

# TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION.....	1
1. Étude bibliographique sur <i>Anguilla mossambica</i> .....	4
1.1. Systématique et morphologie.....	4
1.2. Aires de répartition d' <i>Anguilla mossambica</i> .....	6
1.3. Cycle biologique.....	7
1.4. Particularités physiologiques et besoins de l'anguille.....	11
1.5. Importance des anguilles.....	13
2. Matériels et méthodes.....	14
2.1. Matériels.....	14
2.2. Méthodes.....	16
3. Résultats.....	24
3.1. Indice d'identification de l'espèce.....	24
3.2. Caractères morphométriques d' <i>Anguilla mossambica</i> en élevage.....	24
3.3. Interrelations entre les caractères morphométriques.....	26
3.4. Typologie.....	27
3.5. Relations taille-poids et croissance.....	31
3.6. Coefficient de condition K.....	32
3.7. Relation poids-diamètre du corps.....	33
3.8. Indices biométriques.....	35
4. Discussions.....	37
4.1. Indice d'identification de l'espèce.....	37
4.2. Morphométrie d' <i>Anguilla mossambica</i> .....	37
4.3. Typologie.....	38
4.4. Relation taille-poids et croissance.....	39
4.5. Coefficient de condition.....	40
4.6. Relation poids-diamètre du corps.....	40

4.7. Indices biométriques .....	41
CONCLUSION .....	43
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	45
WEBIOGRAPHIES .....	49

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Caractéristiques du milieu d'élevage.....	14
Tableau N°2 : Synthèse des effectifs de la population étudiée .....	18
Tableau N°3 : Indice de détermination de l'espèce de la population .....	24
Tableau N°4 : Caractéristiques morphométriques de la population.....	25
Tableau N°5 : Caractéristiques morphométriques de la sous-population du stade pré-grossissement .....	25
Tableau N°6 : Caractéristiques morphométriques de la sous-population du stade grossissement .....	26
Tableau N°7 : Matrice de corrélation entre les variables (n=1000) .....	27
Tableau N°8 : Valeurs propres et contributions des axes retenus .....	28
Tableau N°9 : Variation intra-population des paramètres morphométriques .....	29
Tableau N°10 : Relation longueur totale et poids pour la population et suivant les phases d'élevage .....	31
Tableau N°11 : Relation taille-poids de la population d'anguilles suivant les neuf groupes établis lors de la typologie.....	32
Tableau N°12 : Valeur des coefficients de condition "k" selon les groupes établis lors de la typologie ( $p < 0,1\%$ ).....	33
Tableau N°13 : Base de référence pour le réglage de la machine de triage pour <i>Anguilla mossambica</i> .....	34
Tableau N°14 : Indice biométrique de la population .....	35
Tableau N°15 : Description des anguilles selon le stade et le sexe de l'étang de l'Or .....	38
Tableau N°16 : Relation taille-poids des anguilles européennes .....	39
Tableau N°17 : Base de poids selon l'écartement des tiges du tamis.....	41
Tableau N°18 : Indices biométriques pour <i>Anguilla bicolor bicolor</i> .....	42

## LISTE DES FIGURES

Figure N° 1 : <i>Anguilla mossambica</i> .....	4
Figure N° 2 : Aires de répartition d' <i>Anguilla mossambica</i> .....	6
Figure N°3 : Transfert hypothétique des larves leptocéphales.....	8
Figure N°4 : Cycle biologique de l'anguille .....	11
Figure N°5 : Balance .....	15
Figure N°6 : Ichtyomètre en gouttière.....	15
Figure N°7 : Ruban métrique .....	16
Figure N°8 : Mensurations sur les anguilles .....	17
Figure N°9 : Les neuf groupes et les variables morphométriques sur le plan (F1, F2).....	28
Figure N°10 : Répartition de la population suivant les groupes .....	29

## LISTE DES ANNEXES

Annexe N°1 : Les variables suivant les axes F1 et F2 .....	I
Annexe N°2 : Analyse de la variance des groupes suivant les paramètres morphométriques ....	I
Annexe N°3 : Analyse de la variance des groupes suivant la valeur de « K » .....	V

## LISTE DES ABREVIATIONS

**%** : pourcent

**°C** : degré Celsius

**ACP** : Analyse en Composantes Principales

**ANOVA** : Analyse de Variance

**Cir** : circonférence au niveau de l'anüs

**cm** : centimètre

**g** : gramme

**I** : indice d'identification de l'espèce

**K** : coefficient de condition

**kg** : kilogramme

**L** : litre

**LA** : longueur pré-anale sans la tête

**LD** : longueur pré-dorsale sans la tête

**LPréAn** : longueur pré-anale

**LPréDo** : longueur pré-dorsale

**Lt** : longueur totale

**Ltête** : Longueur de la tête

**m** : mètre

**MAEP** : Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche

**W** : poids

## GLOSSAIRE

**Allométrie** : changement dans les proportions du corps d'un animal au cours de sa croissance, par suite de développement plus rapide, ou plus lent, de l'un de ses membres.

**Anadrome** : (de ana : de bas en haut et dromos : course). Qualifie la migration de l'aval à l'amont d'un cours d'eau, et par extension la migration de la mer à l'eau douce. Se dit également d'une espèce dont la phase de croissance se déroule en mer et qui remonte en eau douce pour s'y reproduire (espèce également dite potamotoque).

**Anguilliculture** : élevage d'anguille

**Avalaison** : phénomène de descente des poissons de la rivière vers la mer (par opposition à la montaison).

**Catadrome** : (de Cata : de haut en bas et dromos : course). Qualifie la migration de l'amont à l'aval d'un cours d'eau, et par extension la migration de l'eau douce à la mer. Se dit également d'une espèce dont la phase de croissance se déroule en eau douce et qui remonte en mer pour s'y reproduire (espèce également dite thalassotoque).

**Densité** : effectif par unité de surface.

**Espèce** : ensemble de populations biologiques susceptibles de s'interféconder, et qui sur le plan de la reproduction, sont isolées des autres groupes.

**Estuaire** : embouchure d'un cours d'eau (douce) se jetant dans le milieu marin et dans lequel les organismes qui y vivent sont sujets à des variations de salinité.

**Euryhalin** : qualifie un organisme supportant sans dommages, d'importantes et rapides variations de la salinité du milieu.

**Morphométrie** : Consiste à observer les données morphométriques par les mensurations d'un spécimen (hauteur du corps, longueur de la tête, etc.).

**Population** : ensemble des individus vivant dans un écosystème déterminé ayant des caractères communs transmissibles par hérédité.

**Semelpare** : espèce dont les géniteurs meurent après la reproduction

# INTRODUCTION

La forte croissance démographique mondiale ces dernières années, avec un nombre de population qui se chiffre à 6,7 milliards de personnes pour l'année 2007 à 7,1 milliards en 2012 (FAO, 2014), accentue fortement la demande alimentaire mondiale et particulièrement la demande en protéines. Or, la viande est une source essentielle de protéines utilisées pour combler les besoins de l'Homme. La viande de poisson a son mot à dire étant donné qu'en 2010, le poisson représente 16,7 pour cent de l'apport en protéines animales de la population mondiale (FAO, 2014).

Cependant, un peu plus de la moitié de tous les stocks de poissons surveillés sont à présent totalement exploités, avec des captures proches des limites de leur rendement durable maximal. Ce qui écarte la possibilité d'intensification de la pêche pour suivre l'évolution démographique. La régression des produits de la pêche par épuisement des stocks oriente ainsi actuellement les choix vers l'aquaculture. Ce qui explique le dédoublement de la production de poisson de consommation issu de l'aquaculture, passant de 32,4 millions de tonnes en 2000 à 66,6 millions de tonnes en 2012. En 2012, l'aquaculture fournit alors près de la moitié du poisson destiné à la consommation humaine. Cette part, selon les estimations, va passer à 62 pour cent d'ici 2030. Cette montée fulgurante de l'aquaculture a permis en outre d'augmenter régulièrement la production mondiale de poisson au cours des cinq dernières décennies. L'offre de poisson destiné à la consommation a progressé avec un taux de croissance annuel moyen de 3,2 pour cent. L'accroissement de l'offre de poisson destiné à la consommation humaine prend donc le pas sur la croissance démographique (avec un taux de croissance de 1,6 pour cent). À l'échelle mondiale, la consommation apparente de poisson par personne passe d'une quantité moyenne de 9,9 kg dans les années 1960 à 19,2 kg en 2012. (FAO, 2014)

De plus, le poisson est assez intéressant du point de vue nutritionnel, vu qu'une portion de 150 g de poisson peut fournir de 50 à 60 pour cent environ des besoins protéiniques journaliers d'un adulte, atout qui appuie sa consommation. Actuellement, le poisson contribue à rehausser à hauteur de près de 20 pour cent l'apport en protéines animales de plus de 2,9 milliards de personnes et à hauteur de 15 pour cent l'apport en protéines animales de 4,3 milliards de personnes. (FAO, 2014)

En plus d'être utile pour l'alimentation, l'aquaculture sert également de source de revenus pour de nombreuses personnes. En 2012, quelques 18,9 millions de personnes vivent de cette activité (FAO, 2014).

Diverses espèces peuvent se prêter à cette pratique mais l'anguille a un atout par rapport aux autres à cause de sa haute valeur économique (ROCHE *et al.*, 2003) et sa demande croissante ces dernières années sur le marché international. Cette demande emmène surtout des pays du nord du fait que leurs stocks d'anguilles, qui sont les stocks principalement exploités, accusent actuellement un dramatique déclin (BOSC *et al.*, 2004). Pour la population d'anguilles européennes (*Anguilla anguilla*), depuis une vingtaine d'années elle est en régression constante sur toute sa zone de répartition. Ce qui lui vaut d'être classée depuis peu dans la liste rouge des espèces menacées de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (VECCHIO et ROUSSEL, 2010 ; LAGARRIGUE et FREY, 2011). En effet, son niveau d'abondance observé depuis 1990 a chuté de 80 % en trois générations (BODIN *et al.*, 2011). Actuellement, de nombreux cours d'eau en Europe sont dépourvus d'anguilles, alors qu'autrefois ils en hébergeaient un grand nombre (FOURNET, 1986 ; CASTELNAUD *et al.*, 1994 in BLANC *et al.*, 2012). Selon le CIEM (2006), le stock européen d'anguilles est actuellement en dessous de ses limites biologiques. Cette opportunité au niveau du marché des pays de l'hémisphère nord lance Madagascar, depuis peu, dans la création d'une activité de pêche focalisée sur les civelles et dans la création d'une unité d'élevage d'anguilles.

Madagascar, depuis 2007, par le biais de la société « Ripplefish », entre alors dans l'aquaculture intensive d'anguille afin d'approvisionner le marché international. De plus, cette espèce est encore largement peu exploitée pour le cas de Madagascar. C'est une filière à grande potentialité qui peut encore nettement être améliorée pour atteindre les optimums de production comme ceux des pays expérimentés. En effet, Madagascar peut être encore considérée comme apprenti dans le domaine car les premiers élevages d'anguilles ont apparus dans les années 50 au Japon et les années 70 en Europe (GEFFROY, 2012). On ne peut cependant pas appliquer les pratiques déjà existantes du fait que les paramètres d'élevage sont différents de même que l'espèce élevée. Le problème est que les anguilles de Madagascar sont très peu connues ce qui rend leur élevage particulièrement difficile (BOSC *et al.*, 2004).

La problématique générale de cette étude est : « quelles sont les particularités des anguilles de Madagascar (*Anguilla mossambica*) dans le but de mieux les connaître et ainsi de bien les exploiter ? ». L'hypothèse avancée est qu'il est possible de caractériser les anguilles

de Madagascar suivant leurs traits morphométriques. Cette étude se propose ainsi de recueillir des données sur les paramètres morphologiques des anguilles d'élevage (*Anguilla mossambica*) de la ferme d'Anguilliculture de Madagascar « *Mossambica angulas* » afin de les situer par rapport aux autres espèces d'anguilles du monde et de mettre en avant leurs particularités. Pour ce faire, cette étude va comprendre quatre parties :

- une partie sur l'étude bibliographique d'*Anguilla mossambica* afin de rassembler les connaissances sur cette espèce ;
- une partie concernant les matériels et méthodes utilisés dans cette étude ;
- une partie accès sur résultats pour étaler les fruits de la présente recherche et ;
- une partie sur les discussions pour comparer les résultats avec les littératures existantes.

## 1. Étude bibliographique sur *Anguilla mossambica*

L'anguille est assez répandue dans le monde. Ce genre compte dans les 19 espèces (TESCH, 1977). Pour le cas de Madagascar, KIENER (1963) a estimé que l'anguille est la famille de poissons la plus répandue. En effet, au moins l'une des quatre espèces d'anguilles existantes dans l'Ile à savoir *Anguilla mossambica*, *Anguilla marmorata*, *Anguilla bicolor bicolor* et *Anguilla nebulosa labiata* se rencontre dans presque tous les plans d'eau même les plus isolés. Deux d'entre elles sont endémiques du Sud-Ouest de l'Océan indien (l'anguille du Mozambique *Anguilla mossambica* et l'anguille tachetée *A. nebulosa labiata*). L'anguille bicolor (*A. bicolor bicolor*) peut être également rencontrée en Inde et Indonésie et l'anguille marbrée (*A. marmorata*) elle, s'étend sur toute la région Indo-Pacifique, de l'Afrique de l'Est jusqu'en Polynésie et de l'Australie au Japon (BOSC *et al.*, 2004). Parmi ces quatre espèces la plus abondante et la plus pêchée est sans doute l'*Anguilla mossambica* qui est représentée dans la figure n°1 (KIENER, 1963).



**Figure N° 1 : *Anguilla mossambica***

Source : Cliché de l'auteur, 2014

### 1.1. Systématique et morphologie

Selon GAULT (1986) (in ANDRIANIRINARIMANANA, 1988) et VERGNIAULT (1989) l'anguille de Mozambique appartient au :

- règne **Animalia** ;
- l'embranchement des **Chordata** ;
- le sous-embranchement des **Vertebrata** ;
- la superclasse des **Ostéichthyens** ;
- la classe des **Actinoptérygiens** ;
- la sous-classe **Neopterygiens** ;
- l'infraclasse des **Téléostéens** ;
- le superordre des **Elopomorpha** ;
- l'ordre des **Apodes** (ou **Physotomes**) ;
- le sous-ordre des **Anguilliformes** ;
- l'infra-ordre des **Anguilloidei** ;
- la famille des **Anguillidae** ;
- le genre **Anguilla** ;
- Nom scientifique : *Anguilla mossambica* (PETERS, 1852) ;
- Nom vernaculaire : Amalomainty (Anguille noire), Amalomaitso (Anguille verte), Amalona Kahotra, Amalonakobo, Amalondriaka, Rentimainty, Rentipotika. (KIENER, 1963)

En tant qu'**Ostéichthyens**, ce sont des vertébrés poïkilothermes et gonochoriques. Ils ont un endosquelette osseux et un épiderme en écailles. Leurs os endochondral et lépidotriches sont sur leurs nageoires. Leurs dents sont fermement implantées sur les os gingivaux. Ils possèdent une vessie gazeuse (ou vessie natatoire) qui modifie la densité de leurs corps facilitant la navigation. Des nageoires paires sont observées avec un axe squelettique très court et des rayons au contraire très développés (VERGNIAULT, 1989).

