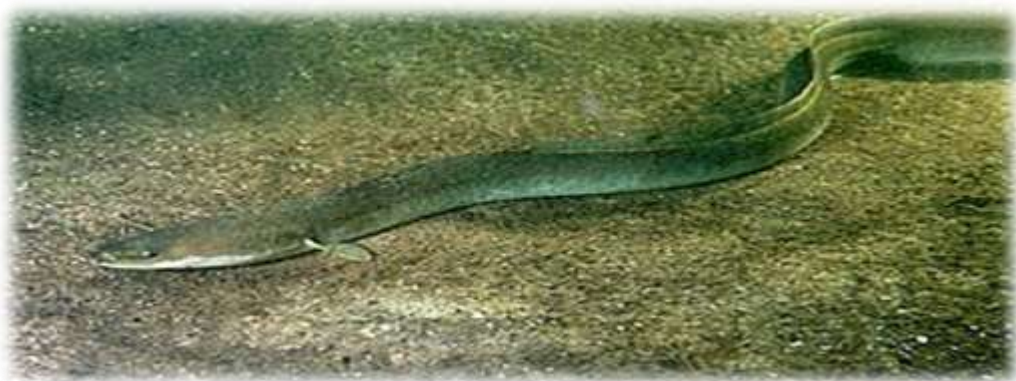


Figure 1 : anguille adulte. (Logrami.fr)

2. Classification

Règne :	Animalia
Embranchement	
Sousembanchement :	Vertebrata
Superclasse :	Osteichthyes
Classe :	Actinopterygii
Sousclasse :	Neopterygii
Infraclasse :	Teleostei
Superordre :	Elopomorpha
Ordre :	Anguilliformes
Sousordre :	Anguilloidei
Famille :	Anguillidae
Genre :	<i>Anguilla</i>
Nom binominal :	<i>Anguilla anguilla</i>

Tableau 01 : Classification de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758)

3. Habitat et aire de répartition

L'anguille d'Europe autrefois abondamment présente dans tous les cours d'eau douce de presque toutes les plaines d'Europe à des habitats qui varient selon son stade de développement puisqu'on la trouve dans des mares isolées mais qu'elle se reproduit à plusieurs milliers de kilomètres de là, dans la mer des Sargasses au centre-ouest de l'océan Atlantique à une profondeur supposée de 400 à 700 mètres (Elie et Rigaud, 1987).



Figure 2 : Aire de répartition de l'Anguille européenne (Adam, 1758)

4. Habitat dégradé et/ou fragmenté

Depuis des siècles, les civelles (alevins d'anguille) escaladaient ou contournaient littéralement la plupart des obstacles naturels (embâcles, petits seuils et cascades...) ainsi que les barrages de moulins à eau couverts de mousse ou d'algues, mais l'augmentation de la hauteur des barrages et de leur nombre fait qu'elles sont maintenant aussi victimes de fragmentation éco-paysagère (notamment dans le cas des grands barrages hydroélectriques) (Elie et Rigaud, 1987). Ce poisson a une activité plutôt nocturne mais selon son âge, il est attiré (au stade de *civelle*) ou au contraire repoussé par la lumière (au stade pré-adulte et adulte). La dévalaison de l'anguille argentée se fait aussi presque entièrement de nuit. L'espèce pourrait donc être sensible à la pollution lumineuse lorsque des luminaires éclairent directement ou indirectement des berges, des ponts, des écluses ou petites chutes d'eau ou simplement la surface de l'eau. Plusieurs études ont montré que même la luminosité diurne inhibait la dévalaison de l'anguille argentée (Deedler, 1984 ; Durif, 2003), ce qui a été expérimentalement utilisé pour guider l'anguille loin de turbines où elles risquaient de se faire tuer ou pour tenter de prévoir les pics de dévalaison, de manière à arrêter les turbines à ces moments. L'anguille régresse partout, probablement aussi à cause de la disparition des zones

humides et de ses corridors biologiques (prairies, fossés) qui lui permettaient de gagner les mares et étangs. Peut-être est-elle aussi victime de parasites importés, et de la pollution des marais littoraux et surtout des estuaires où les taux de plomb sont localement très élevés (plomb de chasse, qui contient aussi de l'arsenic et de l'antimoine – ces plombs sont interdits dans les zones humides en France -par exemple- théoriquement depuis 2005), mais les milliards de plombs déversés dans l'environnement y sont pour longtemps. Certaines passes à poissons trop exposées au soleil semblent mal adaptées à la dévalaison des anguilles qui recherchent l'ombre et s'engagent dans les turbines des centrales électriques qui stressent, blessent ou tuent les gros poissons. La civelle étant attirée par la lumière et l'adulte repoussée par cette même lumière, l'éclairage a été testé pour guider ces poissons vers le « bon chemin » pour monter ou descendre un cours d'eau, mais le retour d'expérience est peu diffusé, et on ignore l'impact éventuel de cet éclairage pour d'autres espèces.

5. Stades de développement de l'Anguille européenne

Le développement se fait en plusieurs stades :

1. Après l'éclosion à grande profondeur en mer, la larve (dite leptocéphale), transparente, vermiforme et aplatie, mène une vie pélagique d'un à deux ans, se nourrissant de plancton tout en commençant sa longue migration. Comme les saumons (Putman et Scanlan, 2014), les civelles semblent disposer d'une carte magnétique génétiquement acquise et d'une sensibilité à de faibles modifications du champ magnétique terrestre et à la déclinaison magnétique terrestre. Quand les civelles sont exposées à des champs magnétiques correspondant à ceux des régions sous-marines situées le long de leur parcours de migration, elles semblent s'orienter de manière à rejoindre plus facilement l'Europe. Les larves se montrent sensibles à de subtiles modifications du champ magnétique terrestre. Des simulations ont montré que ceci conduit les jeunes anguilles à cibler le système des courants du Gulf Stream. Dans une simulation informatique incluant un modèle de circulation océanique, les civelles virtuelles qui utilisent l'orientation magnétique pour naviguer sont beaucoup plus susceptibles d'atteindre le Gulf Stream et leur destination finale que celles qui dériveraient passivement. La une fois rendue vers la surface et toujours aidée du Gulf

PARTIE I : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

Stream (dérive nord-atlantique) finit par gagner le littoral européen, méditerranéen et nord-africain.

2. Cette larve se transforme alors en civelle, encore translucide ; du printemps à la fin de l'été, une grande partie des civelles remontent les fleuves et rivières (y compris de Méditerranée et mer Noire) où elles se transforment en jeune anguille (anguillette), qui se pigmentent en évoluant vers le jaune doré (anguilles jaunes en fin de cette époque). Certaines civelles effectuent ce stade de développement devant les littoraux, ou uniquement dans des estuaires, lagunes ou marais saumâtres littoraux. Le temps passé en mer et en estuaire par la larve et la civelle peut être évalué par l'étude des otolithes (os de l'oreille interne) (Arai et al, 2000 ; Lecomte-Finiger, 1994 ; Casamajor et al, 2001 ; Cieri et McCleave, 2001) qui peuvent donner des indications sur le passé marin de la civelle (Casamajor, 2006).

3. L'anguille jaune continue à grandir durant en moyenne dix ans (en réalité de 3 à 15 ans selon les individus). Certaines anguilles effectuent la totalité de leur cycle en mer, sans jamais remonter un cours d'eau. On a pu le prouver par l'étude de leurs otolithes.

4. L'anguille mature a accumulé une importante réserve de graisse. Elle se transforme alors en anguille argentée (Fontaine, 1994) qui poussée par son instinct, profite des crues et inondations automnales et hivernales pour regagner la mer (c'est la dévalaison), afin d'aller se reproduire. Durant son parcours, son organisme se transforme pour devenir à nouveau apte à la vie en eau salée. La maturité sexuelle est réputée acquise vers 9 ans chez le mâle et 12 ans pour la femelle. Elle induit des transformations physiques :

- ♣ agrandissement des yeux ;
- ♣ changement de coloration du dos et du ventre, mais n'est vraiment acquise que dans les corridors de migration qui ramènent l'anguille à la mer des sargasses ; ces trajets sont mal connus : les anguilles semblent alors s'enfoncer vers les grands fonds, et l'absence de lumière ainsi que l'augmentation de la pression hydrostatique (Dufour et Fontaine, 1985) interviendraient dans la maturation finale des gonades.

Certaines se rendent directement dans la zone des sargasses, soit un trajet de 4.800 à plus de 5000 km, effectué à des vitesses très variables (3 à 47 km/jour) pour y pondre et mourir mais d'autres effectuent des trajets indirects pour semble-t-il ne pondre que

l'année suivante. En Europe (d'après les données collectées sur une vingtaine de cours d'eau) la descente vers la mer commence entre août et décembre. Une étude publiée en 2016 basée sur 206 jeux de données récupérés à partir de 707 anguilles équipées d'émetteurs, a pu reconstituer le début trajet de plus de 80 anguilles parties d'Europe. Une fois en mer, tous les individus suivis ont effectué des migrations verticales quotidiennes, plongeant le jour et remontant la nuit (David et al, 2016) (phénomène aussi observé sur les anguilles d'Amérique du Nord, avec des allers-retours chaque 24 heures entre la surface et jusqu'à 700 m de profondeur (en zone d'eau profonde) (Beguer-Pon, 2015).

D'après les dates de découvertes de larves en mer des Sargasses, la ponte débiterait en décembre, avec un pic en février. Cette étude a montré que toutes les anguilles ne frayent pas en même temps au printemps qui suit leur dévalaison vers la mer. Certaines n'arrivent sur les sites de reproduction qu'à la saison de reproduction suivante (David et al, 2016). Ces premières données dessinent un corridor de migration assez net pour le contournement par le nord de l'Angleterre à partir de la Baltique. Les trajets des anguilles quittant la France et l'Irlande ont des trajets nettement moins linéaires mais globalement orientés vers les sargasses, de même pour les anguilles venant de Méditerranée, qui ont néanmoins un passage obligé par le détroit de Gibraltar à partir duquel se dessine un autre corridor qui rejoint le premier en direction de l'ouest.

06 - Rythmes journaliers et saisonniers

Le cycle de vie de l'anguille, son activité, ses déplacements et son comportement alimentaire sont fortement marqués par les rythmes saisonniers et nyctéméraux (Neveu, 1981). La température est un stimulus important :

la civelle et l'anguille jaune ne s'activent qu'au-dessus de 10–13 °C, sous lesquelles elles se cachent dans des gîtes ou dans le sédiment (gravier pour la civelle, vase ou zone profonde pour l'adulte). Mais une température très élevée, de plus de 25 °C par exemple s'accompagne d'une léthargie qui peut être expliquée par une chute du taux nocturne d'oxygène de l'eau);

La lumière joue un rôle majeur chez la civelle et semble importante chez l'adulte qui n'est généralement actif que la nuit, avec quelques exceptions observées chez les petites anguilles jaunes (de moins de 150 mm) qui sont parfois actives de jour quand elles colonisent un milieu (Tesh, 1977) voire -temporairement - chez certaines anguilles de

PARTIE I : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

plus de 250 mm en marais lorsqu'il fait chaud et que le taux de dioxygène est le plus élevé (après-midi) (Baisez, 2001), (Chez d'autres espèces, on observe que certains parasites peuvent rendre les individus parasités moins prudents) ;

Le cycle lunaire, probablement *via* la lumière solaire renvoyée par la surface de la lune lors de la pleine lune qu'en raison d'un rythme endogène, semble avoir une importance chez l'adulte (argenté en particulier, qui migrent essentiellement de nuit, et les prototypes de *bypass* leur permettant d'éviter les turbines montrent qu'elles utilisent plus volontiers (3 à 4 fois plus) les systèmes au fond de l'eau que près de la surface (Gosset, 2005). La lumière a aussi une importance marquée chez la civelle.

L'anguille adulte a une respiration particulière ; au 3/4 percutanée et pour 1/4 fournie par les branchies, qui lui permet de ramper hors de l'eau durant quelques minutes voire plusieurs heures (en environnement très humide) (Berg et Steen, 1965). L'anguille peut ainsi sortir des cours d'eau pour – en rampant dans l'herbe - gagner des fossés, mares ou étangs isolés. En cas d'assèchement d'un point d'eau, les anguilles peuvent ainsi gagner d'autres milieux plus accueillants grâce à leur peau et leur mucus particulièrement résistants à la dessiccation tout en étant assez perméable pour permettre des échanges gazeux importants. L'anguille jaune devient - à ce stade - territoriale et peut fortement se sédentariser. Pour des raisons non comprises, la colonisation d'une zone apparemment homogène de marais peut être (ou être devenue ?) très hétérogène (Aurore, 2000).

