

K. Rabhi<sup>1</sup>, E. Bellamy<sup>1</sup>, R. Elleboode<sup>1</sup>, Y. Aumond<sup>2</sup>, J. Huet<sup>2</sup>, D. Roos<sup>2</sup>, K. Mahé<sup>1</sup>

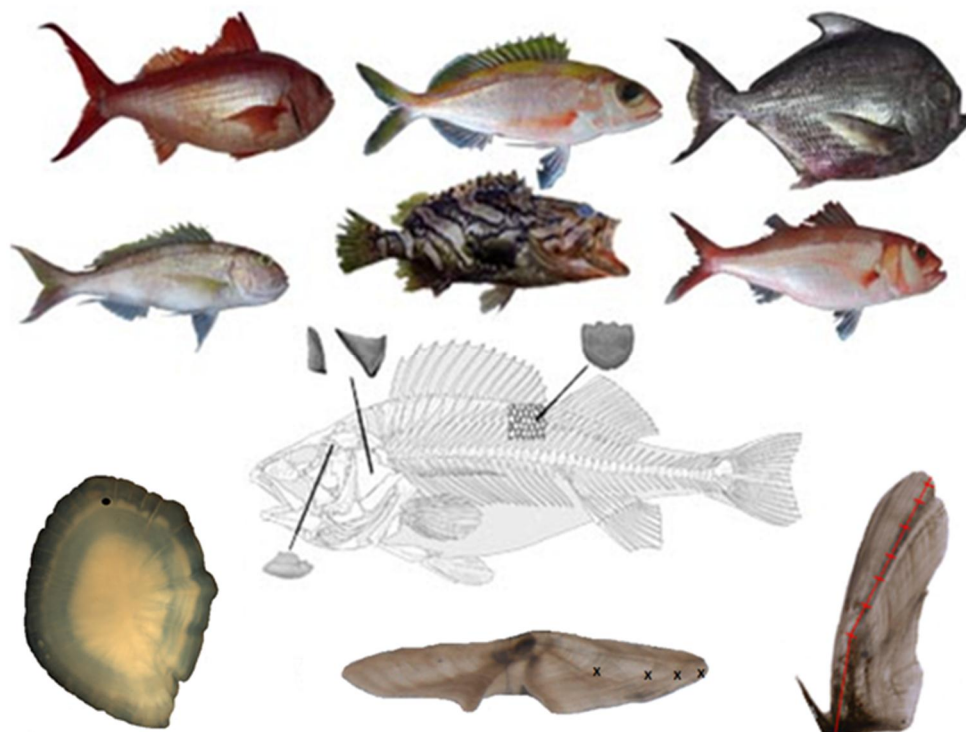
1 : Ifremer, laboratoire Ressources Halieutiques, Pôle de Sclérochronologie, 150 quai Gambetta, 62321 Boulogne sur mer

2 : Ifremer, Délégation Océan Indien, B.P.60, rue Jean Bertho, 97822, Le Port cedex, La Réunion



Avril 2015

## Projet DMX2-Volet Croissance



## Table des matières

1. Introduction .....	147
1.1. Bases de la sclérochronologie .....	148
2. Matériel et méthodes .....	150
2.1. Contexte et plan d'échantillonnage .....	150
2.2. Traitement des échantillons .....	152
2.2.1. Mesures et pesées .....	152
2.2.2. Prélèvement des pièces calcifiées (otolithes, écailles et opercules) .....	154
2.3. Mise au point des techniques de préparation des pièces calcifiées pour l'estimation d'âge .....	155
2.3.1. Otolithes .....	156
2.3.2. Ecailles .....	158
2.3.3. Opercules .....	158
2.4. Technique d'observation numérique des pièces calcifiées .....	159
2.5. Analyse des données .....	160
2.5.1. Relation taille-Poids .....	160
2.5.2. Analyses statistiques .....	160
2.5.3. Paramètres de croissance .....	161
3. Résultats .....	163
3.1. Vivaneau rubis : <i>Etelis carbunculus</i> .....	163
3.1.1. Systématique .....	163
3.1.2. Ecologie et répartition géographique .....	163
3.1.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	164
3.1.4. Structures démographiques .....	165
3.1.5. Relations biométriques .....	165
3.1.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	166
3.1.7. Croissance .....	167
3.2. Vivaneau flamme : <i>Etelis coruscans</i> .....	170
3.2.1. Systématique .....	170
3.2.2. Ecologie et répartition géographique .....	170
3.2.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	171
3.2.4. Structures démographiques .....	171
3.2.5. Relations biométriques .....	172
3.2.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	173
3.2.7. Croissance .....	174
3.3. Gros ecal : <i>Pristipomoides multidens</i> .....	177
3.3.1. Systématique .....	177
3.3.2. Ecologie et répartition géographique .....	177
3.3.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	178
3.3.4. Structures démographiques .....	179
3.3.5. Relations biométriques .....	179
3.3.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	180
3.3.7. Croissance .....	182
3.4. Colas orné : <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> .....	183
3.4.1. Systématique .....	183
3.4.2. Ecologie et répartition géographique .....	183
3.4.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	184
3.4.4. Structures démographiques .....	184

3.4.5. Relations biométriques .....	184
3.4.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	185
3.4.7. Croissance.....	187
3.5. Mérou zébré : <i>Epinephelus radiatus</i> .....	189
3.5.1. Systématique.....	189
3.5.2. Ecologie et répartition géographique .....	189
3.5.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	190
3.5.4. Structures démographiques.....	190
3.5.5. Relations biométriques .....	190
3.5.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	191
3.5.7. Croissance.....	193
3.6. Brème noire : <i>Eumegistus illustris</i> .....	195
3.6.1. Systématique.....	195
3.6.2. Ecologie et répartition géographique .....	195
3.6.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance .....	196
3.6.4. Structures démographiques.....	196
3.6.5. Relations biométriques .....	196
3.6.6. Relations morphométriques poisson-otolithe .....	197
3.6.7. Croissance.....	199
4. Discussion .....	201
4.1. <i>Etelis carbunculus</i> (Vivaneau rubis).....	201
4.2. <i>Etelis coruscans</i> (Vivaneau flamme) .....	204
4.3. <i>Pristipomoides multidentis</i> (colas à bandes dorées) .....	206
4.4. <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (Colas orné) .....	208
4.5. <i>Epinephelus radiatus</i> (Mérou zébré) .....	210
4.6. <i>Eumegistus illustris</i> (Brème noire) .....	212
5. Conclusions et perspectives .....	213
6. Références bibliographiques .....	215
7. Liste des tableaux .....	220
8. Liste des figures.....	221
9. Liste des annexes.....	223

# 1. Introduction

Depuis les années 2000, la petite pêche réunionnaise qui ciblait traditionnellement les espèces récifales et démersales peu profondes (0-200 m), a évolué progressivement vers l'exploitation des stocks de poissons plus profonds (au-delà de 200 m), leur assurant ainsi des revenus complémentaires sur des ressources à haute valeur commerciale (Roos *et al.* 2001 ; Fleury *et al.* 2012). Cette exploitation a été rendue possible grâce à l'utilisation des moulinets et autres vire-lignes électriques. Les espèces profondes ciblées pour leurs valeurs commerciales (200-700 m) font l'objet d'une exploitation soutenue depuis quelques années. Compte-tenu de leurs caractéristiques biologiques propres aux espèces profondes à vie longue, une maturité sexuelle et reproduction tardives, un recrutement imprévisible et leurs sensibilités écologiques les rendent vulnérables à l'exploitation, particulièrement dans des habitats restreints et isolés, comme à l'île de La Réunion (île volcanique à forte déclivité). Dans ce cadre, l'Ifremer de l'île de La Réunion a mis en place le projet de recherche européen ANCRE-DMX2 (Indicateurs biologiques et écologiques pour une gestion durable des stocks de poissons Démersaux profonds d'intérêt halieutique à La Réunion, 2014-2015) qui est complémentaire au projet DMX1 (2011-2012). Les principaux objectifs visent à caractériser les indicateurs halieutiques et les paramètres biologiques que sont la reproduction, l'alimentation et la croissance des principales espèces ciblées par la pêche.

Cette étude correspond au volet « croissance » du projet ANCRE-DMX2. Six espèces ont été ciblées parmi les principales espèces démersales débarquées par la petite pêche réunionnaise ont été étudiées afin d'établir leur modèle de croissance, dont certaines pour la première fois. Parmi ces espèces, 4 appartiennent à la famille de *Lutjanidae* (Vivaneau rubis : *Etelis carbunculus* ; Vivaneau flamme : *Etelis coruscans* ; Gros ecal : *Pristipomoides multidens* ; Colas orné : *Pristipomoides argyrogrammicus*), une espèce de *Serranidae* (Mérou zébré : *Epinephelus radiatus*) et une espèce de *Bramidae* (Brème noire : *Eumegistus illustris*). Ces poissons constituent une composante importante des espèces démersales des régions tropicales et récifales (Allen 1985 ; Edwards 1985 ; Newman & Dunk 2003 ; Nanami 2011 ; Williams *et al.* 2013) et font partie des poissons tropicaux profonds d'un grand intérêt commercial mais d'une fragilité biologique avérée (Williams *et al.* 2013 ; Roos *et al.* 2001).

La connaissance des indicateurs halieutiques et les paramètres biologiques de ces espèces est très importante pour la planification et la gestion rationnelle de ces ressources. Ils permettent, d'une part, de mieux réguler leur exploitation et, d'autre part, d'optimiser la préservation de ces ressources (Newman *et al.* 2000 ; Lloyd 2006).

Ce travail présente les résultats de la croissance, acquis à partir de pièces calcifiées (otolithe, écaille, opercule). Des tests préalables des différentes techniques (observation *in toto*, otolithe brûlé, otolithe cassé-brûlé, coupe fine) sur les principales pièces calcifiées (otolithes, écailles et opercules) ont été menés, afin d'appliquer la méthode de traitement la mieux adaptée à chaque espèce. Les paramètres morphométriques de l'otolithe ont été mesurés (Poids :  $O_w$ , Longueur :  $O_{Long}$ , Largeur :  $O_{larg}$ , Surface :  $O_{surf}$ ). Pour chaque individu des 6 espèces de grands fonds retenues, l'appartenance à un groupe d'âge a été estimée pour établir les premiers modèles de croissance. Les paramètres de croissance ( $L_\infty$  et  $k$ ) ont été estimés selon le modèle de Von Bertalanffy (1938). L'indice de performance de croissance ( $\Phi$  ; Pauly & Munro 1984) est utilisé pour comparer la croissance entre les différentes populations selon les zones géographiques, d'une part, d'une même espèce, et d'autre part, entre plusieurs espèces.



## 1.1. Bases de la sclérochronologie

La sclérochronologie (sklêros « dur » et khronos « temps » et logos « étude ») est une science qui vise à reconstruire l'histoire vécue par les organismes vivants à partir de l'étude de leurs pièces calcifiées. Elle permet d'obtenir des données sur l'estimation de l'âge mais aussi sur celle de la période et de la durée d'événements marquants de l'histoire individuelle. Les pièces calcifiées ont une croissance comparable à celle du poisson pendant toute sa vie et se comportent ainsi comme des enregistreurs permanents. Des structures (appelées aussi stries ou anneaux) peuvent ainsi être observées sur les pièces calcifiées et certaines présentant une périodicité peuvent ainsi être considérées comme des marques de croissance.

Trois principaux types de pièces sont calcifiées : les écailles (la scalimétrie), les otolithes (l'otolithométrie) et les ossements (la squelettechronologie) (Fig. 1 ; Panfili *et al.* 2002).

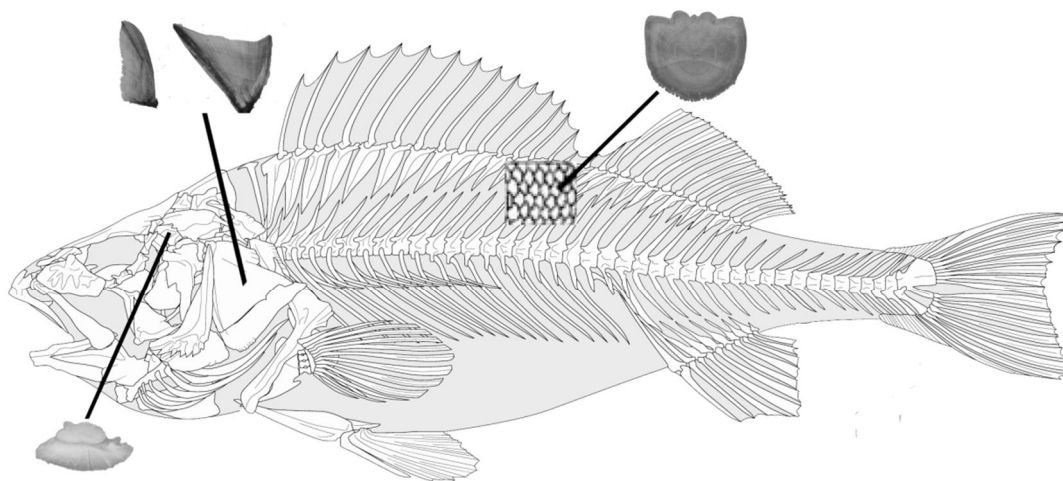


Figure 1. Localisation des principales pièces calcifiées utilisées en sclérochronologie (otolithe, écaille, opercule).

L'estimation d'âge peut être réalisée à partir des pièces calcifiées en distinguant les anneaux opaques des anneaux hyalins. En général dans l'hémisphère nord, les anneaux opaques se forment l'été lors de période de croissance rapide et à l'inverse, les anneaux hyalins sont souvent l'expression d'un ralentissement hivernal de la croissance (Panfili *et al.* 2002 ; Mahé *et al.* 2009). Dans l'hémisphère sud, plusieurs études montrent le phénomène inverse avec une période de formation des anneaux opaques essentiellement hivernale et celle des zones hyalines estivale (Les saisons sèches et humides jouent le même rôle que l'hiver et le printemps des zones tempérées), et même si la saisonnalité est généralement moins contrastée, quelques paramètres physico-chimiques de l'environnement montrent une variation cyclique annuelle plus au moins faible mais suffisamment pour induire des marques de croissance synchronisées et cycliques (Johnson *et al.* 1995 ; Panfili *et al.* 2001 ; Newman & Dunk 2003 ; Pothin *et al.* 2004 ; Fry *et al.* 2006 ; Renones *et al.* 2007 ; Nichols & DeMartini 2008 ; Costa *et al.* 2011 ; Williams *et al.* 2013 ; Conдини *et al.* 2014 Loubens 1978 ; Samuel *et al.* 1987 ; Frogliia & Giannetti 1985 ; Vianet *et al.* 1989 ; Baillon 1991 ; Fowler 1995 ; Fowler 2009).

De plus, chez quelques espèces tropicales, des accroissements à périodicité bisannuelle ont été signalés, probablement reliés à des changements multiannuels des facteurs environnementaux et hydrologiques (Yosef & Casselman 1995).

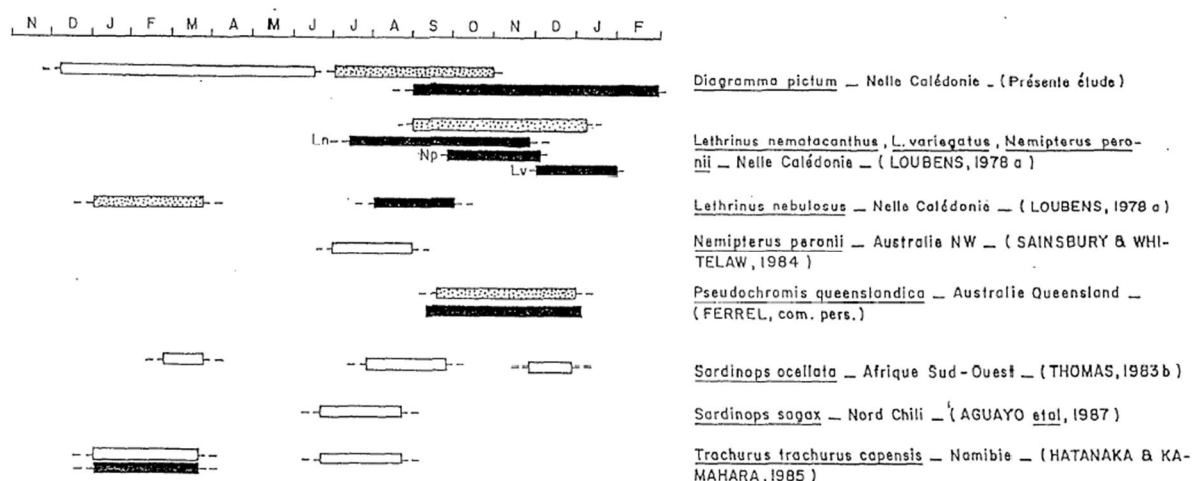


Figure 2. Schéma de formation des zones hyalines et des zones opaques sur les otolithes de quelques poissons dans la zone tropicale de l'hémisphère sud (Baillon 1991).

Les rectangles blancs représentent les zones hyalines, les rectangles grisés représentent les zones opaques et les rectangles noirs délimitent les périodes de reproduction.

Il existe trois techniques principales pour valider l'âge des poissons (Pothin *et al.* 2004);

- Analyse des otolithes des poissons d'âge connu et comparer les estimations avec l'âge réel.
- Le marquage des individus qui est basé sur l'incorporation d'une substance chimique déterminée dans les tissus durs, résultant en une bande claire sur les otolithes (le plus souvent rouge ou violet, visibles sous grossissement UV).
- Il est également possible de suivre dans le temps, la largeur de l'incrément marginal et de vérifier que sa croissance suit un cycle d'un an.

## 2. Matériel et méthodes

### 2.1. Contexte et plan d'échantillonnage

La Réunion est une île du sud-ouest de l'océan Indien ( $21^{\circ}10'S$ ,  $55^{\circ}30'E$ ) située dans l'archipel des Mascareignes à environ 700 kilomètres à l'est de Madagascar et à 170 kilomètres au sud-ouest de l'île Maurice, terre la plus proche (Fig. 3). C'est une île volcanique d'environ 200 kilomètres de circonférence et de 2 512 kilomètres carrés, culminant à 3 071 mètres d'altitude et émergeant de fonds supérieurs à 4 000 mètres. Elle présente un relief escarpé résultant d'une érosion très marquée. Elle est sous l'influence du courant sud-équatorial entretenu toute l'année par les alizés du sud-est de l'Océan Indien tropical sud (Piton et Taquet 1992). Elle se situe en zone oligotrophe de la partie centrale d'une circulation générale anticyclonique tropicale soumise au seul balancement saisonnier entre un été chaud et humide de novembre à avril et un hiver froid et sec de mai à octobre.

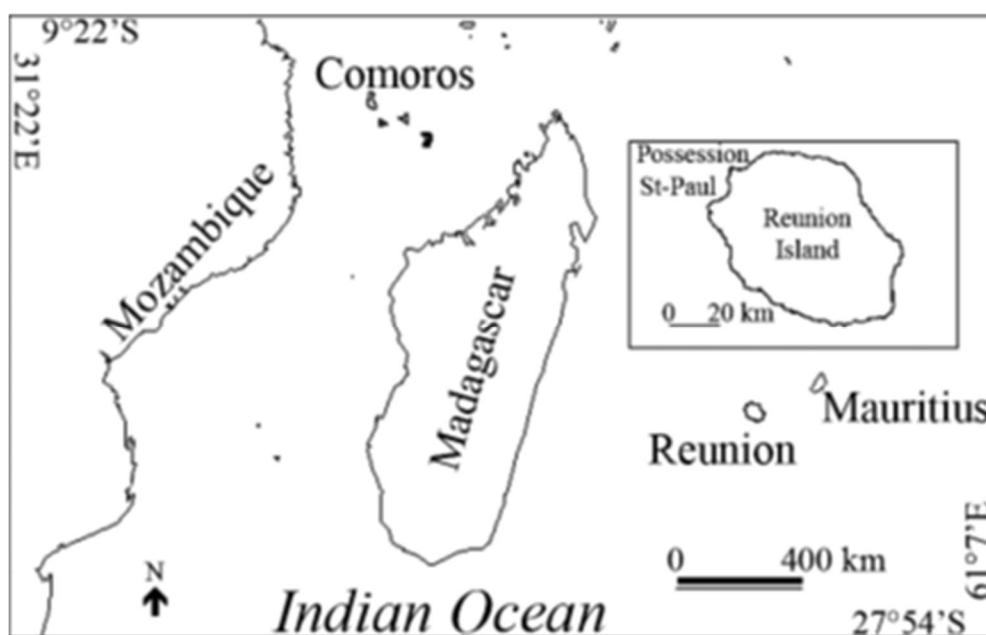
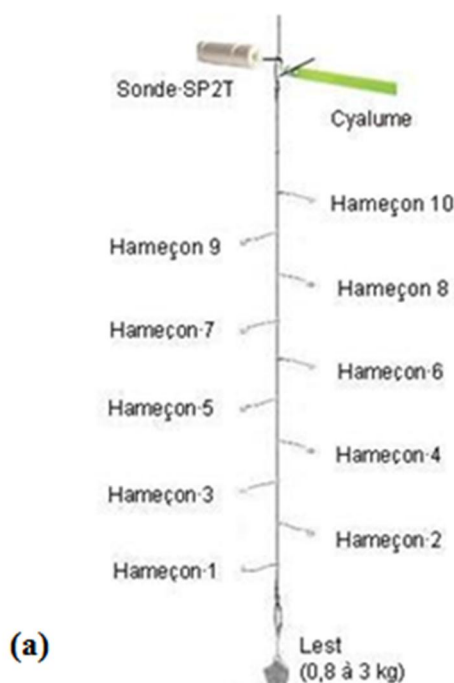


Figure 3. Carte géographique de l'île de La Réunion.

Dans le cadre de ce projet, il est proposé d'étaler 144 marées sur un cycle annuel complet, entre avril 2014 et avril 2015 et de porter l'effort de prospection sur la totalité de l'île (sorties depuis 7 ports situés tout autour de l'île, entre 80 et 700 mètres de profondeur. Un effort particulier a été mis sur le grand ouest de l'île qui est la principale zone de pêche par la fréquentation des bateaux de pêche et donc la plus impactée. La stratégie spatiale d'échantillonnage s'est appuyée sur l'expérience et les connaissances des pêcheurs d'espèces démersales profondes. Chaque strate de 100 mètres de profondeur a été échantillonnée au moins 3 fois (filage) à chaque marée. La capacité d'échantillonnage systématique de chaque strate a été très variable, dépendant de l'espèce recherchée, de la disponibilité des habitats favorables et des conditions environnementales rencontrées (vent, courant), facteurs influençant l'usage et la capturabilité de la technique de pêche au moulinet électrique.

### - Méthode de pêche

La technique de pêche utilisée consiste à immerger un bas de ligne en mono filament (fluorocarbonate) de 60 à 100/100<sup>ème</sup> de diamètre, plombée, équipée de 5 à 10 hameçons, avec ou non un système lumineux (emploi de flash ou de cyalume ; Fig. 4 (a)). Ce bas de ligne est relié à partir d'un moulinet électrique (12v) fixé généralement à une canne de type « Stand up » (30 à 80 livres), rempli de fil de type « tresse » (Fig. 4 (b)). La durée en pêche n'excède généralement pas 15 minutes. Différents montages ont été employés, en fonction des pêcheurs et des espèces recherchées, faisant varier la longueur et la distance entre les avançons, le nombre, la taille (n°14 à 22) et la forme des hameçons (généralement de type circle mais aussi droit avec la pointe rentrante ou pas). Divers appâts ont été utilisés, essentiellement des petits pélagiques (pêche-cavale ; *Selar crumenophthalmus*, les bonites ; *Euthynnus affinis* ; *Katsuwonus pelamis*) et du calmar (*Loligo sp.*). Ce métier nommé palangre à main électrique est pratiqué à partir d'unités de pêche de petites tailles (5 à 8 mètres), du type barque ou vedette (Fig. 4 (b)).



(a)



(b)

Figure 4. (a) ; schéma du montage classique de bas de ligne, (b) ; cannes, (c) ; photo d'un moulinet électrique et d'une embarcation de pêche.

Lors de chacune des marées, un personnel de l'Ifremer DOI<sup>1</sup> accompagne le pêcheur pour le suivi du plan d'échantillonnage, identifier et conditionner sous glace chaque capture au filage correspondant, et relever un ensemble d'informations qui décrivent les conditions de pêche (vent, houle, courant, pluie), les caractéristiques du bas de ligne (type/taille/nombre d'hameçons, présence de système lumineux, type d'appâts), l'habitat (coordonnées GPS, profondeur, emploi ou non de sonde SP2T (T°C et pression), et la durée de pêche.

Les paramètres biométriques et biologique de chaque poisson sont obtenus par des mesures et dissections réalisées au sein du laboratoire de l'Ifremer DOI, dans un délai maximum de 48 heures après la sortie. Les captures sont jusque-là conservées dans une armoire positive à poisson spécifique et maintenue entre 0.5°C et 2°C.

## 2.2. Traitement des échantillons

### 2.2.1. Mesures et pesées

Pour chaque individu, des mensurations de longueur standard (Ls), de longueur à la fourche (Lf) et de longueur totale (Lt) sont effectuées à plat, à l'aide d'un ichtyomètre (longueur droite, caudale étirée, précision : 1mm) et le poids frais total (Wt) est réalisé à l'aide de deux balances qui font l'objet d'un suivi métrologique annuel, en fonction du poids de l'individu (RADWAG WLC 2/A2 jusqu'à 2 kg, précision : 1 g ; SOEHNLE jusqu'à 20 kg, précision 10 g (Fig. 5). Le sexe est estimé selon une échelle macroscopique (de 1 à 6) des gonades.



Figure 5. Différentes mesures effectuées sur chaque individu.

Le tableau 1 et la figure 6 résume la composition des échantillons étudiés par espèce et par sexe.

<sup>1</sup> Ifremer délégation Océan Indien.

Tableau 1. Composition des échantillons des espèces étudiées (ETA : *Etelis carbunculus*, ETC : *Etelis coruscans*, LRI : *Pristipomoides multidentis*, LRY : *Pristipomoides argyrogrammicus*, EZR : *Epinephelus radiatus*, EBS : *Eumegistus illustris*, M : mâles, F : femelles, Ind : indéterminés).

Espèces Code FAO <sup>2</sup>	Sexe	N	Lt <sub>moy</sub> (cm) ± Et min-max	Wt <sub>moy</sub> (g) ± Et min-max
ETA	M+F+Ind	263	29,4±9,9 13,9-98,0	457,0±1363,8 26,6-18200,0
	M	114	27,7±7,8 16,4-49,7	301,5±262,5 47,1-1461,3
	F	140	31,7±10,6 15,3-98,0	610,2±1839,5 38,9-18200,0
ETC	M+F+Ind	108	45,1±24,5 21,2-112,4	1351,1±2249,2 91,9-9340,0
	M	46	43,3±21,5 21,2-106,2	1101,8±1700,3 94,6-6640,0
	F	54	48,9±27,3 22,0-112,4	1726,8±2698,0 100,2-9340,0
LRI	M+F	170	50,0±12,1 27,0-86,5	1609,7±1159,0 205,0-7350,0
	M	86	51,1±11,4 28,2-86,5	1693,7±1192,2 205,0-7350,0
	F	84	48,9±12,7 27,0-81,5	1523,6±1117,5 231,4-6120,0
LRY	M+F+Ind	115	23,4±4,0 14,0-31,6	177,6±89,3 31,3-418,0
	M	53	25,2±3,7 17,6-31,6	214,4±88,6 62,2-418,0
	F	60	22,2±3,5 14,0-30,1	149,5±76,1 31,3-377,0
EZR	M+F+Ind	69	38,5±10,7 12,3-65,3	1112,8±1039,8 23,8-4520,0
EBS	M+F+Ind	94	67±13 45-90	4357±2400 1360-9870
	M	46	66±12 48-86	4036±2227 1360-8380
	F	47	68±14 45-90	4639±2535 1363-9870

<sup>2</sup> FAO : Organisation des Nations Unis pour l'Alimentation et l'Agriculture.