Les **Actinoptérygiens** sont les poissons à nageoires rayonnées. Les nageoires sont en effet membraneuses et soutenues par des rayons osseux articulés et parallèles, pouvant se plier car ils sont contrôlés par des muscles. La vessie natatoire est développée. Ils ont également des revêtements légers et flexibles d'écailles constitués de fines plaques osseuses.

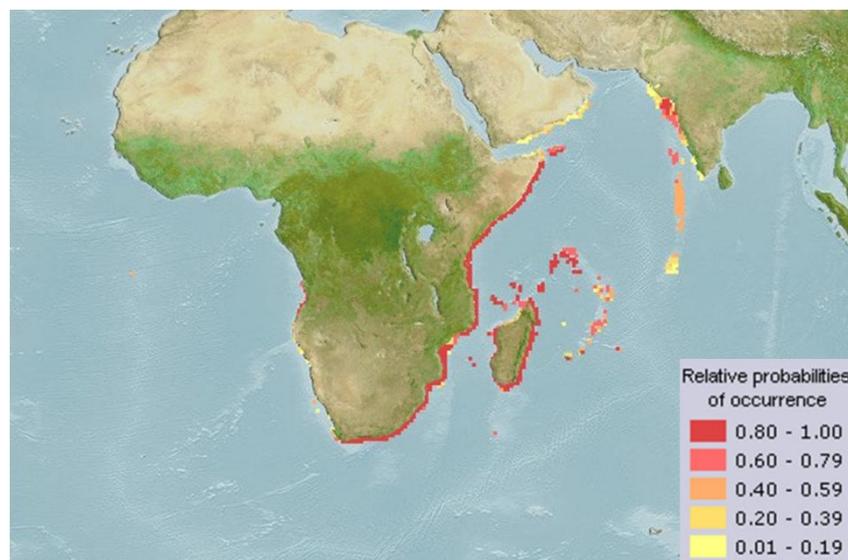
Les **Téléostéens** (*Teleostei*) forment l'une des trois infra-classes de la classe **Actinopterygii**. Ces poissons ont un squelette complètement ossifié, des écailles amincies, lamelleuses, dans un état rudimentaire (VERGNIAULT, 1989). Les anguilles sont dépourvues de nageoires pelviennes ce qui leur vaut d'être classées parmi les **Apodes**.

Comme toutes les **Anguilliformes**, l'anguille est serpentiforme. L'*Anguilla* est le seul genre de la famille des **Anguillidae**. Leurs nageoires caudale, anale et dorsale sont fusionnées (DESROCHES, 2010). Elle est dite Thalassotoque, dans la mesure où elle effectue la majeure partie de sa vie en eaux douces et se reproduit en mer (GEFFROY, 2012). Ce sont des animaux à grande mobilité grâce à leur capacité à se déplacer sur la terre ferme, dans l'herbe humide, les chutes d'eau des rivières... (KIENER, 1963)

L'*Anguilla mossambica* est l'une des 19 espèces d'anguilles recensées jusqu'à ce jour (RÉVEILLAC, 2008). C'est une anguille de couleur unie sans marbrure. Sa teinte varie du vert olive au noir grisâtre. Les plus grands sujets ont 1,20 m de long et jusqu'à 8 cm de diamètre (KIENER, 1963). C'est une espèce classée dans la catégorie III selon EGE en 1939 (in ANDRIANIRINARIMANANA, 1988) c'est-à-dire la catégorie des anguilles à couleur unie et à longue nageoire dorsale.

### **1.2. Aires de répartition d'*Anguilla mossambica***

*Anguilla mossambica* comme son nom l'indique est une espèce qui se rencontre essentiellement aux alentours du Mozambique. Cependant des recherches ont établi une aire de dispersion beaucoup plus large comme en témoigne la figure n°2.



**Figure N° 2 : Aires de répartition d'*Anguilla mossambica***

Source : [www.aquamaps.org/receive.php](http://www.aquamaps.org/receive.php), 2010

### **1.3. Cycle biologique**

#### **1.3.1. Reproduction**

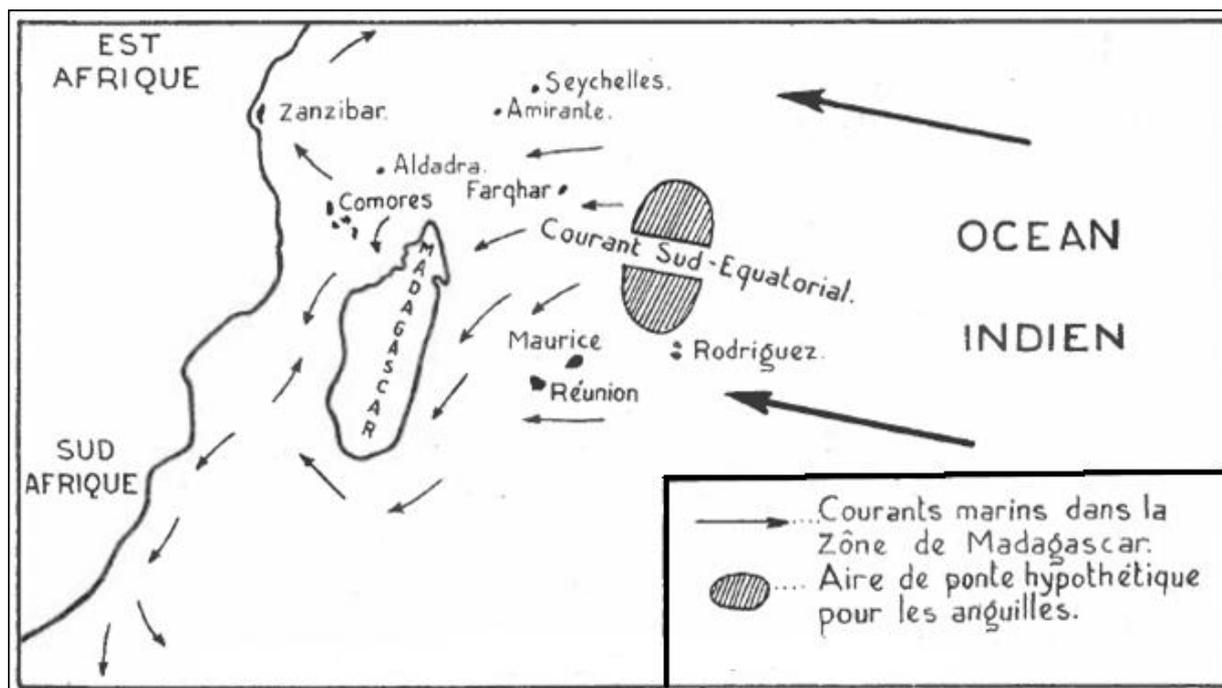
L'anguille est un poisson catadrome, ce qui signifie qu'une fois la maturité sexuelle atteinte, il migre vers la mer pour s'y reproduire (THURRE et KURTH, 2005 ; JESSOP, 2006). Les adultes, au terme de leur voyage, pondent des œufs bathylogiques à une profondeur de 400 à 500 m. Chaque femelle peut donner un million d'œufs incolores et flottants, d'un diamètre de 1 mm. Ils contiennent des gouttelettes de graisse qui leur permettent de flotter entre deux eaux (vers 300 m) en restant dans les meilleures conditions de température d'incubation (VERGNIAULT, 1989). On considère que l'anguille est vraisemblablement semelpare (ACOU, 2006).

#### **1.3.2. Aire de ponte**

Les anguilles de Madagascar ont la même aire de ponte. De ce fait, *Anguilla mossambica*, comme les trois autres anguilles de Madagascar, se reproduit selon KIENER (1963) et TESCH (1977) dans une région profonde de l'Océan indien, à quelques 1 500 kilomètres au Nord-Est de l'île. Cette aire de ponte hypothétique se situe à proximité de Seychelles où les conditions sont idéales pour la ponte (ZAFIHITA, 2002). Cela sachant que la température optimale pour la ponte se situe entre 16 et 17°C et la salinité entre 36 et 37‰ (ZAFIHITA, 2002).

#### **1.3.3. Eclosion - Migration**

Les premiers stades juvéniles des anguilles sont des pré-leptocéphales. Ces pré-leptocéphales subissent une première métamorphose en milieu océanique pour devenir des larves leptocéphales. Les leptocéphales sont des larves en forme de feuilles de saules et lancéolées qui mesurent environ 5mm (VERGNIAULT, 1989). C'est une morphologie adaptée à la vie pélagique et à la dérive océanique (EDELIN, 2005). Ils sont transportés par le grand courant Sud-Equatorial qui se divise en deux en approchant de Madagascar (KIENER, 1963). En effet, une nage active n'est pas envisagée étant donné que ces larves n'ont que très peu de muscles (GEFFROY, 2012). La représentation graphique de ce transfert est décrite par la figure n°3.



**Figure N°3 : Transfert hypothétique des larves leptocéphales**

Source : KIENER, 1963

Pour ce qui est de la durée du trajet, les anguilles de l'Océan indien ont un cycle évolutif court en mer contrairement aux larves des Anguilles d'atlantiques avec un voyage de quelques mois seulement. (KIENER, 1963)

#### 1.3.4. Deuxième métamorphose en milieu océanique

Peu de temps avant d'arriver sur les côtes de Madagascar, les larves subissent une métamorphose pour devenir civelles. Elles cessent alors de s'alimenter, s'allègent en perdant un fort pourcentage d'eau (80% selon GEFROY en 2012), se raccourcissent d'environ un centimètre (SCHMIDT, 1909) et deviennent sub-cylindriques (VERGNIAULT, 1989). Lors de la métamorphose du leptocéphale en civelle, l'anguille acquiert des caractères adaptés à la nage à contre courant, au repos sur le fond ou à l'enfouissement dans le sédiment, des comportements nécessaires à la colonisation des habitats continentaux (EDELIN, 2005).

#### 1.3.5. Les civelles

Les civelles pénètrent dans les estuaires en pleine saison chaude et restent pendant quelques jours ou même quelques semaines en zones basses côtières pour s'y nourrir abondamment avant d'entamer une seconde migration dite anadrome vers l'intérieur des terres (KIENER, 1963, CAMPTON *et al.*, 2011). La reprise de l'activité alimentaire est

conditionnée par l'acquisition d'une nouvelle denture, l'allongement de l'intestin et le développement de l'estomac (VILTER 1945). Les civelles terminent leur métamorphose en se pigmentant. Cette pigmentation s'effectue en perdant progressivement leur transparence pour finir tout à fait opaque et en prenant une coloration et des formes rappelant l'anguille adulte. Elle est induite par la dessalure des eaux continentales. Le stade de pigmentation est aussi marqué par le début du développement des gonades, ce qui offre une possibilité de détermination du sexe par examens histologiques (ELIE et FONTENELLE, 1982). Ces civelles vont alors se sédentariser et devenir des anguillettes (GEFFROY en 2012, VERGNIAULT en 1989). C'est essentiellement à la fin des périodes cycloniques que la seconde migration a lieu. Cette pénétration des civelles en estuaire se fait par vagues successives (CHARRIER, 2009). Il est également important de mentionner que les déplacements de l'anguille sont essentiellement nocturnes (KIENER, 1963).

#### 1.3.6. Anguille jaune

La migration de montaison peut prendre 5 à 20 ans pendant lesquelles l'anguillette subit quelques transformations et devient « anguille jaune ». C'est la première transformation en milieu continental. Cette dénomination d'« anguille jaune » résulte de la coloration jaune ou jaunâtre fréquente du ventre. Ce stade est la phase de colonisation des eaux continentales. La majorité de la croissance de l'anguille s'effectue en eau douce (GEFFROY, 2012) et c'est précisément pendant ce stade qu'elle est la plus importante (CHARRIER, 2009). Cette phase est soumise à des modifications comportementales qui marquent la fin de la migration passive du stade civelle pour un transport actif et autonome. (CHARRIER, 2009)

#### 1.3.7. Anguille argentée

Peu avant l'avalaison, l'Anguille subit sa deuxième métamorphose en milieu continental pour devenir apte à survivre en milieu marin : elle devient « argentée ». Ce stade marque le début de la migration de l'anguille des eaux continentales vers les eaux marines (CHARRIER, 2009). A ce stade, les anguilles cessent de s'alimenter et le tube digestif régresse et son anus se ferme, le diamètre oculaire augmente, l'appareil génital se développe, le derme se resserre, la peau devient épaisse, la sécrétion de mucus devient plus abondante et plus visqueuse, la pigmentation noire sur le dos et sur les flancs augmente et les nageoires pectorales se rallongent, la coloration du ventre passe du vert à l'argenté (CRIVELLI et HERMELOUP, 2013). Cela est dû à un dépôt de pigments argentés. Les organes de nutrition se résorbent par autodigestion et la maturation sexuelle s'accroît sous l'effet de la pression (VERGNIAULT,

1989). Les organes de sens sont également modifiés : les narines se dilatent, la ligne latérale devient bien visible, les yeux se dilatent jusqu'à quadrupler de volume. La coloration de la rétine change et prend une teinte dorée sous l'influence de l'apparition d'un pigment particulier : la chrysopsine. (ZAFIHITA, 2002)

Les processus physiologiques les plus intéressants sont l'augmentation de la masse des ovaires et du rapport gonadosomatique (RGS : poids des gonades rapporté au poids total) qui passe d'environ 0,3 chez l'anguille jaune à 1,5 chez l'anguille en début d'argenture (GEFFROY, 2012). Au lieu de ramper sur le fond (vie benthique) elles commencent à nager en pleine eau (vie pélagique) (VERGNIAULT, 1989). La phase de croissance s'achève par cette deuxième métamorphose en milieu continental transformant les anguilles jaunes en anguilles argentées, prêtes à regagner les profondeurs océaniques (ROCHE *et al.*, 2003). L'Anguille argentée qui va entreprendre sa migration de ponte vers la mer se reconnaît par : (KIENER, 1963)