Elle n'exploite alors qu'une petite zone dont la nature et la surface varient fortement selon les individus, leur taille et la richesse du milieu (il peut s'agir d'eaux douces, mais aussi saumâtre et plus rarement salées, soumise ou non au marnage, avec des *gîtes estivaux* (plus en profondeur quand l'individu est plus gros). 20 % des anguilles marquées et recaptures sur un cours d'eau de Bretagne nord l'ont été sur le lieu initial de leur marquage durant 8 années de suivi (Lafaille, 2005) , et en Espagne on a observé une recolonisation très lente par l'anguille jaune de sites dépeuplés Les premières expériences de captures-recapture en fleuve, dans les années 1960 avaient fait estimer qu'une anguille pouvait exploiter 40 km de fleuve (Lobon-Cervia, 1990). Les moyens plus modernes de télémétrie ont réduit cette hypothèse à quelques milliers de mètres carrés en lac ou en rivière ; par exemple, le territoire d'une anguille était de 1 300 m² à 2 700 m² dans un petit lac espagnol (LaBar, 1987) et seulement de 100 à 150 m² chez une anguille suivie durant 2 ans par pittag (Baras, 1998) dans un petit cours d'eau espagnol.

En 2001, Baisez estimait qu'en moyenne une anguille jaune adulte occupait dans un marais ouest atlantique français un territoire moyen d'environ 300 m de berge et 1 000 m² (un peu plus pour les gros individus) (Baisez, 2001).

7. Le comportement migratoire de l'anguille

Le comportement migratoire des larves reste assez mystérieux. Celui des civelles est mieux connu, mais est soumis à de nombreux facteurs qui interagissent de manière complexe (Casamajor (de), 1998).

Parmi ces facteurs, les spécialistes ont listé, outre le débit et le coefficient de marée :

- ♣ La température de l'eau : Comme on peut s'y attendre chez un animal à sang froid, la température influe beaucoup sur son métabolisme et donc sa vitesse de migration ou son temps d'acclimatation à l'eau douce. En effet, la température des estuaires approche souvent 0 °C au moment de l'arrivée des civelles : si l'eau est à moins de 10 °C, les civelles diminuent leur activité biologique et tendent à se sédentariser dans l'estuaire ; si la température chute encore (vers 4 et 6 °C), elles s'immobilisent (Deelder, 1958 ; Elie et Rochard, 1994) ; la migration active commence ou reprend à 10–12 °C (Gascuel, 1986 ; (White et Knights, 1997). Un autre facteur important est le différentiel de température eau douce/eau de mer ; si ce différentiel dépasse 5 °C (et à partir de 3 °C de différence), pour des raisons mal comprises, la remontée des civelles semble provisoirement inhibée (Govern et Carthy, 1992). Ceci explique que des captures importantes de civelles en migration aient pu être faites dans certains estuaires alors que la température était inférieure à 10 °C. La température de la mer variant proportionnellement beaucoup moins que celle des fleuves en raison de l'inertie thermique de l'océan, c'est la température des cours d'eau, de l'estuaire ou de la baie qui influenceront le plus ce différentiel, les courants marins et les vents conservant néanmoins une certaine importance. On peut donc penser que la tendance au réchauffement climatique et au réchauffement des cours d'eau par certaines installations de refroidissement industriel (dont de centrales nucléaires) pourrait encourager une remontée plus précoce des civelles. Inversement une fonte plus importante ou précoce de neige ou glaciers peut localement apporter en amont des cours d'eau une eau plus froide qui figerait un certain temps les populations de civelles ;

PARTIE I : RAPPEL BIBLIOGRAPHIQUE

- ♣ Le stade de développement : Ce stade est souvent mesuré par le niveau de pigmentation de la civelle (Elie, 1982 ; Grellier, 1987). Celle-ci remonte plus activement lorsqu'elle est plus pigmentée alors qu'elle s'adapte peu à peu à l'eau douce ;
- ♣ Exposition à la lumière : La civelle est très sensible à la luminosité ambiante, laquelle dépend le jour: de l'ensoleillement ou de la luminosité du ciel diurne, la nuit : de l'heure et du cycle lunaire, ainsi que de la couverture nuageuse ou de la présence d'un éclairage artificiel ;
- ♣ Un autre facteur est la turbidité et la hauteur d'eau. On a montré *in vivo* et *in vitro* que les civelles ont en estuaire un comportement lucifuge (elles fuient la lumière, même à des intensités très faibles, à partir de 10-11 W/cm² pour la civelle non pigmentée, (stade 5B) et 10-10 à 10-8 w/cm² pour les stades pigmentés (6A0 à 6A3). Les individus se laissent porter par le courant de marée derrière le front de marée dynamique. Et ils se placent verticalement dans la colonne d'eau en fonction de la luminosité ambiante et de la turbidité de l'eau (Patrick, 2009). Avant qu'elles ne se pigmentent, et dans la plupart des estuaires étudiés, leur migration anadrome se fait essentiellement de nuit et en surface. Mais on a constaté que dans les eaux turbides où la lumière pénètre mal la migration peut alors se faire de jour et en profondeur. Les cours d'eau étant de plus en plus turbides en raison d'une intensification des labours et par suite de l'érosion des sols et de l'eutrophisation ; les dates et vitesses de migration peuvent être perturbées ou modifiées par ce phénomène. L'aggravation de l'importance et de la fréquence des crues pourrait aussi avoir un impact. En Europe, plusieurs auteurs ont noté que la luminosité nocturne et la turbidité influent sur le comportement vertical de migration de la civelle (CASAMAJOR, 1999 ; Bardonnet *et al.*, 2005 ; CASAMAJOR, 1998) ont étudié le comportement de la civelle du point de vue de la hauteur dans la colonne d'eau. Le sens de l'orientation de l'Anguille reste en partie incompris. On s'est intéressé aux matériaux magnétiques ou susceptibles aux champs magnétiques présents dans l'organisme de l'anguille. On en a trouvé, qui diffèrent de ceux trouvés chez l'abeille ou d'autres espèces observées de ce point de vue, mais leur rôle éventuel est encore à éclaircir (Hanson, 1984).

8. Aquaculture et reproduction artificielle

Elles sont tentées depuis longtemps (Fontaine, 1985) et semblent particulièrement difficiles. On ne connaît d'ailleurs pas les conditions qui sont éventuellement nécessaires à l'anguille durant son voyage vers la mer des Sargasses et lors de l'accouplement, la fécondation et la ponte, ni la nourriture des alevins aux différents stades de développement mais on comprend mieux les conditions neuroendocrinologiques de sa reproduction (Dufour, 1994 ; Sbaihi, 2001). Maurice Fontaine, océanographe français, serait le premier à avoir artificiellement réussi à (par l'usage d'hormones) provoquer la maturation des mâles, puis de femelles élevées en captivité (dans les années 1960). Vingt ans plus tard, des larves vivantes ont été obtenues à la suite d'une fécondation artificielle dans le cadre d'un programme danois de recherche, mais qui n'ont pas survécu plus de 2 jours et demi. En 2006, Jonna Tomkiewicz a réussi à faire vivre d'autres larves plus longtemps (5 jours en 2006, durée portée à 12 jours en 2007). À ce stade de 12 jours, les larves qui ont vidé leur sac vitellin sont réputées pouvoir se nourrir seules, mais on ignore encore de quoi. Les expériences d'aquaculture de l'anguille japonaise ont montré que le nourrissage des alevins était en captivité très délicat.

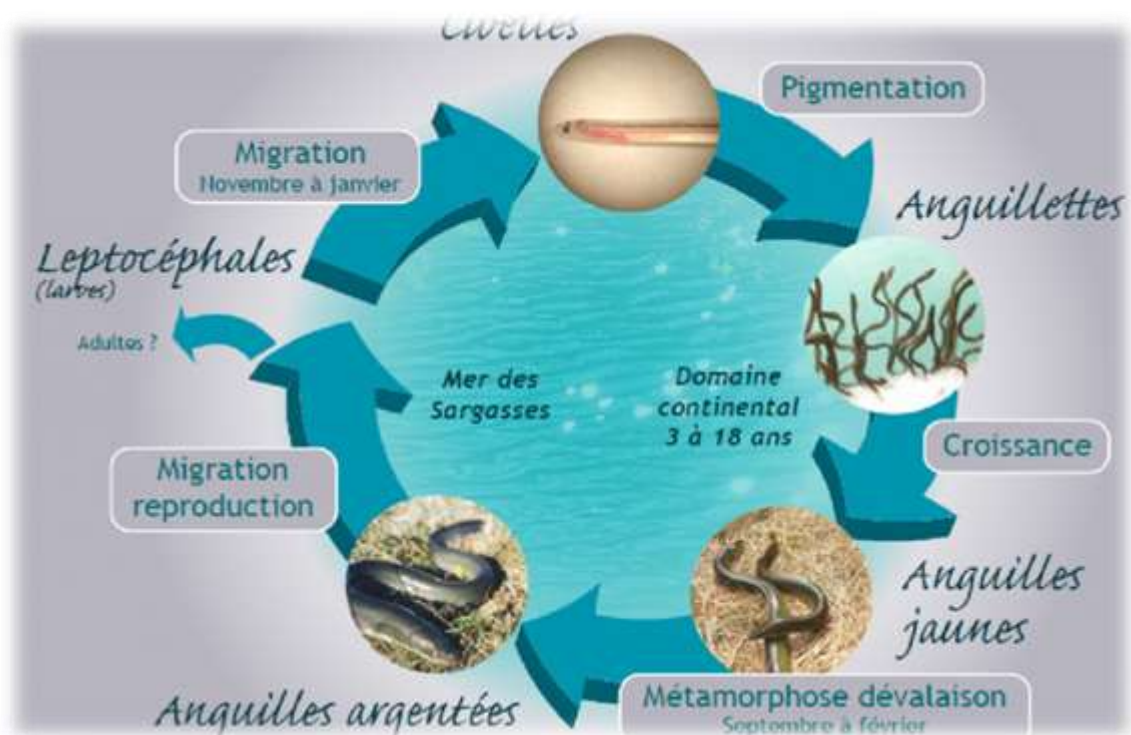


Figure 3 : Le cycle de vie de l'Anguille européenne (Adam, 1758)

***Materiel et
Méthodes***

Matériel et Méthodes

1. Présentation de la région d'étude : le lac Tonga (Parc National d'El-Kala)

Le Parc National d'El-Kala (en arabe : الحديقة الوطنية القالة) a été créé en 1983 et se situe à l'extrême nord-est de l'Algérie. D'une superficie de 80 000 ha, il est bordé au nord par la mer Méditerranée et à l'est par la frontière tunisienne. Il abrite de nombreux lacs et un écosystème unique dans le bassin méditerranéen. Le parc a été classé réserve de biosphère par l'UNESCO en 1990

En avril 2008, le parc est menacé par le tracé de l'autoroute Est-Ouest reliant la frontière tunisienne à la frontière marocaine qui prévoit de le traverser de part en part. Si elle venait à se réaliser, cette infrastructure aurait des conséquences désastreuses et irréversibles pour cet écosystème. Diverses actions sont entreprises pour détourner l'autoroute sur une variante de tracé contournant le parc plus au sud (AnnabaCity.net)

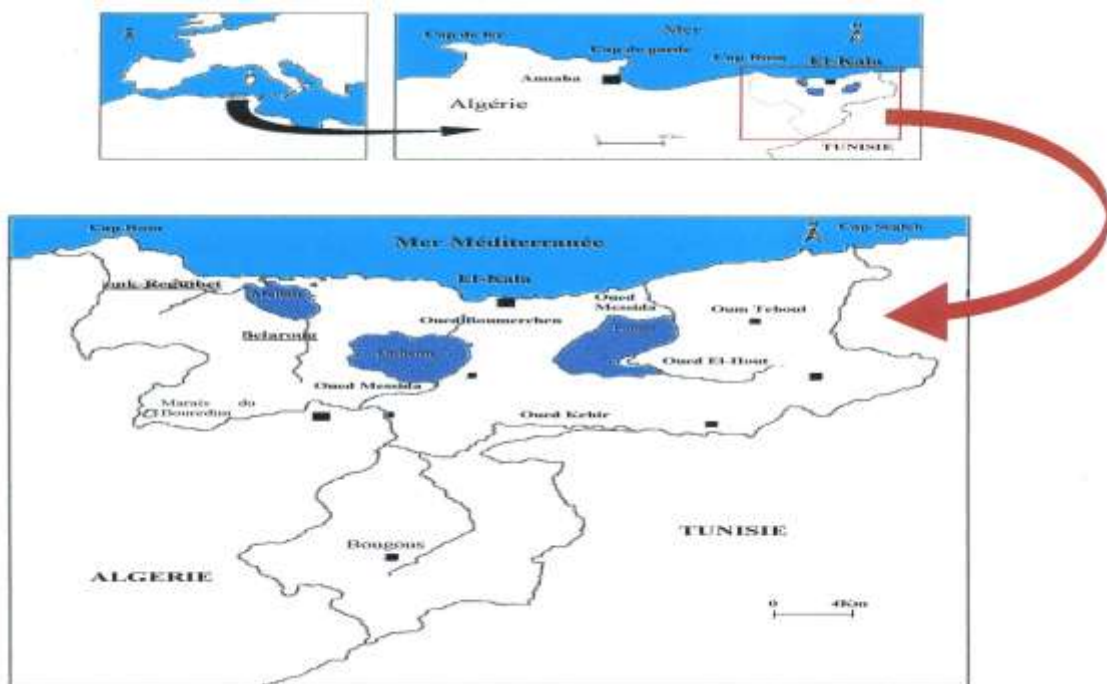


Figure 4 : Situation géographique du site d'étude dans le Parc National d'El-Kala (Benyacoub, 1996).