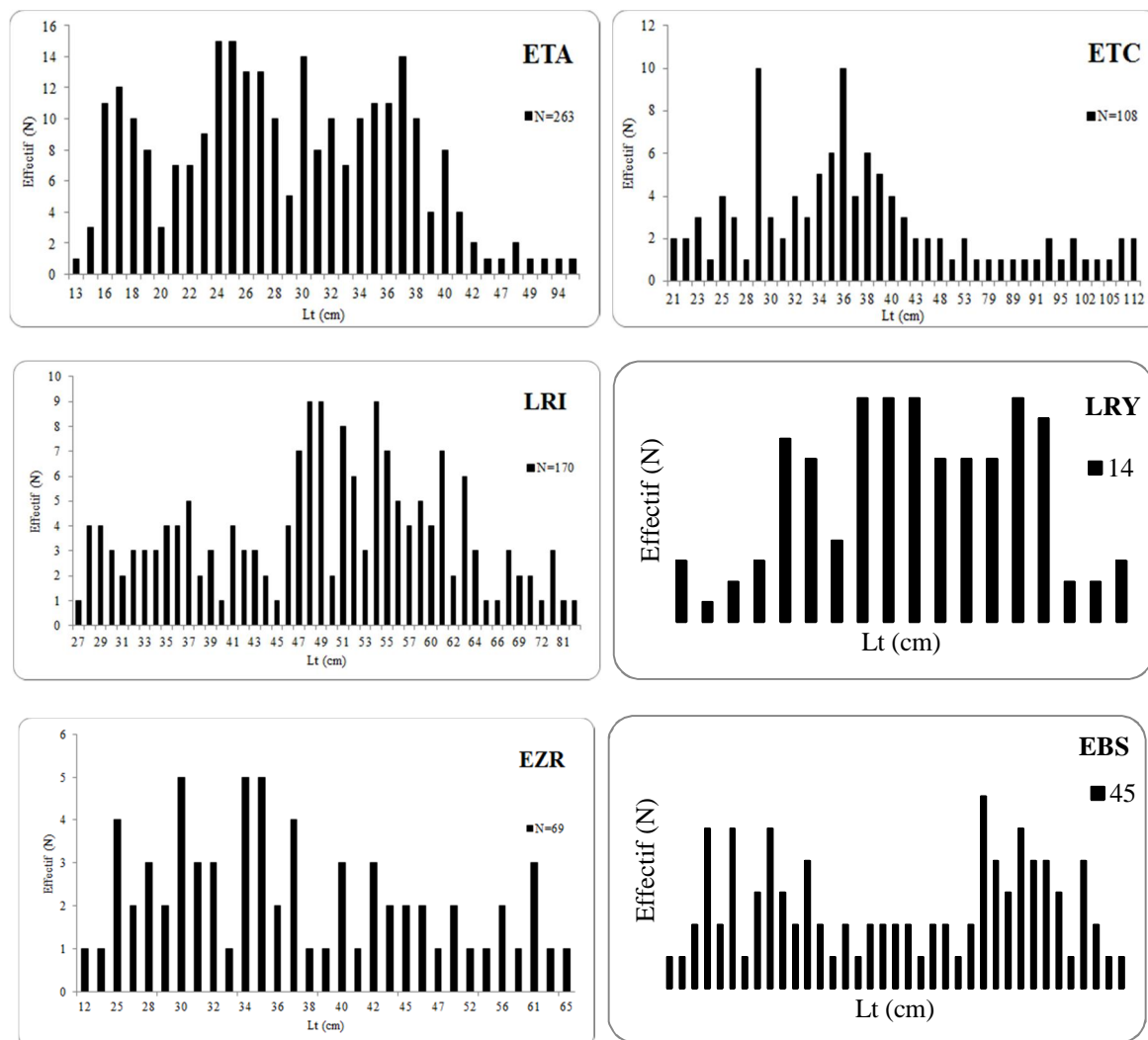


Figure 6. Distribution de fréquence de taille des différentes espèces.

## 2.2.2. Prélèvement des pièces calcifiées (otolithes, écailles et opercules)

Les otolithes sont des concrétions calcifiées logées au niveau de l'oreille interne des poissons, dans les capsules otiques du crâne. Il en existe trois types de chaque côté du crâne : la *sagitta*, le *lapillus*, *l'astericus* dans les 3 chambres otiques appelées respectivement : le *sacculus*, *l'utriculus* et la *lagaena*. La *sagitta*, qui est le plus utilisé, a une taille beaucoup plus importante que celle des 2 autres otolithes (Panfili *et al.* 2002). Ils présentent des anneaux de croissance successifs, chacun se compose d'une zone opaque (riche en matière protéique) et d'une zone translucide qui correspondent respectivement à des périodes de croissance rapide et de croissance lente (Jones 1992 ; Panfili *et al.* 2002). Les otolithes droite et gauche sont extraits en pratiquant une coupe ventrale de la tête à travers les branchies. Ils sont immédiatement nettoyés à l'eau, séchés par simple exposition à l'air à température ambiante puis stockés dans des pochettes en papier ou dans des microtubes type Eppendorf sur lesquels sont inscrites les références de chaque individu (Fig. 7)

Le prélèvement des écailles est effectué en même temps que celui des otolithes. Ce prélèvement est réalisé toujours sous la nageoire pectorale pour limiter le phénomène des écailles régénérées qui ne sont pas interprétables pour l'estimation de l'âge (Fig. 7).





Figure 7. Prélèvement et stockage des otolithes et des écailles.

Après avoir réalisé des essais d'interprétation non concluant des otolithes et écailles pour la Brème noire (*Eumegistus illustris*, EBS), les pièces formant le système operculaire ont été prélevées sur les individus (Fig. 8).

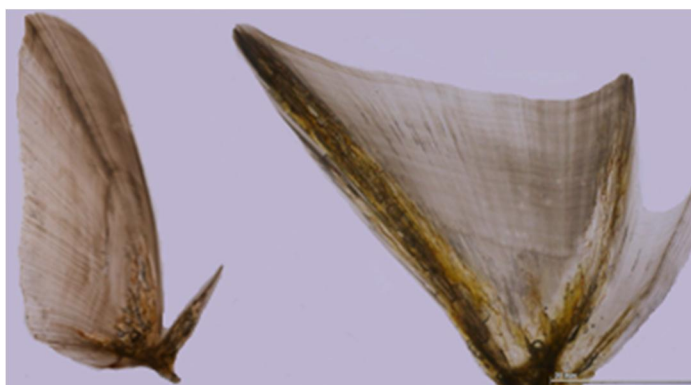


Figure 8. Pièces formant l'opercule de la Brème noire (*Eumegistus illustris*, EBS).

### 2.3. Mise au point des techniques de préparation des pièces calcifiées pour l'estimation d'âge

A partir des différentes pièces calcifiées prélevées, nous avons réalisé différents tests et préparations de façon à mettre au point la technique d'estimation d'âge la plus optimale pour chaque espèce avec d'une part, le type de pièce calcifiée utilisée et d'autre part, la méthode de préparation appliquée.



## 2.3.1. Otolithes

### 2.3.1.1. *In toto*

Les otolithes droits et gauches ont tous fait l'objet du même traitement, à savoir, une pesée ( $O_w$ ) à l'aide d'une balance de précision (poids  $\pm 0,001\text{mg}$ ) et la réalisation d'une image calibrée sur laquelle un traitement numérique, à l'aide du logiciel TNPC, a été effectué pour extraire les paramètres morphométriques de l'otolithe (Longueur :  $O_{\text{Long}}$ , Largeur :  $O_{\text{larg}}$ , Surface :  $O_{\text{Surf}}$  ; Fig. 9).

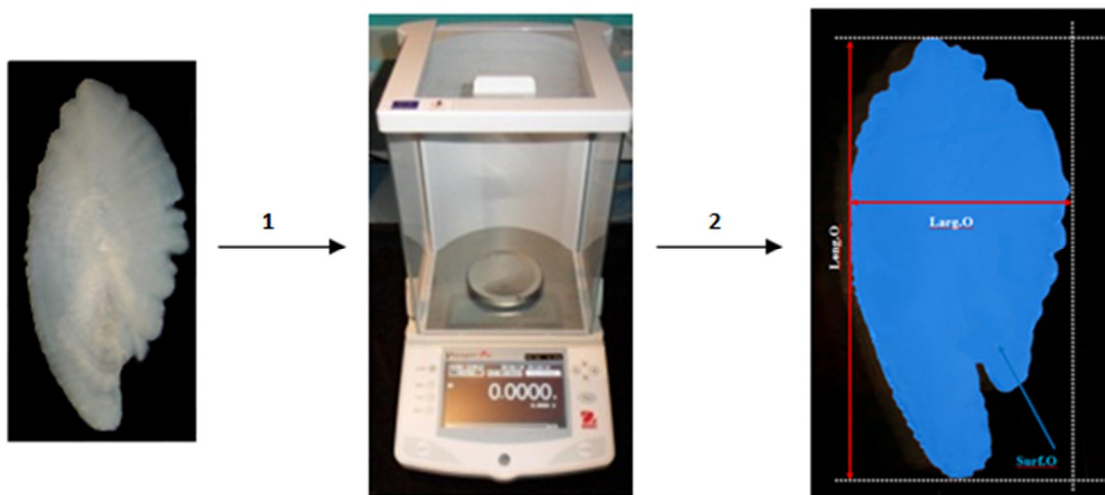


Figure 9. Traitement des otolithes entiers (1 : pesée ; 2 : extraction des paramètres morphométriques de l'otolithe).

Les otolithes entiers sont immergés dans un liquide éclaircissant (solution aqueuse ou huile de paraffine), pour améliorer l'observation à la loupe binoculaire des structures de croissance présentes à leur surface. A chaque espèce, ils sont examinés sous lumière transmise et lumière réfléchie de façon à choisir l'éclairage le plus adapté.

### 2.3.1.2. Brûlage

D'après la méthode de Christensen (1964), après réhydratation dans de l'eau, l'otolithe entier est brûlé sur une plaque chauffante (à  $350^{\circ}\text{C}$ , Fig. 10) pendant quelques secondes puis immergé dans l'eau, dans un récipient à fond plat et transparent (ex. boîte de Petri) pour être examiné sous loupe binoculaire. Le brûlage des otolithes permettant de noircir la matrice protéique.

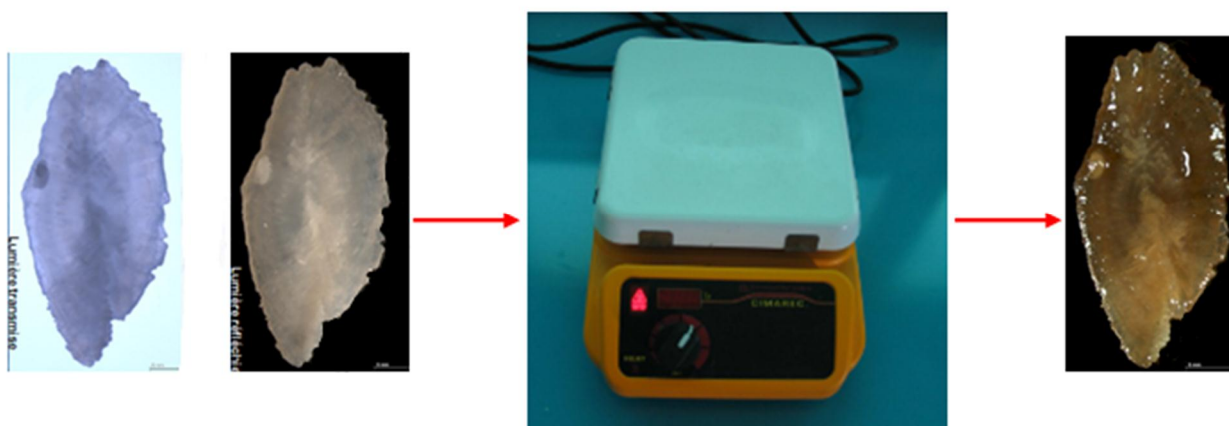


Figure 10. Technique de brûlage des otolithes entiers.

Une autre technique de brûlage consiste à casser l'otolithe entier dans le sens transversal, puis le brûler à l'aide d'une plaque chauffante (Fig. 11).

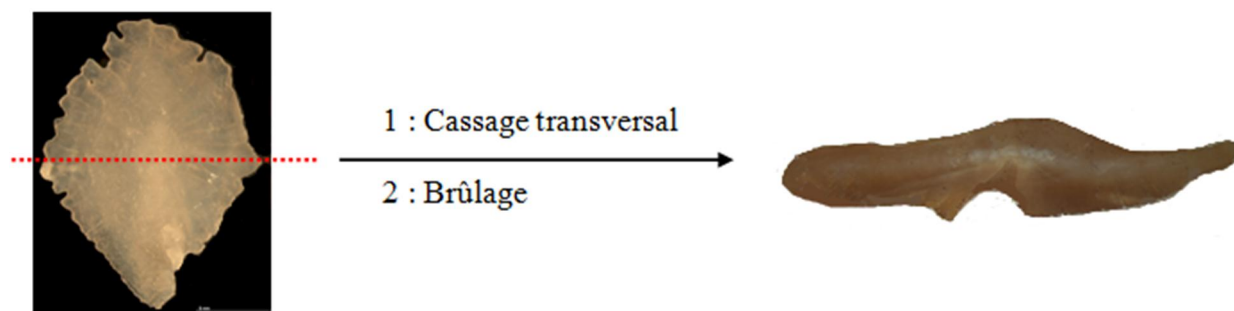


Figure 11. Technique de l'otolithe cassé/brûlé.

### 2.3.1.3. Lames fines transversales

Des tests ont été réalisés, notamment, en ce qui concerne l'épaisseur, le nombre de coupes à partir de différentes tronçonneuses de précision, afin de comparer ces différents critères qui influencent la qualité des coupes fines ainsi obtenues.

Préalablement aux coupes transversales des otolithes entiers, il est nécessaire de les inclure dans de la résine de façon à obtenir 2 à 3 coupes transversales qui passent parfaitement par le centre de l'otolithe appelé « *nucleus* ». Pour cela, une première couche de résine polyester catalysée est versée au fond d'un moule en silicone, puis laissée polymériser. Ensuite, les otolithes sont déposés face convexe « *sulcus* » contre la résine. Un système de positionnement numérique est utilisé pour l'alignement des pièces calcifiées (Fig. 12). Ensuite, une deuxième couche de résine est versée afin de couvrir complètement les otolithes. Les blocs ainsi durcis peuvent être coupés.

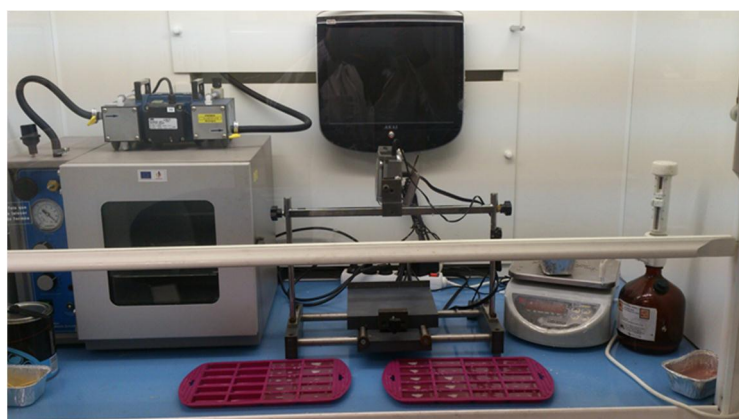


Figure 12. Mise en résine des otolithes.

Les blocs de résine présentant les otolithes sont coupés à l'aide d'une tronçonneuse automatique (Mecatome T330® PRESI ; Fig. 13). Quatre coupes transversales sont successivement réalisées de façon à obtenir 3 lames fines d'épaisseur entre 350 et 500µm selon l'espèce. Parmi ces 3 lames fines, on choisit celle qui passe à travers le *nucleus* de façon à pouvoir identifier tous les anneaux de croissance y compris le premier proche du *nucleus*.

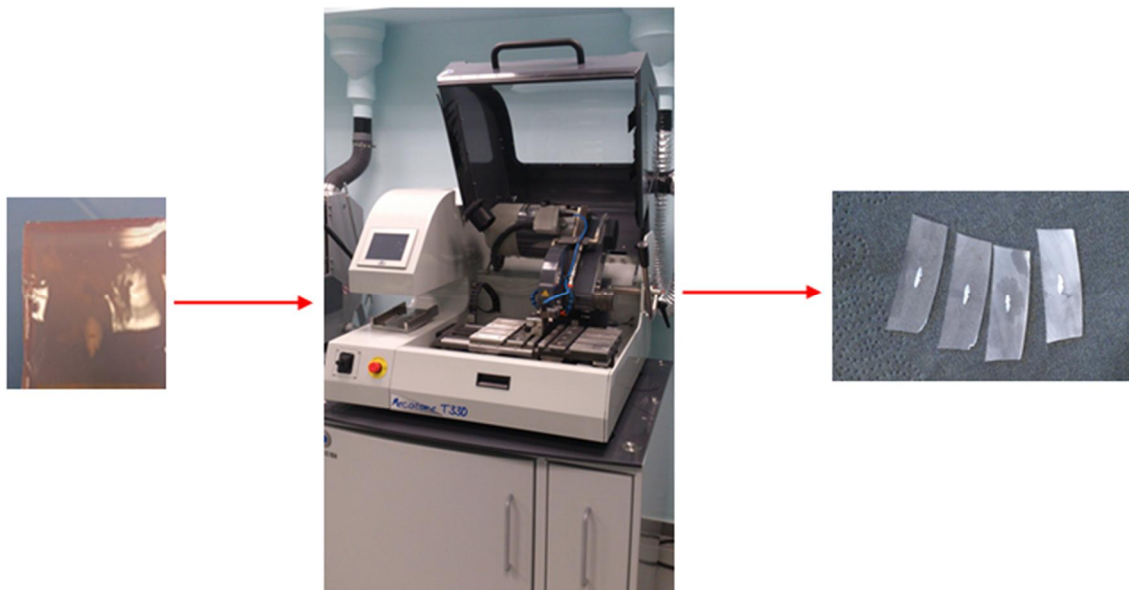


Figure 13. Coupes fines transversales (épaisseur entre 350 et 500 $\mu$ m selon l'espèce) d'otolithe à l'aide de la tronçonneuse automatique (Mecatome T330® PRESI).

### 2.3.2. Ecailles

Parmi la quinzaine d'écailles prélevées sur un individu, un premier tri est effectué pour choisir celles qui sont interprétables. Les écailles sont alors immergées dans de l'eau pour pouvoir être observées sous une loupe binoculaire (Fig. 14). Plusieurs sources lumineuses ont été testées, à savoir les lumières réfléchie et transmise, afin de choisir celle qui met le mieux en évidence les structures de croissance. Plusieurs observations ont été faites sur une même écaille ainsi qu'une comparaison entre plusieurs écailles d'un même poisson.

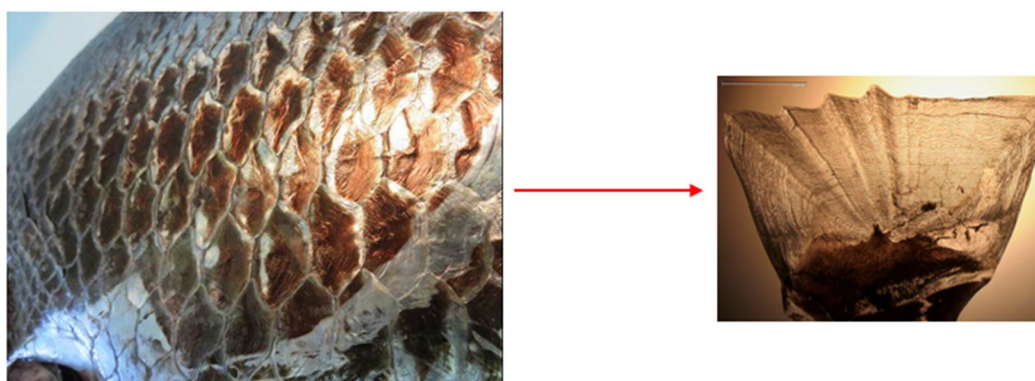


Figure 14. Observation des écailles sur le poisson et à la loupe binoculaire d'un même individu.

### 2.3.3. Opercules

Les différentes parties constituant les opercules ont été nettoyées, puis immergées dans de l'huile de paraffine pour être observées à l'aide d'une loupe binoculaire sous lumière transmise de même que réfléchie (Fig. 15).



Figure 15. Parties du système operculaire de la Brème noire (*Eumegistus illustris*, EBS).

## 2.4. Technique d'observation numérique des pièces calcifiées

Cette observation de pièces calcifiées peut être réalisée directement à partir d'un microscope ou d'une loupe binoculaire. Cependant, avec les essors technologiques de l'imagerie, l'Ifremer a développé un système d'acquisition et de traitement d'images utilisé pour l'estimation de l'âge et de la croissance assistée par ordinateur.

Depuis 2007, le traitement des pièces calcifiées est réalisé à l'aide du logiciel TNPC (Traitement Numérique des Pièces Calcifiées ; [www.tnpc.fr](http://www.tnpc.fr) ; Fig. 16) développé par l'Ifremer.



Figure 16. Logiciel TNPC® (<http://www.tnpc.fr>).

Ce système d'acquisition et de traitement des images est constitué de 3 unités (Fig. 17) :

- ❖ une unité d'acquisition d'image (caméra ou scanner) : la caméra doit être à haute résolution.
- ❖ une unité centrale de traitement, de stockage et de visualisation : un ordinateur nécessitant beaucoup de mémoire vive.
- ❖ une unité logicielle : logiciel TNPC dédié à l'acquisition et au traitement des pièces calcifiées.





Figure 17. Système d'estimation de l'âge et de la croissance assistée par ordinateur.

## 2.5. Analyse des données

### 2.5.1. Relation taille-Poids

Chez un même individu, certaines relations entre deux grandeurs mesurables du corps peuvent être formulées en équations permettant de comparer leur croissance et de passer d'une dimension à une autre. À partir de la relation taille-poids et de la croissance en longueur, il est possible d'estimer la croissance pondérale chez les poissons. La relation entre la taille et le poids d'un poisson se traduit par la formule du type (Ricker 1975) :

$$Wt = a \cdot Lt$$

$$\text{Log } Wt = \log a + b \cdot \log Lt$$

$Wt$  (g) : poids frais du poisson,  $Lt$  : longueur totale,  $a$  : constante,  $b$  : coefficient d'allométrie<sup>3</sup>.

Le coefficient  $b$  est caractéristique de l'espèce et de la phase de développement (Mayrat 1970). Un individu peut avoir une croissance isométrique<sup>4</sup> (soit  $b=3$ ), dans ce cas, les évolutions du poids et de la longueur sont proportionnelles. L'allométrie est positive ou majorante quand  $b > 3$ , ou bien négative ou minorante quand  $b < 3$  (Teissier 1948).

### 2.5.2. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques sont réalisées à l'aide du logiciel R.

#### 2.5.2.1. Relations entre les paramètres morphométriques du poisson

La significativité des relations entre les longueurs ( $Lt$ ,  $Lf$  et  $Ls$ ) et le poids ( $Wt$ ) de chaque espèce a été testée. Pour tester la relation entre la taille et le poids, une transformation logarithmique a été effectuée sur ces deux variables. Un modèle linéaire généralisé (GLM) a

<sup>3</sup> Allométrie : croissance d'un individu, d'un organe par rapport à la croissance totale.

<sup>4</sup> Isométrique : les évolutions du poids et la longueur sont proportionnelles.

été réalisé incluant l'influence du sexe sur la relation entre les paramètres morphométriques du poisson de type :

$$Y \sim X + \text{Sexe} + X : \text{Sexe}$$

Avec Y : Lt ou log Wt, X : log Lt, Lf ou Ls, X : Sexe : effet du sexe sur la relation entre X et Y.

#### 2.5.2.2. Relations entre la croissance somatique et la croissance de l'otolithe

La significativité des relations entre la longueur du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe ( $O_{\text{Long}}$  : longueur,  $O_{\text{Larg}}$  : largeur,  $O_{\text{Surf}}$  : surface, Log  $O_W$  : poids) a été testée en fonction des variables sexe (mâle/femelle) et côté de l'otolithe (gauche/droit). Pour tester la relation entre la taille du poisson et le poids de l'otolithe, une transformation logarithmique a été effectuée sur ces deux variables. Un modèle linéaire généralisé (GLM) a été réalisé de type :

$$Y \sim X + \text{Sexe} + \text{Cote} + X : \text{Sexe} + X : \text{Cote} + X : \text{Sexe} : \text{Cote}$$

Avec Y : Lt ou log Lt, X :  $O_{\text{Long}}$ ,  $O_{\text{Larg}}$ ,  $O_{\text{Surf}}$  ou  $O_W$ , X : Sexe : effet du sexe sur la relation entre X et Y, X ; Cote : effet du côté (oreilles droite et gauche) sur la relation entre X et Y ; X : Sexe : Cote : effet du côté en fonction du sexe sur la relation entre X et Y.

### 2.5.3. Paramètres de croissance

#### 2.5.3.1. Modèle de croissance de Von Bertalanffy

De nombreux modèles mathématiques traduisant la croissance en longueur des poissons d'une population en fonction de leurs âges existent à ce jour. Le modèle le plus couramment employé pour l'étude des populations de poisson est le modèle de Von Bertalanffy (1938) :

$$\begin{aligned} \text{Croissance en taille : } Lt &= L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \\ \text{Croissance en poids : } W_t &= W_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)})^3 \\ W_{\infty} &= a L_{\infty} \quad (\text{Ricker 1975}) \end{aligned}$$

K : coefficient de croissance déterminant la vitesse à laquelle le poisson atteint sa taille maximale. Lt, Wt : longueur et poids à l'instant t.  $L_{\infty}$ ,  $W_{\infty}$  : longueur et poids maximaux ou asymptotiques.  $t_0$  : âge théorique où la taille et le poids sont nuls.

La valeur de  $t_0$  n'a pas de signification biologique (Knight 1968). La détermination des paramètres du modèle ( $L_{\infty}$ , K et  $t_0$ ) a été réalisée à partir du logiciel R (Prager *et al.* 1989).

#### 2.5.3.2. Effet du sexe sur le modèle de croissance utilisé

Pour chaque espèce, un test du rapport de vraisemblance (Likelihood Ratio Tests, Kimura 1980) est utilisé pour comparer et tester les courbes de croissance de Von Bertalanffy des mâles et femelles.

### 2.5.3.3. Indice de performance de croissance

Dans l'objectif de comparer la croissance entre les différentes populations d'une part, d'une même espèce, et d'autre part, entre plusieurs espèces, l'indice de performance de croissance  $\Phi$  (en  $\text{cm.an}^{-1}$ , Pauly & Munro 1984) est utilisé :

$$\Phi = \log (K) + 2 \log (L_{\infty})$$

K et  $L_{\infty}$  sont les paramètres de croissance de l'équation de Von Bertalanffy.

### 3. Résultats

#### 3.1. Vivaneau rubis : *Etelis carbunculus*

##### 3.1.1. Systématique

Le vivaneau rubis (Fig. 18) appartient à la famille des *Lutjanidae* (Tab. 2), communément appelé vivaneau gros tête à la Réunion.



Figure 18. *Etelis carbunculus* (Vivaneau rubis, code FAO : ETA). Source : IFREMER DOI-projet DMX2.

Tableau 2. Systématique du vivaneau rubis *Etelis carbunculus* (Cuvier 1828).

Super-Classe	Ostéichthyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Lutjanidae</i>
Espèce	<i>Etelis carbunculus</i>

##### 3.1.2. Ecologie et répartition géographique

*Etelis carbunculus* est une espèce benthopélagique. Elle est présente entre 90 et 400 mètres de profondeur, plus majoritairement entre 200 et 350 mètres sur des fonds à relief important. Fréquente dans les fonds rocheux, elle se nourrit de poissons ainsi que de gros invertébrés (crabes, encornets, crevettes) (Fishbase 2014). Le vivaneau rubis est l'une des espèces profondes, tropicales, les plus capturées, et joue un rôle important dans l'industrie de la pêche en région Indo-Pacifique (Smith 1992; McCoy 2010; Delly *et al.* 2013 ; Williams *et al.* 2013). Le vivaneau rubis est largement distribué dans la région Indo-Pacifique : de Hawaï à l'Afrique de l'est et du sud du Japon à l'Australie. L'espèce est également signalée au nord de la Nouvelle-Zélande (Fig. 19 ; Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014).