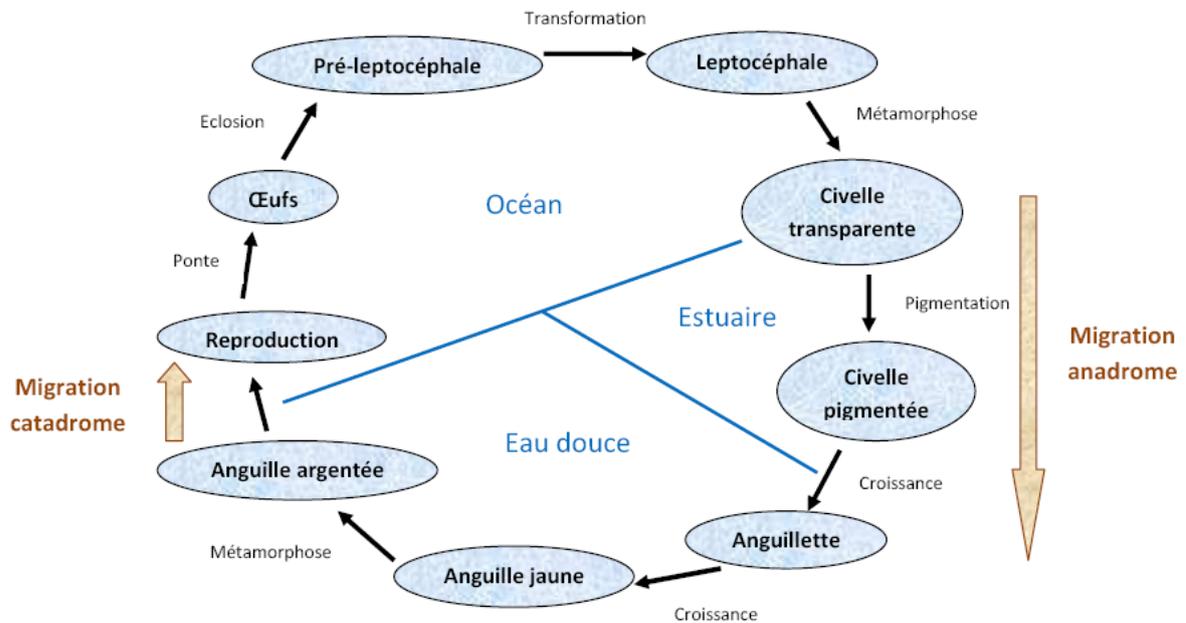
- des yeux élargis,
- un museau marqué de points noirs et,
- un ventre clair, souvent argenté.

#### 1.3.8. Anguille de dévalaison

L'anguille d'avalaison n'est pas encore mature sur le plan sexuel, ses organes sexuels ne se développent que pendant sa migration en mer vers leurs frayères (BLANC *et al.*, 2012). Des études ont montré que la maturation sexuelle est stimulée par l'immersion à 450 m de profondeur et à l'obscurité (DUFOUR *et al.*, 1985). La variation de la température, de la salinité sont sans effet sur la maturité ; par contre la pression hydrostatique au cours de la migration transocéanique la déclenche en stimulant la sécrétion des hormones nécessaires (ELIE, 1990 in ZAFIHITA, 2002). La migration effectuée par ces anguilles est verticale nyctémérale où les individus passent de -200 m la nuit à -1000 m le jour (GEFFROY, 2012).

La longévité d'*Anguilla mossambica* est à peu près la même que celle de ses cousines d'Afrique du Sud. Elle est de dix à dix-neuf ans pour les femelles et six à dix ans pour les mâles (KIENER, 1963).

Le cycle biologique de l'anguille peut être donc résumé par la figure n°4 établie par FIDINA en 2012. Il est pour la majorité des étapes le même que ceux des autres espèces d'anguilles, seul le lieu et la durée changent. Par exemple, pour *Anguilla mossambica* de Madagascar, l'aire de ponte est comme il a été précisé précédemment à 1500 km au Nord-est de l'île. Comme les anguilles sont semelpare la durée du cycle pour *Anguilla mossambica* est sans doute de dix à dix-neuf ans pour les femelles et six à dix ans pour les mâles.



**Figure N°4 : Cycle biologique de l'anguille**

Source : FIDINA, 2012

## 1.4. Particularités physiologiques et besoins de l'anguille

### 1.4.1. Euryhalinité

Les espèces « euryhalines » se définissent comme celles qui sont indifférentes à un changement brusque de salinité et donc par conséquent équipées pour passer sans problème de l'eau salée à l'eau douce. L'anguille, très gluante, est en effet recouverte d'une couche de mucus qui lui confère une certaine plasticité vis-à-vis du milieu de vie. Ce mucus visqueux permet, en ralentissant les phénomènes osmotiques, de limiter les variations de la pression osmotique de leur sérum par rapport à la salinité du milieu (KIENER, 1963). L'anguille est donc une espèce ubiquiste qui s'adapte facilement à toutes les situations et donc peut vivre dans des habitats extrêmement divers.

#### 1.4.2. Température

La température est un paramètre important qui régit la vie des anguilles. Des études ont permis de caractériser la réaction des anguilles vis-à-vis de la variation de ce paramètre. Des auteurs démontrent qu'à 10°C l'anguille hiberne, et qu'à 25°C son alimentation est maximale (17°C pour les civelles). (VERGNIAULT, 1989)

#### 1.4.3. Besoins en oxygène

L'anguille est peu exigeante mais cependant subit des troubles en dessous de 1,43 mg/l (de 16 à 27°C). Elle survit quelques heures par "pipage" à la surface, et plus de 24 h hors de l'eau en atmosphère humide grâce aux sécrétions de muqueuses. (VERGNIAULT, 1989)

#### 1.4.4. Ph

Le pH est un paramètre chimique important pour l'anguille. Les valeurs optimales pour son développement sont de 7-8. Ce paramètre devient létal au-dessous de 4 et au-dessus de 11 (VERGNIAULT, 1989).

#### 1.4.5. Nitrates

Ce paramètre interfère avec la valorisation de l'oxygène. En effet, à une consommation de 1mg/l à 25°C l'hémoglobine est oxydé en méthémoglobine ce qui bloque le transport de l'oxygène et entraîne la mort par asphyxie (VERGNIAULT, 1989).

#### 1.4.6. Besoins alimentaire

L'anguille est une espèce carnivore vorace (JESSOP, 2006) mais qui se satisfait d'une large gamme de nourriture. Des études sur le contenu stomacal ont permis de dresser la liste suivante pour les anguilles de Madagascar : (KIENER, 1963 ; LAUZANNE, date non indiquée)

- les très jeunes Anguilles vivent essentiellement de petites proies telles que les larves de moustiques, les larves aquatiques diverses et les insectes ;
- quand elles dépassent 20 centimètres, elles consomment, en plus des aliments précédents, des petits crustacés, quelques alevins de poissons, des petits têtards de grenouilles et des petits escargots ;
- au-dessus de 50 centimètres, elles mangent essentiellement des crustacés et des vertébrés de petite taille, dont de nombreux poissons.

Mais cette habitude alimentaire est adaptable à chaque milieu de vie ou plus exactement à la disponibilité des aliments.

Les besoins en aquaculture sont estimés à 45 % de protéines, 20 % de lipides, des glucides sous forme d'amidon cuit plus digestible et environ 2 % de minéraux et des vitamines. Leur aliment se présente sous forme pâteuse pour les civelles et sous forme granulée pour les anguilles afin de s'adapter au mode de prise de nourriture. (VERGNIAULT, 1989)

### **1.5. Importance des anguilles**

L'anguille est un poisson riche en acides aminés et notamment en tryptophane, 0,2% de la portion comestible contre seulement 0,069% chez les **Salmonidés** (truite, saumon), 0,074% chez les poissons pélagiques (thons, maquereaux, espadons) et 0,072% chez les crustacés. C'est un poisson gras qui contient une proportion de matières grasses de 20 à 40% du poids total dont 86,2% sont des acides gras avec 66% d'insaturés. (TESCH, 1977)

LECOMTE-FINIGER (1995) souligne que l'anguille est une espèce à grande valeur économique puisque son exploitation porte sur tous les stades de vie continentale (civelle, anguille jaune et argentée). A Madagascar, ce sont surtout les civelles et les anguilles sauvages qui sont exploitées.

Pour Madagascar, la production totale d'anguilles et de civelles n'apparaît pas dans les statistiques officielles au niveau de l'administration centrale. Les rapports des services provinciaux en charge des pêches donnent quelques éléments chiffrés. Ainsi, pour les quelques zones suivies par les services de terrain, la province de Toamasina a produit 25,9 tonnes en 2001, celle de Fianarantsoa 6,8 tonnes, celle de Mahajanga 36,41 tonnes, celle de Toliara 1,790 tonnes. Pour les exportations, les statistiques du MAEP indiquent, pour 2001, une exportation de 2,3 tonnes d'anguilles pour une valeur de 123,1 millions de FMG et 6,8 tonnes de civelles pour 637,6 millions de FMG. Le marché extérieur reste très demandeur. La consommation mondiale d'anguilles vivantes et traitées en 2010 est d'environ 235000 tonnes par an dont 217000 tonnes provenant de l'aquaculture et 18000 tonnes d'anguilles sauvages capturées dans la nature. Les deux principaux marchés sont le Japon et l'Europe. (ANONYME, 2010)

## 2. Matériels et méthodes

### 2.1. Matériels

#### 2.1.1. Site d'étude et Matériel biologique

La zone d'étude choisie a été la ferme « Mossambica angulas ». Ce choix a résulté du fait que c'est actuellement la seule ferme d'élevage d'anguille de Madagascar. L'étude s'est effectuée sur l'espèce *Anguilla mossambica* car elle est l'espèce majoritairement, si ce n'est la seule, élevée dans la ferme. Les individus qui ont constitué la base de données proviennent donc de l'élevage intensif de l'anguille dont les caractéristiques sont définies dans le tableau n°1.

**Tableau N°1 : Caractéristiques du milieu d'élevage**

Désignation	Civellerie (jusqu'à 2 g)	Pré-grossissement (2 g à 15 g)	Grossissement (16 g à 200-250 g)
Caractéristique des bassins	-En polyéthylène -Diamètre : 2,3 et 3,2 m -Hauteur : 1 m (hauteur de l'eau 90 cm) -Capacité de charge : 50 et 100 kg	-En polyéthylène -Diamètre : 4,5 m -Hauteur : 1,2 m (hauteur de l'eau 90 cm) -Capacité de charge : 600 kg	-En polyéthylène -Diamètre : 6 m -Hauteur : 1,2 m (hauteur de l'eau 90 cm) -Capacité de charge : 1000 kg
Densité d'élevage	15 kg/m <sup>3</sup>	25 à 40 kg/m <sup>3</sup>	30 à 35 kg/m <sup>3</sup>
Caractéristiques des provendes	-FRY Feed Below 1 mm	-FRY Feed Below 1 mm (jusqu'à 5 g) et SMALL Crumbles 1 to 1.4 mm (à partir 5g)	-SMALL Crumbles 1 to 1.4 mm (jusqu'à 30 g) et EEL FEED 2 mm (à partir de 30 g)
Taux de nourrissage	15% de 0,17 à 0,8 g 10% de 0,8 à 2 g	6% de 2 à 5 g 4% de 5 à 15 g	3% de 15 à 50 g 1,5% de 50 à 120 g 1% à partir de 120 g
Durée d'élevage	6 mois	5 mois	7 mois
Oxygène dissous	5 à 10 mg/L		
Température optimale	22 à 30°C		
Triage	Toutes les six semaines		

Source : SOCIETE RIPPLE FISH MADAGASCAR Sarl, 2011

### 2.1.2. Matériels de mesure

Les matériels requis pour ce travail ont été :

- une balance électronique Girmi d'une portée de 5 kg et de précision de  $d=1$  g pour les pesées individuelles ;



**Figure N°5 : Balance**

Source : Cliché de l'auteur, 2014

- un matériel de mensuration : les mensurations longitudinales ont été effectuées par un Ichtyomètre en gouttière qui a l'avantage de caler le poisson (BADTS et BERTRAND, 2012) ;



**Figure N°6 : Ichtyomètre en gouttière**

Source : Cliché de l'auteur, 2014

- un ruban métrique de type « couturière », qui a la propriété d'être souple, pour la mesure de la circonférence (BADTS, BERTRAND, 2012).



**Figure N°7 : Ruban métrique**

Source : Cliché de l'auteur, 2014

### 2.1.3. Autres matériels

Des matériels, comme des cuvettes et des congélateurs pour la fabrication des cubes de glace, ont été nécessaires pour faire hiberner les anguilles à mesurer. Un gant en latex a également été utilisé pour faciliter les manipulations des anguilles.

### 2.1.4. Logiciels de traitement de données

Les logiciels utilisés dans cette étude ont été XLSTAT 2008.6.03 et JMP 5.0.1. Le logiciel XLSTAT a été essentiellement utilisé pour les analyses descriptives et l'analyse en composante principale. Tandis que l'établissement des équations de régression et l'ANOVA se sont faits au moyen du logiciel JMP.

### 2.1.5. Avantages et inconvénients des Matériels

Les avantages sont la facilité de manipulation des matériels de mesure. L'utilisation des gants en latex et de l'Ichtyomètre en gouttière ont facilité la manipulation des anguilles qui sont en général gluantes et glissantes. Le principal inconvénient est d'éviter que la balance ne prenne l'eau alors que les anguilles sont très humides après leur sortie du bain anesthésiant. Ceci afin d'éviter des pannes qui pourraient engendrer des résultats erronés.

## 2.2. Méthodes

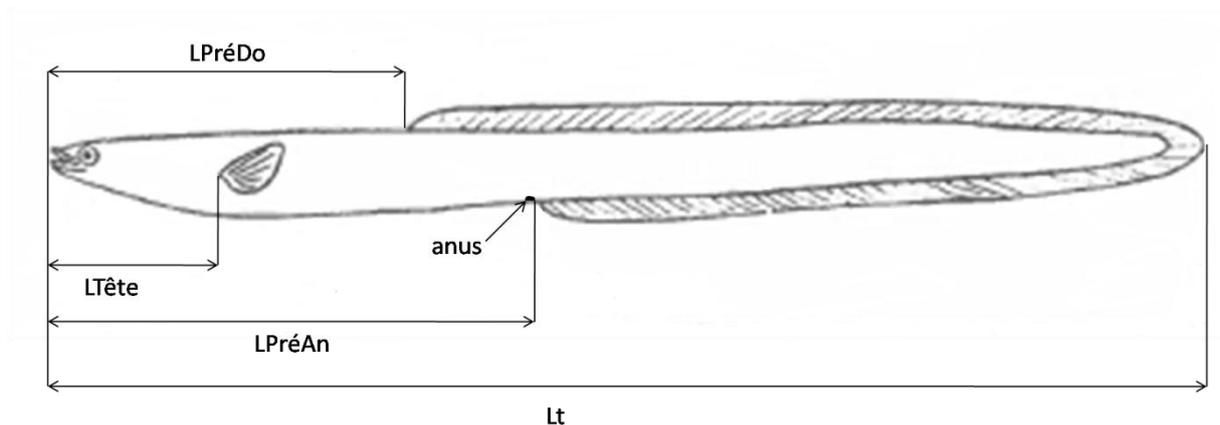
### 2.2.1. Collecte des données

Un échantillonnage au hasard dans divers bassins d'élevage a été réalisé afin d'obtenir les individus qui ont fourni la base de données. Mais avant toute manipulation (mensuration),

les anguilles ont été trempées dans un bain anesthésiant de glace pendant environ 5 à 10 mn selon leur taille pour les endormir. Cette mise en phase d'hibernation a été impérative pour avoir des données fiables avec des individus immobiles et manipulables tout au long des mensurations.