Le lac Tonga est une zone d'importance internationale unique dans la région méditerranéenne. Il est inscrit depuis 1982 sur la liste Ramsar et fait partie intégrante de la réserve de la biosphère. Situé à 36°51'N et 08°30'E, il occupe une vaste dépression côtière, d'une superficie de 2600 hectares. Il s'étend sur 7,5 km de long et 4 km de large. Au Nord-Ouest, il est limité par un djebel culminant à 167 m à Argoub Ereched, à l'Ouest, il est bordé par la ligne de partage des eaux séparant les deux bassins versants des lacs Tonga et Oubéira. A l'Est, se trouve la frontière algéro-tunisienne. D'après, le lac Tonga est une étendue d'eau douce endoréique, rendue momentanément exoréique par divers travaux effectués depuis un siècle. C'est un étang de marais d'eau douce, communiquant avec la mer par un chenal artificiel, la Messida.

2. Traitement des anguilles

- **Période d'échantillonnage :**

72 anguilles ont été capturées sur une période de 6 mois (de septembre 2018 jusqu'à février 2019) représentant ainsi **2 saisons**.

Tableau 02 : Périodes d'échantillonnage au niveau de site d'étude.

	Automne 2018			Hiver 2019		
	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Jan	Fév.
Lac Tonga						

Les anguilles ont été capturées à l'aide de nasses (mailles d'en moyenne 10 mm de diamètre), déposées sur le fond dans les endroits propice au passage des anguilles (il s'agit d'une succession de filets en forme d'entonnoirs, les anguilles passent d'un entonnoir à l'autre en quête d'une sortie et se trouvent piégées dans le fond de la nasse).

3. Calcul des indices de croissance

**Mesure des caractères morphologiques externes*

La longueur totale (Lt) ainsi que le poids total (Pt) des individus ont été mesurés (au mm près et au gramme près respectivement) (**fig.5**).



Figure5 : Mesures biométriques des anguilles capturées (à gauche: mesure de la taille ; à droite : prise de poids) (Madi et Achouri, 2019)

** Relation taille/poids*

Les différentes parties mesurées du corps sont exprimées en fonction de la longueur totale (Lt) ou de la longueur céphalique (Lc) par la méthode des moindres rectangles (axe majeur réduit) qui est une équation de régression préconisée par Teissier(1948). Elle s'écrit de la manière suivante :

$$Y = b X + a$$

Avec :

b : pente de la droite.

a: ordonné à l'origine.

X et Y : dimensions mesurées sur un même individu.

La comparaison statistique du coefficient "t" d'allométrie de cette équation avec la valeur 1 est réalisée par le test de Student (Dagnélie, 1975).

$$t_{obs} = \frac{|b^2 - b_0^2| \cdot \sqrt{n - 2}}{2b \cdot b_0 \sqrt{1 - r^2}}$$

où :

n : nombre de couples de données,

r: coefficient de corrélation,

b : coefficient d'allométrie (pente).

La valeur de t_{obs} est comparée à celle de "t" théorique = $t_{1-\alpha/2}$ (valeur donnée par table de Student) ou $\alpha = 0,05$. Deux cas peuvent se présenter :

Si $t_{obs} \leq t_{1-\alpha/2}$: on accepte l'hypothèse, la différence n'est pas significative et $b = 1$, il y a donc une isométrie entre les deux paramètres étudiés.

□ Si $t_{obs} > t_{1-\alpha/2}$: on rejette l'hypothèse, la différence est significative entre la pente et la valeur théorique, il y a donc une allométrie minorante (négative), si $b < 1$, ou allométrie majorante (positive), si $b > 1$.

***Coefficient de condition (K)**

Le coefficient de condition constitue une évaluation rapide de l'état physiologique des individus et permet d'appréhender de manière relative le potentiel énergétique des anguilles considérées.

$$K = 10^3 \times [Pt/(Lt)^3]$$

***Calcul de l'indice de la nageoire pectorale (ILp%)**

La longueur de la nageoire pectorale (L_p) a été mesurée au mm près (**fig.06**), elle est pondérée par la longueur totale de l'individu, ce qui permet de calculer l'indice de la nageoire pectorale (ILP, exprimé en %) selon la formule :

$$ILp = (L_p/L_t) \times 100$$

(Durif, 2003) note un accroissement de l'ILP entre le stade jaune (ILP < 4%) et argenté (ILP ≥ 5%). Ainsi, l'ILP traduit l'état d'avancement des individus dans la préparation à la migration transocéanique.



Figure 06 : Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Madi et Achouri, 2019)

***Calcul de l'Indice Oculaire (IO)**

Les diamètres oculaires horizontaux et verticaux des yeux droit et gauche (DhG, DhD, DvG, DvD) ont été mesurés au dixième de millimètre près (fig.07). Défini par (Pankhurst, 1982) comme la relation entre la longueur totale de l'anguille et la taille moyenne de ses deux yeux, il a été calculé de la manière suivante :

$$IO = \{((DvG + DhG)/4 \times ((DvD + DhD)/4) \times \pi/Lt\} \times 100$$



Figure 07 : Mesure de la longueur de la nageoire pectorale (Madi et Achouri, 2019)

Lorsque $IO \leq 6.5$, l'anguille est considérée « jaune » ; au-dessus de cette valeur, elle est considérée « argentée ».

***Le rapport gonado-somatique (RGS%)**

Le poids des gonades (Pg) (**fig. 08**) a été mesuré au gramme près pour calculer le rapport gonado-somatique (RGS) de la manière suivante :

$$\text{RGS (\%)} = (\text{Pg/Pt}) \times 100$$



Figure 08 : Pesée des gonades (Madi et Achouri, 2019)

Le RGS permet d'évaluer la maturité des gonades chez les anguilles argentées mâles (RGS > 0.2%) et femelles (RGS > 1%) au moment de la migration d'avalaison (Fontaine, 1994 ; Marchelidon et al., 1999 ; Acou et al., 2003 ; Durif, 2003).

***Le rapport hépato-somatique (RHS)**

Le poids du foie (Pf) (**fig.09**) a été mesuré au gramme près (**Fig.09**) pour calculer le rapport hépato-somatique (RHS) selon la formule :

$$\text{RHS (\%)} = (\text{Pf/Pt}) \times 100$$



Figure 09 : Pesée du foie (Madi et Achouri, 2019)

Le RHS des anguilles argentées peut varier entre 0,5 et 5% en fonction des sexes et des individus (Durif, 2003), du stade jaune à argenté, le RHS va passer en moyenne de 1,72 ± 0,59% à 1,24 ± 0,30% car l'anguille cesse de se nourrir avant son départ en migration.

***Le Rapport Tube Digestif Vide Somatique (RTDVS %) :**

Le poids du tube digestif vide (PtTDv) (**fig.10**) a été mesuré au gramme près pour calculer le rapport tube digestif vide-somatique (RTDVS) selon la formule :

$$\text{RTDVS (\%)} = (\text{PtTDv/Pt}) \times 100$$



Figure 10 : Pesée le tube digestif vide (Madi et Achouri, 2019)

Lorsque le $\text{RTDVS} \leq 1,5\%$, l'anguille est considérée comme « argentée » ; au-dessus de cette valeur, elle est considérée comme « jaune ».

Résultats

1. Structure de la sous-population étudiée :

- *Classes de taille des anguilles capturées*

La taille des anguilles échantillonnées durant cette étude, varie entre 27 cm et 66,2 cm ; nous notons, par ailleurs, que la classe dominante est 30-40 cm ; suggérant ainsi la présence d'un nombre important de petits individus (**Fig.11**).

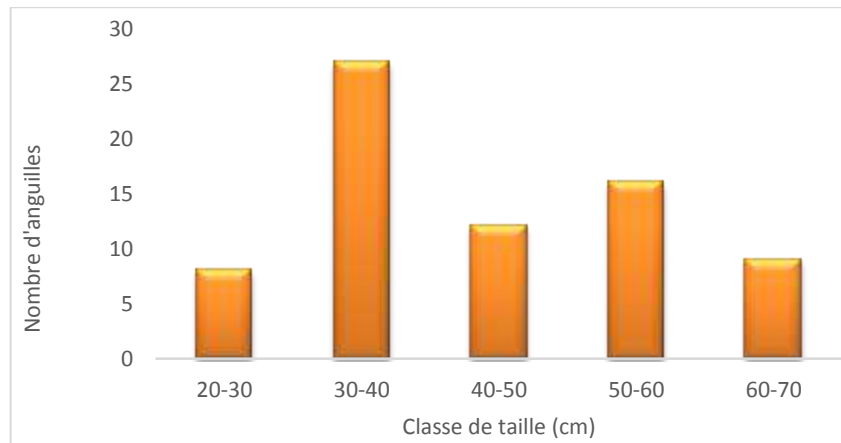


Figure 11 : Distribution des classes de taille des anguilles capturées.

- *Classes de poids des anguilles capturées*

Le poids des anguilles échantillonnées durant cette étude varie entre 28,9g et 552,8g et la plus part d'entre elles ont un poids compris entre 100g et 200 g (**Fig.12**).

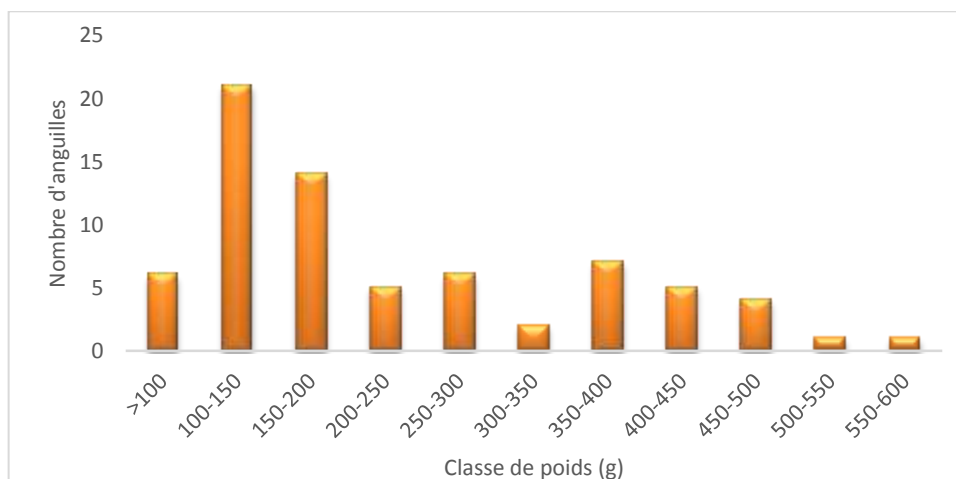


Figure 12 : Distribution des classes de poids des anguilles capturées.

○ *Variation mensuelle des tailles moyennes des anguilles capturées*

La taille moyenne, durant les 2 saisons de prélèvement, varie entre 51,95 et 44,07 cm ; c'est toutefois en saison hivernale que nous avons noté les plus basses tailles (**fig. 13**).

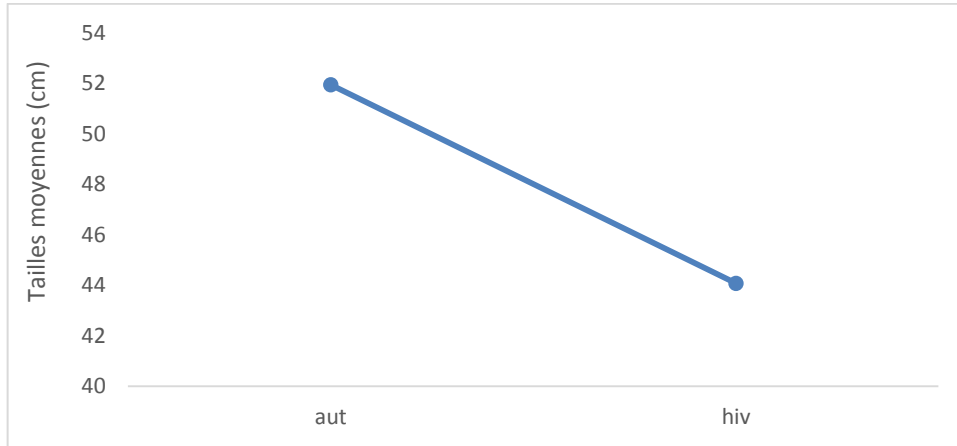


Figure 13 : Variation mensuelle des tailles moyennes des anguilles capturées.