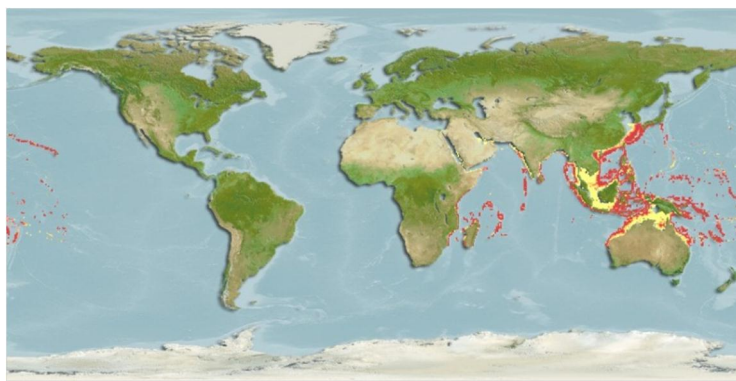


Figure 19. Aire de répartition du vivaneau rubis, *Etelis carbunculus* (source Fishbase).

### 3.1.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

*Etelis carbunculus* est une espèce caractérisée par une grande longévité et une faible mortalité naturelle (Brouard *et al.* 1984; Haight *et al.* 1993 ; Fry *et al.* 2006), et de manière générale, la croissance des espèces de la famille des *Lutjanidés* est relativement lente (Williams *et al.* 2013). Ces caractéristiques rendent l'identification et l'interprétation des structures calcifiées difficiles, affectant la précision et la reproductibilité des estimations d'âge (Brouard *et al.* 1984). Le taux de croissance de *Etelis carbunculus* diffère selon les zones géographiques. En effet, certaines estimations d'âge indiquent que les vivaneaux du sud-ouest du Pacifique croissent plus vite que ceux de Hawaï, des îles Mariannes du nord et de Polynésie française (Uchida *et al.* 1982 ; Brouard *et al.* 1984; Ralston & Williams 1988 ; Smith & Kostlan 1991; Smith 1992 ; Andrews *et al.* 2011 ; William *et al.* 2013) (Tab. 3). Des synthèses de résultats de croissance ont été réalisées par Martinez-Andrade (2003), Lloyd (2006) et Bellamy (2013).

Tableau 3. Synthèse des paramètres de croissance de *Etelis carbunculus* avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard).

Zone d'étude	N	Age observé (min/max)	Modèle de Von Bertalanffy utilisé	Type de longueur	L $\infty$ (mm)	T	K (an <sup>-1</sup> )	Référence
Îles Mariannes	62	1/6	linéaire sans contrainte	Lf	750	-0,18	0,179	Smith & Kostlan 1991
			L $\infty$ =540mm		540	-0,23	0,289	
			L $\infty$ =540mm (linéaire)		540	0,94	0,464	
			L $\infty$ =540mm, T =0		540	00	0,310	
			T =0		583,2	00	0,273	
Polynésie française	63	5/12	sans contrainte	Lf	1458,6	1,13	0,039	
			L $\infty$ = 680 mm		680	2,35	0,126	
			Linéaire, L $\infty$ = 680		680	3,05	0,145	
Hawaï	37	6/14	sans contrainte	Lf	1182,8	2,06	0,064	
			L $\infty$ = 718 mm		718	3,32	0,163	
			Linéaire, L $\infty$ = 680		718	4,03	0,190	
Vanuatu	13	5/9	L $\infty$ = 1270 mm	Lf	1270	1,41	0,129	
			L $\infty$ = 1270 mm (linéaire)		1270	1,62	0,137	
Papouasie N-Guinée	20	4/28	avec contrainte	Ls	791	/	0,10	Fry <i>et al.</i> 2006
Nouvelle-Calédonie	96	3/21	sans contrainte	Lf	895,51	0,51	0,28	Williams <i>et al.</i> 2013
Îles Mariannes	4	1/3	sans contrainte	Lf	403	-1,06	0,347	Ralston & Williams 1988
Vanuatu	36	-/41	sans contrainte	Lf	828	0	0,15	Brouard <i>et al.</i> 1983
Hawaï	14	-	sans contrainte	Lf	639	-0,60	0,36	Uchida <i>et al.</i> 1982

### 3.1.4. Structures démographiques

La répartition en taille des vivaneaux échantillonnés (mâles, femelles et indéterminés) est représentée sous la forme d'histogramme (Fig. 20). La majorité des individus ont une longueur totale comprise entre 15 et 58 cm, avec seulement 2 individus (femelle) de taille supérieure (95 et 98 cm). La longueur totale moyenne des mâles et des femelles est respectivement de  $28 \pm 8$  cm et  $32 \pm 11$  cm ( $29 \pm 10$  cm pour l'ensemble des individus). Le nombre des femelles (140) est supérieur à celui des mâles (114). Parmi les individus d'*Etelis carbunculus*, 9 sont de sexe indéterminé.

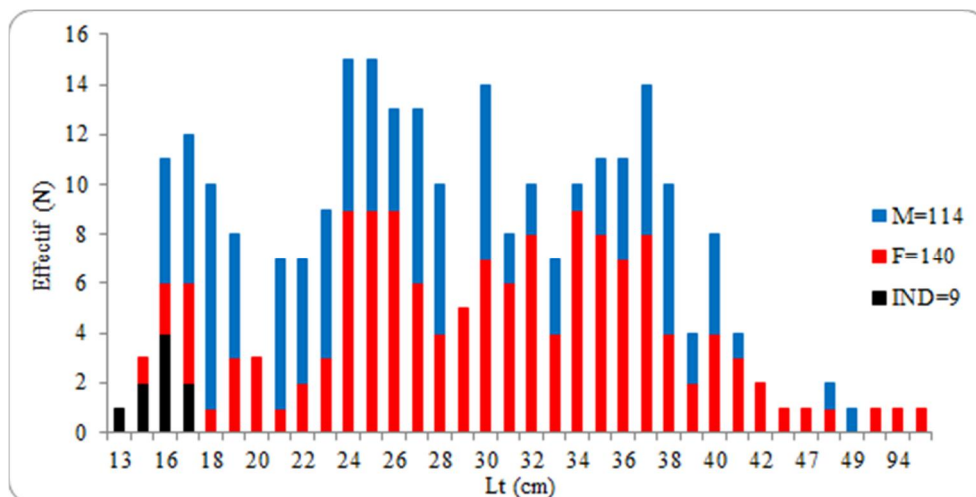


Figure 20. Distribution de fréquence de taille d'*Etelis carbunculus*.

### 3.1.5. Relations biométriques

Il existe une corrélation significative entre la longueur totale (Lt) et la longueur à la fourche (Lf) ( $p < 2,2.10^{-16}$ ), et elle est de même entre Lt et la longueur standard ( $p < 2,2.10^{-16}$ ). L'effet sexe est significatif pour la relation Lt/Lf ( $p < 0,05$ ), contrairement à Lt/Ls ( $p = 0,49$  ; Tab. 4).

Tableau 4. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (logWt, g) chez *Etelis carbunculus*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau, (en gras = effet significatif).

Type de Relation	N	r <sup>2</sup>	a	b	Effet longueur	Effet sexe
Lt=a.Lf+b	263	0,99	1,131	0,583	<b>&lt; 2,2.10<sup>-16</sup></b>	<b>0,000</b>
Lt=a.Ls+b	263	0,99	1,210	0,766	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	0,491
logWt=log a+ b.log Lt	263	0,99	0,008	3,111	<b>&lt; 2,2.10<sup>-16</sup></b>	<b>4,166.10<sup>-11</sup></b>

Les coefficients de la relation taille-poids sont significatifs ( $p < 2,2.10^{-16}$  ; Tab. 4) d'une part, et d'autre part, l'effet sexe mâles-femelle est significatif ( $p < 0,05$ ). Le coefficient des pentes des équations de la relation taille-poids est supérieure à la valeur théorique de 3 chez les deux sexes ( $b = 3,04$  pour les mâles et  $3,16$  pour les femelles, Fig. 21) traduisant ainsi une croissance allométrique positive chez les 2 sexes et l'ensemble des vivaneaux rubis ( $b = 3,11$  ; Fig. 21).

Il est à noter que pour cette espèce, il y a seulement 2 grands individus femelles (95 et 98 cm) pouvant expliquer la significativité de l'effet sexe sur les relations entre les paramètres morphométriques du poisson.

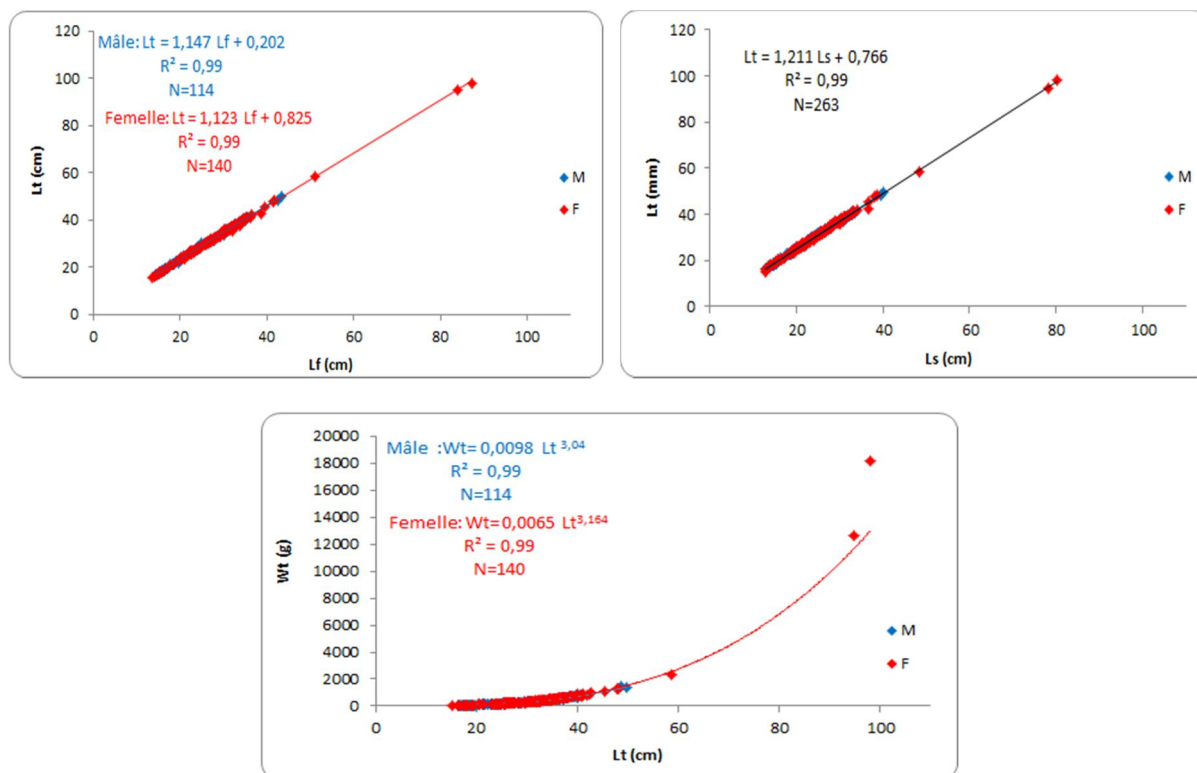


Figure 21. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles d'*Etelis carbunculus*.

### 3.1.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

Les différentes relations entre la longueur totale (Lt) du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ ,  $O_{Larg}$ ,  $O_{Surf}$ ,  $O_w$ ) sont significatives ( $p < 0,05$  ; Tab. 5). La croissance de ces paramètres de l'otolithe est proportionnelle à celle du poisson. L'effet sexe n'a pas d'influence significative sur ces relations ( $p > 0,05$ ), contrairement au côté de l'otolithe qui représente des différences significatives pour tous les paramètres morphométriques ( $p < 0,05$ ). En revanche, l'effet combiné (sexe/côté) n'a pas d'impact significatif sur les relations (Tab. 5).

Tableau 5. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_w$  : poids) d'*Etelis carbunculus*. Les effets « côté » et « sexe » et leur interaction sont testés (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,846	<b><math>2,134 \cdot 10^{-08}</math></b>	0,443
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>1,717 \cdot 10^{-12}</math></b>	0,720	<b><math>3,036 \cdot 10^{-06}</math></b>	0,568
$Lt = a \cdot O_{surf} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,191	<b><math>3,746 \cdot 10^{-07}</math></b>	0,315
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_w$	<b><math>5,715 \cdot 10^{-11}</math></b>	0,449	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,087

L'effet côté étant significatif ( $p < 0,05$ ; Tab. 5 et Fig. 22), les coefficients de la relation linéaire entre les paramètres de l'otolithe et la longueur totale du poisson sont présentés selon le côté (Tab. 6).

Tableau 6. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Etelis carbunculus* selon les effets significatifs testés précédemment, (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	46	<b>G</b>	-	0,89	61,255	-252,51
		34	<b>D</b>		0,89	61,250	-247,66
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	46	<b>G</b>	-	0,73	155,37	-371,83
		34	<b>D</b>		0,74	144,87	-305,31
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	46	<b>G</b>	-	0,90	11,485	-3,987
		34	<b>D</b>		0,87	11,555	3,215
$O_W$ (mg)	Linéaire	46	<b>G</b>	-	0,92	0,008	3,483
		34	<b>D</b>		0,92	0,017	1,370

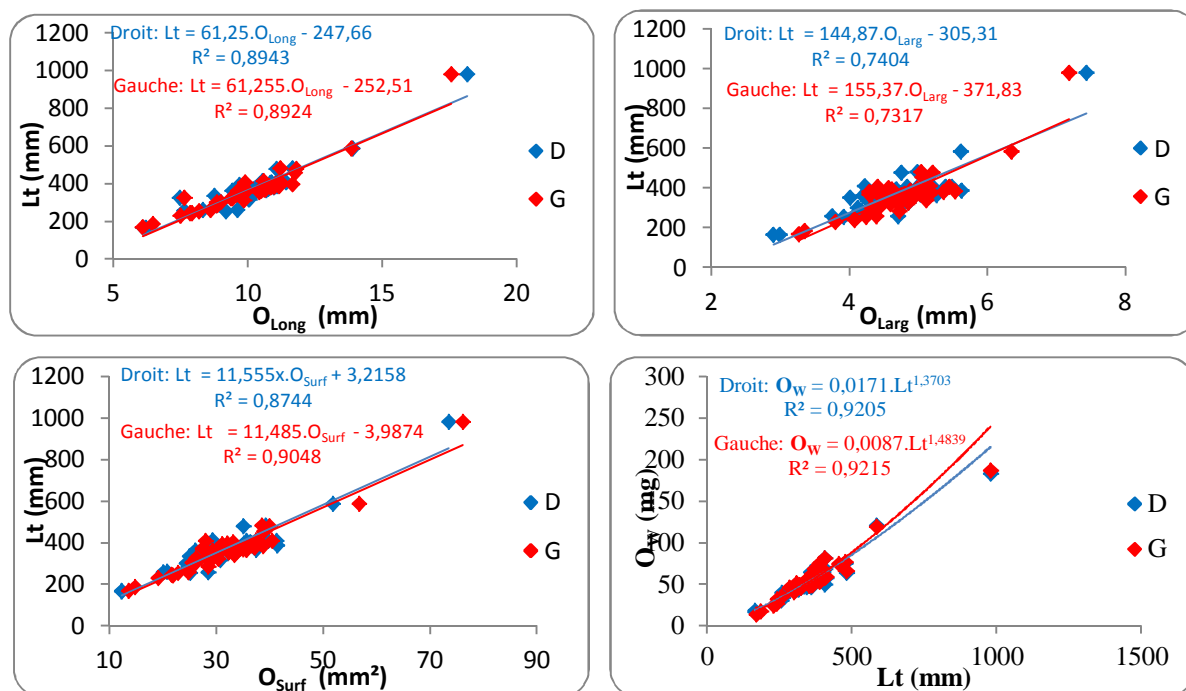


Figure 22. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale,  $O_W$  : poids) et de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Etelis carbunculus*.

### 3.1.7. Croissance

#### 3.1.7.1. Courbes de croissance de *Etelis carbunculus*.

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge déterminées sur des otolithes entiers ainsi qu'à partir des coupes transversales d'otolithes pour les plus grands individus (> 40 cm ; Fig. 23). La surface des écailles des petits individus (Annexe 1) présente des structures qui peuvent être utilisées lors de l'estimation de l'âge.

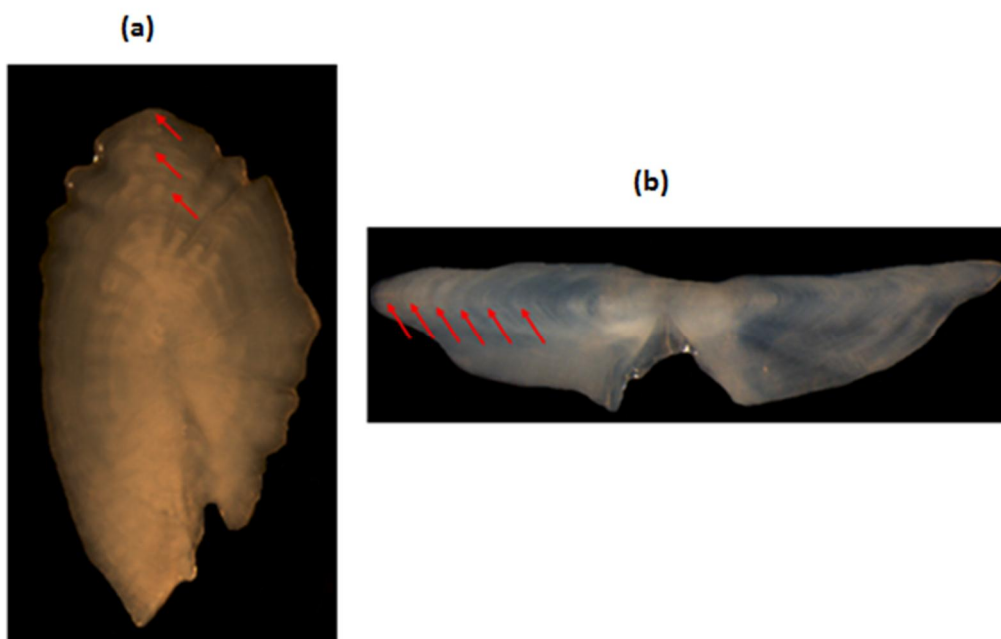


Figure 23. Estimation d'âge à partir d'otolithe *in toto* (a) et de coupe transversale d'otolithe (b) d'*Etelis carbunculus*.

L'âge de 230 individus a été estimé (102 mâles, 120 femelles et 8 individus de sexe indéterminé). Selon le modèle de croissance obtenu, la croissance des femelles est bien supérieure à celle des mâles (Fig. 24), néanmoins, cette croissance est similaire pour les deux sexes pendant les premières années de leur vie (jusqu'à 4 ans). Les individus échantillonnés présentaient tous une longueur totale inférieure à 70 cm à l'exception de 2 grands individus femelle (95 et 98 cm) qui peuvent éventuellement expliquer en partie la différence de croissance entre les deux sexes.

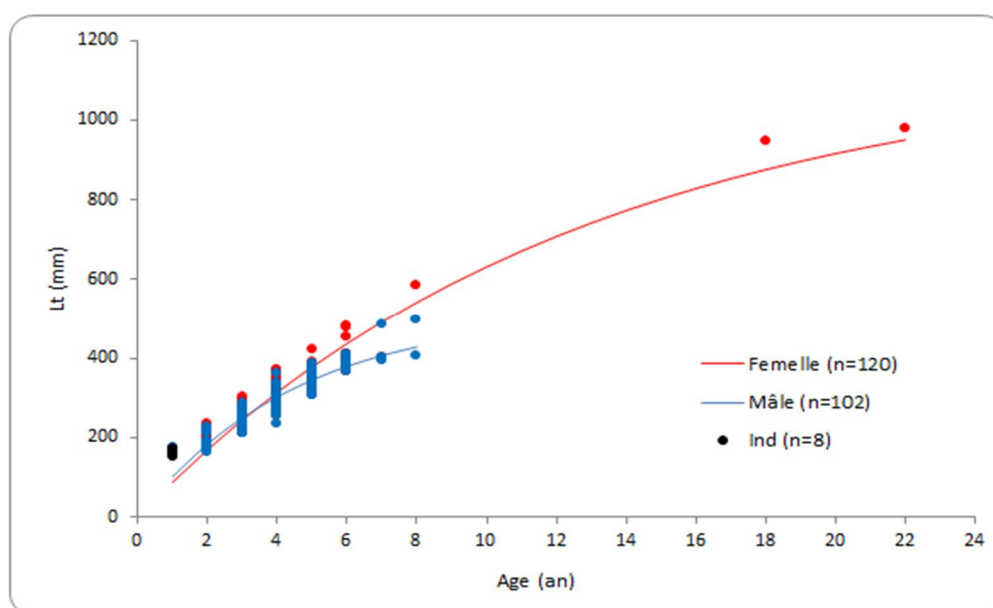


Figure 24. Courbes de croissance des mâles et femelle d'*Etelis carbunculus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

### 3.1.7.2. Paramètres de croissance de Von Bertalanffy

Les femelles peuvent atteindre une longueur maximale théorique ( $L\hat{O}$ ) de 114,8 cm bien supérieure à celle des mâles qui est de 52 cm (Tab.7). Le coefficient de croissance des mâles ( $k = 0,22$ ) est supérieur à celui des femelles ( $k = 0,08$ ). L'indice de performance de croissance ( $\Phi$ , cm/an) indique que les femelles ont une meilleure croissance que les mâles (3,01 et 2,77 respectivement ; Tab. 7).

Tableau 7. Paramètres de croissance de *Etelis carbunculus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sexe	Modèle de croissance	$L\hat{O}$ (cm)	$W\hat{O}$ (g)	$K$ (an <sup>-1</sup> )	T	$\Phi$ (cm/an)
Mâle	Contrainte $T_0=0$	51,81	1596,04	0,22	0	2,77
Femelle		114,8	21407,67	0,08	0	3,01

Le poids maximal théorique que peuvent atteindre les femelles est supérieur à celui des mâles (21,4 kg et 1,6 kg respectivement). Les poids les plus élevés de *Etelis carbunculus* enregistrés dans cette étude sont de 18,2 kg pour les femelles et 1,46 kg pour les mâles.

### 3.2. Vivaneau flamme : *Etelis coruscans*

#### 3.2.1. Systématique

Le vivaneau flamme (Fig. 25) appartient à la famille des *Lutjanidae* (Tab. 8), est localement appelé onaga.



Figure 25. *Etelis coruscans* (Vivaneau la flamme, code FAO : ETC). Source : IFREMER DOI-projet DMX2.

Tableau 8. Systématique du vivaneau flamme, *Etelis coruscans* (Valencienne, 1862).

Super-Classe	Ostéichtyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Lutjanidae</i>
Espèce	<i>Etelis coruscans</i>

#### 3.2.2. Ecologie et répartition géographique

*Etelis coruscans* est une espèce benthopélagique, elle est présente entre 90 et 400 mètres de profondeur. Elle affectionne les fonds rocheux et se nourrit de petits poissons, calmars et crustacés (Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014). Elle est considérée comme une importante source de nourriture et fait partie des poissons de fond de grande importance en termes des débarquements et de pêche commerciale dans plusieurs régions Indo-Pacifiques (Everson *et al.* 1989).

L'espèce *Etelis coruscans* est présente dans les océans Indien et Pacifique (Fig. 27 ; Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014), elle s'étend aux côtes Atlantiques d'Amérique latine et d'Afrique (Everson *et al.* 1989).



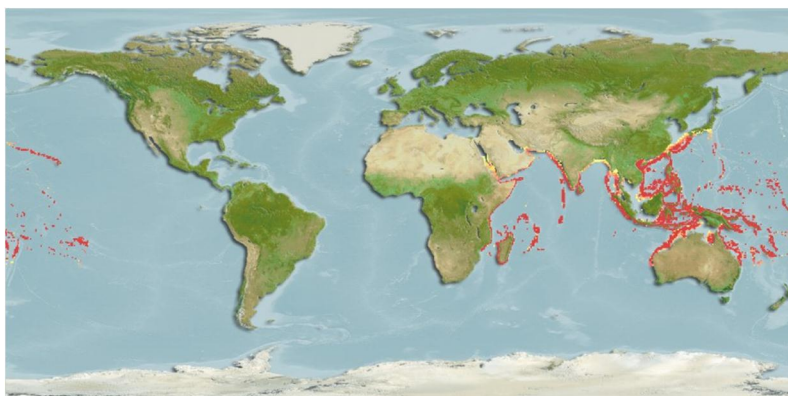


Figure 26. Aire de répartition du vivaneau flamme, *Etelis coruscans* (source Fishbase).

### 3.2.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

En matière de croissance, *Etelis coruscans* présente les mêmes caractéristiques que les autres espèces profondes, notamment, *Etelis carbunculus*. A savoir, une croissance lente, une grande longévité, un âge à première maturité sexuelle élevé et une faible mortalité naturelle ce qui augmente la vulnérabilité de ces espèces aux impacts de la pêche (Brouard *et al.* 1984; Haight *et al.* 1993; Fry *et al.* 2006 ; Fowler 2009). De manière générale, la croissance des espèces *Lutjanidés* est plus importante et rapide pendant les premières années de leur vie, puis se ralentit (Williams *et al.* 2013). Comme les autres espèces profondes, ces caractéristiques, rendent l'identification et l'interprétation des structures calciques difficiles, affectant la précision et la reproductibilité des estimations d'âge (Brouard *et al.* 1984). Des synthèses de résultats de croissance ont été réalisées par Martinez-Andrade en 2003 et Lloyd en 2006.

Tableau 9. Synthèse des paramètres de croissance de *Etelis coruscans* avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard).

Zone d'étude	N	Age observé (min/max)	Modèle de Von Bertalanffy utilisé	Type de longueur	L <sub>∞</sub> (mm)	T	K (an <sup>-1</sup> )	Référence
Papouasie Nouvelle-Guinée	6	2/20	sans contrainte	Ls	729	/	0,27	Fry <i>et al.</i> 2006
Nouvelle-Calédonie	79	2/18	sans contrainte	Lf	993,50	-0,93	0,14	Williams <i>et al.</i> 2013
Îles Mariannes	11	1/9	sans contrainte	Lf	1091	-1,19	0,123	Ralston & Williams 1988
Vanuatu	26	-	sans contrainte	Lf	696	0	0,23	Brouard <i>et al.</i> 1983
Hawaï	14	1/13	avec contrainte L <sub>∞</sub> basé sur 95% de L <sub>max</sub>	Lf	1175	-0,36	0,106	Williams <i>et al.</i> 1997
	28	3/10		Lf	921	1,6	0,273	

### 3.2.4. Structures démographiques

La répartition en taille des individus mâles, femelles et indéterminés traités dans cette étude est représentée par la figure 27.

La longueur totale de la plus part des poissons varie de 20 à 50 cm, avec quelques individus entre 80 et 112 cm. Le ratio mâle/femelle est de 46/54, respectivement, avec la présence de quelques individus de sexe indéterminé (8). La longueur totale moyenne des mâles et des femelles est de  $43 \pm 21$  cm et  $48 \pm 27$  cm respectivement ( $45 \pm 24$  cm pour l'ensemble des échantillons).