Les anguilles sont mesurées et pesées individuellement, les unités utilisées étant le centimètre (cm) pour les longueurs et circonférence et le gramme (g) pour la masse. Les paramètres prélevés ont été :

- le poids (W),
- la longueur totale (Lt) : mesurée du point le plus en avant de la tête, bouche fermée, jusqu'à l'extrémité de la nageoire « caudale ». L'animal étant posé à plat sur son flanc droit. (BADTS, BERTRAND, 2012)
- la longueur prédorsale (LPréDo) : mesurée de la pointe du museau au premier rayon de la nageoire « dorsale »,
- la longueur préanale (LPréAn) : mesurée de la pointe du museau au premier rayon de la nageoire « anale »,
- la longueur de la tête (LTête) : du point le plus en avant de la tête jusqu'au début de la nageoire pectoral,
- la circonférence du corps au niveau de l'anus (Cir).



**Figure N°8 : Mensurations sur les anguilles**

Source : AUTEUR, 2014

Le processus de collecte de données par individu s'est fait successivement par la mensuration de la Lt, LPréDo, LPréAn, LTête, Cir, et en dernier lieu par la pesée. Cette chronologie est adoptée pour éviter que l'effet de l'hibernation ne se dissipe avant la fin des

mesurations. De plus afin de ne pas ternir la viabilité des anguilles, les manipulations ont été réalisées le plus rapidement possible. Pour s’assurer de la fiabilité des données, les individus présentant des tares (nageoires abîmées, nécrose sur la peau ...) ont été systématiquement écartés.

Les limites de cette méthode sont que les paramètres relevés ont été restreints faute de temps. En effet, comme les manipulations des anguilles ne devaient pas être trop longues, le nombre de paramètres pris en compte a dû être réduit au strict minimum. De plus, les mensurations devant se faire à l’intérieur du bâtiment d’élevage, la chaleur qui y règne induit la dissipation rapide de l’état d’hibernation des anguilles.

### 2.2.2. Traitements des données

#### ❖ Constitution de la base de données

Au total 1000 individus appartenant aux deux stades d’élevage ont été mesurés pour constituer la base de données. La répartition de la population est décrite dans le tableau n°2.

**Tableau N°2 : Synthèse des effectifs de la population étudiée**

Désignations	Effectif (individus)	Pourcentage (en %)
Population total	1000	100%
Stade pré-grossissement	108	10,8%
Stade grossissement	892	89,2%

Source : AUTEUR, 2014

#### ❖ Indice d’identification de l’espèce

Les clés de détermination des anguilles se répartissent en trois catégories : (ZAFIHITA, 2002)

- critères anatomiques : couleur de la peau, position des nageoires,
- critère caryotypique : étude des chromosomes,
- critères méristiques : comptage des vertèbres, observation de l’emplacement et de la forme de la dentition.

Pour la présente étude, afin de vérifier que tous les individus appartiennent réellement à une seule espèce, la détermination par la position des nageoires a été vraisemblablement la plus abordable. Pour ce critère, les Anguilles, d’une façon générale, sont classées en deux grands groupes d’après la longueur relative de leurs nageoires anale et dorsale qui sont les anguilles à longue nageoire dorsale et les anguilles à courte nageoire dorsale. L’étude du

rapport caractéristique de la longueur ano-dorsale et de la longueur totale notée « I » va permettre la justification scientifique de l'appartenance des individus de cette présente étude à une même espèce. (KIENER, 1963)

$$I = \frac{LPréAn-LPréDo}{Lt} * 100$$

L'unité utilisée est le centimètre.

Les individus constituant la population appartiennent réellement à une seule espèce si la population est homogène vis-à-vis de ce caractère.

#### ❖ **Statistiques descriptives**

La statistique descriptive nous a donné un point de vue général sur la population d'anguilles (*Anguilla mossambica*) d'élevage. Elle a eu pour but de définir la position et la dispersion de la population par l'intermédiaire de la moyenne, de l'écart-type, du coefficient de variation, du minimum et du maximum de la population (DAGNELIE, 1986 ; VESSEREAU, 1976).

L'écart-type ainsi que le minimum et le maximum ont permis de se rendre compte de l'étalement de la population. Le coefficient de variation quant à lui illustre bien l'appréciation de l'homogénéité de la population. Selon BESIRAT (2009), la population est considérée comme homogène par rapport aux variables considérées si le coefficient de variation est inférieur à 15%.

#### ❖ **Analyse de la corrélation**

Elle consiste à déterminer le coefficient de corrélation de PEARSON « r ». Ce coefficient sert à de quantifier le degré d'interdépendance entre deux caractères. L'interprétation du lien a pu se faire de deux sens : (DUFOUR *et al.*, 2012)

- suivant le signe de « r » :
  - si la valeur est positive, le lien est dit direct c'est-à-dire que les deux variables évoluent dans le même sens,
  - si la valeur est négative, le lien est dit inverse, autrement dit quand l'un augmente l'autre diminue,
- suivant la valeur absolue de « r » qui indique la force du lien :
  - 0 à 0,1 : il n'y a pas de lien entre les deux variables ou du moins ce lien est très faible, les deux variables sont donc indépendantes ou non corrélées,
  - 0,2 à 0,3 : le lien est considéré comme faible,

- 0,4 à 0,5 : le lien est dit modéré c'est-à-dire en présence d'une corrélation moyenne,
- 0,6 à 0,7 : le lien est fort ou les deux variables ont une bonne corrélation,
- 0,8 et plus : lien très fort (multicolinéarité, le lien est tellement fort que les variables sont presque identiques et l'une peut être pratiquement remplacée par l'autre).

D'autres auteurs ont proposé une interprétation un peu plus simplifiée de la valeur du coefficient de corrélation : (CAUSSINUS, 1965 ; TOMASSONE, 1989)

- si  $||r|| < 0,5$ , les variables sont faiblement liées,
- si  $0,5 \leq ||r|| < 0,8$ , les variables sont moyennement liées,
- si  $||r|| \geq 0,8$ , les variables sont fortement liées.

### ❖ **Typologie**

Cette typologie a été réalisée au moyen de l'Analyse en Composantes Principales (ACP). L'ACP est une méthode d'analyse de données qui cherche à synthétiser l'information en établissant des liaisons entre les typologies des variables et des observations (BERTHIER et BOUROCHE, 1981 ; CAUSSINUS, 1993 ; KOUANI *et al.*, 2007 ; BACCINI, 2010).

Une analyse de variance (ANOVA) conduit à vérifier la véracité de la typologie obtenue par l'ACP c'est-à-dire afin de savoir s'il y a eu une différence significative entre les différents groupes.

### ❖ **Relation taille-poids**

La longueur et le poids d'un poisson sont fortement corrélés. La relation entre la longueur totale des poissons et leur poids est en général de type exponentiel. Elle est représentée par la relation  $w = aLt^b$

avec : W : poids en gramme,

Lt : longueur totale en cm,

a et b : constantes.

Mais pour établir cette équation, il a fallu effectuer au préalable une transformation logarithmique, d'où l'équation linéaire  $\text{Log}(W) = \text{Log}(a) + b\text{Log}(Lt)$ . Cette transformation vise à réduire la variabilité et d'homogénéiser les deux variables. (FREON, 1979 ; DOREL, 1986)

La constante « a » représente la condition ou l'embonpoint du poisson tandis que la constante « b » traduit le taux d'allométrie (YAHYAOUÏ *et al.*, 2004). La croissance s'est appréciée donc selon la valeur de « b » qui est la pente de la droite de régression. Généralement, ce coefficient varie de 2 à 4. Selon sa valeur, le type de croissance a pu être défini: (DJEMALI, 2005)

- si  $b=3$  : la croissance est isométrique ou le poids vif a évolué proportionnellement avec le cube de la longueur ;
- si  $b>3$  : la croissance est allométrique majorante c'est-à-dire que le poids vif a augmenté plus vite que le cube de la longueur ;
- si  $b<3$  : la croissance est allométrique minorante, donc la longueur a augmenté plus vite que le poids vif.

Mais pour être sûr que « b » a été significativement différent de la valeur théorique de base 3, un test de Student a été effectué pour comparer cette valeur théorique avec la valeur calculée de « t » selon la formule :

$$t = \frac{b - 3}{s_b}$$

avec :  $s_b$  : écart-type de b

« b » est jugé significativement différent de la valeur 3 au seuil de 5% si et seulement si  $t>3$

#### ❖ **Coefficient de condition**

Chez de nombreuses espèces aquatiques, il existe une relation mathématique entre le poids et la taille des animaux qui caractérise leur embonpoint. Elle s'exprime mathématiquement par le coefficient relatif de condition de Fulton noté K. Le coefficient de condition de Fulton caractérise l'embonpoint des individus et est considéré comme indicateur de l'état nutritionnel et de l'état des réserves énergétiques d'un individu. Il a permis d'apprécier les variations morphologiques en rapport avec le développement du poisson et donc en rapport avec les facteurs écologiques (ZEHAÏRA, 2010). Voisin de 1, il dénote un bon équilibre pondéral ; dans le cas contraire il peut témoigner d'un effet d'une perturbation chronique (ROCHE *et al.*, 2003). Pour l'anguille, ce coefficient se calcule suivant la formule : (BODIN *et al.*, 2011 ; DUSSUREAULT et VERREAULT, 2013)

$$k = \frac{100 * W}{(Lt)^3}$$

avec : W : poids en gramme,

Lt : longueur totale en centimètre.

### ❖ Relation poids-diamètre du corps

En milieu d'élevage, les anguilles ont une croissance différentielle. Les lots deviennent rapidement hétérogènes ce qui implique d'effectuer fréquemment des tris pour avoir des individus le plus homogènes possible par bassin. Cette homogénéité garantit une croissance individuelle optimale. Pour des questions de temps, les tris ne peuvent se faire par des pesées individuelles mais par système de tamisage. La mise en œuvre d'un tel système nécessite la détention d'une base de référence de détermination du poids par rapport au diamètre du corps. Ceci, afin de pouvoir mieux régler l'écartement entre les mailles du tamis et de connaître à l'avance les différentes fourchettes de poids à la sortie de la machine pour prévoir à l'avance les différents bassins qui doivent les recevoir. C'est pour cela que nous avons proposé d'établir une équation linéaire de la forme  $W = a + bDi$  (W : poids en gramme, Di : diamètre du corps au niveau de l'anus en centimètre, déduite à partir de la circonférence du corps au niveau de l'anus) conduisant à évaluer le poids par l'intermédiaire du diamètre. Cette équation va être transformée sous forme de tableau de référence, indiquant les poids retenus pour chaque unité d'écartement des mailles du tamis, pour une utilisation pratique.

### ❖ Indice biométrique

L'indice biométrique concerne les différentes relations entre les paramètres morphométriques. Il reflète la nature de la croissance des autres paramètres par rapport à la longueur totale. Les rapports pris en compte dans cette étude ont été LPréAn/Lt, (LPréAn-Ltête)/Lt, LPréDo/Lt, (LPréDo-Ltête)/Lt, Ltête/Lt (ZAFIHITA, 2002).

Les résultats entre les différents groupes sont comparés par une analyse de la variance. Puis, la nature de la croissance entre les paramètres est confirmée grâce aux équations de régression linéaire de la forme  $\text{Log}(X) = \text{Log}(a) + b \text{Log}(Lt)$  : X étant les paramètres à comparer à la longueur totale.

La nature de la croissance est déterminée en comparant la valeur de « b » à 1 :

- si  $b < 1$  la croissance est de type allométrique minorante,

- si  $b=1$  la croissance est isométrique,
- si  $b>1$  la croissance est de type allométrique majorante.

### **3. Résultats**

#### **3.1. Indice d'identification de l'espèce**

La certitude d'avoir effectué des prélèvements sur des individus d'une même espèce a été primordiale pour des études telles que celle-ci. Le tableau n°3 montre l'indice de détermination de l'espèce de la population. La moyenne de cette variable pour la population a été de  $15,8 \pm 1,3\%$ .

La population a été homogène vis-à-vis de cette variable avec un coefficient de variation très faible de 8,0%, qui est largement inférieur à 15%. Ce qui signifie que les individus étudiés appartiennent bien à une même espèce.

**Tableau N°3 : Indice de détermination de l'espèce de la population**

Caractéristiques	I
N	1000
Moyenne (%)	$15,8 \pm 1,3$
Minimum (%)	9,6
Maximum (%)	21,7
Coefficient de variation (%)	8,0

*I : indice de détermination de l'espèce d'anguille ; n : nombre d'observation*

#### **3.2. Caractères morphométriques d'Anguilla mossambica en élevage**

Le poids de la population va de 2 à 277 g avec une moyenne de  $105,041 \pm 60,672$  g. La longueur totale quant-à elle a une moyenne de  $34,253 \pm 7,849$  cm ; les valeurs extrêmes sont de 12,4 cm et 48,9 cm. (Tableau n°4)

La population a été hétérogène vis-à-vis de tous les paramètres vu que les coefficients de variation, qui varient de 21,8% à 57,8%, sont tous supérieurs à 15%. La plus forte variation est rencontrée au niveau du paramètre poids avec un coefficient de variation de 57,8%. Puis vient à la suite la circonférence du corps, la longueur pré-dorsale, la longueur pré-anale, la longueur totale et enfin la longueur de la tête. Cette hétérogénéité a suggéré une étude des caractéristiques de la population suivant les stades d'élevage.