○ *Variation mensuelle des poids moyens des anguilles capturées*

Nous constatons que les valeurs des poids moyens varient entre 284,90g et 160,81g durant la période de prélèvement, nous avons remarqué par ailleurs une baisse de poids en hiver (**fig.14**).

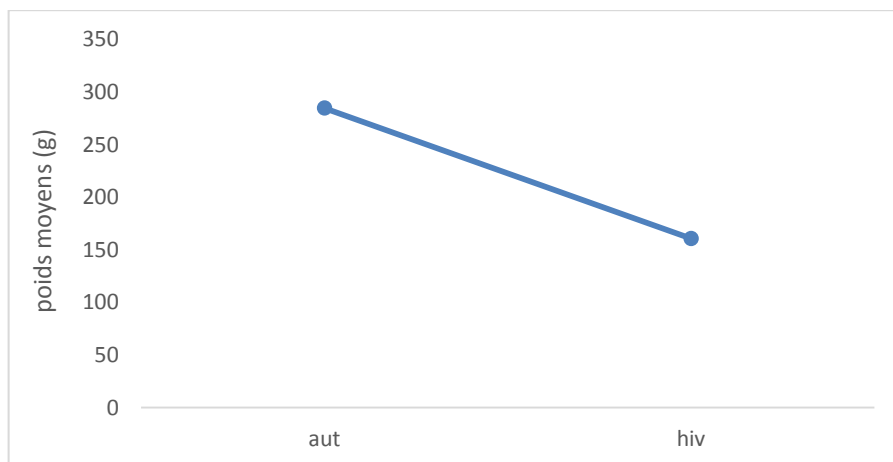


Figure 14 : Variation mensuelle des poids moyens des anguilles capturées.

2. Relation taille / poids

La croissance relative estimée par l'équation reliant la longueur totale au poids total des anguilles prélevées dans le lac Tonga (**Fig. 15**) montre l'existence d'une isométrie ($b=3,3609$) avec un coefficient de détermination R^2 de 98.5% témoignant d'une différence très hautement significative entre l'évolution du poids et la longueur totale des individus ; c'est-à-dire que le poids croît proportionnellement au cube de la longueur.

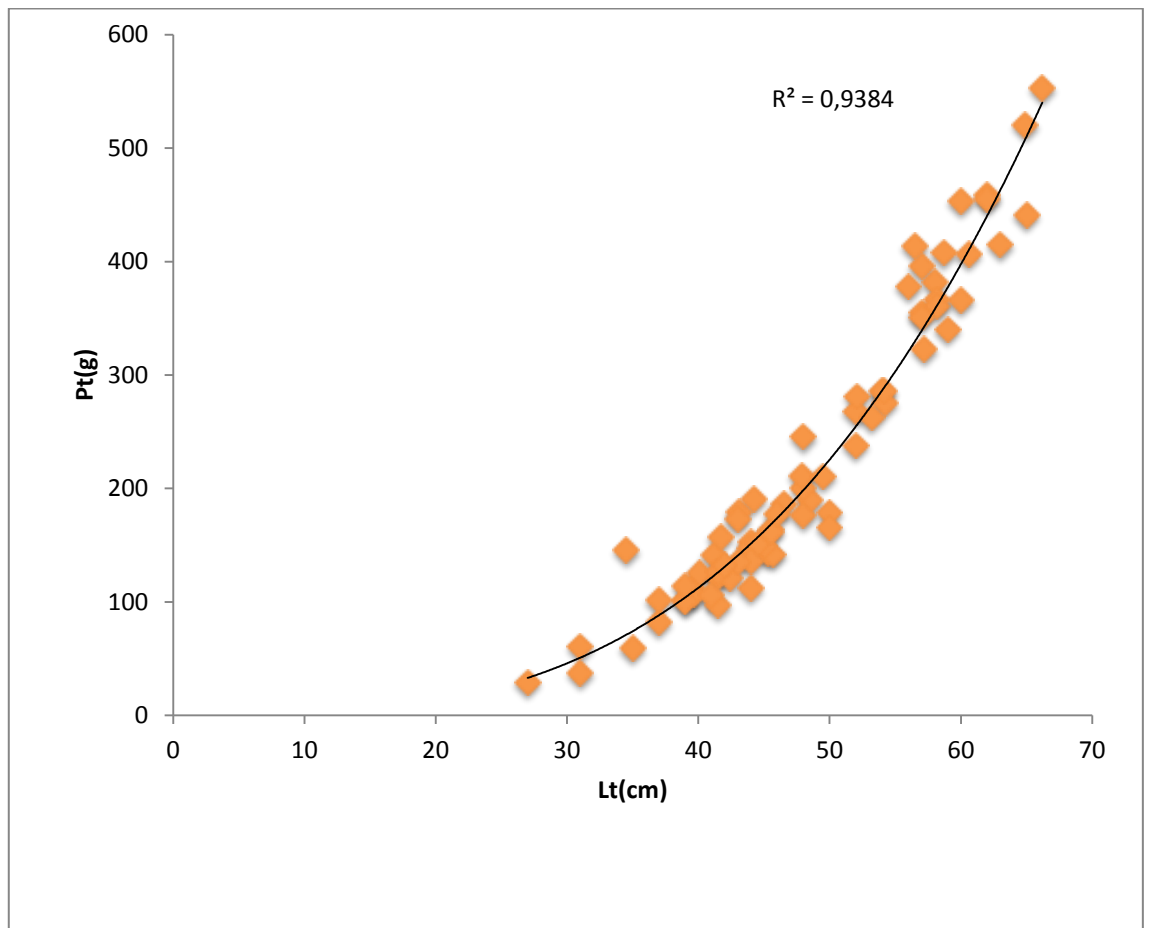


Figure 15 : Relation taille / poids chez les anguilles capturées.

3. Application des indicateurs de qualité d'anguilles argentées :

3.1. Les Indicateurs externes

3.1.1. l'indice de la nageoire pectorale (ILp)

♣ *Proportion de l'indice de la nageoire pectorale (ILp)-campagne automnale-*

Presque trois quart (76%) des anguilles capturées durant l'automne sont considérées, selon l'ILp, comme argentées (**Fig.16**).

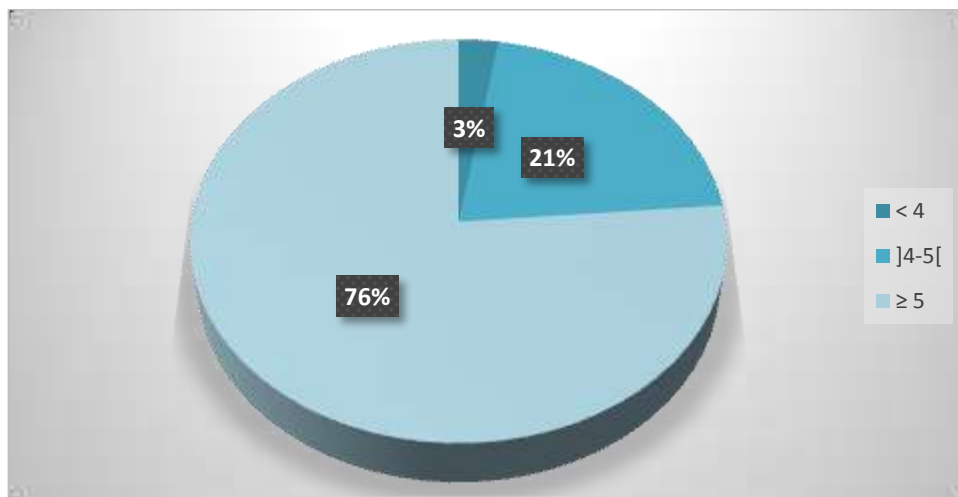


Figure 16 : Proportion des anguilles capturées en automne, selon l'ILp.

♣ *Proportion de l'indice de la nageoire pectorale (ILp)-campagne hivernale-*

Au cours de la saison hivernale, 32% des anguilles capturées sont indéterminées et la moitié est considéré, selon l'ILp, comme jaunes (**Fig.17**).

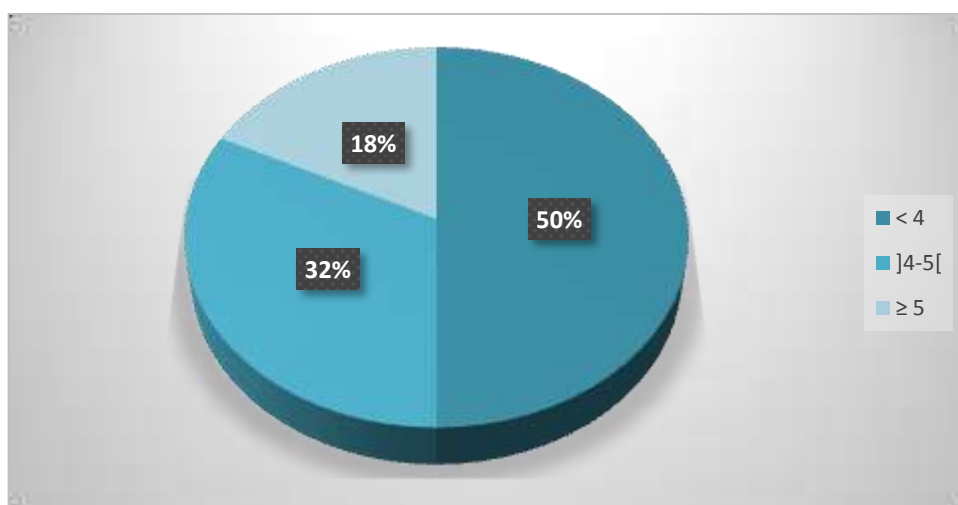


Figure 17 : Proportion des anguilles capturées en hiver, selon l'ILp.

♣ *Variation saisonnière de l'indice de la nageoire pectorale (ILp)*

Dans le lac Tonga, les valeurs moyennes de l'ILp, des anguilles capturées, sont toutes supérieures à 8% en automne et inférieures à 4% en hiver (**Fig.18**).



Figure 18 : Variation saisonnière de l'ILp moyen des anguilles du Tonga.

3.1.2. L'Indice Oculaire (IO)

♣ *Proportion de l'indice de l'indice oculaire (IO)-campagne automnale-*

La totalité des anguilles capturées dans le lac en automne sont considérées comme « jaunes », selon l'IO (**Fig.19**).

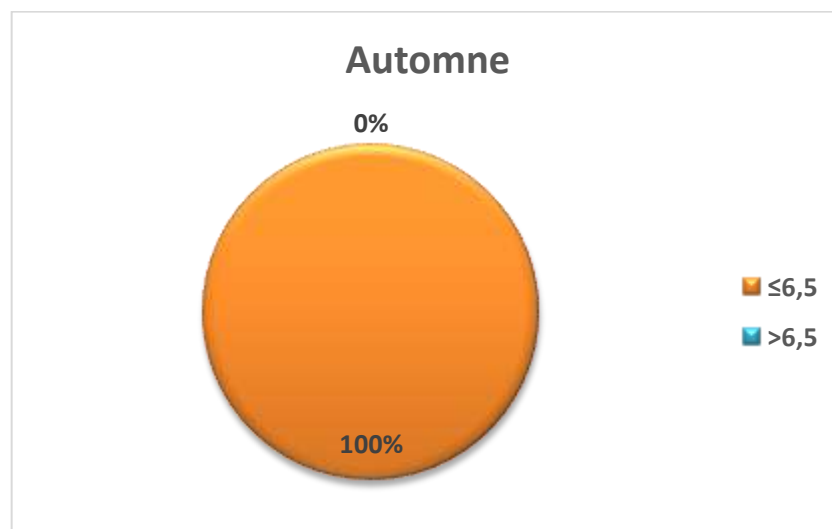


Figure 19 : Proportion des anguilles capturées en automne, selon l'IO.

♣ *Proportion de l'indice de l'indice oculaire (IO)-campagne hivernale-*

La même constatation pour les poissons capturés en hiver, elles sont toutes des anguilles jaunes selon l'IO (**Fig. 20**).