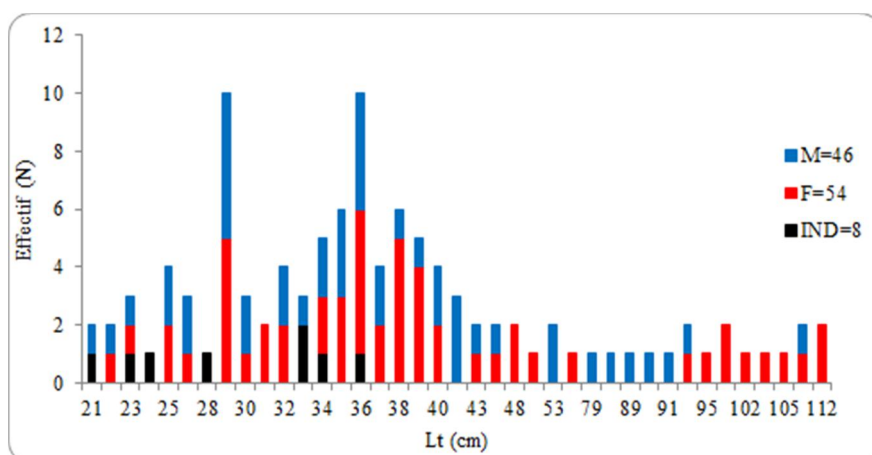


Figure 27. Distribution de fréquence de taille d'*Etelis coruscans*.

### 3.2.5. Relations biométriques

La corrélation entre la longueur totale (Lt) et les deux autres longueurs (Lf, Ls) est significative ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), idem pour la relation taille-poids (Tab. 10). L'effet sexe n'est pas significatif pour les différentes relations ( $p > 0,005$ ).

Tableau 10. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez *Etelis coruscans*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).

Type de Relation	N	$r^2$	a	b	Effet longueur	Effet sexe
$Lt = a \cdot Lf + b$	108	0,99	1,420	-4,683	<b><math>&lt; 2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,692
$Lt = a \cdot Ls + b$	108	0,99	1,525	-4,753	<b><math>&lt; 2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,626
$\log Wt = \log a + b \cdot \log Lt$	108	0,99	0,024	2,711	<b><math>&lt; 2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,960

Le coefficient des pentes des équations de la relation taille-poids est inférieur à la valeur théorique de 3 chez les deux sexes (2,69 pour les mâles et 2,70 pour les femelles, Fig. 28). La croissance pondérale des vivaneaux flamme est négative ou minorante ( $b = 2,71$  ; Fig. 28).

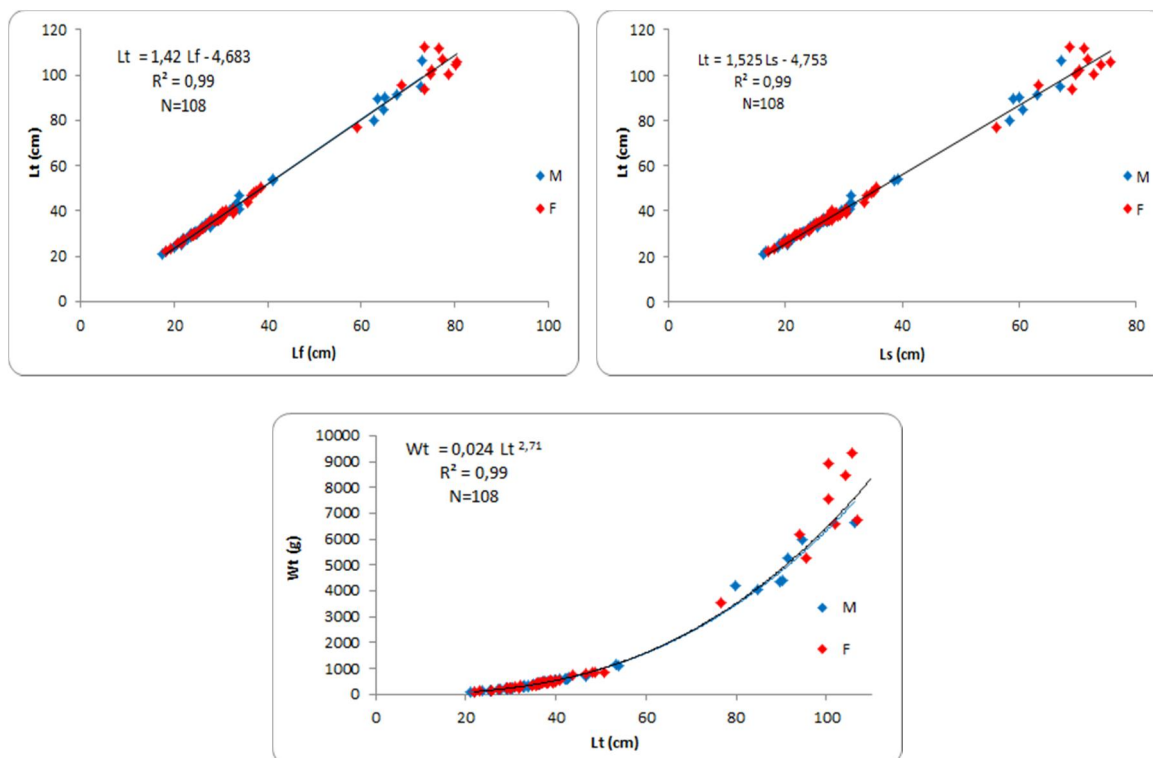


Figure 28. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de *Etelis coruscans*.

### 3.2.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

Il existe une relation linéaire significative entre la longueur totale (Lt) du poisson et les différentes mesures morphométriques de l'otolithe (longueur, largeur, surface et le poids ; Tab.11). L'effet côté de l'otolithe est significatif pour les relations de longueur totale du poisson et la longueur, largeur et surface de l'otolithe ( $p < 0,05$ ), mais pas pour le poids. En revanche, l'effet sexe et sexe/côté combinés n'ont pas d'influence significative sur les relations de croissance du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe ( $p > 0,05$  ; tab.11).

Tableau 11. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_w$  : poids) de *Etelis coruscans*. Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	<b><math>2,515 \cdot 10^{-15}</math></b>	0,900	<b><math>1,878 \cdot 10^{-07}</math></b>	0,840
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>1,350 \cdot 10^{-11}</math></b>	0,684	<b><math>1,940 \cdot 10^{-08}</math></b>	0,539
$Lt = a \cdot O_{surf} + b$	<b><math>1,292 \cdot 10^{-14}</math></b>	0,284	<b>0,000</b>	0,824
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_w$	<b>0,0005784</b>	0,109	0,956	0,264

Les valeurs des coefficients de la relation linéaire entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques des otolithes sont représentés selon le côté de l'oreille interne dans le tableau 12 et la figure 29.

Tableau 12. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Etelis coruscans* selon les effets significatifs testés précédemment (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	18	<b>G</b>	-	0,96	97,099	-469,83
			<b>D</b>		0,97	97,117	-450,64
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	18	<b>G</b>	-	0,92	264,05	668,08
			<b>D</b>		0,89	257,35	533,62
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	18	<b>G</b>	-	0,87	15,925	44,573
			<b>D</b>		0,90	18,344	18,591
$O_W$ (mg)	Linéaire	18	-	-	0,96	0,004	1,499

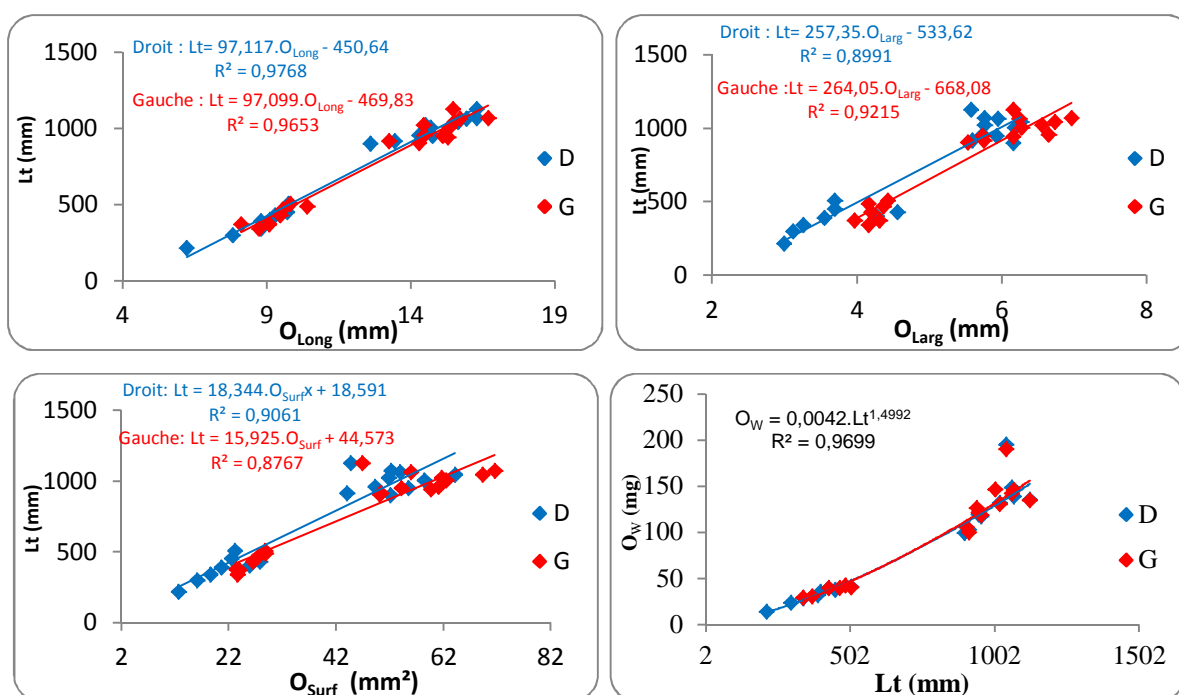


Figure 29. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit,  $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Etelis coruscans*.

### 3.2.7. Croissance

#### 3.2.7.1. Courbes de croissance de *Etelis coruscans*.

La relation entre la taille (Lt) et l'âge des poissons (46 mâles et 54 femelles et 8 individus de sexe indéterminé) a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge déterminées sur des otolithes entiers ainsi qu'à partir des coupes transversales d'otolithes pour les plus grands individus (Fig. 30). La surface des écailles des grands individus présente des structures qui ne permettent pas d'identifier l'âge étant donné qu'il est très difficile de séparer les anneaux dits de croissance des faux anneaux dus à des stress physiologiques ou environnementaux (Annexe 2).



Figure 30. Estimation d'âge à partir d'otolithes *in toto* et de coupe transversale d'otolithes d'*Etelis coruscans*.

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de croissance de Von Bertalanffy. Les modèles de croissance des mâles et des femelles ne sont pas différents (Fig. 31). La croissance des mâles et femelle est quasi identique.

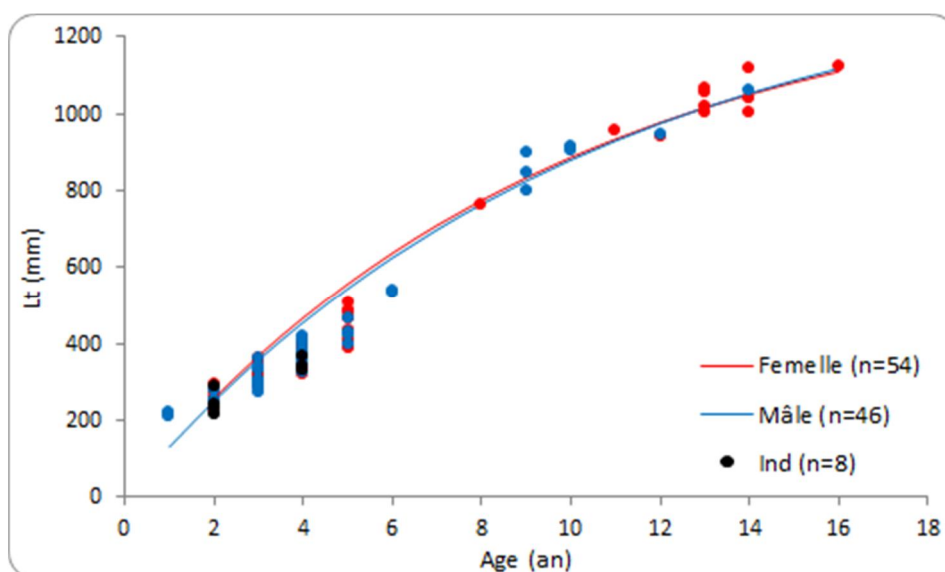


Figure 31. Courbes de croissance des mâles et femelles d'*Etelis coruscans* selon le modèle de Von Bertalanffy.

### 3.2.7.2. Paramètres de croissance de Von Bertalanffy

L'âge a été estimé pour 108 individus (46 mâles, 54 femelles et 8 individus de sexe indéterminé). En fonction du modèle de croissance obtenu, les longueurs asymptotiques ( $L_{\infty}$ ) des mâles et des femelles sont très proches (141,88 cm et 136,52 cm respectivement ; Tab.13). L'indice de performance de croissance ( $K$ ) (cm/an) montre qu'il n'y a pas de différences entre les mâles et les femelles (3,29 pour les 2 sexes ; Tab.7). La vitesse de croissance des femelles ( $k = 1,05$ ) est légèrement supérieure à celle des mâles ( $k = 0,09$ ).

Tableau 13. Paramètres de croissance de *Etelis coruscans* selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sexe	Modèle de croissance	L $\hat{O}$ (mm)	W $\hat{O}$ (g)	K (an <sup>-1</sup> )	T	(cm/an)
Mâle	Contrainte T <sub>0</sub> = 0	141,88	16244,34	0,097	0	3,29
Femelle		136,52	15005,46	0,105	0	3,29

Le poids maximal théorique que peuvent atteindre les mâles est légèrement supérieur à celui des femelles (16 kg et 15 kg respectivement). Les poids les plus élevés de *Etelis coruscans* enregistrés dans cette étude sont de 9,3 kg pour les femelles et 6,6 kg pour les mâles.

### 3.3. Gros ecal : *Pristipomoides multidens*

#### 3.3.1. Systématique

Le colas à bandes dorées (Fig. 32), localement appelé gros ecal, appartient à la famille des *Lutjanidae* (Tab. 14).



Figure 32. *Pristipomoides multidens* (Colas à bandes dorées, code FAO : LRI. Source : IFREMER DOI-projet DMX2.

Tableau 14. Systématique du gros ecal, *Pristipomoides multidens* (Day 1870).

Super-Classe	Ostéichtyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Lutjanidae</i>
Espèce	<i>Pristipomoides multidens</i>

#### 3.3.2. Ecologie et répartition géographique

*Pristipomoides multidens* est une espèce démersale, présente entre 20 et 245 mètres de profondeur, plus majoritairement entre 125 et 175 m. Elle vit en banc, dans les fonds rocheux et escarpés. Elle se nourrit de poissons, crevettes, crabes, homards, stomatopodes, des calmars, des gastéropodes et urochordés (Fricke *et al.* 2009 ; Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014).

Le colas à bandes dorées est présent dans la région océanique Indo-Pacifique, de la mer Rouge à la mer d'Arabie et d'Afrique de l'est à Samoa, du nord au sud du Japon et au sud de l'Australie (Carpenter & Niem 2001 ; Newman & Dunk 2003 ; Fig. 33).

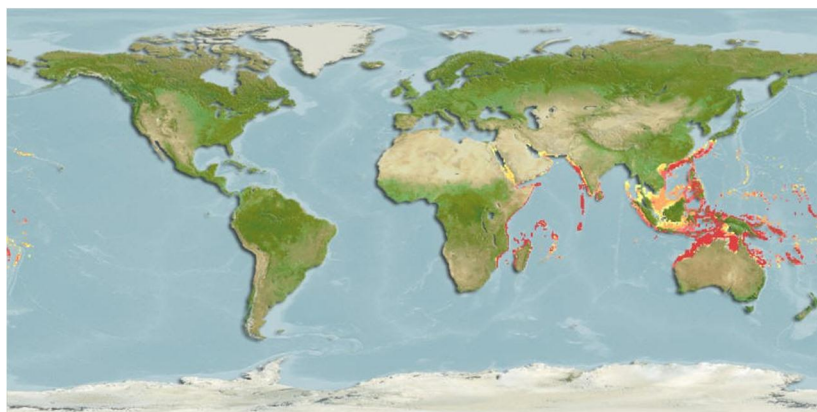


Figure 33. Aire de répartition du gros ecal, *Pristipomoides multidens* (source Fishbase).

### 3.3.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

*Pristipomoides multidens* représente une part importante des captures démersales dans les régions tropicales. Une grande longévité, une croissance relativement lente et un mode de vie grégaire rendent cette espèce vulnérable à la pêche (Newman & Dunk 2003). Les variations qui existent entre les différentes estimations d'âge d'une zone géographique à une autre (14 ans maximum en Papouasie-Nouvelle-Guinée, Richards 1987 ; 8 ans aux Vanuatu, Brouard *et al.* 1984 ; 14 ans en mer de Timor, Edwards 1985 ; 5 ans en Malaisie par Mohsin & Ambak 1996) peuvent être liées aux biais inhérents aux différentes méthodes d'estimation utilisées (Newman & Dunk 2003). Des synthèses de résultats de croissance ont été réalisées par Martinez-Andrade en 2003 et Lloyd en 2006 (Tab.15).

Tableau 15. Synthèse des paramètres de croissance de *Pristipomoides multidens* avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard).

Zone d'étude	N	Age observé (min/max)	Modèle de Von Bertalanffy utilisé	Type de longueur	LÔ (mm)	T	K (an <sup>-1</sup> )	Référence
Australie	1879	3/30	Mâle	Lf	594,49	-0,3601	0,1868	Newman & Dunk 2003
	1600	4/27	Femelle		603,23	0,0018	0,1867	
	3479	0/30	Mâle et Femelle		598,08	-0,1730	0,1873	
Papouasie Nouvelle-Guinée	36	2/15	sans contrainte	Ls	496	/	0,24	Fry <i>et al.</i> 2006
Mer de Timor (Australie)	356	2/14	sans contrainte	Lf	591	-0,073	0,219	Edwards 1985
Vanuatu	390	1/8	sans contrainte	Lf	602	0	0,35	Brouard <i>et al.</i> 1984
Mer de Timor (Australie)	675	2/18	sans contrainte T =0 ; Mâle	Lf	721,7	0	0,14	Lloyd 2010
	719	2/17	sans contrainte T =0 Femelle		710,3	0	0,15	
	1394	2/18	sans contrainte T =0 Mâle et femelle		716	0	0,15	
Mer d'Arafura (Australie)	738	1/15	sans contrainte T =0 Mâle	Lf	871	0	0,10	
	706	1/14	sans contrainte Femelle		713	0	0,13	
	1572	1/15	sans contrainte Mâle et femelle		787	0	0,11	
Indonésie	144	4/16	sans contrainte T =0 Mâle	Lf	824,8	0	0,11	
	194	4/20	sans contrainte Femelle		739,7	0	0,13	
	338	4/20	sans contrainte Mâle et femelle		824,5	0	0,10	



### 3.3.4. Structures démographiques

La distribution en taille des mâles et des femelles traités est représentée dans la figure 34. La taille des individus varie de 27 à 87 cm. La longueur totale moyenne des mâles et des femelles est de  $51 \pm 11$  cm ( $n = 86$ ) et  $48 \pm 13$  cm ( $n = 84$ ), respectivement. Elle est de  $50 \pm 12$  cm pour l'ensemble des individus.

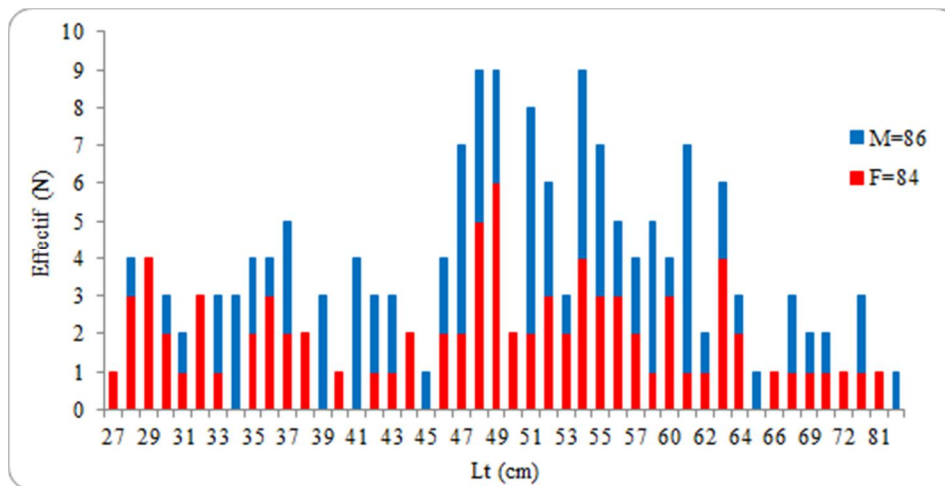


Figure 34. Distribution de fréquence de taille de *Pristipomoides multidens*.

### 3.3.5. Relations biométriques

Il existe une corrélation significative entre la longueur totale (Lt) et les deux autres longueurs (Lf, Ls) ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), idem pour la relation taille-poids (Tab. 16). L'effet sexe n'est pas significatif pour les différentes relations ( $p > 0,05$ ) des paramètres de croissance somatique de *Pristipomoides multidens*.

Tableau 16. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez *Pristipomoides multidens*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).

Type de Relation	N	r <sup>2</sup>	a	b	Effet longueur	Effet sexe
Lt=a.Lf+b	170	0,99	1,139	1,856	< <b><math>2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,614
Lt=a.Ls+b	170	0,99	1,230	1,709	< <b><math>2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,843
logWt=log a+ b.log Lt	170	0,99	0,009	3,048	< <b><math>2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,135

Il existe une corrélation significative entre la taille et le poids chez *Pristipomoides multidens* ( $p < 0,05$ ). Le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids est légèrement supérieure à la valeur théorique de 3 ( $b = 3,05$  ; Tab.16 et Fig.35) traduisant ainsi une croissance allométrique majorante chez l'espèce *Pristipomoides multidens*.



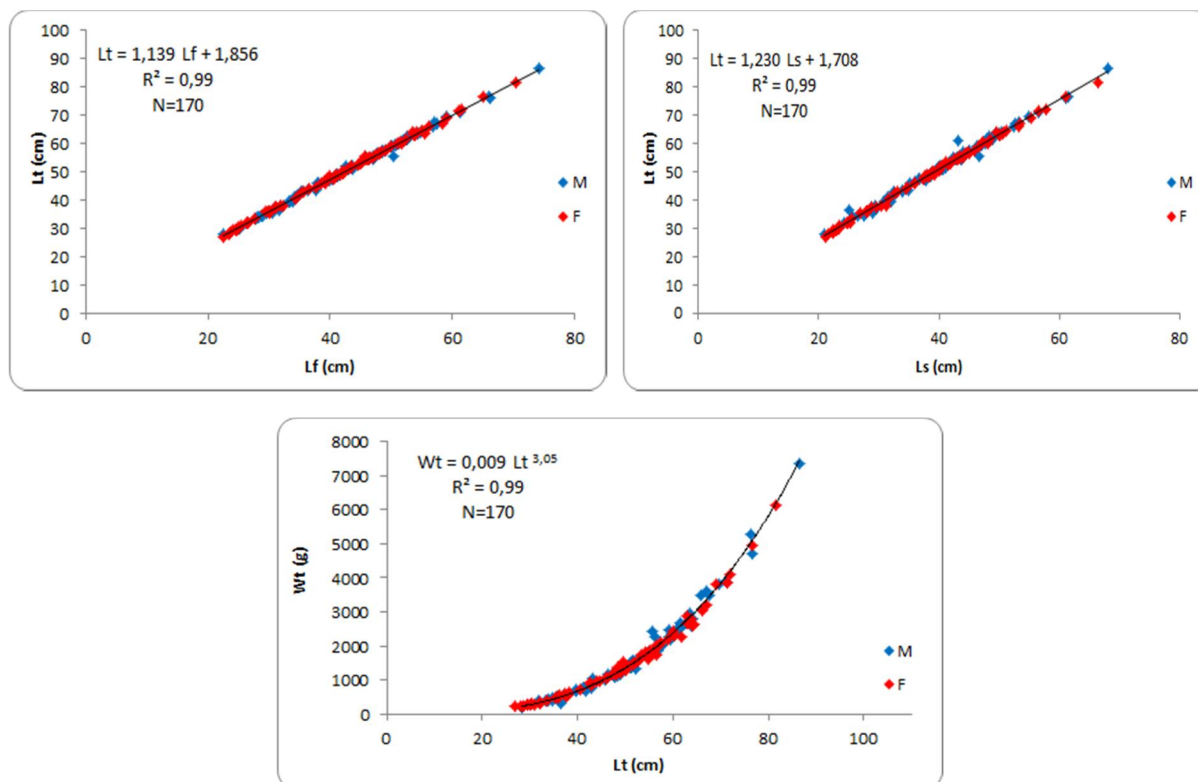


Figure 35. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de *Pristipomoides multidens*.

### 3.3.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

La relation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe présente une corrélation hautement significative ( $p < 0,05$  ; Tab.17). L'effet du sexe est significatif uniquement pour la relation  $Lt/O_w$  ( $p = 0,024$ ). Contrairement à l'effet sexe, l'effet côté est significatif pour tous les paramètres morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ ,  $O_{Larg}$ ,  $O_{Surf}$ ) sauf pour le poids ( $O_w$ ).

En combinant les deux effets cités précédemment, seule la relation entre la longueur totale du poisson et le poids de l'otolithe présente une différence significative (Tab. 17). Ainsi, la relation  $Lt/O_w$  chez les femelles est significativement différente selon que l'on utilise les otolithes droits ou gauches.

Tableau 17. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_w$  : poids) de *Pristipomoides multidens*. Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	<b><math>5,533 \cdot 10^{-11}</math></b>	0,289	<b><math>2,316 \cdot 10^{-08}</math></b>	0,652
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>1,026 \cdot 10^{-08}</math></b>	0,210	<b><math>9,046 \cdot 10^{-07}</math></b>	0,859
$Lt = a \cdot O_{surf} + b$	<b><math>7,195 \cdot 10^{-14}</math></b>	0,253	<b>0,000</b>	0,790
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_w$	<b>0,000</b>	<b>0,024</b>	0,231	<b><math>1,931 \cdot 10^{-06}</math></b>

Les coefficients de la relation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques des otolithes gauche et droit sont représentés dans le tableau 18 et la figure 36.