**Tableau N°4 : Caractéristiques morphométriques de la population**

Variables	Lt (cm)	LPréDo (cm)	LPréAn (cm)	Ltête (cm)	Cir (cm)	W (g)
Nb. d'observations	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Moyenne	34,253	9,366	14,782	4,824	7,027	105,041
Ecart-type (n)	7,849	2,204	3,424	1,052	2,062	60,672
Minimum	12,400	3,000	4,900	1,400	1,900	2,000
Maximum	48,900	13,400	21,100	6,700	10,600	277,000
Coefficient de variation (%)	22,9%	23,5%	23,2%	21,8%	29,3%	57,8%

*Lt* : longueur totale ; *LPréDo* : longueur pré-dorsale ; *LPréAn* : longueur pré-anale ; *Ltête* : longueur de la tête ; *Cir* : circonférence du corps ; *W* : poids

- Stade pré-grossissement

La sous-population du stade pré-grossissement a une longueur totale qui oscille entre 12,40 et 22,0 cm avec une moyenne de  $16,794 \pm 2,223$  cm et une circonférence du corps variant de 1,90 à 3,90 cm avec une moyenne de  $2,809 \pm 0,408$  cm. Leur poids varie de 2 à 15 g avec une moyenne de  $7,630 \pm 2,933$  g. (Tableau n°5)

Cette sous-population a été en général hétérogène d'après la majorité des coefficients de variation. La plus forte valeur du coefficient de variation reste celui du poids qui est de 38,4%, suivi de la longueur de la tête (16,9%), de la longueur pré-dorsale (16,6%) et de la longueur pré-anale (15,6%). Pour le reste des paramètres, la population a été homogène avec des valeurs de coefficients de variation inférieure à 15%.

**Tableau N°5 : Caractéristiques morphométriques de la sous-population du stade pré-grossissement**

Variables	Lt (cm)	LPréDo (cm)	LPréAn (cm)	Ltête (cm)	Cir (cm)	W (g)
Nb. d'observations	108	108	108	108	108	108
Moyenne	16,794	4,411	7,044	2,362	2,809	7,630
Ecart-type (n)	2,223	0,732	1,102	0,398	0,408	2,933
Minimum	12,400	3,000	4,900	1,400	1,900	2,000
Maximum	22,000	6,200	9,600	3,400	3,900	15,000
Coefficient de variation	13,2%	16,6%	15,6%	16,9%	14,5%	38,4%

*Lt* : longueur totale ; *LPréDo* : longueur pré-dorsale ; *LPréAn* : longueur pré-anale ; *Ltête* : longueur de la tête ; *Cir* : circonférence du corps ; *W* : poids

- Stade grossissement

Dans ce stade, le poids a varié entre 16,000 et 277,000 g avec une moyenne de 116,835±53,270 g. La longueur totale s'est étalée de 21,400 à 48,900 cm avec une moyenne de 36,367±5,205 cm. (Tableau n°6)

Selon ces résultats, la sous-population du stade grossissement est considérée en somme comme homogène suivant les paramètres longueur totale, longueur pré-dorsale, longueur pré-anale et longueur de la tête. Au contraire, pour les paramètres poids et circonférence du corps, la population a été hétérogène. La plus grande variabilité a été celle du poids avec un coefficient de variation de 45,6%.

**Tableau N°6 : Caractéristiques morphométriques de la sous-population du stade grossissement**

Variables	Lt (cm)	LPréDo (cm)	LPréAn (cm)	LTête (cm)	Cir (cm)	W (g)
Nb. d'observations	892	892	892	892	892	892
Moyenne	36,367	9,966	15,719	5,122	7,538	116,835
Ecart-type (n)	5,205	1,432	2,206	0,631	1,527	53,270
Minimum	21,400	5,500	9,000	2,900	3,400	16,000
Maximum	48,900	13,400	21,100	6,700	10,600	277,000
Coefficient de variation (%)	14,3%	14,4%	14,0%	12,3%	20,3%	45,6%

*Lt* : longueur totale ; *LPréDo* : longueur pré-dorsale ; *LPréAn* : longueur pré-anale ; *Ltête* : longueur de la tête ; *Cir* : circonférence du corps ; *W* : poids

### **3.3. Interrelations entre les caractères morphométriques**

Les liens entre les variables ont été à la fois directs et très forts, c'est-à-dire que l'accroissement se fait dans le même sens et que la variation de l'une influence systématiquement celle de l'autre. En effet, toutes les valeurs de corrélation ont été positives et supérieures à 0,80 avec un minimum de 0,839 pour la relation entre le poids et la longueur de la tête et un maximum de 0,993 pour la relation entre la longueur totale et la longueur pré-dorsale. (Tableau n°7)

Concernant le poids, qui est la variable la plus importante en morphométrie, sa corrélation la plus forte a été avec la circonférence ( $r=0,964$ ) suivie de celle avec la longueur

totale ( $r=0,924$ ). Alors ces variables sont les plus intéressantes à utiliser pour la prédiction du poids, de plus, elles sont les plus faciles à mesurer sur le terrain.

Pour la longueur totale, les variables les plus corrélées ont été la longueur pré-dorsale ( $r=0,982$ ) et la longueur pré-anale ( $r=0,993$ ). Ainsi, plus la taille augmente plus la valeur de ces deux paramètres augmente. Les paramètres longueur pré-dorsale et longueur pré-anale ont été également fortement corrélés avec  $r=0,986$ . Ces deux paramètres évoluent donc en même temps. Ces liens justifient l'utilisation de ces paramètres pour la détermination de l'espèce pour l'anguille.

**Tableau N°7 : Matrice de corrélation entre les variables (n=1000)**

Variables	Lt	LPréDo	LPréAn	Ltête	Cir	W
Lt	1					
LPréDo	0,982	1				
LPréAn	0,993	0,986	1			
Ltête	0,961	0,962	0,968	1		
Cir	0,967	0,945	0,957	0,912	1	
W	0,924	0,890	0,907	0,839	0,964	1

*Lt* : longueur totale ; *LPréDo* : longueur pré-dorsale ; *LPréAn* : longueur pré-anale ; *Ltête* : longueur de la tête ; *Cir* : circonférence du corps ; *W* : poids

### **3.4. Typologie**

Les résultats de l'analyse descriptive des individus selon les stades d'élevage montrent que ce groupage a donné encore des populations hétérogènes ; ce qui a contraint à réaliser un nouveau groupage de la population étudiée.

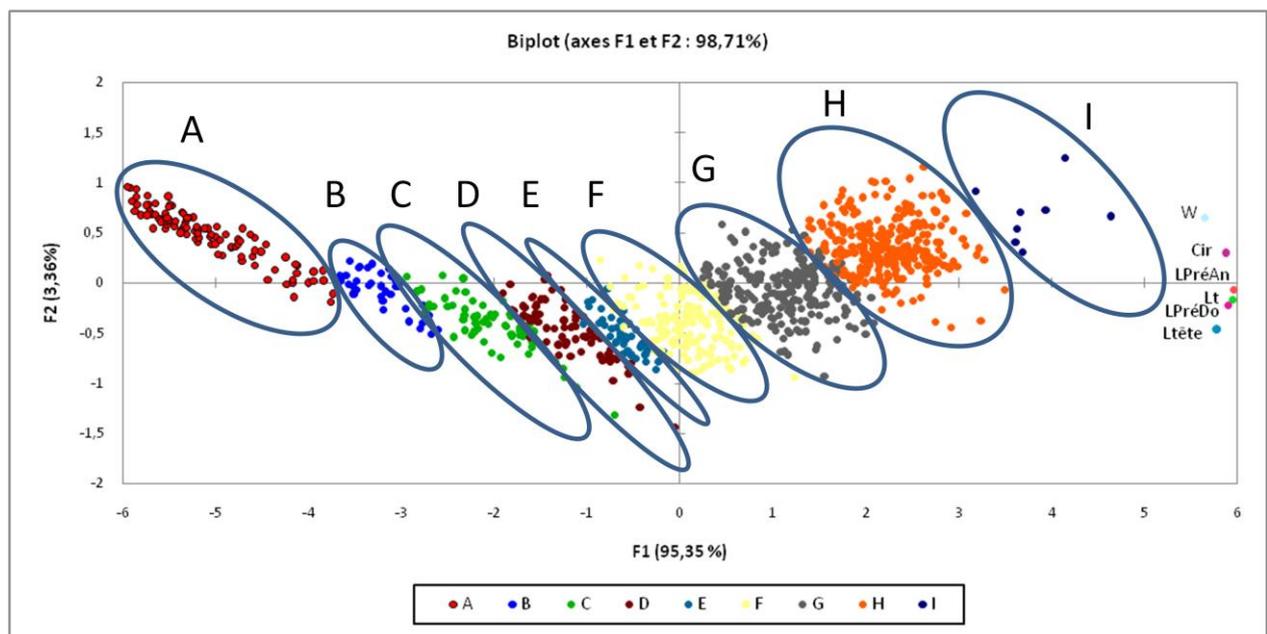
Les axes F1 et F2 ont été retenus et fournissent à eux deux 98,709% des informations dont la plus grande partie (95,348%) est apportée par F1. Ce qui a été largement supérieur au 70% exigé pour avoir des données fiables pour cette étude. (Tableau n°8)

**Tableau N°8 : Valeurs propres et contributions des axes retenus**

	F1	F2
Valeur propre	5,721	0,202
Variabilité (%)	95,348	3,360
% cumulé	95,348	98,709

Toutes les variables de cette étude sont fortement corrélées avec l'axe F1. La valeur du coefficient de corrélation « r » va de 0,942 à 0,995. Les variables expliquant la croissance comme le poids, la longueur et la circonférence du corps sont fortement corrélées avec cet axe, il peut donc être dénommé axe de croissance. (Figure n°9)

La population étudiée est répartie tout au long des deux axes. Neuf groupes ont été mis en évidence et sont désignés par les lettres A, B, C, D, E, F, G, H et I sur la figure n°9.



**Figure N°9 : Les neuf groupes et les variables morphométriques sur le plan (F1, F2)**

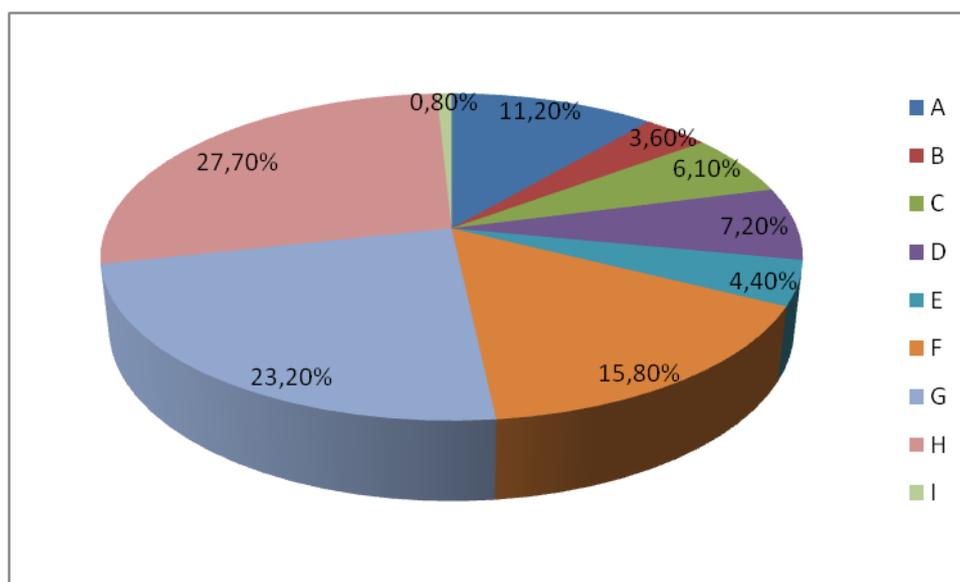
L'ANOVA a permis de confirmer que ces groupes sont bien distincts vis-à-vis de tous les paramètres étudiés au seuil de 5% (tableau n°9). Les groupes sont rangés selon la conformation du corps dans l'ordre croissant de la lettre A à I, avec A étant le groupe des individus de petite conformation et par opposition le groupe I est constitué des individus à très grande conformation. La répartition de la population suivant les neuf groupes est représentée sur la figure n°10.

**Tableau N°9 : Variation intra-population des paramètres morphométriques**

Groupes	n	Lt	LPréDo	LPréAn	Ltête	Cir	W
A	112	16,993±2,420 <sup>a</sup>	4,463±0,769 <sup>a</sup>	7,129±1,170 <sup>a</sup>	2,391±0,421 <sup>a</sup>	2,840±0,434 <sup>a</sup>	7,938±3,296 <sup>a</sup>
B	36	24,067±1,076 <sup>b</sup>	6,469±0,446 <sup>b</sup>	10,336±0,586 <sup>b</sup>	3,511±0,265 <sup>b</sup>	4,300±0,267 <sup>b</sup>	23,583±2,532 <sup>b</sup>
C	61	27,741±1,723 <sup>c</sup>	7,669±0,620 <sup>c</sup>	12,107±0,916 <sup>c</sup>	4,167±0,346 <sup>c</sup>	5,013±0,338 <sup>c</sup>	37,328±4,984 <sup>c</sup>
D	72	30,618±1,556 <sup>d</sup>	8,458±0,564 <sup>d</sup>	13,390±0,779 <sup>d</sup>	4,564±0,358 <sup>d</sup>	5,776±0,279 <sup>d</sup>	53,514±4,384 <sup>d</sup>
E	44	32,798±1,105 <sup>e</sup>	9,091±0,425 <sup>e</sup>	14,334±0,606 <sup>e</sup>	4,855±0,225 <sup>e</sup>	6,225±0,321 <sup>e</sup>	66,864±2,702 <sup>e</sup>
F	158	34,746±1,442 <sup>f</sup>	9,699±0,582 <sup>f</sup>	15,154±0,666 <sup>f</sup>	5,050±0,291 <sup>f</sup>	6,958±0,395 <sup>f</sup>	87,310±9,399 <sup>f</sup>
G	232	38,193±1,536 <sup>g</sup>	10,466±0,551 <sup>g</sup>	16,458±0,723 <sup>g</sup>	5,315±0,308 <sup>g</sup>	8,005±0,389 <sup>g</sup>	127,815±13,748 <sup>g</sup>
H	277	41,242±1,437 <sup>h</sup>	11,176±0,552 <sup>h</sup>	17,712±0,679 <sup>h</sup>	5,608±0,304 <sup>h</sup>	9,104±0,382 <sup>h</sup>	176,448±14,801 <sup>h</sup>
I	8	46,075±1,796 <sup>i</sup>	12,575±0,482 <sup>i</sup>	19,963±0,703 <sup>i</sup>	6,100±0,194 <sup>i</sup>	10,075±0,377 <sup>i</sup>	238,375±20,567 <sup>i</sup>

Les niveaux affectés de lettres différentes sont significativement différentes au seuil de 5%.