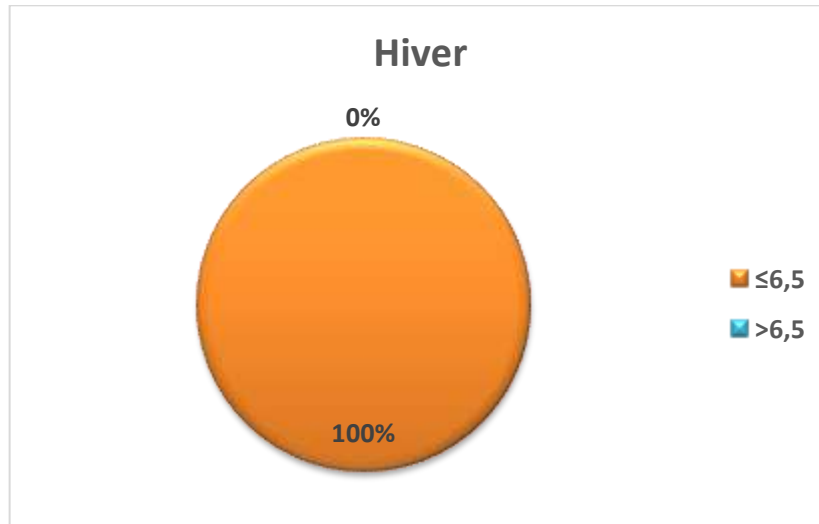


Figure 20 : Proportion des anguilles capturées en hiver, selon l'ILp.

♣ *Variation saisonnière de l'indice oculaire (IO)*

Les valeurs moyennes de l'IO, des anguilles capturées dans le lac Tonga, sont toutes inférieures à 0% quel que soit la saison (**Fig.21**).

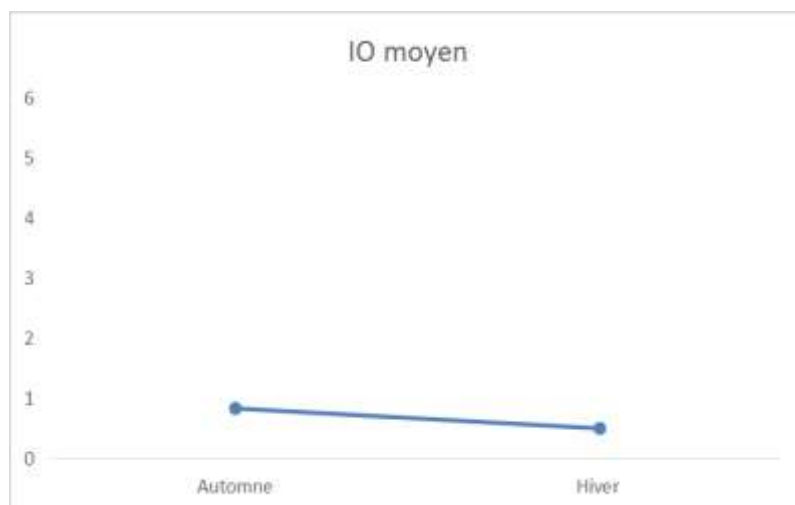


Figure 21 : Variation saisonnière de l'IO moyen des anguilles du Tonga.

3.1.3. l'indice de condition K

Nous notons immédiatement que le coefficient de condition moyen K observé est généralement stable (les valeurs moyennes varient entre 1,8 et 1,82) (Fig. 22).

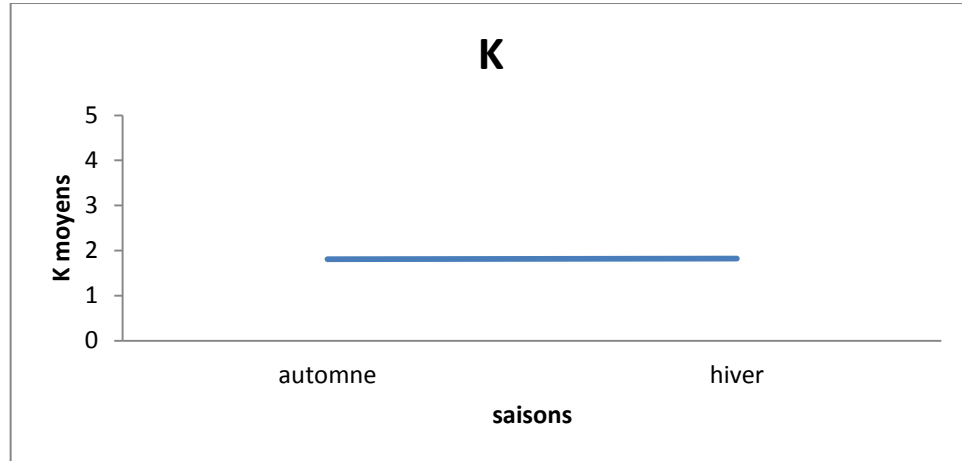


Figure 22 : Variation mensuelle de l'indice de condition K moyen

3.1.4. La grille GRISAM

La totalité des anguilles capturées se trouve dans une classe de taille comprise entre 27 cm et 66,2 cm ; en revanche, la distribution selon la classification de GRISAM des classes de taille est différente, on constate que :

**Dans la classe de taille [15-30] cm « petits individus mâle ou femelles » un seul individu est représenté par cette classe ;*

**Dans la classe de taille [30-45] cm « individu mâle pouvant s'argenter ou individu femelle en croissance »: La quasi-totalité des individus appartenant à la classe de taille ont été prélevés ;*

**Dans la classe de taille [45-60]cm « individu femelle pouvant s'argenter. Petits gabarits (150-400 g) le plus souvent associés aux milieux peu profonds »: La quasi-totalité des individus appartiennent à cette classe de taille ;*

**Dans la classe de taille [60-75]cm « Individu femelle pouvant s'argenter. Gabarits moyens (400-800 g) » : 9 anguilles appartenant à cette classe de taille ont été prélevées ;*

**Dans la classe de taille > 70 cm « Individu femelle pouvant s'argenter. Gros*

gabarits (+ de 800 g) le plus souvent associés aux milieux profonds » : aucun individu appartenant à cette classe de taille n'a été rencontré.

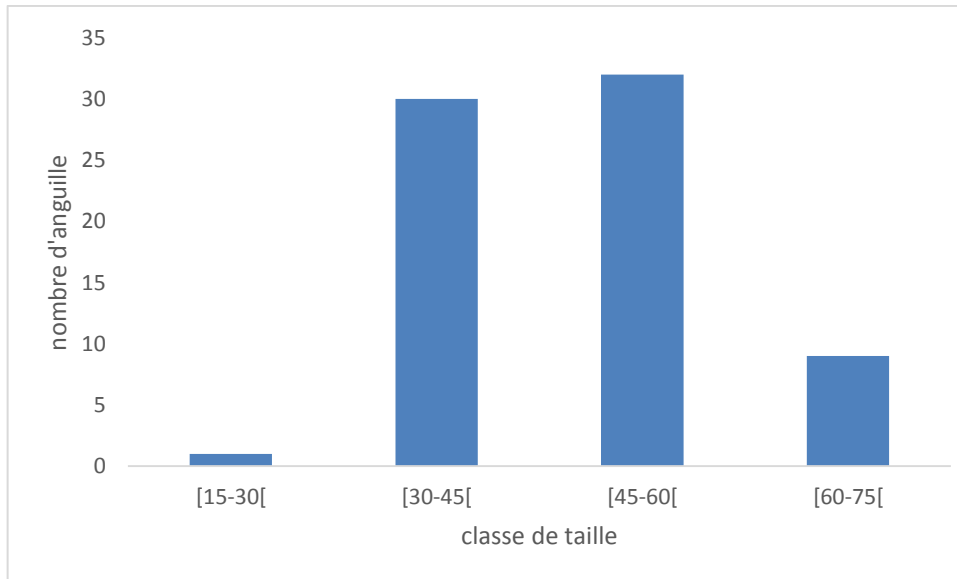


Figure 23 : Classes de taille des anguilles capturées et stades correspondants établis par GRISAM.

3.2. Les indicateurs internes

3.2.1. Le Rapport Gonado-Somatique (RGS%)

- *Proportion du RGS chez les anguilles capturées*

Les valeurs du RGS des anguilles capturées durant période d'étude, varient entre 0,01 et 1,67%. Un peu plus de la moitié des anguilles échantillonnées est considérée comme jaunes (**Fig.24**).

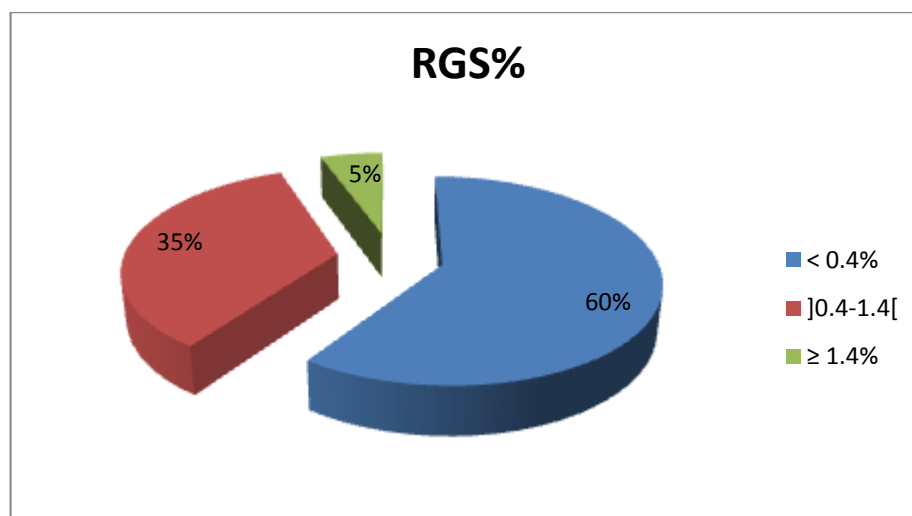


Figure 24 : Proportion du RGS (%) des anguilles capturées.

- *Variation saisonnière du RGS moyen*

Les valeurs du RGS moyen (%) des individus capturés durant toute la période d'étude, ne dépassent pas la valeur 1%, c'est toutefois en hiver que nous avons noté les plus faibles valeurs (**Fig.25**).

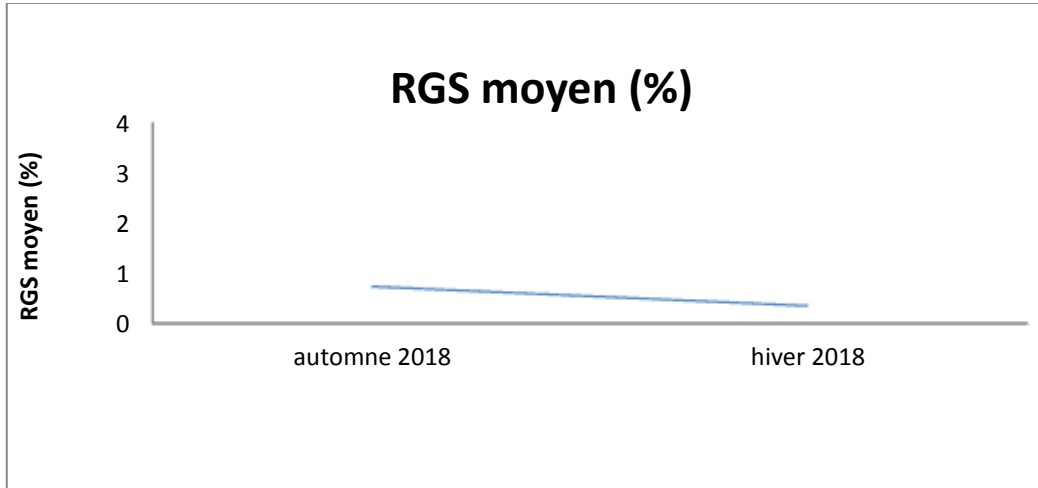


Figure 25 : Variation saisonnière du RGS moyen

3.2.2. Le Rapport Hépat-Somatique (RHS%)

- *Proportion du RHS chez les anguilles capturées*

Le Rapport Hépat-Somatique varie entre 0,84 et 2,55% dans le lac ; nous notons que 53% des anguilles montrent un RHS ne dépassant pas 1,5% et sont de ce fait considérées comme argentées (**Fig.26**).

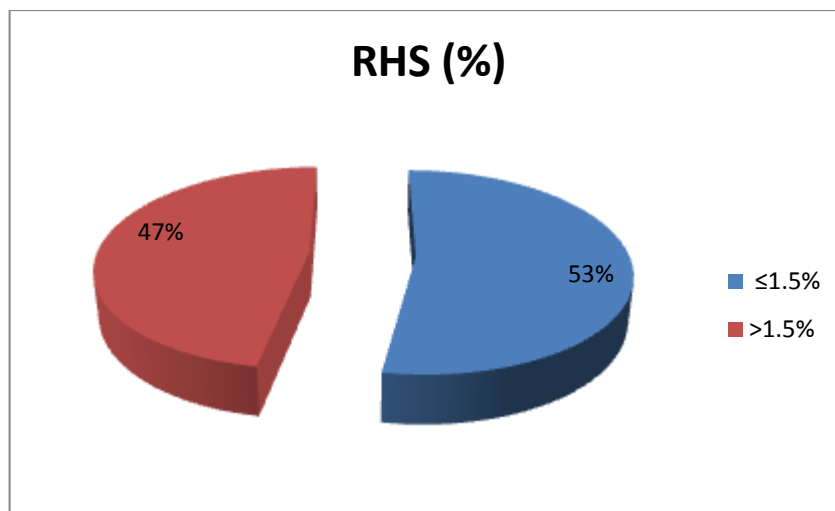


Figure 26 : Proportion du RHS (%) des anguilles capturées.