Tableau 18. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Pristipomoides multidens* (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	40	<b>G</b>	-	0,93	43,851	-144,82
		28	<b>D</b>		0,95	42,281	-122,70
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	40	<b>G</b>	-	0,62	63,697	-71,916
		28	<b>D</b>		0,77	69,777	-145,08
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	40	<b>G</b>	-	0,86	3,942	155,68
		28	<b>D</b>		0,91	3,995	143,12
$O_W$ (mg)	Puissance	40	-	-	0,97	0,001	1,915
		34	-	<b>M</b>	0,97	0,000	2,166
		24	-	<b>F</b>	0,96	0,001	1,884

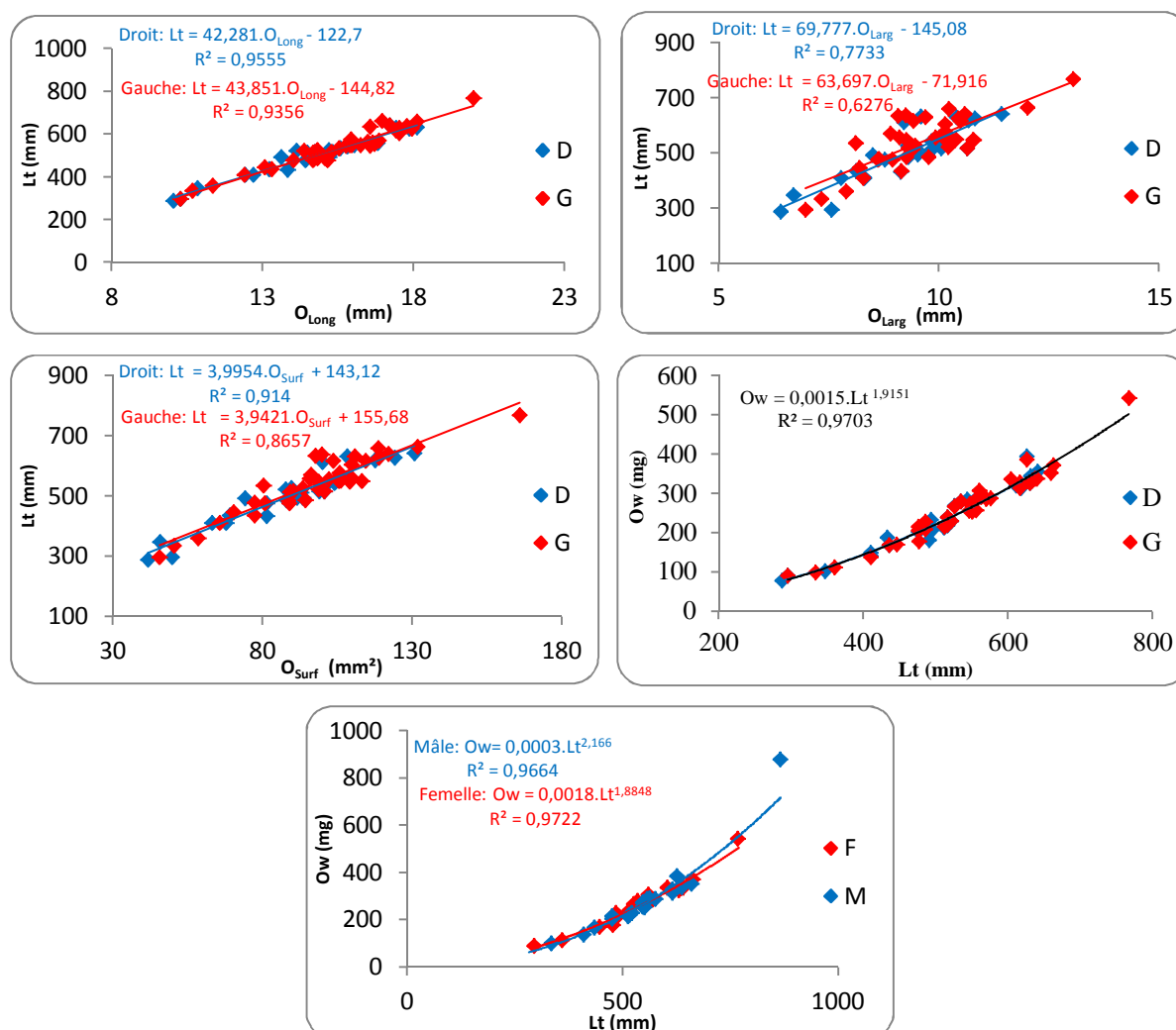


Figure 36. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids, M : mâle, F : femelle) et l'otolithe (G : gauche, D : droit,  $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Pristipomoides multidens*.

### 3.3.7. Croissance

#### 3.3.7.1. Courbes de croissance de *Pristipomoides multidens*

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge déterminées uniquement à partir des coupes transversales des otolithes (Fig. 37). La surface des écailles de tous les individus présente des structures qui ne permettent pas d'identifier l'âge étant donné qu'il est très difficile de séparer les anneaux dits de croissance des faux anneaux dus à des stress physiologiques ou environnementaux (Annexe 3).



Figure 37. Estimation d'âge à partir de coupe transversale d'otolithe de *Pristipomoides multidens*.

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson (86 mâles et 80 femelles) a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge (Fig. 38). L'estimation d'âge est de 3 à 12 ans pour les mâles et de 3 à 11 ans pour les femelles. La croissance des mâles est légèrement supérieure à celle des femelles jusqu'à l'âge de 9-10 ans.

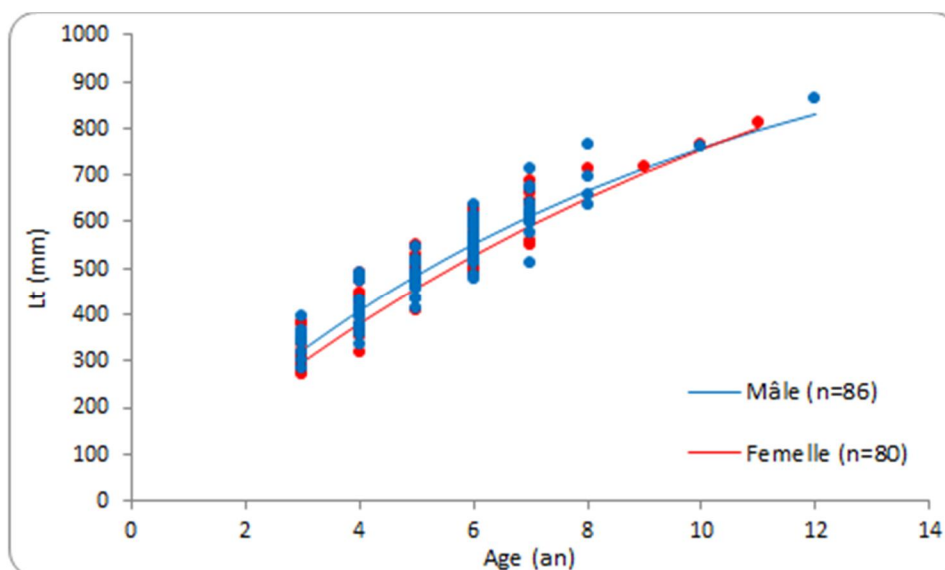


Figure 38. Courbes de croissance des mâles et femelles de *Pristipomoides multidens* selon le modèle de Von Bertalanffy.

#### 3.3.7.2. Paramètres de croissance de Von Bertalanffy

L'âge de 166 individus a été estimé (86 mâles et 80 femelles). Selon ce modèle de croissance obtenu, les femelles peuvent atteindre une longueur maximale théorique ( $L_{\infty} = 132$  cm) légèrement supérieure à celle des mâles ( $L_{\infty} = 111,5$  cm) (Tab.19). L'indice de performance de croissance ( $\phi'$ ) (cm/an) indique que les mâles ont une croissance similaire à celle des femelles (3,15 et 3,17 respectivement ; Tab.19). Mêmes tendances en ce qui concerne la vitesse de croissance ( $k = 0,11$  pour les mâles et 0,09 pour les femelles).

Tableau 19. Paramètres de croissance de *Pristipomoides multidens* selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sexe	Modèle de croissance	LÔ (cm)	WÔ (g)	K (an <sup>-1</sup> )	T	(cm/an)
Mâle	Contrainte T <sub>0</sub> =0	111,52	16253,07	0,114	0	3,15
Femelle		132,00	25266,82	0,09	0	3,17

Le poids maximal théorique que peuvent atteindre les femelles est supérieur à celui des mâles (25 kg et 16 kg respectivement). Les poids les plus élevés de *Pristipomoides multidens* enregistrés dans cette étude sont de 6,12 kg pour les femelles et 7,35 kg pour les mâles.

### 3.4. Colas orné : *Pristipomoides argyrogrammicus*

#### 3.4.1. Systématique

Le colas orné (Fig. 39), localement appelé cerf-volant, appartient à la famille des *Lutjanidae* (Tab. 20).

Figure 39. *Pristipomoides argyrogrammicus* (Colas orné, code FAO : LRY). Source : IFREMER DOI-projet DMX2.Tableau 20. Systématique de *Pristipomoides argyrogrammicus* (Valenciennes, 1832).

Super-Classe	Ostéichthyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Lutjanidae</i>
Espèce	<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i>

#### 3.4.2. Ecologie et répartition géographique

*Pristipomoides argyrogrammicus* est une espèce démersale, affectionne les fonds rocheux accidentés entre 70 et 300 m, plus abondante entre 100 et 200 m. Elle se nourrit de petits poissons, céphalopodes, crustacés et aussi d'organisme planctoniques (Allen 1985 ; Opic *et al.* 1994 ; Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014).

Le colas orné est présent dans la région océanique Indo-Pacifique, de Samoa à l'île Maurice et de Nouvelle-Calédonie au nord vers le sud du Japon (Allen 1985; Carpenter & Niem 2001 ; Fishbase 2014 ; Fig. 40).

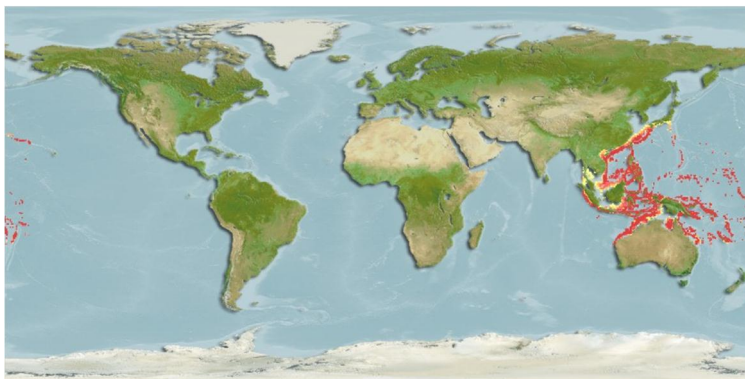


Figure 40. Aire de répartition du Colas orné, *Pristipomoides argyrogrammicus* (source Fishbase).

### 3.4.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

A l'heure actuelle, aucune donnée bibliographique concernant la croissance de *Pristipomoides argyrogrammicus* n'est disponible.

### 3.4.4. Structures démographiques

La répartition en taille des individus mâles, femelles et indéterminés étudiés est représentée par l'histogramme dans la figure 41. La majorité des individus ont une taille comprise entre 14 et 32 cm. La longueur totale moyenne des mâles est de  $25 \pm 4$  cm ( $n = 53$ ), et celle des femelles  $22 \pm 4$  mm ( $n = 60$ ), et elle est de  $23 \pm 4$  mm pour l'ensemble des échantillons ( $n = 115$ ). Seul 2 individus de sexe indéterminé sont présents parmi les individus de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

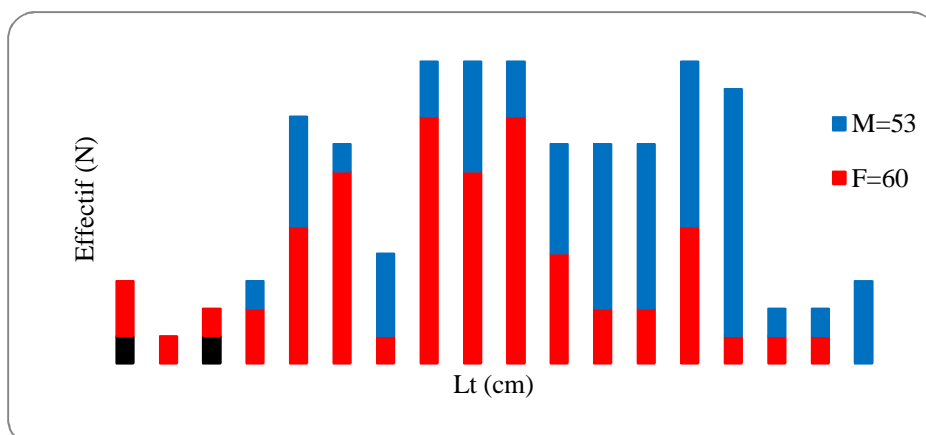


Figure 41. Distribution de fréquence de taille de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

### 3.4.5. Relations biométriques

Il existe une corrélation hautement significative entre la longueur totale-longueur à la fourche ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), longueur totale-longueur standard ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ) et longueur totale-poids ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$ ), (Tab. 21). L'effet du sexe n'est pas significatif pour les différentes relations ( $p > 0,05$ ) des paramètres de croissance somatique de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

Tableau 21. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez *Pristipomoides argyrogrammicus*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).

Type de Relation	N	r <sup>2</sup>	a	b	Effet longueur	Effet sexe
$Lt=a.Lf+b$	115	0,99	1,150	0,265	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	0,424
$Lt=a.Ls+b$	115	0,99	1,232	0,498	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	0,753
$\log Wt=\log a+ b.\log Lt$	115	0,99	0,008	3,146	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	0,925

Les coefficients de la relation taille-poids sont significatifs ( $p < 2.10^{-16}$ ) ce qui traduit une forte corrélation entre la taille et le poids de cette espèce. Le coefficient des pentes des équations de la relation taille-poids est supérieur à la valeur théorique de 3 ( $b = 3,15$  ; Fig. 42). *Pristipomoides argyrogrammicus* a une croissance allométrique majorante.

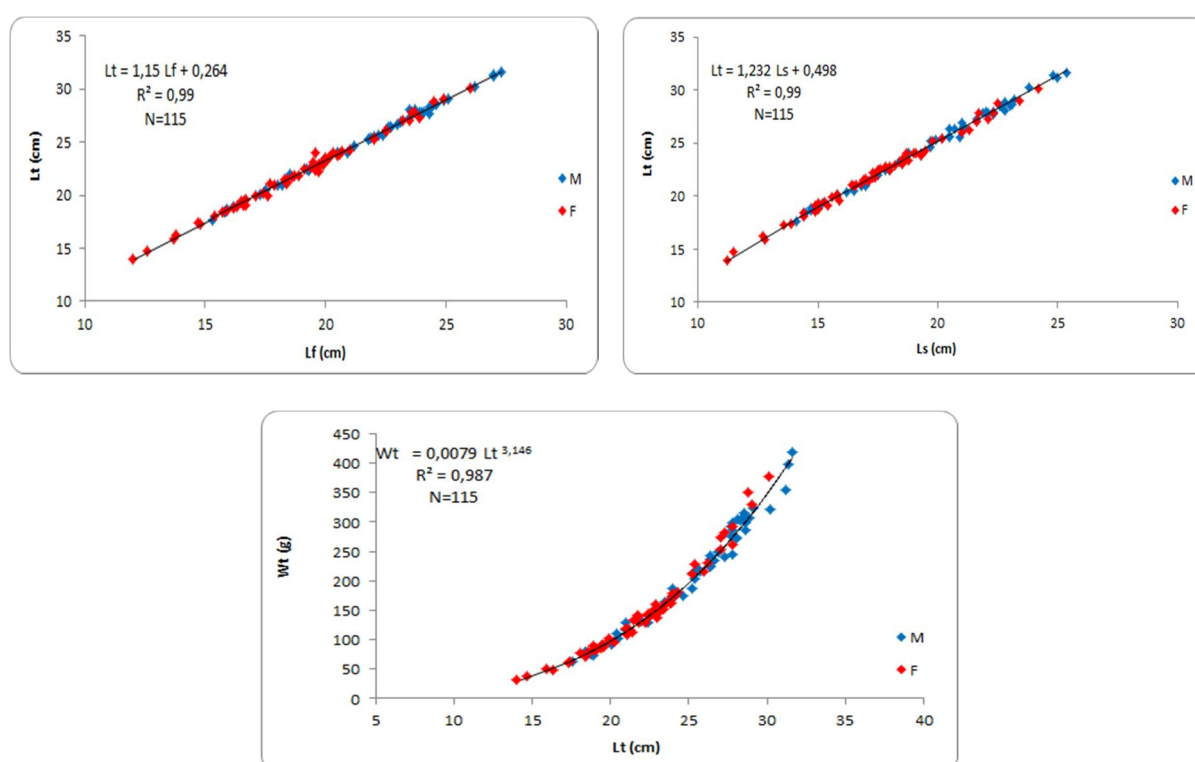


Figure 42. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

### 3.4.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

Il existe une relation linéaire significative entre la longueur totale (Lt) du poisson et les différentes mesures morphométriques de l'otolithe ( $p < 0,05$  ; Tab. 22). L'effet sexe n'est pas significatif. L'effet côté de l'otolithe est significatif pour tous les paramètres excepté pour le poids ( $O_w$ ). L'effet combiné des deux variables sexe et côté n'est pas significatif pour toutes les relations entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe.



Tableau 22. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Pristipomoides argyrogrammicus*. Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	<b><math>6,465 \cdot 10^{-10}</math></b>	0,226	<b><math>&lt; 2,2 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,604
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>2,767 \cdot 10^{-08}</math></b>	0,301	<b><math>4,812 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,869
$Lt = a \cdot O_{Surf} + b$	<b><math>2,284 \cdot 10^{-16}</math></b>	0,201	<b><math>2,591 \cdot 10^{-11}</math></b>	0,773
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_W$	<b><math>&lt; 10^{-16}</math></b>	0,598	0,381	0,334

Les valeurs des coefficients de la relation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques des otolithes gauche et droit sont représentés dans le tableau 23 et la figure 43.

Tableau 23. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Pristipomoides argyrogrammicus* (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	39	<b>G</b>	-	0,95	26,882	-67,213
		45	<b>D</b>		0,95	28,001	-78,191
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	39	<b>G</b>	-	0,82	37,163	-55,029
		45	<b>D</b>		0,89	36,478	-51,619
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	39	<b>G</b>	-	0,89	2,406	80,874
		45	<b>D</b>		0,92	2,439	78,816
$O_W$ (mg)	Puissance	45	-	-	0,94	0,004	1,959

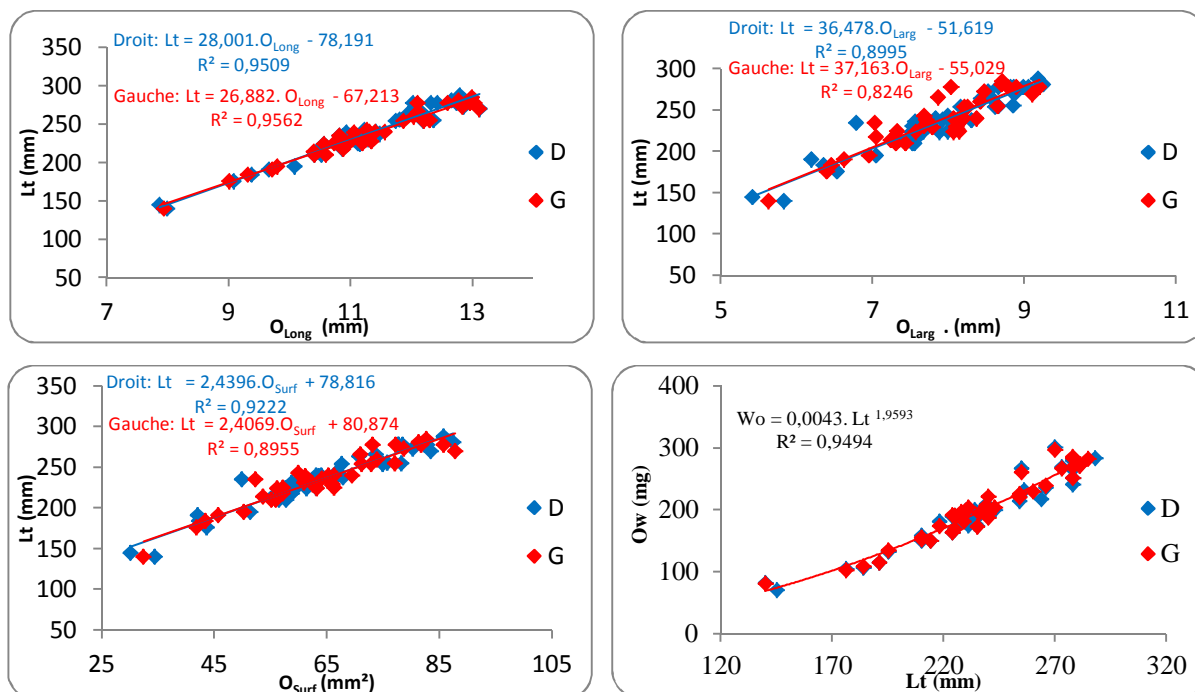


Figure 43. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit,  $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

### 3.4.7. Croissance

#### 3.4.7.1. Courbes de croissance de *Pristipomoides argyrogrammicus*

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge déterminées sur des otolithes entiers (Fig. 44). L'âge peut être estimé également à partir des coupes transversales d'otolithes. La surface des écailles des individus présente des structures qui ne permettent pas d'identifier l'âge étant donné qu'il est très difficile de séparer les anneaux dits de croissance des faux anneaux dus à des stress physiologiques ou environnementaux (Annexe 4).



Figure 44. Estimation d'âge à partir d'otolithes entiers de *Pristipomoides multidens*.

La relation entre la taille (Lt) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy en se basant sur les clés taille/âge (Fig. 45). La croissance des mâles est presque similaire à celle des femelles pendant les premières années (jusqu'à 2 ans). À partir de 2 ans, la croissance des mâles dépasse légèrement celle des femelles.

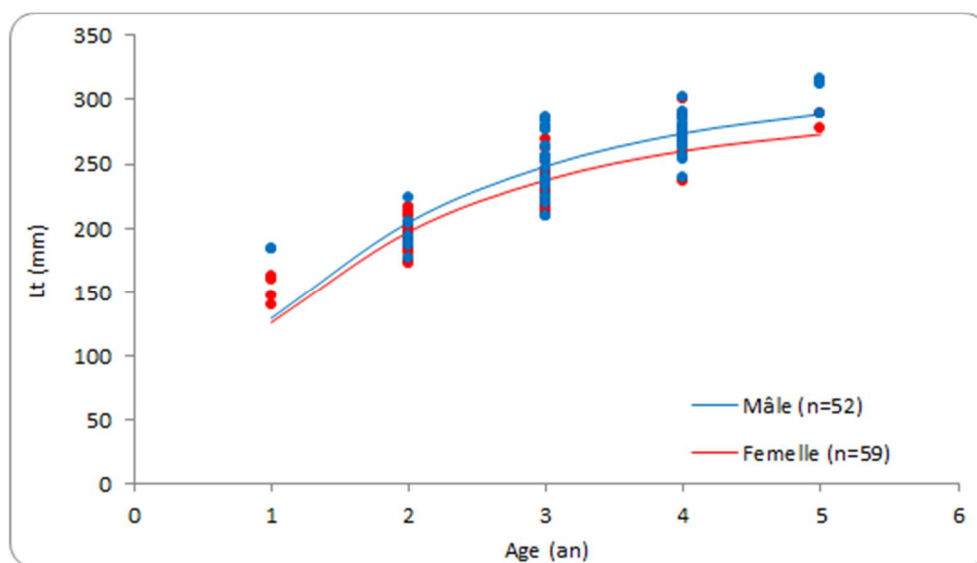


Figure 45. Courbes de croissance des mâles et femelles de *Pristipomoides argyrogrammicus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

### 3.4.7.2. Paramètres de croissance de Von Bertalanffy

Cent treize individus ont été utilisés pour l'estimation de l'âge (52 mâles, 59 femelles et 2 individus de sexe indéterminé). D'après le modèle de croissance obtenu, les mâles peuvent atteindre une longueur théorique ( $L\hat{O} = 30,97$  cm) légèrement supérieure à celle des femelles ( $L\hat{O} = 28,99$  cm) (Tab. 24). L'indice de performance de croissance ( ) (cm/an) indique que la croissance des mâles (2,71) est proche de celle des femelles (2,68 ; Tab.25) et la vitesse de croissance des mâles ( $k = 0,54$ ) est proche de celle des femelles ( $k = 0,57$ ).

Tableau 24. Paramètres de croissance de *Pristipomoides argyrogrammicus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sexe	Modèle de croissance	$L\hat{O}$ (mm)	$W\hat{O}$ (g)	$K$ (an <sup>-1</sup> )	T	(cm/an)
Mâle	Contrainte T =0	30,97	383,91	0,54	0	2,71
Femelle		28,99	323,38	0,57	0	2,68

Le poids maximal théorique que peuvent atteindre les mâles est très proche de celui des femelles (383 g et 323 g respectivement). Ces estimations de poids sont proches de ce qui a été observé. Les poids les plus élevés de *Pristipomoides argyrogrammicus* dans cette étude étant de 418 g pour les mâles et de 377 g pour les femelles.

### 3.5. Mérou zébré : *Epinephelus radiatus*

#### 3.5.1. Systématique

Le mérou zébré (Fig. 46), localement appelé cabot rayé, appartient à la famille des *Serranidae* (Tab. 25).



Figure 46. *Epinephelus radiatus* (Mérou zébré, code FAO : EZR). Source : IFREMER DOI-projet DMX2.

Tableau 25. Systématique du mérou zébré, *Epinephelus radiatus* (Day 1868).

Super-Classe	Ostéichtyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Serranidae</i>
Espèce	<i>Epinephelus radiatus</i>

#### 3.5.2. Ecologie et répartition géographique

Espèce démersale, vivant sur les fonds rocheux ou coralliens, elle est présente entre 80 et 380 mètres de profondeur, les juvéniles entre 18 et 20 mètres (Fishbase 2014). C'est une espèce hermaphrodite protogyne ([www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)).

Le mérou zébré est assez répandu dans la région Indo-ouest Pacifique, avec une distribution de la mer Rouge au Japon et en Papouasie Nouvelle-Guinée et nord de l'Australie (Heemstra *et al.* 1993 ; Fishbase 2014 ; Fig 47).

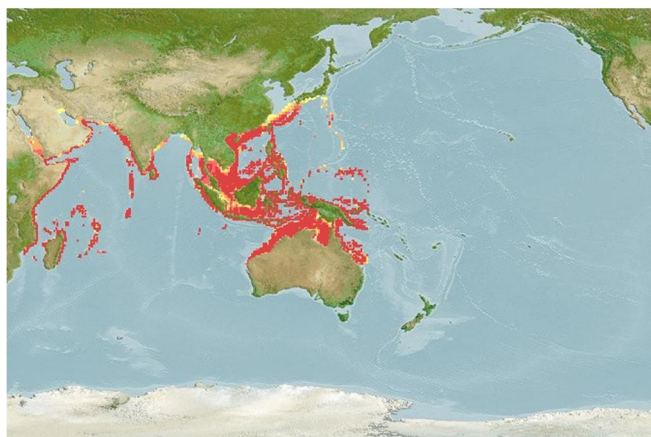


Figure 47. Aire de répartition du mérou zébré, *Epinephelus radiatus* (source Fishbase).

### 3.5.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

A l'heure actuelle, aucune donnée bibliographique concernant la croissance de *Epinephelus radiatus* n'est disponible.

### 3.5.4. Structures démographiques

Sur les 69 individus traités, 63 seraient des femelles ( $40 \pm 10$  cm). La longueur totale varie de 12 à 65 cm (Fig.48). Toutefois, compte tenu de la difficulté de sexer cette espèce sur la base d'une échelle macroscopique, des doutes existent sur la distribution des individus par sexe.

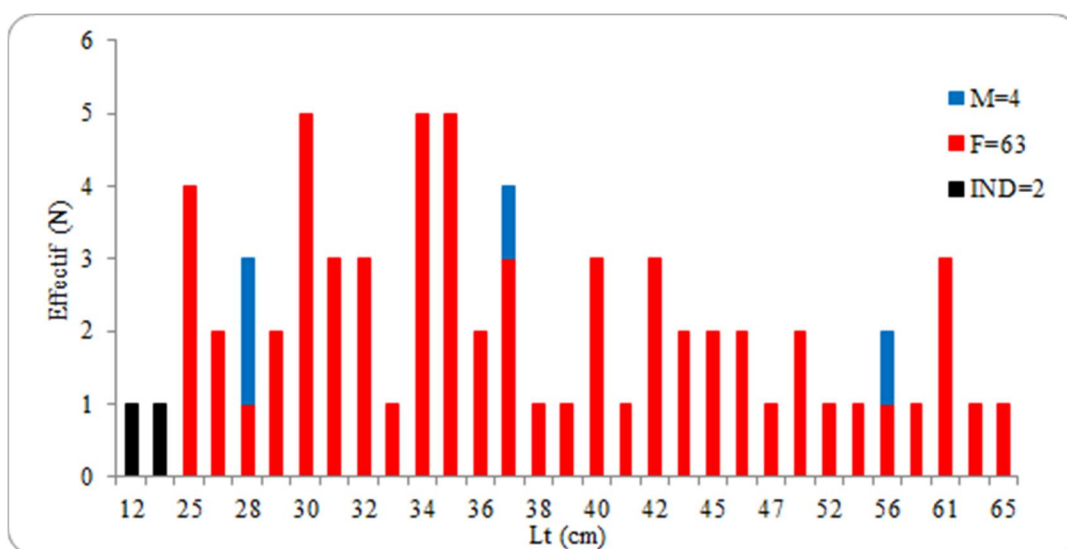


Figure 48. Distribution de fréquence de taille de *Epinephelus radiatus*.