**Lt** : longueur totale ; **LPréDo** : longueur pré-dorsale ; **LPréAn** : longueur pré-anale ; **Ltête** : longueur de la tête ; **Cir** : circonférence du corps ; **W** : poids



**Figure N°10 : Répartition de la population suivant les groupes**

Les neuf groupes ainsi formés possèdent les caractéristiques suivantes :

- Le groupe A représente 11,20% de la population totale. Il est formé par les individus ayant les plus petites conformations. Son poids est compris entre 2 et 17 g, la longueur totale entre 12,4 et 23,4 cm et la circonférence du corps entre 1,9 et 3,9 cm.
- Le groupe B compte 3,6% de la population totale. Ce sont également des individus de petite conformation mais ils sont un peu plus grands que le précédent groupe. Ils sont

caractérisés par une fourchette de poids allant de 19 à 23 g, une longueur totale de 22,2 à 26,2 cm et une circonférence du corps de 3,8 à 4,8 cm.

- Le groupe C (6,1% de la population totale) fait partie des individus de petite conformation. Ils sont plus grands que les deux groupes mais par rapport à la moyenne de poids de la population totale qui est de 105,041g, ce groupe peut encore être considéré comme ayant une petite conformation. Ce groupe est caractérisé par un poids se situant entre 29 et 45 g, une longueur de 24,4 à 33 cm et une circonférence du corps de 4,2 à 5,7 cm.
- Le groupe D représentant 7,2% de la population totale regroupe les individus ayant un poids allant entre 46 et 61 g, une longueur totale entre 28,2 et 35,9 cm et une circonférence du corps 5,0 à 6,6 cm.
- Le groupe E (4,4% de la population totale) pesant de 62 à 71 g a encore un poids au dessous de la moyenne de la population totale. La longueur totale des individus de ce groupe va de 30,5 à 54,6 cm et une circonférence du corps de 5,7 à 7,2 cm.
- Le groupe F représente 15,8% de la population et regroupe les individus de conformation moyenne. Leur poids varie de 72 à 103 g, la longueur totale de 30,9 à 39,6 cm et la circonférence du corps de 6,1 à 8 cm.
- Le groupe G est largement représenté avec les 23,2% de la population totale. Il comprend également les individus de conformation moyenne mais avec un poids plus grand que celui du groupe F. En effet ce groupe est caractérisé par un poids allant de 104 à 151 g. La longueur totale de ces individus est comprise entre 34,3 et 42,4 cm et la circonférence du corps entre 7,0 et 9,0 cm.
- Le groupe H rassemble le plus grand nombre d'individus avec un taux de 27,7% de la population totale. Il représente les individus de grande conformation avec un poids allant de 152 à 215 g, une longueur totale de 35,7 à 45,6 cm et une circonférence du corps de 8,2 à 10,3 cm.
- Le groupe I représente les individus de très grande conformation. C'est le groupe le plus faiblement représenté avec un pourcentage de 0,8% de la population totale. Les poids de ces individus vont de 221 à 277 g. Leurs longueurs s'étalent de 43,4 à 48,9 cm et la circonférence du corps de 9,4 à 10,6 cm.

### 3.5. Relations taille-poids et croissance

La croissance des anguilles a été en général de type allométrique majorante étant donné que la valeur du coefficient d'allométrie « b » qui est de 3,503 est significativement différente de la valeur théorique 3 (t calculé=32,843) à un seuil de 5% (tableau n°10). Le poids croît donc proportionnellement plus vite que le cube de la longueur totale.

En décortiquant la population, c'est-à-dire en adoptant une approche suivant les phases d'élevage, la nature de la croissance des anguilles commence durant la phase de pré-grossissement par un type isométrique (b=2,835) et fini par une croissance allométrique majorante pendant la phase de grossissement (b=3,677). De ce fait, au début de leur croissance, le poids des anguilles évolue proportionnellement avec la longueur totale. Par la suite, la croissance en poids l'emporte sur celui de la longueur.

**Tableau N°10 : Relation longueur totale et poids pour la population et suivant les phases d'élevage**

	Population totale	Pré-grossissement	Grossissement
n	1000	108	892
a	0,0004	0,002	0,0002
b	3,503	2,835	3,677
R <sup>2</sup>	0,861	0,878	0,950
p	<0,01‰	<0,1‰	<0,01‰
t calculé	32,843	1,601	24,020
Nature de la croissance	Croissance allométrique majorante	Croissance isométrique	Croissance allométrique majorante

$$w = aLt^b ; W: \text{poids en gramme} ; Lt: \text{longueur en cm}$$

La sous population constituée suivant les phases d'élevage étant hétérogène, l'éclatement de l'étude de la nature de la croissance suivant les groupes homogènes préformés par l'ACP s'est avéré intéressant. Ainsi, comme le montre le tableau n°11, la croissance des anguilles de cette population est devenue au début de type isométrique (b=2,829) puis allométrique minorante (b allant de 0,159 à 1,817) et redevient isométrique (b=1,569). La croissance isométrique en début et en fin de cycle signifie que la prise de poids et l'accroissement en longueur sont proportionnels. La croissance allométrique minorante au milieu de la croissance des anguilles signifie que l'accroissement en longueur est plus rapide que celui en poids. Cette contradiction avec l'étude de la nature de la croissance suivant les

phases d'élevage et/ou la population totale résulte de l'hétérogénéité de ces groupes qui est due à des individus qui interfèrent pour masquer la véritable nature de la croissance.

**Tableau N°11 : Relation taille-poids de la population d'anguilles suivant les neuf groupes établis lors de la typologie**

Groupes	n	a	b	R <sup>2</sup>	p	t calculé	Nature de la croissance
A	112	0,002	2,829	0,893	<0,1‰	1,834	Isométrique
B	36	0,254	1,423	0,337	<0,2‰	4,604	Allométrique minorante
C	61	0,297	1,453	0,433	<0,1‰	7,148	Allométrique minorante
D	72	3,945	0,761	0,212	<0,1‰	12,777	Allométrique minorante
E	44	38,385	0,159	0,018	<0,389	15,559	Allométrique minorante
F	158	0,645	1,382	0,285	<0,1‰	9,233	Allométrique minorante
G	232	0,170	1,817	0,450	<0,1‰	8,934	Allométrique minorante
H	277	1,033	1,381	0,335	<0,1‰	13,785	Allométrique minorante
I	8	0,584	1,569	0,538	<0,0385	2,409	Isométrique

*n* : effectif ; *a* : constante ; *b* : coefficient d'allométrie ; *R*<sup>2</sup> : coefficient de détermination ; *p* : probabilité ; *W* : poids en gramme ; *LT* : longueur totale en centimètre

### 3.6. Coefficient de condition K

Le coefficient de condition « K » qui témoigne de l'état d'embonpoint ou de l'adaptation des animaux au milieu a été de l'ordre de 0,214±0,040 pour l'ensemble de la population étudiée. Cette valeur de « K » a oscillé entre 0,091 et 0,319.

La valeur élevée du coefficient de variation qui est de 18,6% démontre une hétérogénéité vis-à-vis de ce facteur pour la population. La moyenne ne suffit donc pas pour décrire ce paramètre vis-à-vis de la population totale, une étude suivant les groupes est nécessaire.

Les résultats de l'étude de la valeur de « K » suivant les neuf groupes sont représentés dans le tableau n°12. Ces résultats ont montré une augmentation de la valeur de « K » avec la taille des individus en partant de la valeur moyenne qui est de 0,154±0,021 pour le groupe A, à 0,244±0,020 pour le groupe I. Selon les coefficients de variation qui sont tous inférieurs à 15%, les groupes sont constitués par des individus qui vivent dans des milieux homogènes.

**Tableau N°12 : Valeur des coefficients de condition "k" selon les groupes établis lors de la typologie (p<0,1‰)**

Groupes	Nombre d'observations	Moyenne	Minimum	Maximum	Coefficient de variation
A	112	0,154±0,021 <sup>a</sup>	0,091	0,219	13,6
B	36	0,170±0,019 <sup>b</sup>	0,134	0,208	11
C	61	0,176±0,024 <sup>b</sup>	0,125	0,222	13,5
D	72	0,188±0,024 <sup>c</sup>	0,108	0,243	12,6
E	44	0,191±0,020 <sup>c</sup>	0,155	0,25	10,7
F	158	0,209±0,023 <sup>d</sup>	0,135	0,294	11,2
G	232	0,230±0,021 <sup>e</sup>	0,166	0,299	9,2
H	277	0,252±0,022 <sup>ef</sup>	0,18	0,319	8,8
I	8	0,244±0,020 <sup>f</sup>	0,224	0,278	8,1

*a, b, c...Les niveaux affectés d'exposants différents sont significativement différents au seuil de 5%.*

### **3.7. Relation poids-diamètre du corps**

La circonférence du corps a été la variable qui a eu la plus forte corrélation avec le poids, ce qui justifie le choix des techniciens d'élevage par rapport à sa valorisation dans le processus de triage. Mais plus exactement, dans le principe du tamisage c'est plutôt le diamètre du corps qui est utilisé. Pour l'estimation du poids par le biais du diamètre du corps, la formule suivante a été établie pour cette étude : ( $R^2=0,990$ )

$$\text{Log } W = 2,330 + 2,682 \text{ Log } Di$$

W : poids (g),

Di: diamètre du corps au niveau de l'anus (cm) qui est la partie la plus large du corps de l'anguille.

La base de référence, pour la manipulation des machines de tri pour les anguilles d'élevage de Madagascar (*Anguilla mossambica*), qui est décrite dans le tableau n°13 peut donc être adoptée (Tableau n°13).

**Tableau N°13 : Base de référence pour le réglage de la machine de triage pour *Anguilla mossambica***

Ecartement entre les mailles du tamis (mm)	Poids individuel des individus retenus (g)
6	>2,612
7	>3,949
8	>5,649
9	>7,748
10	>10,278
11	>13,272
12	>16,760
13	>20,773
14	>25,341
15	>30,492
16	>36,254
17	>42,655
18	>49,722
19	>57,481
20	>65,958
21	>75,179
22	>85,169
23	>95,953
24	>107,555
25	>120
26	>133,311
27	>147,511
28	>162,624
29	>178,672
30	>195,680
31	>213,667
32	>232,658
33	>252,674

### 3.8. Indices biométriques

Les valeurs des indices biométriques sont variables tout au long de la croissance. La longueur pré-anale sans la tête et la longueur pré-dorsale sans la tête évoluent proportionnellement avec la longueur totale ; leurs moyennes sont respectivement pour la population de  $0,290 \pm 0,012$  et  $0,132 \pm 0,013$  (tableau n°14). Le coefficient de variation de ces paramètres est assez faible (3,0% à 10,2%) ce qui sous-entend une homogénéité de la population vis-à-vis de ces rapports.

Pour le reste des indices biométriques, il semble que leur moyenne évolue tout au long des groupes pour ensuite régresser quand ils arrivent à un certain seuil. L'évolution des rapports incluant la longueur pré-dorsale et pré-anale est influencée par la fluctuation de la longueur de la tête. Comme la tête n'évolue pas proportionnellement avec la longueur totale, les deux autres rapports qui incluent la longueur de la tête n'évoluent donc pas proportionnellement avec la longueur totale.

**Tableau N°14 : Indice biométrique de la population**

Groupes	LPréAn/Lt	(LPréAn-Ltête)/Lt	LPréDo/Lt	(LPréDo-Ltête)/Lt	Ltête/Lt
Population totale	$0,431 \pm 0,013$	$0,290 \pm 0,012$	$0,273 \pm 0,013$	$0,132 \pm 0,013$	$0,141 \pm 0,009$
A	$0,418 \pm 0,017^d$	$0,278 \pm 0,016^e$	$0,262 \pm 0,017^c$	$0,122 \pm 0,017^d$	$0,140 \pm 0,011^c$
B	$0,429 \pm 0,011^{bc}$	$0,283 \pm 0,012^{de}$	$0,269 \pm 0,012^{cde}$	$0,123 \pm 0,011^{cd}$	$0,146 \pm 0,009^{ab}$
C	$0,436 \pm 0,014^{ab}$	$0,286 \pm 0,013^{cd}$	$0,276 \pm 0,013^{abcd}$	$0,126 \pm 0,014^{bcd}$	$0,150 \pm 0,007^a$
D	$0,437 \pm 0,013^a$	$0,288 \pm 0,013^{bcd}$	$0,276 \pm 0,012^{abd}$	$0,127 \pm 0,013^{bcd}$	$0,149 \pm 0,008^a$
E	$0,437 \pm 0,011^{ab}$	$0,289 \pm 0,012^{abcd}$	$0,277 \pm 0,012^{ab}$	$0,129 \pm 0,010^{abc}$	$0,148 \pm 0,007^{ab}$
F	$0,436 \pm 0,011^a$	$0,291 \pm 0,010^{abc}$	$0,279 \pm 0,013^a$	$0,134 \pm 0,012^a$	$0,145 \pm 0,008^b$
G	$0,431 \pm 0,010^c$	$0,292 \pm 0,010^{ab}$	$0,274 \pm 0,011^{bcd}$	$0,135 \pm 0,011^a$	$0,139 \pm 0,007^c$
H	$0,430 \pm 0,010^c$	$0,294 \pm 0,010^a$	$0,271 \pm 0,011^c$	$0,135 \pm 0,011^a$	$0,136 \pm 0,007^d$
I	$0,434 \pm 0,013^{abc}$	$0,301 \pm 0,011^{ab}$	$0,273 \pm 0,010^{abcde}$	$0,141 \pm 0,008^{ab}$	$0,132 \pm 0,004^{cd}$

*a, b, c...Les niveaux affectés d'exposants différents dans une même colonne sont significativement différents au seuil de 5%.*

*Lt : longueur totale ; LPréDo : longueur pré-dorsale ; LPréAn : longueur pré-anale ; Ltête : longueur de la tête*

Les équations de régressions caractéristiques entre les paramètres ont été :

$$\text{Log Ltête} = -1,806 + 0,957 \text{ Log Lt} (R^2=0,947; p<0, 01\%; s_b=0,007),$$

$\text{Log LA} = -1,461 + 1,063 \text{ Log Lt} (R^2=0,983 ; p<0, 01\%; s_b=0,004)$  avec LA: longueur pré-anale sans la tête,

$\text{Log LD} = -2,530 + 1,141 \text{ Log Lt} (R^2=0,916 ; p<0, 01\%; s_b=0,008)$  avec LD: longueur pré-dorsale sans la tête.

La croissance de la longueur de la tête par rapport à la longueur totale a été de type allométrique minorante ( $b=0,957$ ). Autrement dit, la longueur totale des anguilles croît plus vite que la longueur de la tête.

Pour ce qui est de la croissance de la longueur pré-anale sans la tête et de la longueur pré-dorsale sans la tête, la croissance a été de type allométrique majorante (respectivement  $b=1,063$  et  $b=1,141$ ). Cela signifie que la croissance de ces paramètres va plus vite que la croissance de la longueur totale.