○ *Variation saisonnière du RHS moyen*

Toutes les anguilles capturées au cours de l'automne, présentent un RHS moyen inférieur à 1,5% ; alors que celles prélevées en hiver ont un RHS moyen supérieur à 2% (Fig. 27).

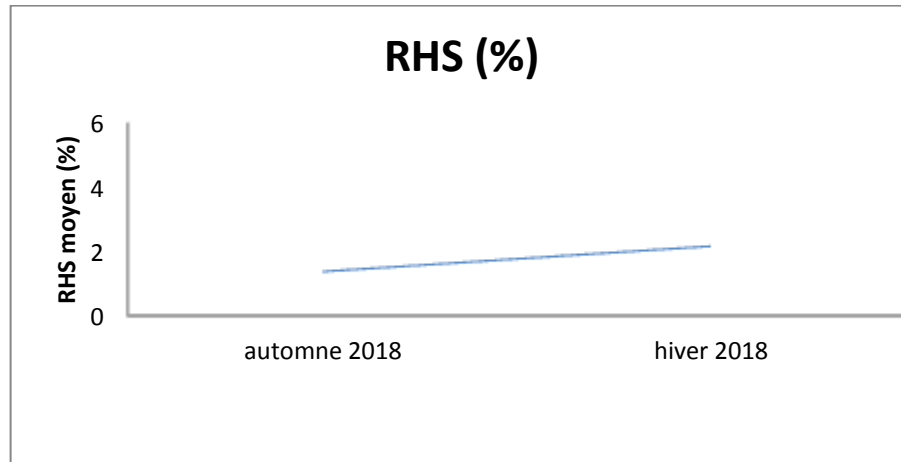


Figure 27 : Variation saisonnière du RHS moyen

3.2.3. Le Rapport Tube Digestif Vide-Somatique (RTDVS%)

○ *Proportion du RTDVS chez les anguilles capturées*

64% des anguilles échantillonnées dans le lac Tonga présentent un RTDVS >1,5%, et de ce fait sont considérées comme « jaunes » (Fig.28).

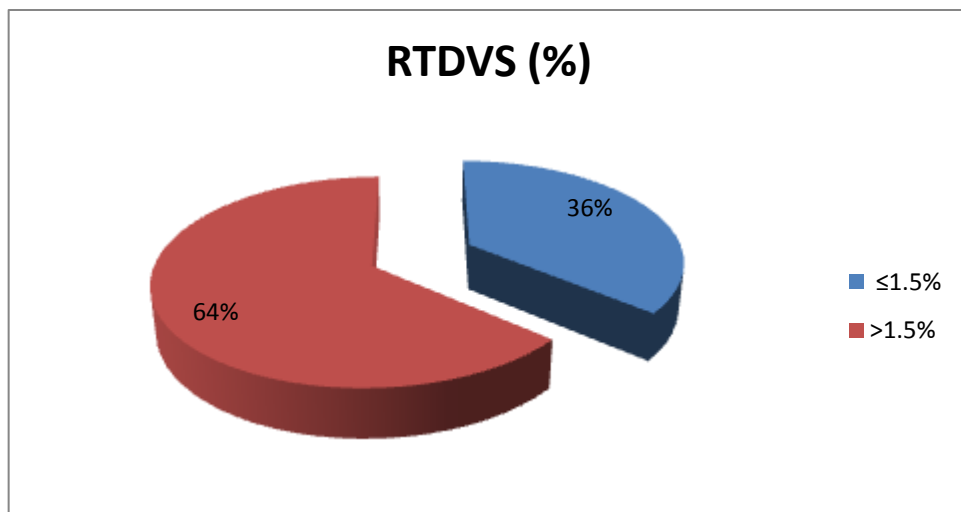


Figure 28 : Proportion du RTDVS (%) des anguilles capturées.

○ *Variation saisonnière du RTDVS moyen*

Les valeurs moyennes du RTDVS sont égales à 1,5% en automne et atteignent le double en hiver (**Fig.29**).

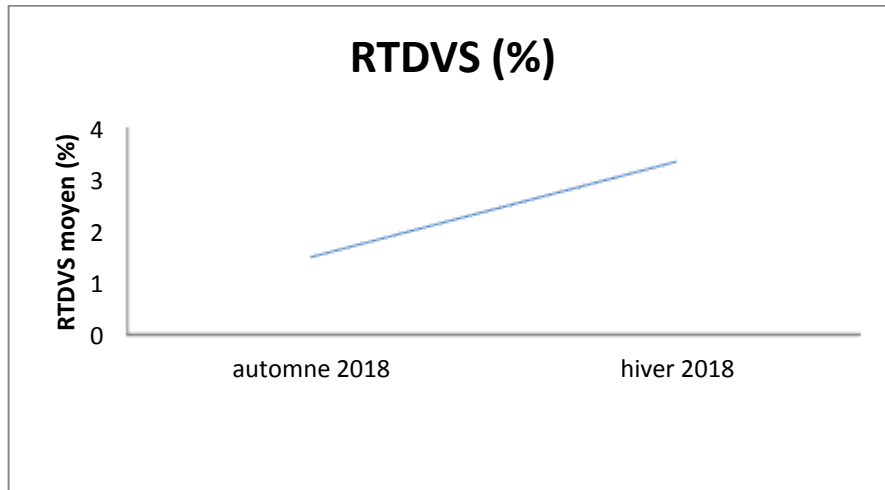


Figure 29 : Variation saisonnière du RTDVS moyen

Discussion

Discussion

1. Les indices externes

- **L'Indice de la Nageoire Pectorale**

La moitié des anguilles échantillonnées dans le lac Tonga présentaient un ILP $> 5\%$, ce qui consiste à dire qu'elles étaient considérées comme « argentées », c'est-à-dire des individus qui avaient achevé leur argenture, et qui étaient donc prêtes à migrer en mer.

L'ILP (**Indice de la Nageoire Pectorale**) traduit l'avancement des individus dans la préparation à la migration transocéanique. Un accroissement de l'ILP a été observé entre le stade jaune (ILP $< 4\%$) et argenté (ILP $\geq 5\%$) (Durif, 2003). De plus, on voit bien l'intérêt des anguilles argentées de partir en migration avec des nageoires pectorales bien développées pour gagner en efficacité de nage.

- **L'indice oculaire**

Durant la période d'étude, l'Indice Oculaire était toujours inférieur à 6,5% aussi bien en automne qu'en hiver ; ce qui traduit une hypertrophie oculaire. En France, (Acou et al. 2010) rapportent qu'environ 97% des anguilles argentées mâles et femelles de la Loire ont un IO > 6.5 .

L'indice oculaire apparaît comme un critère potentiellement utilisable pour évaluer le degré de transformation de l'anguille. Cet indice a également l'avantage de ne nécessiter aucun sacrifice d'individus. Il s'agit toutefois de standardiser sa mesure afin de limiter les erreurs entre chaque expérimentateur. En plus, le développement de l'œil, ou hypertrophie oculaire, s'accompagne de nombreux changements structurels de la rétine comme par exemple la diminution de la densité de cônes qui est une adaptation à la vie en eaux profondes (Pankhurst et Lythgoe, 1983).

Les expériences de maturation artificielle ont pu montrer que l'indice oculaire pouvait atteindre la valeur de 27 (Boëtius et Boëtius, 1967). Un indice oculaire de 6.5 est, selon (Pankhurst, 1982), la plus faible valeur, à partir de laquelle les anguilles entament leur migration ; parmi ces dernières, celles ayant une taille inférieure à 500 mm sont des mâles ou des femelles et celles dont la taille est ≥ 500 mm sont des femelles.

Les anguilles dont l'IO > 6.5 sont toutes migrantes ; celles dont la taille est inférieure à 500 mm sont des mâles et celles dont la taille est ≥ 500 mm sont des femelles. Plus récemment (Marchelidon et al. 1999) et (Acou et al. 2003) ont estimé cette valeur seuil à 8.0. Des études ont montré que la valeur moyenne des indices oculaires chez les anguilles jaunes est moins importante que chez les anguilles argentées

(Durif, 2003 ; Acou et al., 2005). La valeur seuil de l'IO permettant de caractériser une anguille ayant entamée sa métamorphose d'avalaison varie entre les auteurs. (Fontaine 1994) montre que chez les individus n'ayant pas entamé leur pré-argenture, l'IO est égal à $4,33 \pm 0,24$ avec des limites égales à 2,94 et 5,70, tandis que chez les individus ayant effectué les trois étapes de l'argenture, il est de $8,48 \pm 0,42$ avec des limites égales à 5,58 et 11,4. Il estime que, parmi une population d'anguilles jaunes, celles ayant un IO supérieur à 5,6 et ayant donc sans doute amorcé leur argenture, effectueront leur avalaison dans l'année.

Avant d'entamer son ultime migration de reproduction, l'anguille doit obligatoirement se métamorphoser, pour s'adapter, alors qu'elle est encore en eau douce, aux conditions marines profondes (Fontaine, 1994). Parmi ces transformations morphologiques externes, la mesure du développement de l'œil et de la nageoire pectorale, sont des paramètres quantitatifs qui ont été largement étudiés (Pankhurst, 1982 ; Durif, 2003 ; Acou et al., 2003 ; Acou et al., 2005).

- **L'indice de condition**

Les appellations facteur de condition ou coefficient de conditions correspondent, en fait, aux différents paramètres mathématiques qui ont été définis pour mettre en évidence l'écart existant entre le poids réel d'un individu (ou d'une classe de tailles) et son poids théorique d'après la relation tailles-poids. Il augmente de 0,16 à 0,18 entre la taille moyenne 200 mm à 400 mm, puis il oscille entre 0,18 et 0,19 pour des tailles supérieures. Avant l'atteinte d'une taille de 400 mm, les différences entre les populations sont peu marquées. Ce sont surtout les caractéristiques des individus en dévalaison qui permettent de différencier les populations (Nilo et Fortin, 2001). Un facteur de condition voisin de 1, dénote d'un bon équilibre pondéral ; mais dans le cas contraire, il peut témoigner d'un effet d'une perturbation chronique.

Comme le révèle les résultats de l'évaluation du coefficient de condition, les anguilles échantillonnées dans le lac possèdent un potentiel énergétique important, avec des valeurs assez élevées ($k=1,8$). Dans le lac Oubeïra, (Tahri, 2016) a noté que le coefficient de condition était relativement élevé chez les anguilles de petites et de grande taille et chez celles de poids relativement élevé ($k=0,9$) ; ce sont toutefois, les anguilles les plus âgées qui enregistrent les valeurs les plus élevées du coefficient de condition.

Nos valeurs demeurent beaucoup plus élevées que celles signalées dans les bassins versants français comme le Frémur ou l'Oir (0,168 et 0,196 respectivement ; (Acou et al., 2009) ou encore dans les neuf sites échantillonnés par (Durif, 2003), où K était égale à $0,190 \pm 0,003$.

2. Les indices internes

- **Le Rapport Gonado-Somatique (RGS%)**

Le pourcentage du RGS calculé à partir des gonades d'anguilles échantillonnées dans le lac Tonga durant la période d'étude, variait entre 0,01 et 1,67%; (Fontaine et al. 1964) ont pu montrer lors d'expériences de maturation artificielle que le poids des gonades pouvait constituer 31,8% du poids du corps de l'animal. (Acou et al. 2010) rapportent que plus de 98% des anguilles argentées femelles capturées au niveau du bassin versant de la Loire ont des valeurs du RGS supérieures à 1,0% (en moyenne : $1,68 \pm 0,39\%$; 0,15-7,22%) et que le RGS moyen variait significativement au cours du temps (Anova: $F = 4,6$; $ddl = 4$; $P < 0,01$). Les auteurs expliquent cela par un important avancement dans le processus de maturation des gonades et confirment les résultats obtenus avec les critères morphologiques externes (indice oculaire et indice de la nageoire pectorale).

Le RGS permet d'évaluer la maturité des gonades chez les anguilles argentées mâles (RGS > 0.2%) et femelles (RGS > 1%) au moment de la migration d'avalaison (Fontaine, 1994 ; Marchelidon et al. 1999 ; Acou et al., 2003 ; Durif, 2003). Les modifications s'effectuent de façon progressive et ne se manifestent pas forcément par des changements de pigmentation.