### 3.5.5. Relations biométriques

Il existe une corrélation significative entre les relations longueur totale-longueur à la fourche, longueur totale-longueur standard, et longueur totale-poids ( $p < 2,2 \cdot 10^{-16}$  ; Tab. 26). L'effet sexe n'est pas significatif sur les différentes relations ( $p > 0,05$ ).

Tableau 26. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez *Epinephelus radiatus*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).

Relation	N	r <sup>2</sup>	a	b	Effet longueur	Effet sexe
$Lt = a.Lf + b$	69	1	1,000	-0,009	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	-
$Lt = a.Ls + b$	69	0,99	1,128	0,961	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	-
$\log Wt = \log a + b.\log Lt$	69	0,99	0,010	3,11	<b>&lt; 2.10<sup>-16</sup></b>	-

Les valeurs des coefficients de la relation taille-poids sont significatives ( $p < 2,10^{-16}$ ), ce qui traduit une forte corrélation entre la taille et le poids de cette espèce (Fig. 49). Le coefficient d'allométrie  $b$  est supérieur à la valeur théorique de 3 ( $b = 3,11$ ), ce qui qualifie la croissance allométrique comme majorante pour cette espèce.

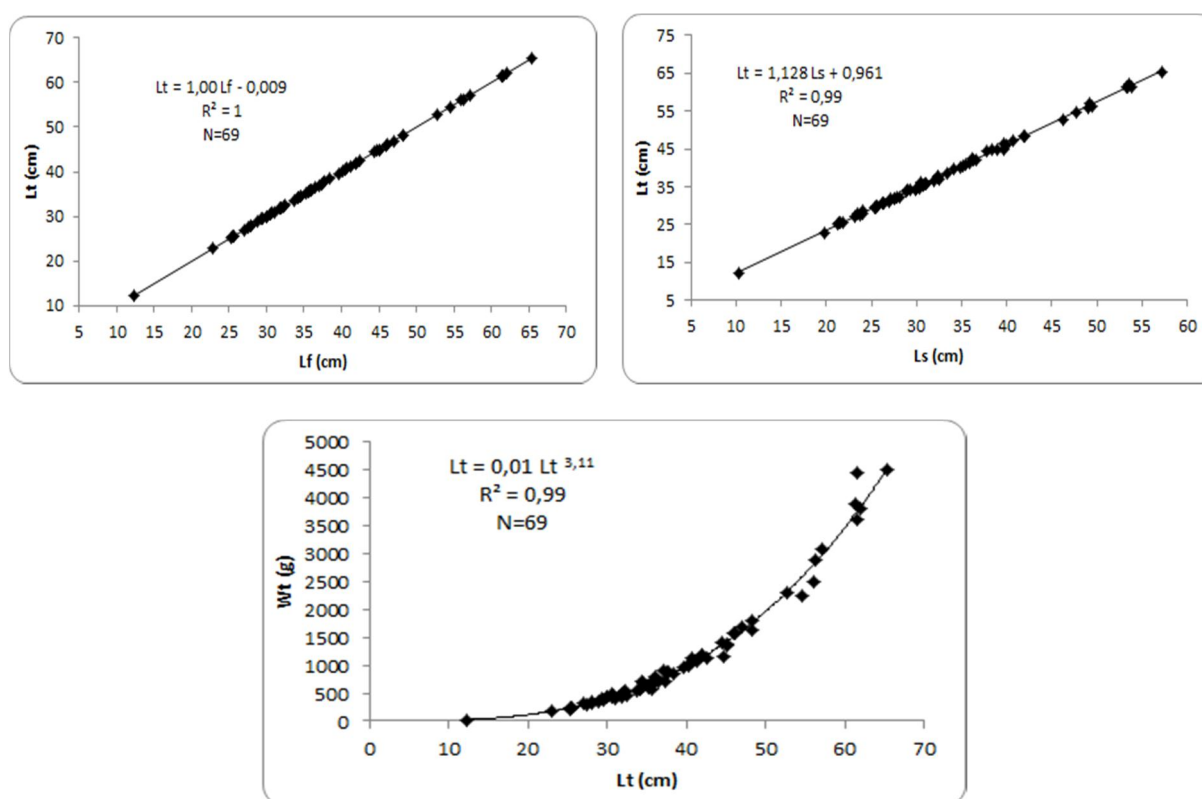


Figure 49. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) de *Epinephelus radiatus*.

### 3.5.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

Les coefficients de corrélation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe sont hautement significatifs ( $p < 0,05$  ; Tab. 27). L'effet sexe n'est pas testé, vu que l'on n'a seulement 4 individus mâles. L'effet côté de l'otolithe est significatif pour tous les paramètres ( $O_{Long}$ ,  $O_{Larg}$ ,  $O_{Surf}$  et  $O_W$ ).



Tableau 27. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$ ,  $O_w$  : poids) de *Epinephelus radiatus* (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	-	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	-
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>8,919 \cdot 10^{-12}</math></b>	-	<b><math>4,417 \cdot 10^{-12}</math></b>	-
$Lt = a \cdot O_{surf} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	-	<b><math>4,336 \cdot 10^{-08}</math></b>	-
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_w$	<b><math>1,833 \cdot 10^{-09}</math></b>	-	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	-

L'effet côté étant significatif ( $p < 0,05$ ; Tab. 27 et Fig. 50), les coefficients de la relation linéaire entre les paramètres de l'otolithe et la longueur totale du poisson sont présentés selon le côté (Tab. 28).

Tableau 28. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_w$  : poids) de *Epinephelus radiatus* (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	30	<b>G</b>	-	0,97	40,023	-153,6
		26	<b>D</b>		0,98	39,587	-145,16
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	30	<b>G</b>	-	0,85	74,892	-52,056
		26	<b>D</b>		0,82	74,917	-39,436
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	30	<b>G</b>	-	0,92	4,412	135,55
		26	<b>D</b>		0,87	4,451	145,98
$O_w$ (mg)	Puissance	30	<b>G</b>	-	0,95	0,000	2,211
		26	<b>D</b>		0,95	0,000	2,160

La relation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques des otolithes gauche et droit sont représentés dans la figure 52.

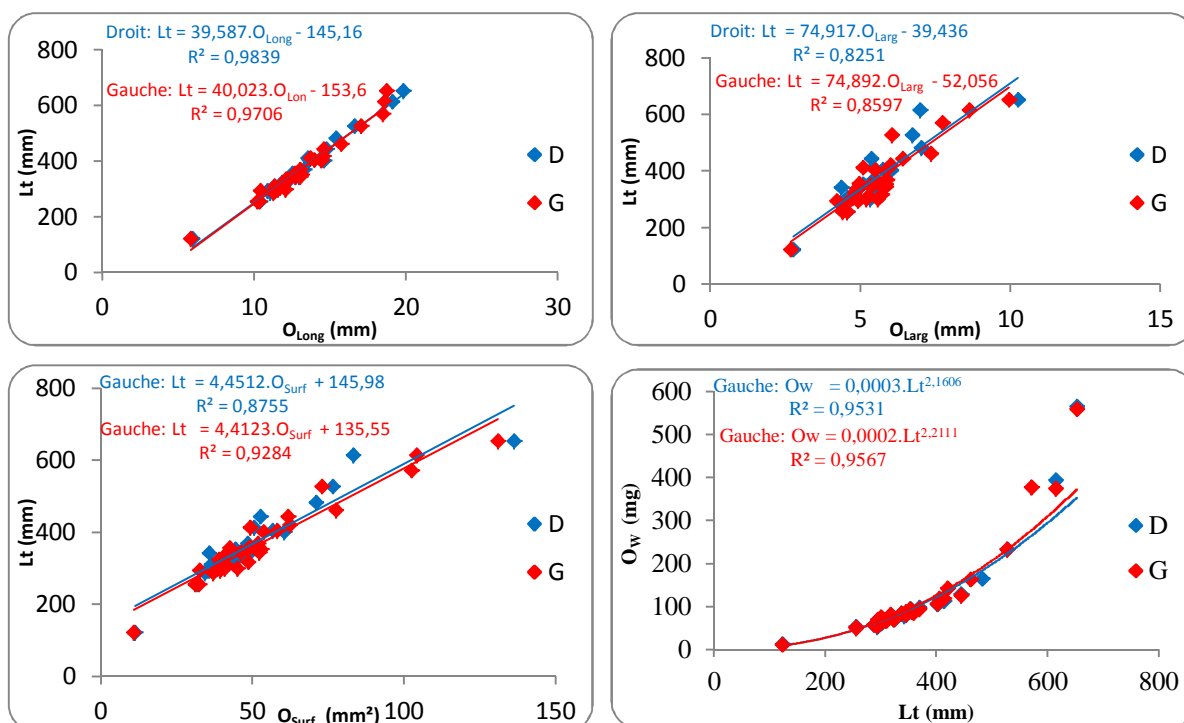


Figure 50. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson ( $L_t$ : longueur totale,  $W_t$ : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit,  $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Epinephelus radiatus*.

### 3.5.7. Croissance

#### 3.5.7.1. Courbes de croissance de *Epinephelus radiatus*

La relation entre la taille ( $L_t$ ) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge déterminées uniquement à partir des coupes transversales (Fig. 51). La surface des écailles des individus présente des structures qui ne permettent pas toujours d'identifier l'âge étant donné qu'il est très difficile de séparer les anneaux dits de croissance, des faux anneaux dus à des stress physiologiques ou environnementaux (Annexe 5).

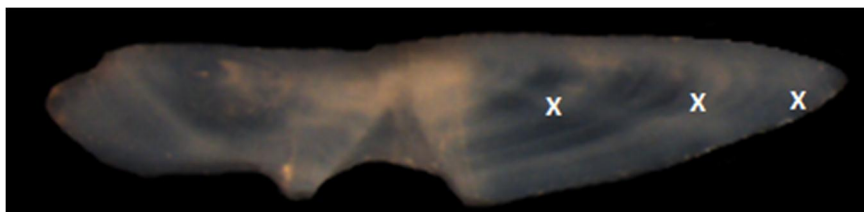


Figure 51. Estimation d'âge à partir de coupe transversale d'otolithe de *Epinephelus radiatus*.

La relation entre la taille ( $L_t$ ) et l'âge du poisson a été étudiée selon le modèle de Von Bertalanffy à partir des clés taille/âge (Fig. 52). La croissance semble être plus forte pendant les premières années puis se ralentit.

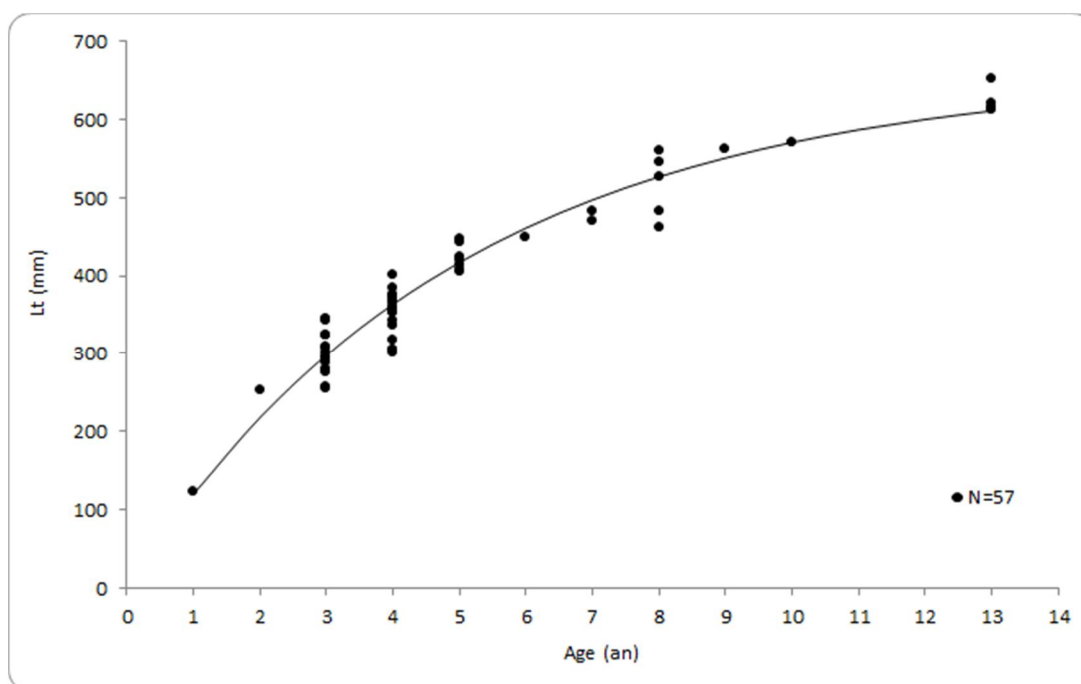


Figure 52. Courbes de croissance de *Epinephelus radiatus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

### 3.5.7.2. Paramètres de croissance de Von Bertalanffy

L'âge de 57 individus a été estimé. Selon le modèle de croissance obtenu, les individus peuvent atteindre une longueur asymptotique de 66,0 cm (Tab. 29). Il est à noter que pour cette espèce, il n'y a que 4 individus mâles. L'indice de performance de croissance ( ) (cm/an) est de 2,93 cm/an (Tab.29).

Tableau 29. Paramètres de croissance de *Epinephelus radiatus* selon le modèle de Von Bertalanffy.

Sexe	Modèle de croissance	LÔ (cm)	WÔ (g)	K (an <sup>-1</sup> )	T	(cm/an)
Femelle	Contrainte T =0	65,99	4652,37	0,2	0	2,93

Le poids maximal théorique que peuvent atteindre les individus de cette espèce est de 4,65 kg, et le poids le plus élevé de *Epinephelus radiatus* enregistré dans cette étude est de 4,52 kg.

### 3.6. Brème noire : *Eumegistus illustris*

#### 3.6.1. Systématique

La brème noire (Fig. 53) appartient à la famille des *Bramidae* (Tab. 30), localement appelé zambas (ou castagnole, mochong).



Figure 53. *Eumegistus illustris* (Brème noire, code FAO : EBS). Source : IFREMER DOI-projet DMX2.

Tableau 30. Systématique de la brème noire, *Eumegistus illustris* (Jordan & Jordan 1922).

Super-Classe	Ostéichtyen
Classe	Actinoptérygien
Ordre	Perciforme
Famille	<i>Bramidae</i>
Espèce	<i>Eumegistus illustris</i>

#### 3.6.2. Ecologie et répartition géographique

*Eumegistus illustris* est une espèce benthopélagique, elle fréquente les couches profondes (jusqu'à 520 m) au large mais peut s'approcher assez près du tombant. Elle se nourrit en profondeur principalement de poissons, de céphalopodes et de crustacés (Fishbase 2014).

La brème noire est présente dans l'océan Pacifique et à l'ouest de la zone équatoriale dans l'océan Indien (Fishbase 2014 ; Fig. 54).

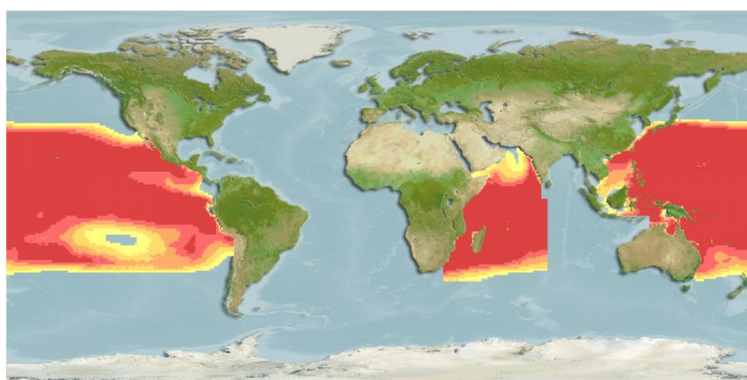


Figure 54. Aire de répartition de la brème noire, *Eumegistus illustris* (source Fishbase).

### 3.6.3. Etat des lieux des connaissances sur la croissance

A l'heure actuelle, aucune donnée bibliographique concernant la croissance de *Eumegistus illustris* n'est disponible.

### 3.6.4. Structures démographiques

La répartition en taille des individus mâles, femelles et indéterminés est représentée par la figure 55. La quasi-totalité des individus ont une taille comprise entre 43 et 90 cm. Les effectifs des mâles et de femelles sont presque équivalents (46/47, respectivement), avec la présence d'un seul individu de sexe indéterminé. La longueur totale moyenne des mâles est de  $66 \pm 12$  cm, et celle des femelles est de  $68 \pm 14$  cm. Pour l'ensemble des individus, la longueur moyenne est de  $67 \pm 13$  mm ( $n = 94$ ).

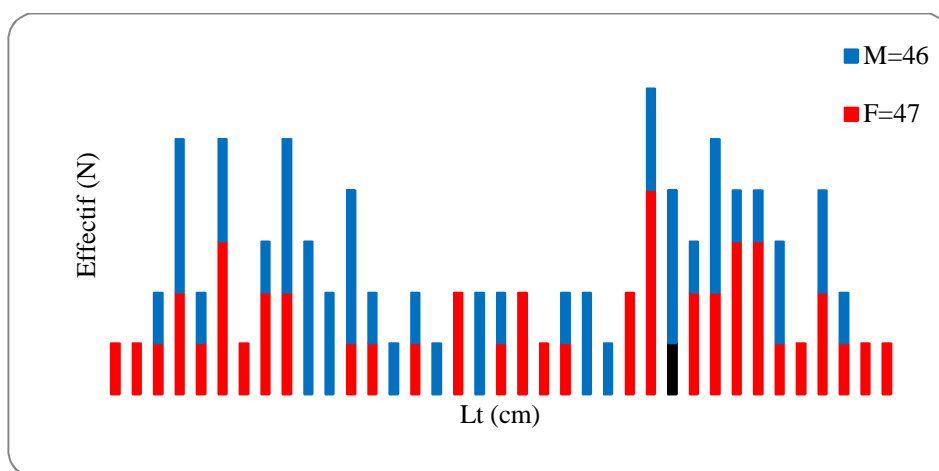


Figure 55. Distribution de fréquence de taille de *Eumegistus illustris*.

### 3.6.5. Relations biométriques

Il existe une corrélation significative entre la longueur totale-longueur à la fourche ( $p < 2,2.10^{-16}$ ), longueur totale-longueur standard ( $p < 2,2.10^{-16}$ ) et longueur totale-poids ( $p < 2,2.10^{-16}$ ), Tab. 31. L'effet du sexe n'est pas significatif pour les différentes relations ( $p > 0,05$ ) des paramètres de croissance somatique de *Eumegistus illustris*.

Tableau 31. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez *Eumegistus illustris*. Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).

Type de Relation	N	$r^2$	a	b	Effet longueur	Effet sexe
$Lt=a.Lf+b$	94	0,99	1,317	-9,774	<b><math>&lt; 2.10^{-16}</math></b>	0,048
$Lt=a.Ls+b$	94	0,98	1,386	-6,979	<b><math>&lt; 2.10^{-16}</math></b>	0,659
$\log Wt=\log a+ b.\log Lt$	94	0,98	0,012	3,015	<b><math>&lt; 2.10^{-16}</math></b>	0,683

La relation taille-poids présente un coefficient de corrélation important et significatif ( $p < 2.10^{-16}$ ) ce qui nous renseigne sur la forte corrélation entre la taille et le poids de cette espèce. Le coefficient des pentes des équations de la relation taille-poids est légèrement supérieur à la valeur théorique de 3 ( $b = 3,01$  ; Fig. 56), ce qui indique que cette espèce a une croissance isométrique.

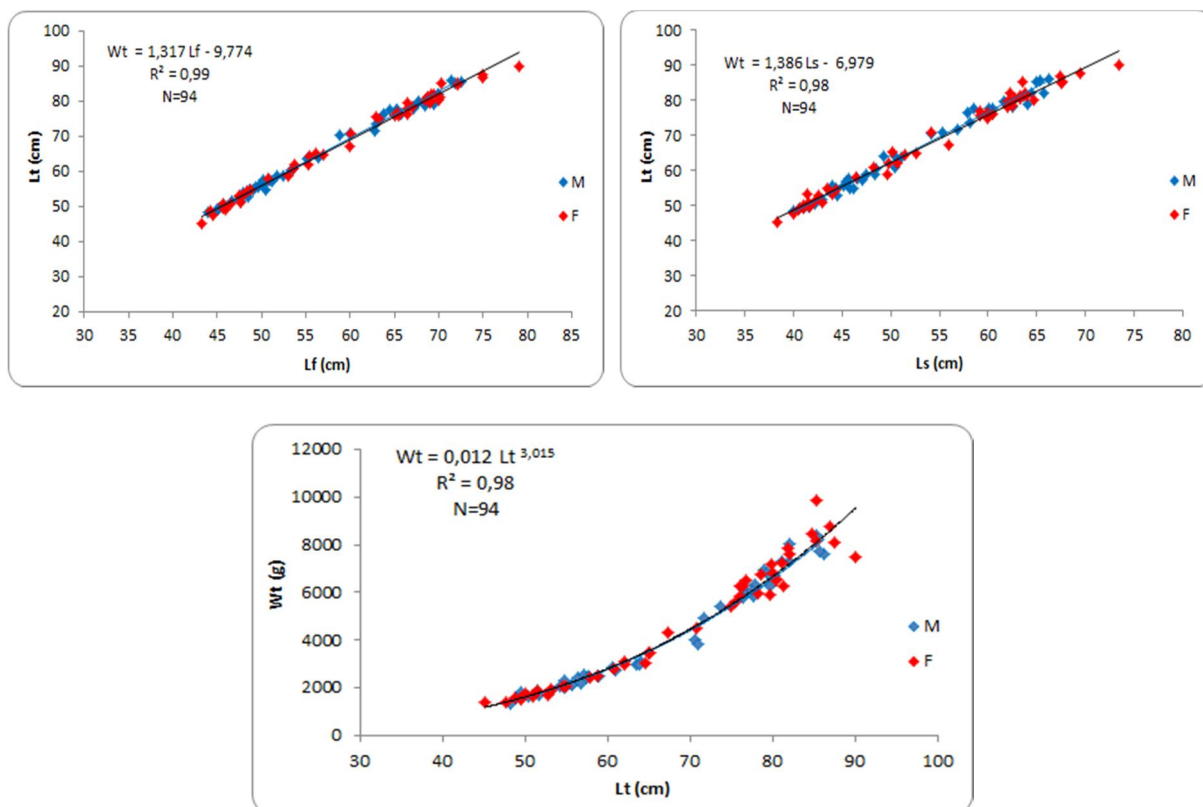


Figure 56. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de *Eumegistus illustris*.

### 3.6.6. Relations morphométriques poisson-otolithe

Les coefficients de la relation entre la longueur totale du poisson et les paramètres morphométriques de l'otolithe sont hautement significatifs ( $p < 0,05$  ; Tab. 32). L'effet sexe est significatif que pour les relations entre la longueur totale du poisson et la surface ainsi que le poids de l'otolithe. L'effet côté de l'otolithe est significatif pour tous les paramètres ( $O_{Long}$ ,  $O_{Larg}$ ,  $O_{Surf}$  et  $O_W$ ). L'effet combiné des deux variables « sexe » et « côté » n'est significatif que pour la relation entre la longueur totale et la longueur de l'otolithe.

Tableau 32. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Eumegistus illustris*.

Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif).

Type de Relation	Significativité de la relation	Effet Sexe	Effet Côté	Effet combiné Sexe/Côté
$Lt = a \cdot O_{Long} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,076	<b><math>2,273 \cdot 10^{-06}</math></b>	<b><math>1,427 \cdot 10^{-08}</math></b>
$Lt = a \cdot O_{Larg} + b$	<b><math>1,101 \cdot 10^{-14}</math></b>	0,080	<b><math>9,339 \cdot 10^{-10}</math></b>	0,263
$Lt = a \cdot O_{surf} + b$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	<b>0,000</b>	<b><math>1,704 \cdot 10^{-09}</math></b>	0,508
$\log Lt = \log a + b \cdot \log O_W$	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	<b>0,000</b>	$< 2,2 \cdot 10^{-16}$	0,070

L'effet côté étant significatif ( $p < 0,05$ ; Tab. 32), les coefficients de la relation linéaire entre les paramètres de l'otolithe et la longueur totale du poisson sont présentés selon le côté (Tab. 23). De même pour la relations linéaires  $Lt/O_{Surf}$  et  $Lt/O_W$  (Tab. 33 et Fig. 57).



Tableau 33. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Eumegistus illustris* (en gras = effet significatif).

Paramètre otolithe	Type de régression	N	Côté	Sexe	$r^2$	a	b
$O_{Long}$ (mm)	Linéaire	69	<b>G</b>	-	0,87	104,31	-62,02
		72	<b>D</b>	-	0,83	97,037	-17,112
$O_{Larg}$ (mm)	Linéaire	69	<b>G</b>	-	0,76	287,6	-92,514
		72	<b>D</b>	-	0,65	306,28	139,01
$O_{Surf}$ (mm <sup>2</sup> )	Linéaire	36	<b>G</b>	<b>M</b>	0,89	$8.10^{-5}$	1,823
		35		<b>F</b>	0,90	0,0005	1,526
		36	<b>D</b>	<b>M</b>	0,86	0,001	1,428
		36		<b>F</b>	0,90	0,001	1,330
$O_W$ (mg)	Puissance	35	<b>G</b>	<b>M</b>	0,92	$5.10^{-7}$	2,555
		33		<b>F</b>	0,93	$2.10^{-6}$	2,364
		36	<b>D</b>	<b>M</b>	0,92	$1.10^{-6}$	2,458
		34		<b>F</b>	0,94	$2.10^{-6}$	2,316

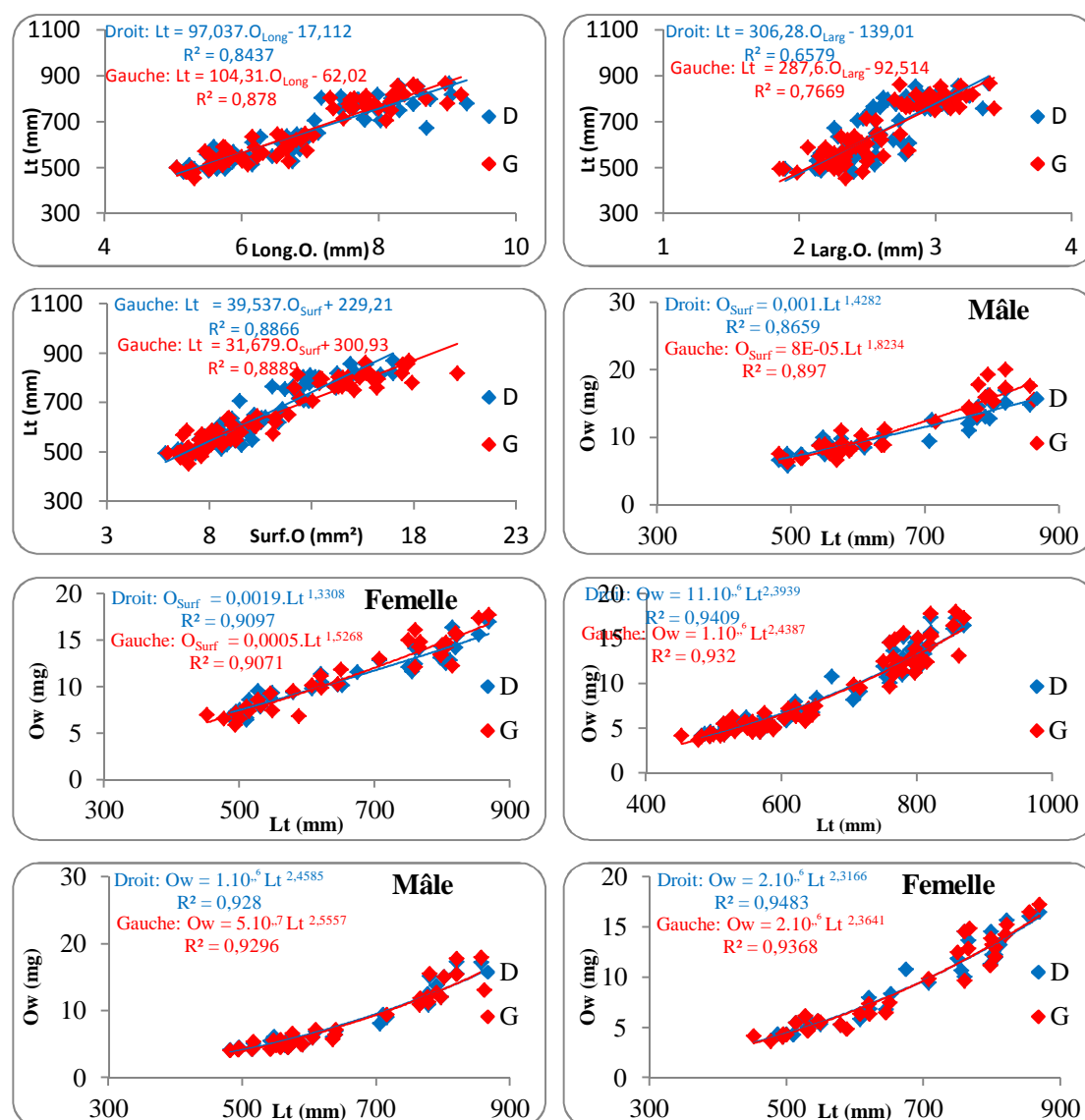


Figure 57. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit,  $O_{Long}$  : longueur,  $O_{Larg}$  : largeur,  $O_{Surf}$  : surface,  $O_W$  : poids) de *Eumegistus illustris*.