## **4. Discussions**

### **4.1. Indice d'identification de l'espèce**

Les résultats, qui définissent une valeur moyenne de « I » égale à  $15,8 \pm 1,3\%$ , rejoignent ceux de KIENER en 1963. Ils définissent une fourchette de « I » comprise entre 9 et 17% pour *Anguilla mossambica*. La société « Mossambica angulas » élève donc réellement cette espèce.

Ces résultats confirment l'appartenance de cette espèce au groupe des anguilles à longue nageoire dorsale vu qu'ils remplissent les conditions définies par TESCH (1977). En effet la valeur de « I » est supérieure à 4%.

Cette valeur de « I » pour l'*Anguilla mossambica* est supérieure à celle de l'*Anguilla bicolor* (I= -1 à +3%) qui est une anguille catégorisée dans le groupe à courte dorsale. Par rapport à ses congénères du groupe des anguilles à longue nageoire dorsale, l'*Anguilla mossambica* possède une valeur intermédiaire entre *Anguilla marmorata* (I= 14 à 19%) et *Anguilla nebulosa* (I= 7 à 15%). (KIENER, 1963)

Les résultats confirment celui de ZAFIHITA en 2002. Dans ses études, il a démontré que les anguilles de Madagascar, notamment *Anguilla bicolor* et *Anguilla marmorata* ont respectivement comme valeur de « I » 2% et 13%. La valeur de « I » pour *Anguilla mossambica* est donc réellement comprise entre celle de ces deux espèces.

Vis-à-vis des anguilles des autres continents, la valeur de « I » pour *Angilla mossambica* de Madagascar ( $15,8 \pm 1,3\%$ ) est bien inférieure à celle observée par EGE en 1939 (in DEELDER, 1985) sur *Anguilla Anguilla* qui note une valeur de « I » allant de 41,56 à 42,83%.

### **4.2. Morphométrie d'Anguilla mossambica**

La fourchette de poids allant de 2 à 277 g et celle de la longueur totale allant de 12,4 à 48,9 cm permet de penser que cette population appartienne au stade d'anguille jaune par comparaison aux travaux d'autres auteurs. En effet, elles sont significativement différentes de celles observées par CHARRIER en 2009 sur une population d'anguille européenne (n=57) du stade civelle dans l'étang de l'Or dont le poids moyen est de  $0,26 \pm 0,050$  g et la longueur totale de  $6,53 \pm 0,49$ cm. Chaque individu de la population a donc déjà dépassé largement le stade civelle.

De plus, ces résultats sont sensiblement identiques aux caractéristiques des anguilles jaunes d'*Anguilla anguilla* notés par CHARRIER et al. en 2010 et consignés dans le tableau n°15. Cependant, la taille et le poids ne suffisent pas à définir le stade physiologique des anguilles, en effet ces caractéristiques peuvent se superposer pour les anguilles jaunes et argentées comme le montre le tableau n°15. Pour déterminer réellement le stade de l'anguille, il va falloir guetter les signes d'argenture tels que la longueur des nageoires pectorales, l'indice d'argenture basé sur le diamètre oculaire et la présence de points noirs sur la ligne latérale (BODIN *et al.*, 2011).

**Tableau N°15 : Description des anguilles selon le stade et le sexe de l'étang de l'Or**

Stade et sexe	N	Longueur totale (cm)		Poids (g)	
		Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
Mâle jaune	3	35,5	40,7	78	154
Femelle jaune	72	31,6	60,5	58	448
Mâle argenté	67	32,8	45,2	64	180
Femelle argentée	32	45,3	76,0	176	1216

Source : CHARRIER et al., 2010

### 4.3. Typologie

Les neuf groupes mis en évidence se répartissent comme suit selon le poids :

- Groupe A : 2 à 17g,
- Groupe B : 19 à 23g,
- Groupe C : 29 et 45g,
- Groupe D : 46 et 61g,
- Groupe E : 62 à 71g,
- Groupe F : 72 à 103g,
- Groupe G : 104 à 151g,
- Groupe H : 152 à 215g,
- Groupe I : 221 à 277g.

Cette répartition suggère de réorganiser les limites entre les stades d'élevage. Ainsi, la classification dans le stade pré-grossissement va s'arrêter à 17 g comme établi dans la typologie selon le groupe A au lieu des 15 g utilisés dans la ferme. Ceci va permettre de réduire le coût de production en réduisant le nombre de bassins utilisés et en réduisant le coût

de l'alimentation. Ceci facilite l'arrangement du calendrier de triage en retardant le triage des anguilles du stade pré-grossissement.

#### 4.4. Relation taille-poids et croissance

L'équation d'allométrie mise en évidence dans cette étude démontre bien une nature de croissance cohérente avec les littératures (tableau n°16).

**Tableau N°16 : Relation taille-poids des anguilles européennes**

Equations d'allométrie	Zones d'étude-Espèce	Auteurs
$W = 1,011.10^{-3}LT^{3,16}$ (n=290, R <sup>2</sup> = 0,99, p<0,001).	Lagune-Etang de l'OR <i>Anguilla anguilla</i>	CHARRIER en 2009
$W = 1,033.10^{-3}LT^{3,19}$ (n=18, R <sup>2</sup> = 0,99, p<0,001).	Salaison-Etang de l'OR <i>Anguilla anguilla</i>	CHARRIER et al. en 2010
$W = 8,130.10^{-4}LT^{3,29}$ (n=45, R <sup>2</sup> = 0,99, p<0,001).	Berangue-Etang de l'OR <i>Anguilla anguilla</i>	CHARRIER et al. en 2010
$W = 3,869.10^{-4}LT^{3,38}$ (n=91, R <sup>2</sup> = 0,99).	Estuaire-Bassin versant de la vilaine- Bretagne <i>Anguilla anguilla</i>	MOUNAIX en 1992
$W = 1,093.10^{-3}LT^{3,11}$ (n=130, R <sup>2</sup> = 0,99).	Avale-Bassin versant de la vilaine- Bretagne <i>Anguilla anguilla</i>	MOUNAIX en 1992
$W = 1,147.10^{-3}LT^{3,11}$ (n=269).	Rhin Moyen <i>Anguilla anguilla</i>	YAHYAOU, FREYHOF et STEINMANN en 2004

*W* : poids en gramme ; *Lt* : longueur totale en centimètre

Source : AUTEUR, 2014

Il en est de même par rapport aux résultats de FONTENELLE (1991) et ADAM *et al.* (2008) qui définissent que les valeurs en Europe oscillent, pour le coefficient a, entre  $0,16.10^{-3}$  et  $2.10^{-3}$  et, pour le coefficient b, entre 3 et 3,38.

La croissance des anguilles est donc en général de nature allométrique majorante. Cette croissance s'effectue pendant le stade d'anguille jaune comme le confirme cette présente étude. En effet, une fois argentées, les anguilles ne grandissent plus (ADAM *et al.*, 2008).

Toutefois, les résultats révèlent pour l'étude de la croissance suivant les groupes une croissance allométrique minorante au milieu du cycle d'élevage. Celle-ci peut être due à une

alimentation non adaptée ou insuffisante qui est appuyée par les conclusions de BERTIN en 1956 (in DEELDER, 1985) qui affirme que l'augmentation de taille et de poids des anguilles est davantage une question de nourriture que n'importe quoi d'autre. De même que MANN en 1960 (in DEELDER, 1985), qui a noté, après une expérience de diète de trois à quatre mois, une perte de poids jusqu'à 20%. De plus, il a mis en évidence que les individus de petite conformation perdent beaucoup plus rapidement de poids que les grandes conformations. Pour corriger ces problèmes et pour confirmer ces hypothèses, une étude sur les besoins d'*Anguilla mossambica* en question d'alimentation s'avère nécessaire et primordiale.

#### **4.5. Coefficient de condition**

Dans cette étude la valeur de « k » varie de 0,091 à 0,319 avec une moyenne de  $0,214 \pm 0,040$  (n=1000) pour l'ensemble de la population. Cette valeur qui décrit l'état d'adaptation de la population au milieu d'élevage, augmente avec la taille de l'individu. Ainsi, il est possible d'affirmer que l'adaptation au milieu d'élevage s'améliore au fur et à mesure que l'individu augmente de taille. Autrement dit, l'adaptation des anguilles en milieu d'élevage se cultive tout au long de leur croissance. Plus les individus restent en milieu d'élevage, plus ils ont le temps de s'adapter aux conditions de vie qui y règne. Les anguilles s'adaptent donc petit à petit à leur milieu de vie.

La confrontation des résultats de la présente étude, concernant la valeur de « K », avec ceux rapportés par DUSSUREAULT et VERREAULT en 2013 ( $k=0,216 \pm 0,026$ , n=172), à un seuil de 5%, a révélé que l'état d'adaptation des anguilles de Mozambique en milieu d'élevage est moins bon que ceux des anguilles d'Amérique en milieu naturel. Ce qui suppose que les paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage et même l'alimentation ne conviennent pas à l'espèce étudiée. En effet, THUROW en 1959 (in DEELDER, 1985) observe que « K » dépend de la nourriture et de sa composition, de l'âge, de la saison, de l'environnement et du sexe des anguilles. Mais, pour réellement confirmer cela, une étude de ces paramètres pour *Anguilla mossambica* en milieu naturel et en milieu d'élevage est nécessaire.

#### **4.6. Relation poids-diamètre du corps**

Une brochure qui a accompagné la machine de tri établit les valeurs illustrées dans le tableau n°17 pour une autre espèce d'anguille. Ces données confirment l'importance de l'établissement de base de référence pour l'espèce *Anguilla mossambica* à Madagascar étant

donné qu'à un même écartement des mailles du tamis, cette espèce a un poids plus faible que les anguilles de cette brochure.

**Tableau N°17 : Base de poids selon l'écartement des tiges du tamis**

Ecartement entre les mailles (mm)	Poids individuel des individus retenus (g)
1,5	0,5
2	1
3	2,5
4	5
5	10
6	18
7	30
9	60
11	90
13	125
15	150

Source : SOCIETE RIPPLE FISH MADAGASCAR Sarl, 2010

#### **4.7. Indices biométriques**

Le tableau n°18 montre que pour l'*Anguilla bicolor bicolor* les différents paramètres évoluent en même temps que la longueur totale au début puis arrivés à un certain seuil, ils régressent. Pour la présente étude, les groupes établis par l'ACP évoluent avec la longueur totale; donc par déduction l'évolution des rapports biométriques suivant les groupes peut être considérée comme identique à l'évolution des rapports suivant la longueur totale.

Les résultats sont donc conformes avec ceux de l'*Anguilla bicolor bicolor* pour ce qui est des rapports: LPréAn/Lt et Ltête/Lt. Par contre, pour les rapports (LPréAn-Ltête)/Lt et (LPréDo-Ltête)/Lt, cette étude a montré que pour l'*Anguilla mossambica* ces rapports évoluent proportionnellement avec la longueur totale ce qui n'est pas le cas pour l'*Anguilla bicolor bicolor* qui eux régressent en arrivant à un certain seuil.

**Tableau N°18 : Indices biométriques pour *Anguilla bicolor bicolor***

Lt	5,0-6,2	10,0-19,99	20,0-29,9	30-39,9
n	331	90	144	108
$(Ltête/Lt)*100$	12,86%	15,33%	13,36%	12,54%
$((LPréAn-Ltête)/Lt)*100$	39,28%	42,00%	42,00%	39,14%
$((LPréDo-Ltête)/Lt)*100$	24,28%	24,66%	26,64%	24,60%
$(LPréAn/Lt)*100$	26,43%	26,60%	28,64%	26,60%

Source : ZAFIHITA, 2002

## CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre un peu de lumière sur les anguilles de Madagascar. C'est une espèce encore mal connue pour l'Ile alors qu'elle représente une grande potentialité pour l'économie. Pour ce faire, une collecte de données dans un site d'élevage se situant à Mananjary sur l'*Anguilla mossambica* a été réalisée. D'autant plus que c'est l'espèce la plus représentée dans l'Ile. Les variables retenues pour cette étude sont entre autres le poids individuel, la longueur totale, la longueur de la tête, la longueur pré-anale, la longueur pré-dorsale et la circonférence du corps. Les relevés morphométriques de 1000 individus ont alors servi de base de données et étudié.

L'analyse descriptive de la population a démontré que cette dernière appartient au stade d'élevage pré-grossissement et grossissement avec un poids individuel allant de 2 à 277 g et une longueur totale de 12,4 à 48,9 cm. Ces résultats comparés à des études antérieures laissent supposer que la population appartient au stade d'anguille jaune ou à la limite d'anguille argentée. Pour ce qui est de la corrélation entre les variables, les résultats révèlent que les paramètres morphométriques pris en compte sont tous fortement corrélés ( $R^2=0,839$  à  $0,993$ ).

L'hétérogénéité de la population vis-à-vis de tous les paramètres nous a conduits à réaliser une Analyse en Composantes Principales. Suite à cette démarche, neuf groupes ont été mis en place. L'étude descriptive des paramètres morphométriques de ces groupes ont signifié que ces paramètres évoluent tout au long de l'accroissement corporel. L'équation d'allométrie décrit pour cette population, une croissance isométrique au début, puis, une croissance allométrique minorante par la suite.

Des équations traduisant la croissance des autres parties du corps, comme la longueur de la tête, la longueur pré-dorsale sans la tête, la longueur pré-anale sans la tête et la circonférence ou diamètre du corps, par rapport à la croissance en longueur totale ou en poids ont été également émises dans ce travail. Ces dernières peuvent être valorisées sur le plan pratique tel le cas de l'équation entre le poids et le diamètre du corps qui est  $Log W = 2,330 + 2,682 Log Di$ . Cela va permettre d'établir une base de référence d'utilisation de la machine de tri pour l'*Anguilla mossambica*.