(Pankhurst et Lythgoe 1983) ont comparé la structure et la pigmentation du tégument d'anguilles à la maturité sexuelle. Leurs résultats montrent que la composition pigmentaire ne change pas radicalement avec la maturation. La couleur peut donc être utilisée pour distinguer une anguille jaune d'une anguille argentée, mais elle ne peut servir de base comme indice de maturité. Il s'agit également d'un critère très subjectif qui tient compte de l'expérience de chaque observateur. Lors de la dévalaison, l'anguille est encore immature mais sexuellement différenciée. Le poids des gonades augmente de façon nette au cours de la métamorphose. La maturité sexuelle ne surviendra réellement qu'une fois l'animal en mer, la pression hydrostatique jouant un rôle dans le déblocage de la fonction gonadotrope (Dufour et Fontaine, 1985). Toutefois, en milieu continental, on observe une légère augmentation de la teneur en hormone gonadotrope, elle-même corrélée au poids des gonades (Marchelidon et al., 1999). Selon (Fontaine, 1994), le début de développement des gonades interviendrait relativement tôt dans la métamorphose, suivi de l'augmentation de la surface oculaire, de changements de pigmentation du tégument et enfin de modifications de l'appareil digestif.

Dans le continent américain, (Desjardins et al. 1983) ont récolté 600 anguilles jaunes et argentées dans le système du fleuve Saint-Laurent et d'autres tributaires. Les anguilles migrantes possédaient un RGS de 2,1% à 3,7% et le diamètre moyen des ovocytes dépassait 0,085 mm (0,100-0,210 mm), tandis que le RGS chez les anguilles

résidentes était de 0,3-0,7% et les ovocytes avaient une taille moyenne inférieure à 0,085 mm (0,049-0,072 mm).

Dans le lac Saint-Pierre, la limite servant à départager les anguilles a été fixée à 0,07mm car la migration est plus hâtive dans ce secteur. Des résultats similaires ont été observés par (Dutil *et al.* 1985) pour les anguilles du Saint-Laurent. Ces derniers ont aussi établi un seuil critique distinctif à 0.085 mm et ils ont observé une progression de la taille des ovocytes jusqu'à 0,200 mm chez les anguilles argentées capturées à Kamouraska en période automnale.

(Michener, 1980) a déterminé que le RGS des anguilles jaunes augmentait pendant la saison de croissance. Le RGS et le diamètre des ovocytes augmentaient aussi avec l'âge ; par exemple à l'âge de 2 ans le RGS atteignait 0,336% et les ovocytes 0,071 mm ; à 8 ans, ils atteignaient 0,76 % et 0,125 mm. (Couillard *et al.* 1997) ont constaté que le RGS augmentait pendant les 7 semaines de la période de dévalaison dans le Saint-Laurent.

- **Le Rapport Hépatosomatique (RHS%)**

Le foie est un organe essentiel pour le métabolisme (Fontaine, 1994 ; Durif, 2003), il subit des modifications au niveau de sa structure avec une accumulation de réserves lipidiques (Bertin, 1951 ; Deelder, 1970 ; Lecomte-Finiger, 1990).

- **Le Rapport Hépatosomatique (RHS%)**

Des anguilles argentées peut varier entre 0.5 et 5% en fonction des sexes et des individus (Durif, 2003). Du stade jaune à argenté, le RHS va passer en moyenne de $1.72 \pm 0.59\%$ à $1.24 \pm 0.30\%$ car l'anguille cesse de se nourrir avant son départ en migration (Durif, 2003).

Sur l'ensemble de la période d'étude, le RHS (%) des anguilles échantillonnées au niveau du lac Tonga était compris entre 0,84 et 2,55%. En France, (Durif, 2003) a analysé, sur 9 bassins versants français (Loire, Rhin, Nive, etc...), l'évolution de ce paramètre et a constaté une moyenne du RHS de $1,28 \pm 0,26 \%$ (0,77-2,45%). D'autre part, (Acou *et al.* 2010) signalent dans la Loire un RHS moyen de $1,34 \pm 0,25\%$ (0,66-2,12%) et que 94% des femelles possédaient un RHS supérieur à 1%, les auteurs rajoutent que le RHS moyen variait significativement au cours du temps (Anova : $F = 7,7$; $ddl = 2$; $P < 0,001$) ; le RHS des anguilles argentées capturées au cours de la saison 2003-2004 était significativement plus élevé que celui des anguilles capturées les 2 saisons suivantes) ; selon eux, cela est probablement dû aux variations des conditions environnementales et trophiques survenues pendant la phase de croissance des anguilles.

- **Le Rapport Tube Digestif Vide-Somatique (RTDVS%)**

L'estimation du **RTDVS (%)** a montré que 64% des anguilles capturées à partir du lac Tonga étaient considérées comme « jaunes ».

La régression du tractus digestif n'est pas initiée au stade jaune, et survient seulement à l'argenture ($\times 0,26$), avec une valeur seuil $\leq 1,5$ % caractérisant le stade argenté (Nilo et Fortin, 2001). A l'approche de la phase d'argenture, il a été avancé que l'alimentation cessait pendant la dévalaison, probablement à cause d'une certaine dégénérescence (ou réduction) du tractus digestif (Gray et Andrews, 1971 ; Tesch, 1977). Chez les anguilles argentées d'*Anguilla anguilla* et d'*Anguilla rostrata* en maturation avancée (induite expérimentalement), on constate une dégénérescence de l'appareil digestif (Pankhurst et Sorensen, 1984).

L'anguille ne s'alimente pas en eau salée et réussit à régler l'osmorégulation avec des structures réduites (le phénomène est interprété comme la « fermeture » (shut down) d'un système redondant), l'énergie ainsi « économisée » pour le maintien des tissus fonctionnels peut être mise à contribution pour la migration. (Fontaine *et al.* 1982) ont néanmoins démontré que cet état de dégénérescence n'était pas irréversible. (Frost, 1946) a capturé des anguilles argentées qui avaient ingéré des proies dans le cours supérieur du bassin de drainage. (Facey et Helfman 1985) mentionnent que, parmi les anguilles argentées d'*A. rostrata* en début de migration en eau douce, certains individus (2/6) avaient des proies dans l'estomac et aucun ne présentait de signes de régression du tractus digestif. Dans les régions septentrionales, le synchronisme de la dévalaison avec le moment de l'année où les températures sont à la baisse pourrait en partie expliquer la diminution de l'activité alimentaire des individus en migration catadrome.

conclusion

Conclusion et perspective

Le travail que nous avons effectué sur 72 anguilles prélevées du lac Tonga, révèle les points suivants :

♣ Selon les indicateurs de qualité d'anguilles argentées, nous avons constaté que la totalité des anguilles capturées étaient considérées comme « jaunes » selon l'IO et que la moitié étaient considérées comme « argentées » selon l'ILp ;

♣ Des indices morphologiques internes moyens : RGS moyen=0,84%, RHS moyen=1,7% et RTDVS moyen=2,43% ;

♣ Une bonne condition des anguilles capturées (K=1,8).

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 sur plusieurs cycles d'étude (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 ;

*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

-A-

📖. Acou A., Lefebvre F., Contournet P., Poizat G., Panfili J. and Crivelli A. J. 2003. A Preliminary analysis of the dynamics of metamorphosis in the eel (*Anguilla anguilla*) In the Camargue. Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture, 368: 55-68.

📖. Acou A., Boury P., Laffaille P., Crivelli A. J. and Feunteun E. 2005. Towards a standardized characterization of the potentially migrating silver European eel (*Anguilla anguilla*, L.). Archiv für Hydrobiologie, 164: 237-255.

📖. Acou A., Gabriel G., Laffaille P. and Feunteun E. 2009. Differential production and condition indices of premigrant eels (*Anguilla anguilla*) in two small Atlantic coastal catchments of France. In Eels at the Edge: Science, Status, and Conservation Concerns (Casselman J.M. and Cairns D. K. eds.) American Fisheries Society Symposium, 58, 157-174.

📖. Acou A., Boury P., Boisneau C., Bodin M. et Feunteun E. 2010. Estimation du potentiel reproducteur en anguilles argentées de la Loire amont: saisons de migration 2001-05 à 2008-09. Rapport du Muséum National d'Histoire Naturelle, CRESCO, Dinard.

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

📖. Arai T. , Otake T. , Tsukamoto K. ,2000 - Timing of metamorphosis and larval segregation of the Atlantic eels *Anguilla rostrata* and *Anguilla anguilla* as revealed by otolith microstructure and micro chemistry. Marine Biology, 137 :39-45

📖 . Baisez A., Rigaud C. & Feunteun É, 2000- Hétérogénéité de répartition de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) observée par pêche électrique dans un marais endigué de la côte atlantique française (Marais breton). Cybium, 24(3) : 23-32.

-B-

- 📖. Baisez A. 2001 ; Optimisation des suivis des indices d'abondance et des structures de taille de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) dans un marais endigué de la côte atlantique. Relations Espèces-Habitats. Université Toulouse III, Cemagref, Bordeaux, thèse de doctorat, 396 p.
- 📖. Baras E. , Jeandrain D. , Serouge B. ,Philippart J. C. , 1 998 – Seasonal variations in time and space utilization by radio-tagged yellow eels (*A.anguilla*) in a small stream, *Hydrobiologia*, 371 /372 : 1 87-1 98
- 📖 .Beguer-Pon, M. , Castonguay, M. ,Shan, S. , Benchetrit, J & Dodson,J. J.(201 5). Direct observations of American eels migrating across the continental shelf to the Sargasso Sea. *Nat. Communication*: 6, 8705
- 📖 . Belpaire C. Benajiba M. and Goemans G. 1993. The European eel *Anguilla anguilla*, a rapporteur of the chemical status for the water framework directive? *Vie et Milieu, Life and Environment*, 57: 235-252.
- 📖.Benyacoub S. (1996). Diagnose écologique de l'avifaune du parc national d'El Kala : composition, statut, répartition. *Expertise Individuelle EI 10*. Banque Mondiale, 71 p.
- 📖. Berg et Steen, 1 965 Multi-objective assessment of conservation measures for the European eel (*Anguilla anguilla*): an application to the Camargue lagoons. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 64: 1483-1490.
- 📖. Bertin L. 1951. *Les Anguilles*. Payot, Paris 1951.
- 📖 Boëtius J. 1967. Experimental indication of lunar activity in European silver eels, *Anguilla anguilla* (L.). *Medd.Danm. Fisk. Havunders*, 6: 1-6.
- 📖.Boetius I. and Boetius J. 1967. Eels, *Anguilla rostrata*, Le Sueur, in Bermuda. *Videnskabelige Meddelelser Fra Dansk Naturhistorisk Forening i Khobenhavn*, 130: 63-84.

-C-

📖. Casamajor (de) MN 1998. Comportement migratoire de la civelle d'anguille (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour en fonction de la variabilité des conditions environnementales. Thèse de doctorat UPPA, 138 p. + annexes

📖. Casamajor (de) M. -N. , BRU N. , PROUZET P. , 1998 - Influence de la luminosité nocturne sur le comportement migratoire de la civelle (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. ICES /CIEM N : 9, Lisbonne, 16-19 Septembre 1998, 15 p.

📖. Casamajor (de) M. -N. , BRU N. , PROUZET P. , 1999 - Influence de la luminosité nocturne et de la turbidité sur le comportement vertical de migration de la civelle (*Anguilla anguilla* L.) dans l'estuaire de l'Adour. Bull. Fr. Pêche Piscic. , 355 : 327-347

📖. Casamajor (de) M. -N. , Lecomte Finiger R. , Prouzet P. , 2001 – Passé larvaire des civelles *Anguilla anguilla* (Linné, 1758) en migration en zones côtière et estuarienne (Adour, golfe de Gascogne) à partir de l'examen des otolithes. C. R. Acad. Sc. Paris Série III, 324 : 1011 - 1019

📖. Cieri M. -D. , McCleave J. D. , 2001 - Validation of daily otolith increments in glass-phase American eels *Anguilla rostrata* (Lesueur) during estuarine residency. J. Exp. Biol. Ecol. 257:219.

📖. Couillard C. M., Hodson P.V. and Castonguay M. 1997. Correlations between pathological changes and chemical contamination in American eels, *Anguilla rostrata*, from St. Lawrence River. Canadian journal of fisheries and aquatic sciences, 54: 1916-1927.

-D-

📖. Righton D. (2016). [Empirical observations of the spawning migration of European eels: The long and dangerous road to the Sargasso Sea] ; [https://dx. doi. org/10. 1126/sciadv. 1501694](https://dx.doi.org/10.1126/sciadv.1501694) (ISSN 2375-2548)

📖. Daverat F., Tomas J., Lahaye M., Palmer M., Elie P., 2005. Tracking continental habitat shifts of eels using otolith Sr/Ca ratios : validation and application to the coastal,

estuarine and riverine eels of Gironde-Garonne-Dordogne watershed, Marine and Freshwater Research, 56 (5) : 619-627.

📖. Deelder, 1958 . The Atlantic eel problem. Nature, 185: 589-592.

📖. Deelder C. L. 1970. Synopsis of biological data on the eel *Anguilla anguilla* (Linnaeus), 1758. FAO Fisheries Synopsis, 80 p.