### 3.6.7. Croissance

#### 3.6.7.1. Estimation d'âge à partir des pièces operculaires

Lors de cette étude, il s'est avéré que l'interprétation des otolithes (entier et coupe) et des écailles de la brème noire ne permet pas d'estimer l'âge. Pour y remédier, une autre pièce calcifiée (opercule) a fait l'objet de prélèvements ultérieurs. Sur cette dernière pièce calcifiée, un schéma d'interprétation de l'âge a été réalisé (Fig.58). L'utilisation du logiciel TNPC a permis de vérifier que ce schéma était reproductible entre les différents individus (Fig.59).

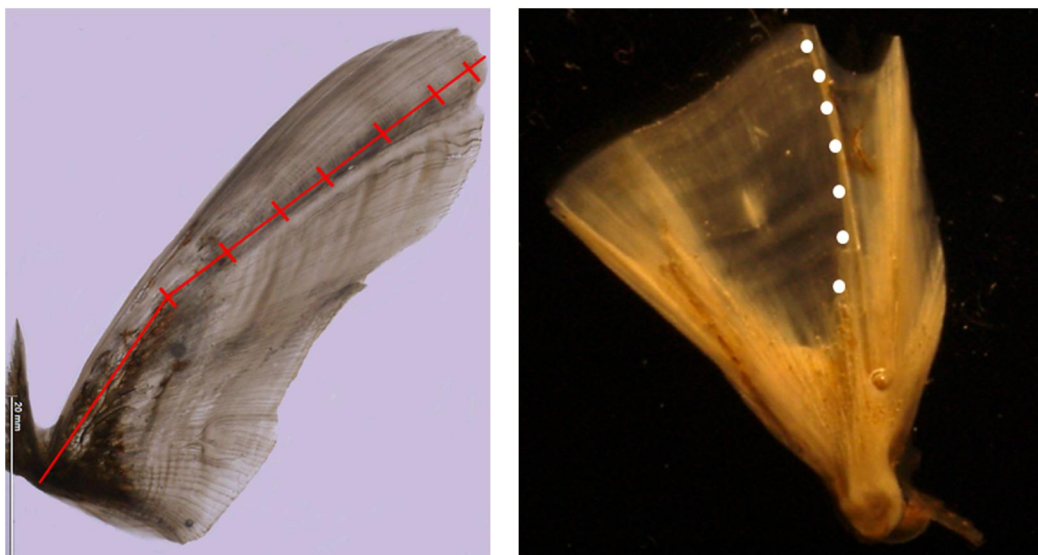


Figure 58. Estimation d'âge à partir des pièces formant le système operculaire de *Eumegistus illustris*.

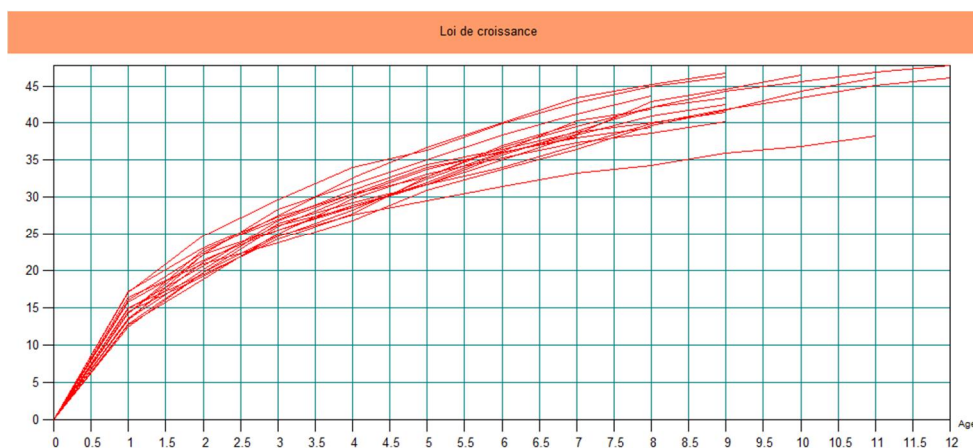


Figure 59. Loi de croissance appliquée sur les différentes radiales de *Eumegistus illustris* réalisée à l'aide du logiciel TNPC.

### 3.6.7.2. Courbes de croissance de *Eumegistus illustris*

La relation entre la longueur totale et l'âge du poisson est représentée dans la figure 60.

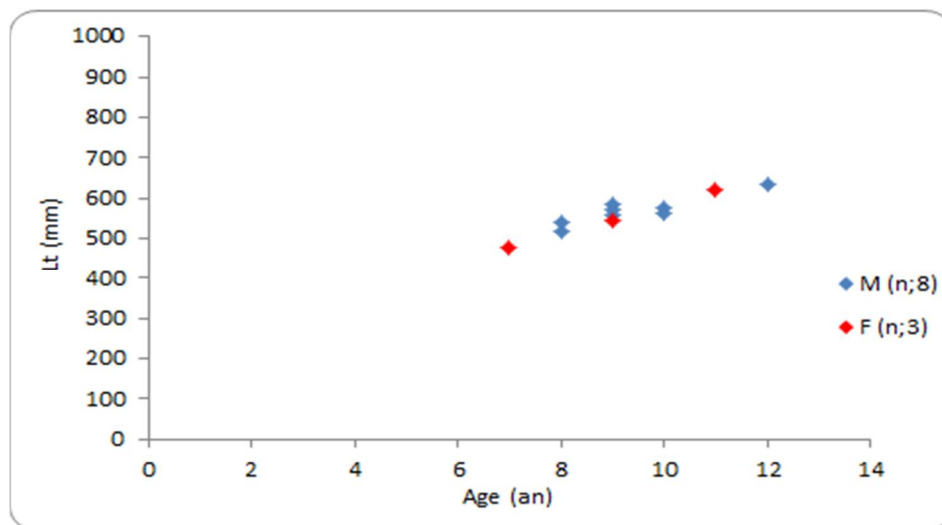


Figure 60. Données taille-âge de *Eumegistus illustris* estimées à partir des pièces operculaires.

Le nombre de données ne permet pas d'ajuster un modèle de croissance.

## 4. Discussion

### 4.1. *Etelis carbunculus* (Vivaneau rubis)

Il existe une relation significative entre la longueur totale et le poids du poisson comme observé par Johnson *et al* (1995). Cette relation est significativement différente entre les mâles et les femelles, contrairement à ce qui a été rapporté par Uchida *et al.* (1982) et Uchiyama *et al.* (1984). Une différence qui est due probablement à l'absence d'individus de grande taille pour les mâles ( $L_{\text{moy}} = 27,7$  cm,  $L_{\text{max}} = 49,7$  cm) contrairement aux femelles où 2 individus de 95 cm et 98 cm ont été observés ( $L_{\text{moy}} = 31,7$  cm,  $L_{\text{max}} = 98$  cm). Cette raison pourrait aussi expliquer la différence significative de la relation entre la longueur totale et la longueur à la fourche entre les mâles et les femelles.

Le coefficient d'allométrie « b » de la relation taille/poids indique que cette espèce a une croissance majorante (3,16 pour les femelles et 3,04 pour les mâles) à l'inverse des résultats mesurés dans d'autres zones géographiques comme la nouvelle Calédonie (2,93 ; Williams *et al.* 2013), les îles des Vanuatu (2,95 ; Brouard & Grandperrin 1984) et au nord-ouest des îles Hawaïennes (2,99 ; Uchiyama *et al.* 1984 et 2,58 ; Uchida *et al.* 1982). Ceci montre que les individus de l'île de la Réunion sont les seuls à avoir une croissance en poids plus rapide que la taille.

L'étude des paramètres morphométriques de l'otolithe a permis de mettre en évidence la significativité des relations entre ces paramètres et la taille des poissons, ce qui corrobore les résultats entre la taille du poisson et le poids de l'otolithe obtenus par Smith & Kostlan (1991) à Hawaï, aux îles Mariannes, en Polynésie française, aux îles Fidji et aux Vanuatu. Cela indique que les paramètres morphométriques de l'otolithe peuvent être utilisés comme des proxys de la croissance du poisson (Johnson *et al.* 1995), car il existe une relation significative entre la croissance de l'otolithe et la croissance somatique du poisson (Smith & Kostlan 1991 ; Smith 1992).

Les estimations en âge montrent des individus entre 1 et 8 ans à l'exception d'un individu femelle âgé de 22 ans (Fig. 61). Les données taille/âge montrent des mâles et des femelles avec une croissance similaire pendant leurs premières années de leur vie (jusqu'à 4 ans). Cependant, la croissance après la quatrième année montre des différences entre les 2 sexes en faveur des femelles. La maturité sexuelle de *Etelis carbunculus* intervient entre 3 et 5 ans (Brouard & Grandperrin 1984) ainsi donc cela pourrait expliquer en partie la différence de croissance entre les mâles et les femelles à partir de cet âge. La croissance a pu être modélisée à partir du modèle de Von Bertalanffy. L'estimation du paramètre de croissance « k » des mâles ( $k=0,22$ ) est supérieure à celui des femelles ( $k = 0,08$ ). Le coefficient k varie selon les études et modèles de croissance utilisés et les zones géographiques de 0,18 à 0,46 aux îles Mariannes, de 0,04 à 0,15 en Polynésie française, de 0,06 à 0,19 à Hawaï, de 0,13 à 0,14 à Vanuatu (Smith & Kostlan 1991), 0,10 en Papouasie Nouvelle-Guinée (Fry *et al.* 2006), 0,28 en Nouvelle-Calédonie (Williams *et al.* 2013) et 0,15 aux Vanuatu (Brouard *et al.* 1983).

Dans notre étude, les femelles peuvent atteindre une longueur maximale théorique largement supérieure à celle des mâles respectivement de 114,8 cm et de 51,81 cm. Cependant, il est à noter que seules 2 femelles ont été observées avec une taille supérieure à 60 cm. Selon les zones géographiques, la longueur asymptotique des femelles de *Etelis carbunculus* de l'île de la Réunion est plus proche de celle des individus de la Nouvelle Calédonie (102 cm ; Williams *et al.* 2013). Cette longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) est inférieure à celle estimée par Smith & Kostlan (1991) pour les populations des îles des Vanuatu, des îles de Hawaï et de Polynésie française (145 cm, 135 cm et 167 cm respectivement). En revanche, celles des populations des îles Mariannes (46 cm ; Ralston & Williams 1988) et de Hawaï (73 cm ; Uchida *et al.* 1982) sont largement inférieures. Il est à noter qu'à un âge de 22 ans (âge maximum observé dans notre

étude pour  $L_t = 98$  cm), la longueur totale des vivaneaux en Nouvelle-Calédonie est de 102 cm, et de 85 cm pour ceux de la Papouasie Nouvelle-Guinée, ce qui place l'île de la Réunion entre ces deux valeurs (Fig. 61). Les différents résultats de croissance obtenus peuvent être expliqués par : d'une part, la variabilité des conditions environnementales d'une zone géographique à une autre, et d'autre part, par des biais possibles dans l'estimation d'âge, la distribution des tailles et le nombre d'échantillons analysés. En effet, dans l'étude des vivaneaux rubis des îles Hawaïennes, seulement 14 individus de tailles comprises entre 26 et 56 cm ont été utilisés (Uchida *et al.* 1982) ; alors que pour ceux de la Nouvelle Calédonie, 96 individus mesurant entre 28 et 115 cm ont été analysés (Williams *et al.* 2013). Dans notre étude, 230 individus de tailles comprises entre 15 et 98 cm ont été pris en compte dans l'estimation d'âge.

D'après Andrews *et al.* (2011), la méthode de validation de l'âge par datation au radiocarbone de *Etelis carbunculus* indique que cette espèce a une longévité beaucoup plus importante et sous-estimée dans les différentes études, notamment, celles basées sur l'extrapolation de données obtenues par l'étude de la croissance journalière qui peut sous-estimer l'âge des grands individus. L'âge maximal des vivaneaux rubis estimé est de 28 ans en Papouasie Nouvelle-Guinée (Fry *et al.* 2006) pour une longueur totale de 92 cm. Alors que celui des individus provenant du récif de Nangaloo au large des côtes ouest de l'Australie est estimé à  $37 \pm 2$  ans pour une longueur de 107 cm (Andrews *et al.* 2011).

L'âge maximal observé dans cette étude est de 8 ans pour un mâle de 49,7 cm, et de 22 ans pour une femelle de 98 cm. Pour un âge équivalent (8 ans), la femelle a une longueur totale supérieure (58,5 cm) à celle du mâle, contrairement à la plus part des études où les mâles ont une longueur asymptotique supérieure aux femelles (Smith & Kostlan 1991; Fry *et al.* 2006 ; Williams *et al.* 2013; Ralston & Williams 1988; Brouard *et al.* 1983 ; Uchida *et al.* 1982 ; Johnson *et al.* 1995). Une différence qui peut s'expliquer en partie par le manque d'individus mâles observés lors des pêches.

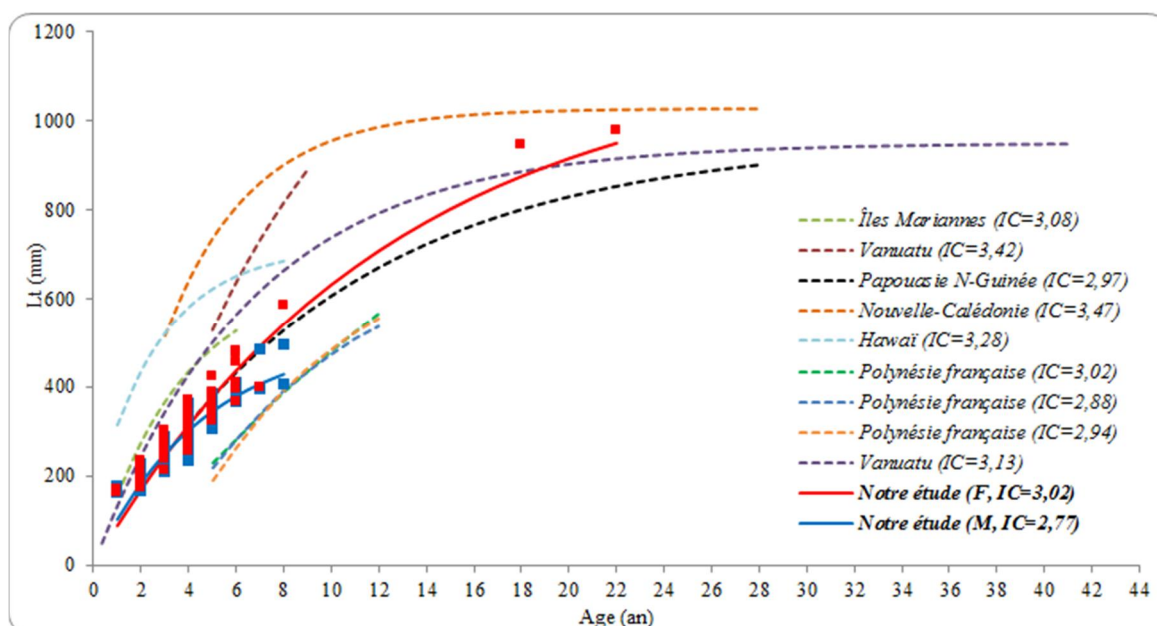


Figure 61. Courbes de croissance de Von Bertalanffy d'*Etelis carbunculus* dans différentes zones géographiques, (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles).

L'indice de performance de croissance ( $\Phi$ ) est utilisé pour pouvoir comparer les croissances entre sexe ou entre différentes études (Tab. 34). Celui des femelles est supérieur à celui des mâles (3,02 cm/an, et 2,77 cm/an respectivement) indiquant ainsi une meilleure croissance chez les femelles. Cet indice chez les femelles est proche de celui calculé pour les îles Mariannes (3,04 cm/an), Polynésie française (3,02 cm/an), Hawaï (3,03 cm/an). La croissance des vivaneaux

rubis de l'île de la Réunion est légèrement supérieure à celle de la Papouasie Nouvelle-Guinée (2,97 cm/an) et inférieure par rapport aux vivaneaux des Vanuatu (3,45 cm/an) et de la Nouvelle Calédonie (3,46 cm/an). De manière générale, les individus de *Etelis carbunculus* croissent plus vite à Vanuatu, aux îles Mariannes et à Hawaï (Uchida *et al.* 1982 ; Smith & Kostlan 1991, Tab. 34).

Tableau 34. Synthèse des paramètres de croissance de *Etelis carbunculus* dans les différentes zones géographiques (LÔ est recalculé par rapport à la longueur totale en cm).

Zone d'étude	N	Age observé (min/max)	LÔ (Lt, cm)	K (an <sup>-1</sup> )	Φ
Îles Mariannes	62	1/6	M : 86,12 F : 84,26	0,179	3,12 3,10
			M : 62,01 F : 60,69	0,289	3,05 3,03
			M : 62,01 F : 60,69	0,464	3,25 3,23
			M : 62,01 F : 60,69	0,310	3,08 3,06
			M : 66,97 F : 65,54	0,273	3,09 3,07
			M : 167,46 F : 163,78	0,039	3,04 3,02
Polynésie française	63	5/12	M : 78,08 F : 76,40	0,126	2,89 2,87
			M : 78,08 F : 76,40	0,145	2,95 2,93
			M : 135,80 F : 132,83	0,064	3,07 3,05
			M : 82,44 F : 80,66	0,163	3,04 3,03
Hawaï	37	6/14	M : 82,44 F : 80,66	0,190	3,11 3,09
			M : 145,81 F : 142,62	0,129	3,44 3,42
			M : 145,81 F : 142,62	0,137	3,46 3,45
			M : 96,01 F : 96,01	0,10	2,96
Nouvelle-Calédonie	96	3/21	M : 102,82 F : 100,59	0,28	3,47 3,45
Îles Mariannes	4	1/3	M : 46,28 F : 45,31	0,347	2,87 2,85
Vanuatu	36	0/41	M : 95,07 F : 93,01	0,15	3,13 3,11
Hawaï	14	-	M : 73,37 F : 71,80	0,36	3,29 3,27
<b>Ile de la Réunion (notre étude)</b>	<b>102</b> <b>120</b>	<b>1/22</b>	<b>M : 51,81</b> <b>F : 114,8</b>	<b>0,22</b> <b>0,08</b>	<b>2,77</b> <b>3,02</b>

La comparaison des résultats inter sites doit se faire avec précaution, car les résultats obtenus dans les différentes études pourraient être liés aux différentes techniques utilisées pour l'estimation de l'âge. En effet, l'estimation de Ralston & Williams (1988) et Smith & Kolstand (1991) est basée sur la largeur des stries de croissance journalières des juvéniles, alors que celle de Fry *et al.* (2006) et Williams *et al.* (2013) est basée sur les anneaux de croissance annuelle. Les résultats peuvent varier aussi selon les gammes de taille des échantillons, le nombre d'individus (pièces calcifiées) utilisés dans l'étude (62 et 4, Smith & Kostlan 1991 ; Ralston & Williams 1988, respectivement) aux îles des Mariannes, (63, Smith & Kostlan 1991) en



Polynésie française, (37 et 14, Smith & Kostlan 1991 et Uchida *et al.* 1982, respectivement) à Hawaï, (13 et 36, Smith & Kostlan 1991 et Brouard *et al.* 1983 respectivement) à Vanuatu, (20 ; Fry *et al.* 2006) en Papouasie Nouvelle- Guinée, (96 ; Williams *et al.* 2013) en Nouvelle-Calédonie et (226 ; notre étude) en île de la réunion. Et enfin, la méthode et le modèle utilisés pour l'estimation d'âge peuvent aussi avoir un effet sur le résultat final en fonction des contraintes pouvant être appliquées sur les modèles (Johnson *et al.* 1995 ; Smith & Kostlan 1991).

## 4.2. *Etelis coruscans* (Vivaneau flamme)

Il existe une relation significative entre la longueur totale et le poids du poisson, et il n'y a pas de différence entre les mâles et les femelles. Le nombre et la distribution en taille des mâles et des femelles est similaire ( $n = 46$ ,  $L_{t_{moy}} = 43$  cm,  $L_{t_{max}} = 106$  pour les mâles et  $n = 54$ ,  $L_{t_{moy}} = 48$  cm,  $L_{t_{max}} = 112$  cm pour les femelles).

Le coefficient d'allométrie « b » de la relation taille/poids indique que cette espèce a une croissance minorante (2,69 pour les mâles et 2,70 pour les femelles). Ainsi, les individus d'*Etelis coruscans* de l'île de la Réunion ont une croissance en taille plus rapide que la croissance en poids. Ceci corrobore les résultats obtenus dans d'autres zones géographiques, notamment, chez les individus de la Nouvelle Calédonie (2,88 ; Williams *et al.* 2013), ceux du nord-ouest des îles Hawaïennes (2,59 ; Uchiyama *et al.* 1984) et pour le stock des îles Vanuatu (2,75 ; Brouard & Grandperrin 1984).

L'étude des paramètres morphométriques de l'otolithe a permis de mettre en évidence la significativité des relations entre ces paramètres et la taille des poissons. Cela correspond aux résultats obtenus entre la taille du poisson et les mesures du *radius* de l'otolithe (Williams & Kimberly 1997), ce qui démontre que les paramètres morphométriques de l'otolithe peuvent être de bons descripteurs de croissance du poisson (Smith 1991 ; 1992 ; Johnson *et al.* 1995). Toutefois, il est important de mentionner qu'il existe une différence significative entre les paramètres morphométriques des otolithes gauche et droit d'un même individu.

Les estimations d'âge montrent que les individus mâles et femelles ont une croissance similaire (Fig. 62). L'estimation du paramètre de croissance « k » indique que celui des femelles ( $k = 0,105$ ) est légèrement supérieur à celui des mâles ( $k=0,097$ ). Ce paramètre caractérisant la vitesse de croissance, diffère selon les études et les zones géographiques. La vitesse de croissance estimée dans notre étude est proche de celle obtenue chez les individus d'Hawaï ( $k = 0,106$  ; Williams *et al.* 1997), mais légèrement plus lente par rapport à celui de la Papouasie Nouvelle-Guinée ( $k = 0,27$  ; Fry *et al.* 2006), de la Nouvelle-Calédonie ( $k = 0,14$  ; Williams *et al.* 2013), des îles Mariannes ( $k = 0,123$  ; Ralston & Williams 1988) et des Vanuatu ( $k = 0,23$  ; Brouard *et al.* 1983).

La longueur asymptotique des mâles et des femelles est respectivement de 141,88 cm et de 136,52 cm. La valeur de ce paramètre de croissance observé dans notre étude à l'île de la Réunion est très proche de celui des individus de la nouvelle Calédonie (141,42 cm ; Williams *et al.* 2013). Ces valeurs sont légèrement supérieures à celle des individus de la Papouasie Nouvelle-Guinée (111,58 cm ; Fry *et al.* 2006), et celle des îles Vanuatu (98,93 cm ; Brouard *et al.* 1983). A l'inverse, la longueur asymptotique mesurée dans cette étude est inférieure à celle des îles Mariannes (155,35 cm ; Ralston & Williams 1988), et d'Hawaï (167,35 cm ; Williams *et al.* 1997).

L'âge maximal obtenu dans notre étude est de 16 ans pour les femelles ( $L_t = 112$  cm) et 14 ans pour les mâles ( $L_t = 106$  cm) (Fig.62). Selon les zones géographiques, à l'âge de 16 ans, les individus des îles des Vanuatu atteignent une longueur totale de 104 cm, 110 cm en Papouasie Nouvelle-Guinée, et 128 cm pour ceux de la Nouvelle-Calédonie. Il a été rapporté dans d'autres

études que les femelles ont une croissance plus importante que les mâles (Everson *et al.* 1989 ; Newman & Dunk 2003).

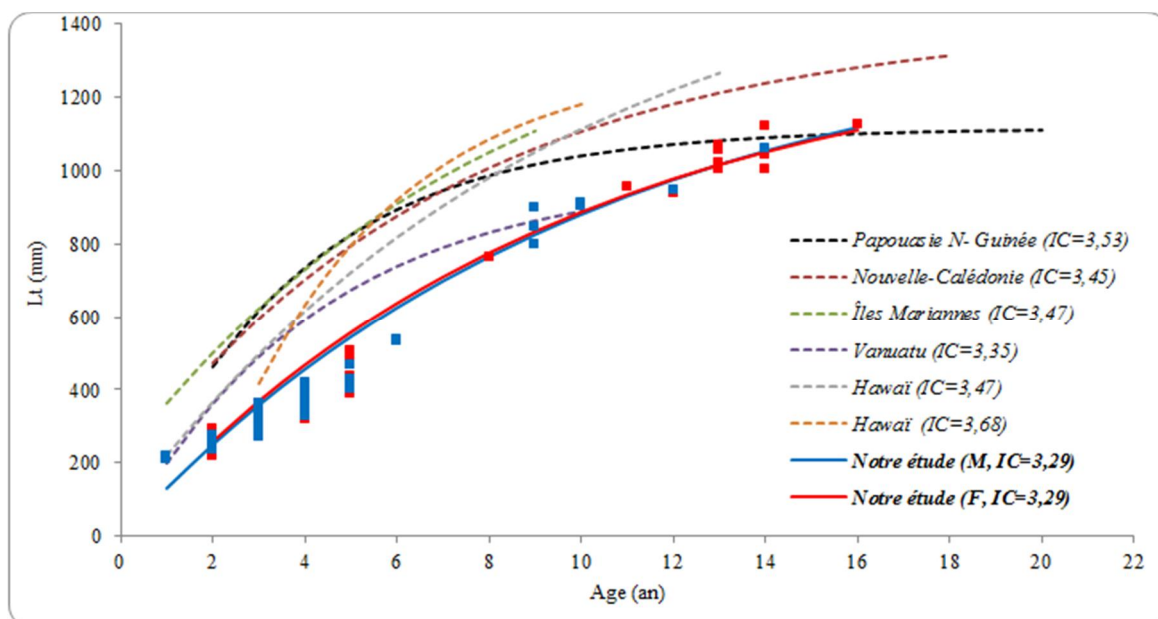


Figure 62. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de *Etelis coruscans* dans différentes zones géographiques, (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles).

L'indice de performance de croissance ( $\Phi$ ) a été calculé afin de pouvoir comparer les croissances des mâles et des femelles et entre différentes études (Tab.35). Pour notre étude, cet indice est équivalent pour les deux sexes (3,29 cm/an) indiquant bien de ce fait une croissance similaire chez les mâles et les femelles. Cet indice est proche de celui calculé pour les individus des îles des Vanuatu (3,35 cm/an ; Brouard *et al.* 1983). Par contre, il est légèrement inférieur à celui des vivaneaux de la Papouasie Nouvelle-Guinée (3,53 cm/an), de la Nouvelle Calédonie (3,45 cm/an), des îles Mariannes (3,47 cm/an) et de Hawaï (3,68 cm/an) (Tab. 35).