Ce travail sert de base pour ouvrir la voie vers des recherches plus poussées pour une meilleure connaissance des anguilles de Madagascar. Elle est impérative pour une meilleure

exploitation dans les limites du rationnel des anguilles malagasy comme l'état des stocks, les conditions de migration, ... En effet, pour les anguilles de Madagascar, le sujet n'est pas encore bien cerné ; les bibliographies sur cette espèce sont assez maigres. Les plus urgents à effectuer pour Madagascar sont sans doute la détermination de la biologie et de l'écologie de cette espèce. La levée sur le mystère de la reproduction des anguilles et la maîtrise de la reproduction constitue un but commun à viser pour les chercheurs du monde entier.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ACOU (A.), 2006. Bases biologiques d'un modèle pour estimer la biomasse féconde de l'anguille européenne en fonction des recrues fluviales et du contexte de croissance : approche comparative à l'échelle de petits bassins versants. Thèse pour obtenir du grade de Docteur de l'Université de Rennes Mention Biologie. 297p.
- ADAM (G.), FEUNTEUN (E.), PROUZET (P.), RIGAUD (C.), 2008. L'anguille européenne, Indicateurs d'abondance et de colonisation. éditions Quae. 393p.
- ANDRIANIRINARIMANANA (J.), 1988. Etude bibliographique et expérimentale des anguilles (à Nosy-Be). Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Elevage. Université d'Antananarivo. Madagascar. 57p.
- ANONYME, 2010. Filière anguille à Madagascar. Madagascar Matin n°0399. 3p.
- BACCINI (A.), 2010. Statistique Descriptive Multidimensionnelle. Publications de l'Institut de Mathématiques de Toulouse. 32p.
- BADTS (V.), BERTRAND (J.), 2012. Guide de la mensuration des espèces en halieutique. IFREMER-SIH. 23p.
- BERTHIER (P.), BOUROCHE (J.), 1981. Analyse de données multidimensionnelles. P.U.F., Paris. 113p.
- BESIRAT (A.), 2009. Initiation aux statistiques descriptives : cours. Faculté d'économie appliquée. Université Aix-Marseille III. 15p.
- BLANC (N.), ROUSSEL (F.), ORNELLAS (C.), FERLIN (P.), 2012. Création de civelleries et d'unités d'élevage d'anguilles en France. République française. 44p.
- BODIN (M.), BONNET (N.), BOISNEAU (P.), BOISNEAU (C.), 2011. Rapport d'exécution : Échantillonnage 2010-2011 des anguilles argentées du bassin de la Loire capturées au guideau à l'amont d'Ancenis, mesures biométriques, contamination par *Anguillicoloides crassus* et indice d'abondance. La Bardoire. 29 p.
- BOSCH (P.), FEUNTEUN (E.), ROBINET (T.), 2004. Anguilles du sud-ouest de l'océan Indien. Aires de ponte, dispersion larvaire, structure et conservation des populations. Centre des Eaux Douces de l'ARDA-Université de La Rochelle. p : 3-4.
- CAMPTON (P.), CHIBRACQ (J.P.), LEBEL (I.), 2011. Étude des conditions de migration anadrome de l'Anguille (*Anguilla anguilla*) sur les fleuves côtiers méditerranéens, Campagne d'études 2010. Rapport de synthèse, Association M.R.M. 107p.

- CAUSSINUS (H.), 1965. Contribution à l'analyse statistique des tableaux de corrélation, Annales de la faculté de sciences de Toulouse. 4è série - Tome 29. 183p.
- CAUSSINUS (H.), 1993. Modèles probabilistes et analyse de données multidimensionnelles. Quelques réflexions méthodologiques et applications. Journal de la société statistique de Paris. Tome 134 n°2. p : 15-32.
- CHARRIER (F.), 2009. Caractérisation de la population d'anguilles de l'Étang de l'Or et gestion de l'espèce. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du Diplôme d'Agronomie Approfondie Spécialisation Halieutique. AgroCampus Ouest. 32p.
- CHARRIER (F.), LE GURUN (L.), ABDALLAH (Y.), LEGAULT (A.), CARAGUEL (J.-M.), BLANCK (A.), LEBEL (I.), 2010. Contribution à l'amélioration des connaissances et à la gestion de l'Anguille européenne, *Anguilla anguilla*, dans les lagunes méditerranéennes - Cas de l'Étang de l'Or. Rapport CEPRALMAR. Groupement MRM/FISH PASS. 135 p.
- CIEM, 2006. Report of the ICES/EIFAC Working Group on Eels. Rome – Italy. 23-27 January 2006.
- CRIVELLI (A.), HERMELOUP (C.), 2013. L'anguille européenne. Tour du VALAT- Association migrateurs Rhone méditerranée. 27p.
- DAGNELIE (P.), 1986. Théories et méthodes statistiques : applications agronomiques - Vol 2. Presses agronomiques de Gembloux. 463p.
- DEELDER, (C.L.), 1985. Exposé synoptique des données biologiques sur l'anguille, *Anguilla anguilla* (Linnaeus, 1758). FAO Synop. Pêches, (80) Rev.1:71 p.
- DESROCHES (J.), 2010. Clé d'identification pratique des poissons d'eau douce du Québec. Cégep de Sherbrooke. 80p.
- DJEMALI (I.), 2005. Evaluation de la biomasse piscicole dans les plans d'eaux douces tunisiens : Approche analytique et acoustique. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut National Agronomiques de Tunisie. 177p.
- DOREL (D.), 1986. Poissons de l'Atlantique Nord-Est-Relations Taille-Poids. 186 p.
- DUFOUR (S.), FONTAINE (Y.), FONTAINE (M.), 1985. Un vieux problème actuel : la reproduction des anguilles. La vie des sciences - compte rendus, série générale Tome 2. p : 1-10.
- DUSSUREAULT (J.), VERREAULT (G.), 2013. Recapture des anguilles d'Amérique dans la pêcherie de l'estuaire du Saint-Laurent en 2012 provenant des travaux de capture et de transport réalisés par Ontario Power Generation. Ministère des

- Ressources naturelles. Direction de l'expertise Faune-Forêts-Territoire. Direction générale du Bas-Saint-Laurent. 37p.
- EDELIN (E.), 2005. Facteurs du contrôle de la dispersion continentale chez l'anguille. Thèse présentée pour l'obtention du titre de Docteur de l'Université Toulouse. Discipline : Ecologie Aquatique. 129p.
  - ELIE (P.), FONTENELLE (G.), 1982. La pêche de la civelle d'*Anguille anguilla* en France. 13p.
  - FAO, 2014. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture : Possibilités et défis. Rome. 255p.
  - FIDINA (L.), 2012. Variations de poids chez les civelles et les anguilles sauvages pendant leurs stockages à jeun. Mémoire de fin d'études. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques-Département Elevage. Université d'Antananarivo. Madagascar. 62p.
  - FONTENELLE (G.), 1991. Age et longueur moyenne des anguilles (*A. anguilla*) en Europe, une revue critique. EIFAC working party on eel (Dublin). 16p.
  - FREON (P.), 1979. Relation tailles-poids, facteurs de condition et indices de maturité sexuelle : rappels bibliographiques, interprétations, remarques et applications. Doc.Sci.Cent, Rech.Océanogr, Dakar Thiroye, n°68. p : 143-171.
  - GEFFROY (B.), 2012. Déterminisme environnemental du sexe chez l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.). Thèse de Doctorat, Université de Pau et des pays de l'Adour. Spécialité : Physiologie et biologie des organismes-populations-interactions. 173p.
  - JESSOP (B.M.), 2006. Le monde sous-marin : Les anguilles d'Amérique. Direction des sciences biologiques Pêches et Océans Canada. 10p.
  - KIENER (A.), 1963. Poissons, pêche et pisciculture à Madagascar. Publication n° 24 du Centre Technique Forestier Tropical. p : 50-51.
  - KOUANI (A.), JAMALI (S.), TALBI (M.), 2007. Analyse en composantes principales, une méthode factorielle pour traiter les données didactiques. Radisma 2. 17p.
  - LAGARRIGUE (T.), FREY (A.), 2011. Tests d'évaluation des dommages subis par des anguilles à la dévalaison lors de leur transit à travers le nouveau groupe turbogénérateur VLH à manteau de roue sphérique installé sur la Moselle à Frouard (54)-Tests d'octobre 2010 sur des anguilles jaunes et argentées. ECOGEA. 24p.

- LAUZANNE (L.), date non indiquée. Les habitudes alimentaires des poissons d'eau douce Africains. p : 221-242.
- LECOMTE-FINIGER, 1995. Mystérieuse et diabolique anguille. Annis. Mus. Hist. Nat. Perpignan. p : 1-10.
- MOUNAIX (B.), 1992. Intercalibrage et validation des méthodes d'estimation de l'âge de l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* L.) application au bassin versant de la Vilaine, Bretagne. Publication du département halieutique n°14-Ecole Nationale Supérieure Agronomique de Rennes. p : 86-96.
- RÉVEILLAC (E.), 2008. Histoires de vie larvaire et dispersion des Anguillidae : vers une approche bio-évolutive. Thèse de Doctorat pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de La Rochelle. Spécialité : Océanologie Biologique et Environnement Marin. 166p.
- ROCHE (H.), BUET (A.), RAMADE (F.), 2003. Caractéristiques Ecophysiologiques d'une population d'anguilles de Camargue exposée à une pollution clandestine par des polluants organiques persistants. Rev. Écol. (Terre Vie), vol. 58. 24p.
- SCHMIDT, 1909. Remarks on the métamorphosis and distribution of the larvae of the eel *A. vulgaris*. p : 1-45.
- SOCIETE RIPPLE FISH MADAGASCAR Sarl, 2010. Manuel d'élevage. Mananjary. 29p.
- TESCH (F. W.), 1977. The eel. Biology and managements of *Anguilla* eel Vol I. Chapman and Hall. London. 434p.
- THURRE (D.), KURTH (C.), 2005. Poissons et trésors aquatiques. Dossier pédagogique pour l'enseignement. Muséum d'histoire naturelle de la Ville de Genève. 32p.
- TOMASSONE (R.), 1989. Comment interpréter les résultats d'une régression linéaire ? INA-PG. STATITICF. 55p.
- VECCHIO (Y.), ROUSSEL (C.), 2010. Sauvegarde de l'anguille : Le plan de gestion Française. ONEMA. 22p.
- VERGNIAULT (B.), 1989. Fumage de l'anguille d'élevage. Société d'aquaculture Normanguille. 40p.
- VESSEREAU (A.), 1976. La statistique, 13ème édition. Presse universitaire de France. 127p.

- VILTER (V.), 1945. Développement du tractus gastro-intestinal au cours de la métamorphose de larves d'anguille (civelles). Comptes Rendus des Séances de la Société de Biologie et de ses Filiales 139. p : 223-224.
- YAHYAOUÏ (A.), FREYHOF (J.), STEINMANN (I.), 2004. Diversité ichthyologique et biologie d'*Anguilla anguilla* L., 1758 (Actinopterygii, Anguillidae) dans le Rhin moyen. ISSN: 1130-4251 (2004). vol. 15. p : 39-60.
- ZAFIHITA (G.), 2002. Bioécologie et production de civelles *Anguilla marmorata* (McClelland, 1844) ; *Anguilla bicolor bicolor* (Quoy et Gaimard, 1824) dans la région de Mananjary (Sud-est de Madagascar). Mémoire de fin d'étude pour l'obtention d'un diplôme d'étude approfondie en océanologie appliqué. I.H.S.M.-Université de Toliara. 89p.
- ZEHAÏRA (B.), 2010. Etat de sante de l'anguille *anguilla anguilla* peuplant deux hydro systèmes de l'extrême nord est Algérien (cas de l'estuaire du Mafrag et du lac Oubeira). Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences de la Mer. Université Badji-Mokhtar. Annaba. 198p.

## WEBIOGRAPHIES

- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Osteichthyes> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Actinoptérygii> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Teleostei> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Anguilliformes> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Anguilla> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure
- <http://www.aquamaps.org> consulté le 30 septembre 2014 à 10 heure

# ANNEXES

Annexe N°1 : Les variables suivant les axes F1 et F2

Désignation	Corrélations		Contributions (%) :		Cosinus carrés	
	F1	F2	F1	F2	F1	F2
Lt	0,995	-0,035	17,302	0,618	0,990	0,001
LPréDo	0,984	-0,113	16,939	6,354	0,969	0,013
LPréAn	0,992	-0,084	17,211	3,479	0,985	0,007
Ltête	0,963	-0,231	16,224	26,446	0,928	0,053
Cir	0,980	0,150	16,800	11,182	0,961	0,023
W	0,942	0,324	15,524	51,921	0,888	0,105

Source : AUTEUR, 2014

Annexe N°2 : Analyse de la variance des groupes suivant les paramètres morphométriques

- Longueur totale

**Analysis of Variance**

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	59022,801	7377,85	2832,761	<0,00001
Error	991	2581,033	2,60		
C. Total	999	61603,834			

Level	Mean
I A	46,075000
H B	41,242347
G C	38,193103
F D	34,746203
E E	32,797727
D F	30,618056
C G	27,740984
B H	24,066667
A I	16,992857

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

- Longueur pré-dorsale

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	4521,2428	565,155	1657,218	<0,00001
Error	991	337,9574	0,341		
C. Total	999	4859,2002			

Level	Mean
I A	12,575000
H B	11,175812
G C	10,465948
F D	9,699051
E E	9,090909
D F	8,458333
C G	7,668852
B H	6,469444
A I	4,462500

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

- Longueur pré-anale

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	11122,840	1390,36	2296,666	<0,00001
Error	991	599,931	0,61		
C. Total	999	11722,771			

Level	Mean
I A	19,962500
H B	17,711949
G C	16,457759
F D	15,153608
E E	14,334091
D F	13,390278
C G	12,106557
B H	10,336111
A I	7,128571

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

- Longueur de la tête

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	1003,3709	125,421	1213,262	<0,00001
Error	991	102,4449	0,103		
C. Total	999	1105,8158			

Level	Mean
I A	6,1000000
H B	5,6076390
G C	5,3150862
F D	5,0500000
E E	4,8545455
D F	4,5638889
C G	4,1672131
B H	3,5111111
A I	2,3910714

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

- Circonférence du corps

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	4111,2209	513,903	3586,604	<0,00001
Error	991	141,9944	0,143		
C. Total	999	4253,2152			

Level	Mean
I A	10,075000
H B	9,103899
G C	8,005172
F D	6,958228
E E	6,225000
D F	5,776389
C G	5,013115
B H	4,300000
A I	2,840179

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

- Poids

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	3554532,2	444317	3479,696	<0,00001
Error	991	126539,1	128		
C. Total	999	3681071,3			

Level	Mean
I A	238,37500
H B	176,44765
G C	127,81466
F D	87,31013
E E	66,86364
D F	53,51389
C G	37,32787
B H	23,58333
A I	7,93750

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

Source : AUTEUR, 2014

Annexe N°3 : Analyse de la variance des groupes suivant la valeur de « K »

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio	Prob > F
G7	8	1,0985982	0,137325	280,6264	<.0001
Error	991	0,4849467	0,000489		
C. Total	999	1,5835448			

Level	Mean
H A	0,25208449
I A B	0,24417773
G B	0,22962090
F C	0,20878786
E D	0,19074540
D D	0,18810786
C E	0,17591663
B E	0,16975758
A F	0,15441411

Les niveaux connectés par des lettres différentes sont significativement différents.

Source : AUTEUR, 2014