📖. Deelder C. L. 1984 – Exposé synoptique des données biologiques sur l'anguille, *Anguilla anguilla*. FAO, Fisheries Synopsis, 80: 1-73p.

📖. Desjardins C., Dutil J. D. and Gelinias R. 1983a. Contamination par le mirex de l'anguille (*Anguilla rostrata*) du bassin du fleuve Saint-Laurent. Rapport Canadien à l'Industrie sur les Sciences Halieutiques et Aquatiques, 141 : 51 p.

📖. Dufour S. & Fontaine Y.A. (1985) La migration de reproduction de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.): un rôle probable de la pression hydrostatique dans la stimulation de la fonction gonadotrope. Bulletin de la Société zoologique de France, 110(3),291 -299.

📖. 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.

📖 . 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

📖 . Dutil J. D., Legare B. et Desjardins C. 1985. Discrimination d'un stock de poisson, l'anguille (*Anguilla rostrata*), basée sur la présence d'un produit chimique de synthèse, le mirex. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 42: 455-458.

-E-

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

📖. Elie, P. , & Rigaud, C. (1987). L'impact d'un barrage d'estuaire sur la migration des poissons amphihalins: le cas de l'anguille et du barrage d'Arzal. La Houille Blanche, (1 - 2), 99-108.

📖. Elie P., Rochard E., 1994. Migration des civelles d'anguilles dans les estuaires, modalités du phénomène et caractéristiques des individus, Bulletin français de la pêche et de la pisciculture, 335 : 81-98

-F-

📖.Facey D. E. and Helfman G. S. 1985. Reproductive migrations of American eels in Georgia. Proceedings of the Annual Conference Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies, 39: 132-138.

📖.Folkvord A. et Mosegaard H. 2002. Croissance et analyse de la croissance. In: Panfili, J., de Ponctual, H., Troadec, H., Wright, P. J. (Eds.), Manuel de Sclérochronologie des poissons. Co-édition Ifremer-IRD, 146-166 p.

📖.Fontaine M. M., Bertrand E., Lopez E. et Callamand O. 1964. Sur la maturation des organes génitaux de l'anguille femelle (*Anguilla anguilla* L.) et l'émission spontanée des œufs en aquarium. Comptes Rendus Hebdomadaires des Séances de l'Académie des Sciences de Paris, 295 : 2907-2910.

📖. Fontaine M., Delerue-Le Belle N., Lallier F. et Lopez E. 1982. Biologie générale. Toutes les anguilles succombent-elles après la reproduction et frayent-elles nécessairement en mer ?. Compte-Rendu de l'Académie des Sciences de Paris, Série III, 294 : 809-811.

📖. Fontaine, Y. A. , Dufour, S. , & Fontaine, M. (1985). Un vieux probleme tres actuel la reproduction des anguilles. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences Serie Generale La Vie des Sciences. 287 : 701-711.

📖. Fontaine YA (1989) Les anguilles : migration et reproduction ; Oceanis,1 5(2), 1 97-206.

📖. Fontaine, Y. A. (1994). L'argenteure de l'anguille : métamorphose,anticipation, adaptation. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, (335), 1 71 -1 85.

📖 Frost W. E. 1946. Observations on the food of eels (*Anguilla anguilla*) from the Windermere catchment area. *Journal of Animal Ecology*, 15: 43-53

-G-

📖 Gascuel, 1986 Spatio-temporal dynamics of the nematode *Anguillicola crassus* in Northeast Tunisian lagoons. *Comptes Rendus de Biologie*, 329: 785-789.

📖 Gosset, C. , Travade F. , Durif C. , Elie P. ; 2005 ; Tests of two types of bypass for downstream migration of eels at a small hydroelectric power plant ; *Résumé Cemagref* 269: 688-694.

📖 Gray R. W. and Andrews C. W. 1971. Age and growth of the American eel (*Anguilla rostrata* (LeSueur)) in New foundland waters. *Canadian Journal of Zoology*, 49: 121-128.

📖 Grellier P. , Huet J. , Desaunay Y. 1991 - Stades pigmentaires de la civelle *Anguilla anguilla* (L.) dans les estuaires de la Loire et de la Vilaine. *Rap IFREMER, DRV*, 91. 14-RH/Nantes, 18 p.

-H-

📖 Haro A. J. , Krueger W. H. 1987 - Pigmentation, size and migration of elvers (*Anguilla rostrata* (Lesueur)) in a coastal Rhode Island stream, *Can. J. Zool.* 66 : 2528-2533

-L-

📖 LaBar G. W. , Hernando-Casal J. A. , Delgado C. E. , 1987 - Local movements and population size of European Eels, *Anguilla anguilla*, in a small lake in southwestern Spain, *Environmental Biology of Fish*, 19: 111-117

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

📖 . Lecomte-Finiger R. 1990. Métamorphose de l'anguille jaune en anguille argentée *Anguilla anguilla* L. et sa migration catadrome. Annales de Biologie, 29:183-194.

📖 . Lecomte-Finiger R. 1994 - Contribution de l'otolithométrie à l'étude de la dynamique de la migration larvaire de l'Anguille européenne *Anguilla anguilla*. Bull. Fr. Pêche Piscic. 335 : 17-31

📖 . Lobon-Cervia J. , Bernat Y. , Rincon P. A. , 1990, Effects of eels removals from selected sites of a stream on its subsequent densities, Hydrobiologia, 206:207-216

-M-

📖 . Mann H. , 1965 ; Über das Rückkehrvermögen verpflanzter FlussAal, Arc. für Fishereiwissenschaft ; 15:177-185


📖 . Mc Govern et Mc Carthy, 1992 Reproductive sympatry of American and European eels and implications for migration and taxonomy. American Fisheries Society Symposium, 1: 286-297.

📖 . M. Hanson, G. Wirmark, M. Öblad, L. Strid, 1984 - Iron-rich particles in European eel (*Anguilla anguilla* L.), Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 79, 2 :311-316

📖 . M. Hanson, L. Karlsson, H. Westerberg, 1984 - Magnetic material in European eel (*Anguilla anguilla* L.) ; Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology, 77, 2 :221-224 résumé


📖 . Marchelidon J., The Belle N., Hardy A., Vidal B., Sbaihi M., Burzawa-Gerard E., Schmitz M. et Dufour S. 1999. Etude des variations de paramètres anatomiques et endocriniens chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) femelle, sédentaire et d'avalaison : Application à la caractérisation du stade argenté. Bulletin Français de Pêche et de Pisciculture, 355: 349-368.


📖 Michener W. K. 1980. Age, growth, and sex ratio of American eel, *Anguilla rostrata* (LeSueur), from Charleston Harbor, South Carolina. M. S. Thesis. Clemson University, Clemson, South Carolina, 349 p.

 . M. -N. de Casamajor, R. LecomteFiniger, P. Prouzet ; Passé marin des civelles d' Anguilla anguilla en migration dans l'estuaire de l'Adour ; Vie et milieux ; 2006 ; 56 (1) : 1 -8 [2] ; 2006 Ed: Trimes Archimer, archive institutionnelle de l'Ifremer


. Moriarty C. (1 996) The decline in catches of European elver 1 980-1 992. Arch. Pol. Fish. 4 : 245-248


-N-


 . Neveu A. 1981 – Variation saisonnières et journalières del'alimentation de l'anguille dans des conditions naturelles. Oecol. applic. ,2:99-1 1 6


 . Nilo P. et Fortin R. 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Québec, 308p.


-P-


 . Pankhurst N. W. 1982a. Relation of visual changes to the onset of sexual maturation in the European eel, *Anguilla anguilla* L. Journal of Fish Biology, 21: 417-428.

 . Pankhurst N. W. 1982b. Changes in the skin-scale complex with sexual maturation in the European eel, *Anguilla anguilla* (L.). Journal of Fish Biology, 21: 549-561.


 . Pankhurst N. W. and Lythgoe J. N. 1983. Changes in vision and olfaction during sexual maturation in the European eel *Anguilla anguilla* (L.). Journal of Fish Biology, 23: 229-240.

 . Pankhurst N. W. and Sorensen P. W. 1984. Degeneration of the alimentary tract in sexually maturing European *Anguilla anguilla* (L.) and American eels *Anguilla rostrata* (Le Sueur). Canadian Journal of Zoology, 62: 1143-1149.


 . Patrick Prouzet, Marc Odunlami, Elise Duquesne et Ahmed Boussouar, « Analysis and visualization of the glass eel behavior (*Anguilla anguilla*) in the Adour estuary and estimate of its upstream migration speed », Aquat. Living Resour. , vol. 22, no 4, octobre-décembre 2009, 525-534.

 . Putman, N. F. , Scanlan, M. M. , Billman, E. J. , O'Neil, J. P. , Couture, R. B. , Quinn, T. P. , Lohmann, K. J. , and Noakes, D. L. G. (2014). An inherited magnetic map guides ocean navigation in juvenile Pacific salmon. *Curr. Biol.* 24, 446–450


-k-

 Kettle et al. 2008 Past distribution of the European freshwater eel from archaeological and palaeontological evidence. *Quaternary Science Reviews* 27, 1309-334.


-R-


 . Ricker W. E. 1973. Linear regression in fishery research. *Journal of Fisheries Research. Bd. Canada*, (3): 409-434.


-S-

 . Sbaihi, M. (2001). Interaction des stéroïdes sexuels et du cortisol dans le contrôle de la reproduction et du métabolisme calcique chez un téléostéen migrateur, l'anguille (*Anguilla anguilla* L.) Thèse de Doctorat). 298 p


-T-

 . Tahri M. 2016. Ecobiologie de l'anguille européenne *anguilla anguilla* peuplant le lac oubeira (parc national d'el kala). Thèse de Doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 290 p.

 . T. D. Als, M. M. Hansen, G. E. Maes, M. Castonguay, L. Riemann, K. Aarestrup, P. Munk, H. Sparholt, R. Hanel, L. Bernatchez (2011), All roads lead to home: Panmixia of European eel in the Sargasso Sea. *Mol. Ecol.* 20, 1 333–1 346


 . Tesh F. W. 1977 - Teh eel. *Biology and management of Anguillid eels*. Londres, Chapman & Hall ; 434 p.

-V-

 . Vicky A., Bjarni J. et Bernatchez L., 2006« Natural hybrids in Atlantic eels (*Anguilla anguilla*, *A. rostrata*): evidence for successful reproduction and fluctuating abundance in space and time », *Molecular Ecology*, 15:1 903–1 916 (DOI 1

0. 1 1 1 1 /j. 1 365-294X. 2006. 0291 7. X

-W-

 . White et Knights, 1 997 Dynamic of upstream migration of the European eel, *Anguilla anguilla* (L.), in the River Severn and Avon, England, with special reference to the effect of man-made barriers. Fisheries Management and Ecology, 4: 311 -324

➤ [Webographie :](#)

 www.AnnabaCity.net

 www.Logrami.fr



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Chadli Bendjedid El-Tarf
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Agronomiques



Le 3^{ème} Séminaire International sur les Pâturages, les Parcours et l'Alimentation des Animaux dans le Bassin Méditerranéen

Les 9 et 10 Avril 2019

Attestation de participation

Nous soussignons, attestons que **M./Mme: MADI KHAOULA**
et ses co-auteurs : **A CHOURI M**

ont présenté une communication : *affichée*

Intitulée: **CROISSANCE SOMATIQUE DE LANGUILLE EUROPIENNE 'Anguilla anguilla'**
CAPTURES DANS LE LAC TANGA PARK NATIONAL D'EL KALA.

Cette attestation est délivrée à l'intéressé(e) pour servir et valoir ce de droit.

Le Président du Conseil Scientifique

Dr. SLIMANI AII
Université d'El-Tarf
Maître de Conférences - A
Agronomie

Le Président du SIPPAABM 2019

Président du 3^{ème} Séminaire
International sur
les Parcours Méditerranéens

GHAMRI A.N

Résumé

Animal énigmatique et mystérieux, l'anguille européenne a depuis l'Antiquité fasciné son entourage ; grand migrateur, amphihaline, thalassotoque, catadrome, semelpare...etc.; or, depuis au moins le début des années 1980, son abondance continentale a décliné à travers toute son aire de répartition, les causes avancées sont très nombreuses vu la complexité de son cycle biologique.

Nous avons donc choisie d'entreprendre une étude sur la croissance de l'anguille européenne *Anguilla anguilla* peuplant le lac Tonga 2 saisons d'étude, de septembre 2018 jusqu'à mars 2019.

Les anguilles échantillonnées sont totalement considérées comme « jaunes » selon l'IO ; tandis que la moitié est considérée comme « argentées » selon l'ILp ;

Des indices morphologiques internes moyens de : RGS moyen=0,84%, RHS moyen=1,7% et RTDVS moyen=2,43% ont été enregistrés.

Un bon état de croissance de toutes les anguilles capturées (K=1,8).

Mots clés : *Anguilla anguilla* ; croissance ; lac Tonga ; Parc National d'El Kala.