Tableau 35. Synthèse des paramètres de croissance de *Etelis coruscans* dans les différentes zones géographiques.

Zone d'étude	N	Age observé (min/max)	L <sub>0</sub> (Lt, cm)	K (an <sup>-1</sup> )	$\Phi$
Papouasie Nouvelle-Guinée	6	2/20	111,58	0,27	3,53
Nouvelle-Calédonie	79	2/18	141,42	0,14	3,45
Îles Mariannes	11	1/9	155,35	0,123	3,47
Vanuatu	26	-	98,93	0,23	3,35
Hawaï	14	1/13	167,35	0,106	3,45
	28	3/10	131,06	0,276	3,68
<b>Ile de la Réunion (notre étude)</b>	<b>46</b>	<b>1/16</b>	<b>M : 141,88</b>	<b>0,097</b>	<b>3,29</b>
	<b>54</b>		<b>F : 136,52</b>	<b>0,105</b>	

Il est à noter que les valeurs estimées des paramètres de croissance d'une même espèce et dans la même région peuvent varier selon les modèles utilisés (exemple des individus des îles de Hawaï, Tab. 35).

### 4.3. *Pristipomoides multidens* (colas à bandes dorées)

Le nombre et la distribution en taille des mâles ( $n = 86$ ,  $L_{t_{moy}} = 51$  cm,  $L_{t_{max}} = 86$  cm) est de même ordre que les femelles ( $n = 84$ ,  $L_{t_{moy}} = 49$  cm,  $L_{t_{max}} = 81$  cm pour les femelles). La relation entre la longueur totale et le poids des individus est significative, et selon cette relation, il n'y a pas de différence significative entre les mâles et femelles. Des résultats semblables ont été obtenus pour les individus des côtes de Pilbara au nord-ouest de l'Australie (Newman *et al.* 2000), en mer de Timor et en mer d'Arafura (Lloyd 2010), contrairement aux individus de Kimberley en Australie, où la relation taille-poids est significativement différente entre les mâles et les femelles (Newman & Dunk 2003).

Le coefficient d'allométrie «  $b$  » de la relation entre la taille et le poids totale des individus indique que cette espèce a une croissance majorante ( $b = 3,10$  pour les mâles et  $b = 3,01$  pour les femelles), contrairement aux résultats obtenus pour les individus de Kimberley au nord-ouest de l'Australie qui ont une croissance allométrique minorante ( $b = 2,91$  ; Newman & Dunk 2003). Une croissance allométrique négative également pour les individus de Pilbara en Australie ( $b = 2,95$  ; Newman *et al.* 2000), ceux de mer de Timor (2,89 ; Edwards 1985) ainsi que les individus du nord-ouest des îles Hawaïennes (2,94 ; Brouard & Grandperrin 1984). Cela indique que les individus de l'île de la Réunion sont les seuls à avoir une croissance en poids plus importante qu'en taille ( $b = 3,05$  tous sexes confondus).

L'étude de la morphométrie des otolithes a permis de démontrer la significativité des relations existantes entre les mesures des poissons et les paramètres morphométriques de leurs otolithes. Cela indique que les paramètres morphométriques de l'otolithe notamment, la longueur ( $O_{long}$ ), la surface ( $O_{surf}$ ) et le poids ( $O_w$ ) peuvent être de bons proxys de la croissance du poisson comme cela a été prouvé dans d'autres études (Smith 1991 ; Johnson *et al.* 1995). Il a été démontré également que le poids de l'otolithe est un paramètre fiable qui peut être utilisé dans l'estimation de l'âge du poisson (Newman *et al.* 2000 ; Newman & Dunk 2003 ; Fry *et al.* 2006 ; Lloyd 2010).

Les estimations en âge de notre étude montrent des individus entre 3 et 12 ans pour les mâles et entre 3 et 10 ans pour les femelles (Fig. 63). Les données taille/âge montrent que la croissance des mâles est légèrement supérieure à celle des femelles pendant les premières années de leur vie (jusqu'à 8 ans). Cependant, la croissance après 10 ans montre une légère différence en faveur des femelles. La maturité sexuelle de *Pristipomoides multidens* intervient entre 3 et 5 ans selon les zones géographiques (Brouard & Grandperrin 1984 ; Newman & Dunk 2003 ; Lloyd 2010). Cela pourrait expliquer en partie la différence de croissance entre les mâles et les femelles à partir de cet âge. Il a été rapporté également dans d'autres études que les femelles ont une croissance plus importante que les mâles (Everson *et al.* 1989 ; Newman & Dunk 2003).

La croissance modélisée à partir du modèle de Von Bertalanffy montre un paramètre de croissance «  $k$  » des mâles ( $k = 0,11$ ) légèrement supérieure à celui des femelles ( $k = 0,09$ ). Cette vitesse de croissance diffère selon les zones géographiques, en effet, celui des individus de l'île de la Réunion est proche de celui obtenu chez les populations d'Indonésie (0,11 pour les mâles et 0,13 pour les femelles), d'Australie (mer d'Arafura 0,10 pour les mâles et 0,13 pour les femelles) et mer de Timor (0,14 pour les mâles et 0,15 pour les femelles) d'après les travaux de Lloyd (2010). En revanche, il est inférieur à celui estimé pour les populations de Pilbara et Kimberly en Australie (0,19 et 0,25 respectivement, Newman & Dunk 2003 ; Newman *et al.* 2000) ainsi que celui de Papouasie Nouvelle-Guinée (0,24 ; Fry *et al.* 2006) et de Vanuatu (0,35 ; Brouard *et al.* 1984).

Les paramètres de croissance estimés dans notre étude montrent que les femelles peuvent atteindre une longueur maximale théorique légèrement supérieure à celle des mâles (132 cm, 111 cm respectivement). Selon les zones géographiques, la longueur asymptotique des individus mâles est proche de celle des individus de mer d'Arafura et d'Indonésie (respectivement 99 cm et 94 cm, Lloyd

2010). Par ailleurs, cette longueur asymptotique ( $L_{\infty}$ ) est plus élevée par rapport à celle estimée chez les individus des côtes australiennes et des îles Vanuatu (68 cm ; Newman & Dunk 2003 ; Brouard *et al.* 1984), 61 cm en Papouasie Nouvelle-Guinée (Fry *et al.* 2006) et 81 cm en mer de Timor (Lloyd 2010).

Pour un âge équivalent à l'âge maximal de *Pristipomoides multidens* estimé dans cette étude (12 ans,  $L_t = 86$  cm pour les mâles), les mâles en Indonésie et aux Vanuatu ont une taille de 65 cm, 66 cm en mer d'Arafura, 61 cm en Australie et 57 cm en Papouasie Nouvelle-Guinée. Pour les femelles de notre étude, la taille à l'âge maximal observé (81 cm, 11 ans) est supérieure à celle des individus d'Australie et de mer d'Arafura (69 cm et 62 cm respectivement), ainsi que celle des populations de mer de Timor (65 cm), de Papouasie Nouvelle-Guinée (56 cm).

Des différences de longévité peuvent exister même entre des populations adjacentes et proches géographiquement, à l'instar de celles de la côte occidentale de l'Australie, d'une part les individus de Kimberley avec un âge maximal de 30 ans (Newman & Dunk 2003) et d'autre part, ceux de Pilbara dont l'âge maximal est estimé à 19 ans (Newman *et al.* 2000).

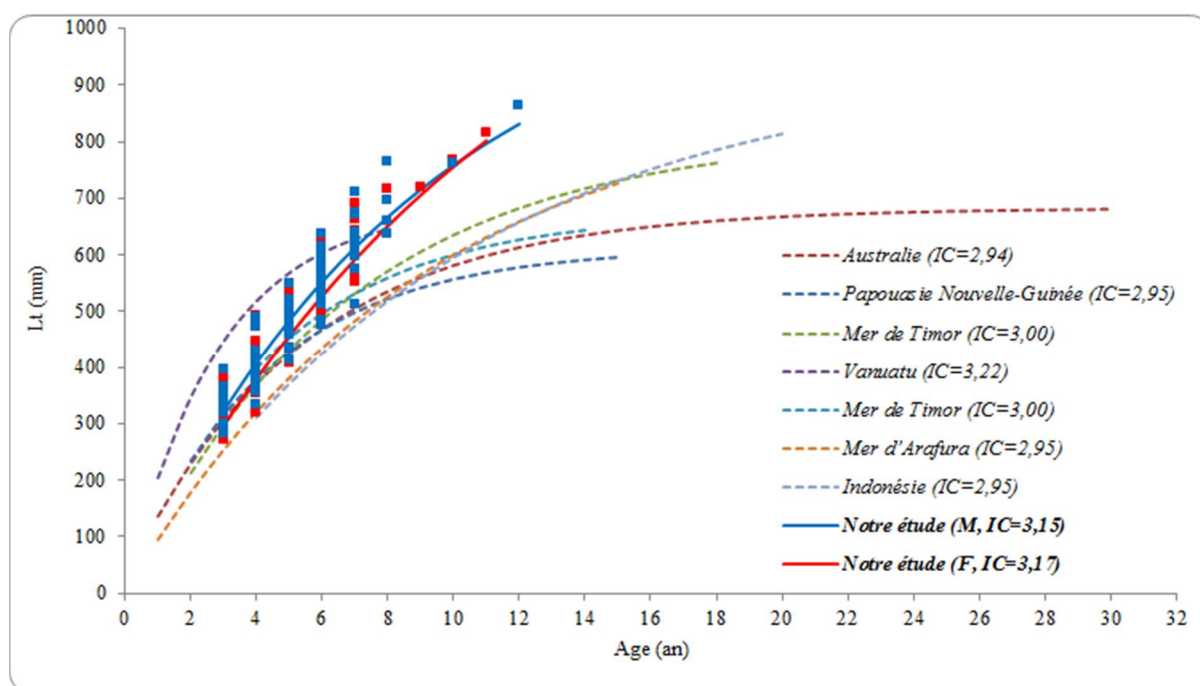


Figure 63. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de *Pristipomoides multidens* dans différentes zones géographiques (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles).

Dans le but de comparer la croissance entre les mâles et les femelles d'une part, et entre les populations des différentes régions géographiques d'autre part, l'indice de performance de croissance ( $\Phi$ ) a été calculé. Celui des femelles (3,17 cm/an) est très proche de celui des mâles (3,15 cm/an) indiquant de ce fait qu'ils ont une croissance presque similaire. Cet indice est proche de celui calculé pour les individus des îles des Vanuatu (3,22 cm/an), et il est supérieur à celui des autres régions (2,94 cm/an en Australie, 2,95 cm/an en Papouasie Nouvelle-Guinée, et 2,95 cm/an en Indonésie), traduisant ainsi une meilleure croissance de *Pristipomoides multidens* de l'île de la Réunion et des îles des Vanuatu (Tab. 36).

Tableau 36. Synthèse des paramètres de croissance de *Pristipomoides multidens* dans les différentes zones géographiques.

Zone d'étude	Sexe	N	Age observé (min/max)	L <sub>0</sub> (Lt, cm)	K (an <sup>-1</sup> )	Φ
Australie	M	1879	3/30	67,88	0,187	2,93
	F	1600	4/27	68,88	0,187	2,95
	M+F	3479	0,35/30	68,29	0,187	2,94
Papouasie Nouvelle-Guinée	M+F	36	2/15	61,25	0,24	2,95
Mer de Timor (Australie)	M+F	356	2/14	67,46	0,219	3,00
Vanuatu	M+F	390	1/8	68,74	0,35	3,22
Mer de Timor (Australie)	M	675	2/18	82,37	0,14	2,98
	F	719	2/17	81,07	0,15	2,99
	M+F	1394	2/18	81,72	0,15	3,00
Mer d'Arafura (Australie)	M	738	1/15	99,37	0,10	2,99
	F	706	1/14	81,44	0,13	2,94
	M+F	1572	1/15	89,87	0,11	2,95
Indonésie	M	144	4/16	84,42	0,13	2,97
	F	194	4/20	94,11	0,11	2,98
	M+F	338	4/20	94,07	0,10	2,95
Ile de la Réunion (notre étude)	M	86	3/12	111,52	0,11	3,15
	F	80		132,00	0,09	3,17

Les différentes techniques utilisées pour estimer l'âge des poissons à travers les différentes zones géographiques, peuvent avoir une influence sur le résultat final (Newman & Dunk 2003). En effet, dans certaines études, l'estimation de l'âge est basée sur la croissance journalière de jeunes individus (Richards 1987 ; Brouard *et al.* 1984 ; Newman & Dunk 2003), d'autres sur les pièces des vertèbres et écailles (Edwards 1985), d'autres sur l'analyse des fréquences de taille (Mohsin & Ambak 1996) ou encore sur les coupes transversales d'otolithes (Newman *et al.* 2000 ; notre étude).

#### 4.4. *Pristipomoides argyrogrammicus* (Colas orné)

Pour les 115 individus analysés ( $n = 53$ ,  $L_{\text{moy}} = 25$  cm,  $L_{\text{max}} = 32$  pour les mâles et  $n = 60$ ,  $L_{\text{moy}} = 22$  cm,  $L_{\text{max}} = 30$  cm pour les femelles), il existe une relation significative entre la longueur totale et le poids des poissons et aucun dimorphisme sexuel (effet sexe non significatif) n'a été constaté sur la relation taille/poids, contrairement à ce qui a été observé au sud-ouest du Japon ( $L_f/W_t$  ; Nanami 2011).

Le coefficient d'allométrie « b » de la relation entre la longueur totale et le poids des poissons indique que cette espèce a une croissance allométrique majorante (3,14 pour les mâles et 3,20 pour les femelles). La valeur de ce coefficient indique que les individus de l'île de la Réunion ont une croissance en poids plus rapide qu'en taille ( $b = 3,15$  tous sexes confondus). Ces résultats corroborent ceux obtenus au sud-ouest du Japon (3,12 ; Nanami 2011) et 3,22 aux Vanuatu (Brouard & Grandperrin 1984 ; Pakoa 1998), dans le Golf de Suez (3,02 ; Mehanna 2003).

L'étude des paramètres morphométriques de l'otolithe a permis de mettre en évidence la significativité des relations entre ces paramètres et la taille des poissons, ce qui a déjà été mesuré dans notre étude chez d'autres espèces de la même famille de *Lutajidae*, notamment, *Etelis carbunculus*, *Etelis coruscans*, *Pristipomoides multidens*. Cela montre que les paramètres morphométriques de l'otolithe peuvent être de bons descripteurs de croissance du poisson (Smith 1991 ; 1992 ; Johnson *et al.* 1995). Toutefois, il existe une différence significative entre les paramètres des otolithes gauche et droit.

Les estimations en âge montrent des individus entre 1 et 5 ans (Fig. 64). Les données taille/âge montrent que la croissance des mâles et des femelles presque similaire pendant les premières années (jusqu'à 2 ans). Cependant, après cet âge, la croissance des mâles dépasse légèrement celle des femelles. Cette limite proche de 2 ans entre ces 2 phases de croissance peut

correspondre à la maturité sexuelle (vers 16 cm ; Brouard & Grandperrin 1984 et à partir de 20 cm ; Nanami 2011), peut expliquer en partie la différence de croissance entre les mâles et les femelles à partir de cet âge.

La croissance a pu être modélisée à partir du modèle de Von Bertalanffy. L'estimation du paramètre de croissance « k » est de même ordre pour les deux sexes (0,54 pour les mâles et 0,57 pour les femelles). Il est largement plus élevé à celui estimé chez les autres espèces de la même famille dans notre étude. La longueur asymptotique estimée montre que les mâles peuvent atteindre une longueur théorique maximale légèrement supérieure à celle des femelles (30,97 cm, et 28,99 respectivement). Cette longueur asymptotique est dans les mêmes proportions que celles des autres espèces de la même famille. Elle est de 30,75 cm et 34 cm pour *Lutjanus kasmira* (îles Samoa ; Ralston S. & Williams 1988 et Hawaï ; Morales-Nin *et al.* 1990), légèrement supérieure à celle de *Lutjanus lineolatus* (24,45 cm dans le Golf de Suez ; Mehanna 2003) et *Lutjanus bouton* (25,81 cm en Papouasie Nouvelle-Guinée ; Fry *et al.* 2006).

L'âge maximal estimé dans cette étude est de 5 ans pour une longueur totale de 29 cm pour les femelles et 31 cm pour les mâles. Ceci correspond aux résultats obtenus à partir de l'étude de fréquence de taille au sud-ouest du Japon (Nanami 2011). Selon les zones géographiques et pour des espèces de la même famille, cet âge maximal est de 4 ans pour *Lutjanus lineolatus* (Golf de Suez ; Mehanna 2003) et *Lutjanus kasmira* (îles Samoa ; Ralston & Williams 1988), et 6 ans à Hawaï (*L. kasmira* ; Morales-Nin *et al.* 1990).

La longévité de cette espèce (5 ans) n'est pas élevée par rapport aux autres espèces, sachant que la taille maximale enregistrée dans cette étude est de 31 cm pour les mâles et 29 cm pour les femelles. Les longueurs maximales des poissons échantillonnés sont proches des individus du sud-ouest du Japon (34 cm pour les mâles et de 34 cm pour les femelles ; Nanami 2011) et de ceux des îles des Vanuatu ( $L_{max} = 29$  cm ; Brouard & Grandperrin 1984).

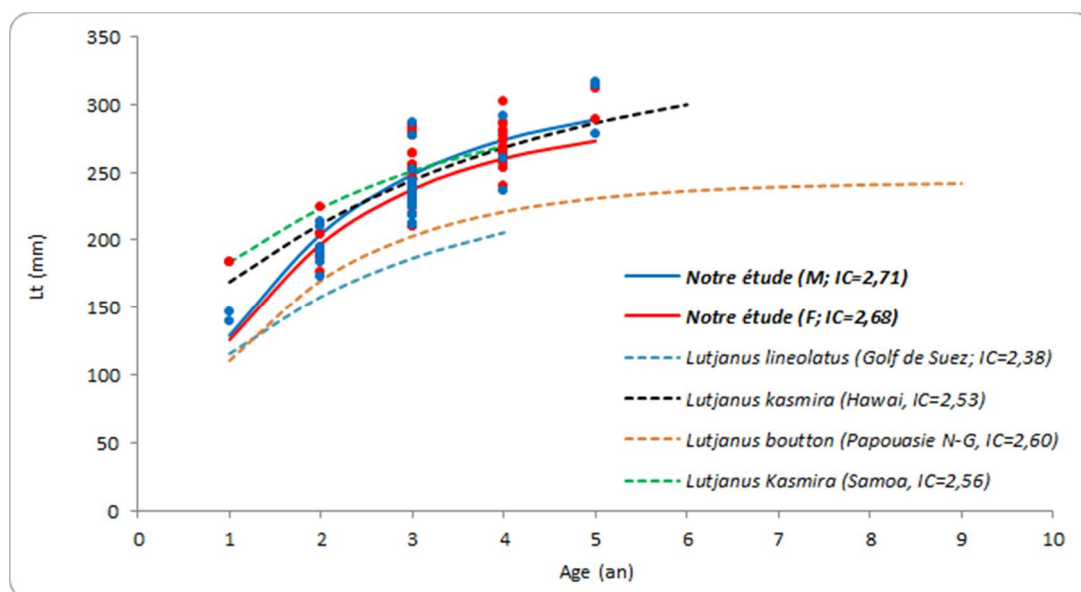


Figure 64. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de *Pristipomoides argyrogrammicus*, dans différentes zones géographiques (M ; mâles, F ; femelles).

L'indice de performance de croissance ( $\Phi$ ) est utilisé afin comparer les croissances entre sexe ou entre les différentes études. Celui des femelles est légèrement supérieur à celui des mâles (2,71 cm/an et 2,68 cm/an respectivement) indiquant ainsi une croissance similaire pour les deux sexes (Tab. 37). La valeur de cet indice est proche de celle des autres espèces de la même famille (2,60 ; *Lutjanus bouton*, 2,56 ; *Lutjanus kasmira* ; Tab.37).



Tableau 37. Synthèse des paramètres de croissance de *Pristipomoides argyrogrammicus*.

Espèce	Zone d'étude	Sexe	N	Age observé (min/max)	L <sub>0</sub> (Lt, cm)	K (an <sup>-1</sup> )	Φ
<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i>	<b>Ile de la Réunion (notre étude)</b>	M	52	1/5	30,97	0,54	2,68
		F	59		28,99	0,57	2,71
<i>Lutjanus lineolatus</i>	Golf de Suez		913	1/4	24,45	0,40	2,38
<i>Lutjanus kasmira</i>	Hawaï		1987	1/6	34,00	0,29	2,53
<i>Lutjanus bouton</i>	Papouasie Nouvelle-Guinée		23	1/9	25,81	0,60	2,60
<i>Lutjanus kasmira</i>	Samoa (Est des Vanuatu)		7	1/4	30,75	0,38	2,56

#### 4.5. *Epinephelus radiatus* (Mérrou zébré)

Les relations entre les paramètres morphométriques mesurés (longueur totale-longueur à la fourche, longueur totale-longueur standard et longueur totale-poids) sont significatives comme chez une autre espèce de *Epinephelus* (*Epinephelus merra*) de l'île de la Réunion (Pothin *et al.* 2004). Les individus échantillonnés et analysés dans cette étude sont tous des femelles ( $n = 63$ ,  $L_{t\text{moy}} = 39$  cm,  $L_{t\text{max}} = 65$  cm) à l'exception de 4 individus mâle (incertain) et 2 de sexe indéterminé. L'observation macroscopique du sexe étant très difficile nécessitant souvent une vérification microscopique à partir de coupes histologiques et cette espèce étant une espèce hermaphrodite protogynes (Pothin *et al.* 2004 ; Condini *et al.* 2014), la croissance n'est pas étudiée par sexe mais pour l'ensemble de l'espèce.

Le coefficient d'allométrie « b » de la relation entre la longueur totale et le poids des poissons indique que cette espèce a une croissance majorante (3,11) ce qui indique que cette espèce a une croissance en poids plus importante qu'en taille. Des résultats similaires ont été démontrés chez d'autres populations de mérrou en occurrence, *Epinephelus marginatus* sur les côtes Brésiliennes (3,09 ; Condini *et al.* 2014), *E. merra* de l'île de la Réunion (3,01 ; Pothin *et al.* 2004), et l'espèce *E. quernus* du nord-ouest des îles Hawaïennes (2,99 ; Nichols & DeMartini 2008). À l'inverse, la croissance allométrique est minorante pour la même espèce (*E. quernus*), et dans la même région géographique (2,59 ; Uchiyama *et al.* 1984). Selon une estimation des relations taille-poids basée sur une approche bayésienne, en fonction de la forme du corps, le coefficient b est estimé entre 2,88 et 3,20 pour ce genre de poissons (Froese *et al.* 2013).

L'étude des paramètres morphométriques de l'otolithe a permis de mettre en évidence la significativité des relations entre ces paramètres et la taille des poissons. Cela indique que les paramètres morphométriques de l'otolithe peuvent être utilisés comme des proxys de la croissance du poisson (Smith 1991 ; 1992 ; Johnson *et al.* 1995 ; Nichols & DeMartini 2008).

La croissance a pu être modélisée à partir du modèle de Von Bertalanffy. L'estimation du paramètre de croissance « k » ( $k = 0,20$ ) est proche des autres espèces du genre *Epinephelus*, notamment, *E. morrhua* de la Papouasie Nouvelle-Guinée (0,22 ; Fry *et al.* 2006), de celui de *E. quernus* des îles Hawaïennes (0,16 ; Nichols & DeMartini 2008) et celui de *E. morrhua* de Tonga à l'est de la Nouvelle Calédonie (0,16 ; Langi *et al.* 1988). Ce paramètre est supérieur à celui de *E. marginatus* des côtes brésiliennes (0,13 ; Condini *et al.* 2014), contrairement à *E. merra* de l'île de la Réunion qui prédispose d'une vitesse de croissance plus élevée (0,43 ; Pothin *et al.* 2004).

Les estimations en âge montrent des individus entre 1 et 13 ans (Fig. 65). Les données taille/âge montrent que les individus de l'île de la Réunion peuvent atteindre une longueur maximale théorique de 66 cm. Selon les zones géographiques, certaines espèces du même genre de mérrou atteignent des longueurs asymptotiques supérieures, en occurrence *E. marginatus* des côtes Brésiliennes (90 cm ; Condini *et al.* 2014), *E. quernus* des îles Hawaïennes (82 cm ; Nichols &

DeMartini 2008), *E. morrhua* à l'est de la Nouvelle Calédonie (74 cm ; Langi *et al.* 1988) et ceux de la Papouasie Nouvelle-Guinée (73 cm ; Fry *et al.* 2006). Pour l'espèce *E. merra* de l'île de la Réunion, la longueur asymptotique est très inférieure à celle des autres espèces (25 cm ; Pothin *et al.* 2004), mais cette longueur asymptotique est inférieure à la taille des individus analysés ( $L_t = 18-28$  cm,  $n = 38$ ), il s'agit peut-être d'un problème d'ajustement du modèle de croissance et/ou le phénomène de Lee (1920) comme cela a été expliqué par les auteurs de l'étude.

L'âge maximal estimé dans cette étude est de 14 ans pour une longueur totale de 65 cm. Les individus de *E. morrhua* de la Papouasie Nouvelle-Guinée ont un âge maximal de 10 ans ( $L_t = 40-67$  cm ; Fry *et al.* 2006). La longévité estimée de *E. quernus* des îles Hawaïennes est de 34 ans (Nichols & DeMartini 2008), et elle est plus élevée chez certaines espèces des côtes brésiliennes (40 ans pour *E. marginatus* ; Condini *et al.* 2014 et 54 ans pour *E. niveatus* ; Costa *et al.* 2011). La plus grande valeur d'âge estimé jusqu'à présent est de 61 ans pour *E. marginatus* en Méditerranée occidentale (Renones *et al.* 2007).

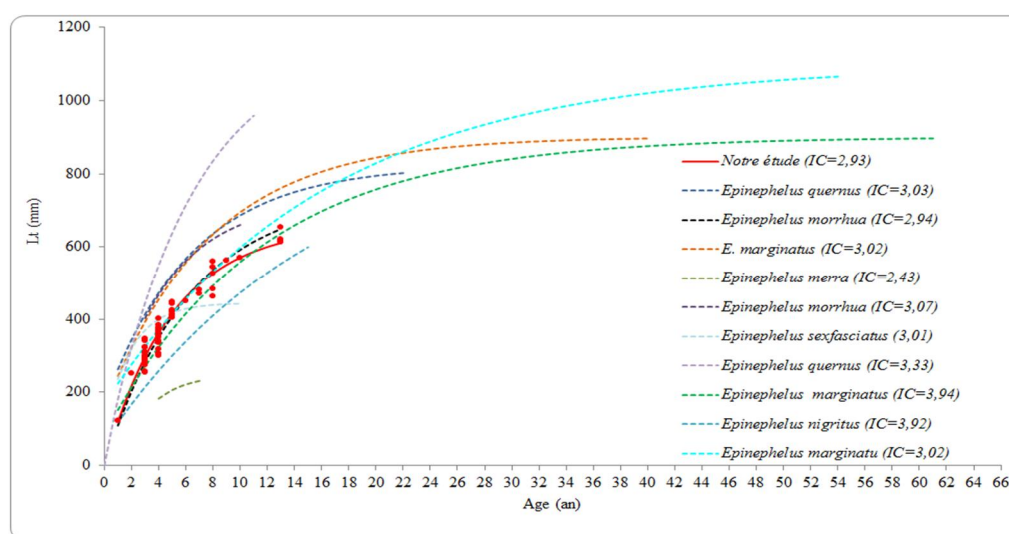


Figure 65. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de quelques espèces *Epinephelus* (IC ; indice de performance de croissance).

L'indice de performance de croissance ( $\Phi$ ) est utilisé pour comparer les croissances entre les différentes études. Selon cet indice, la croissance des individus de *E. radiatus* de l'île de la Réunion (2,94) est proche de l'espèce *E. morrhua* de la Nouvelle Calédonie (2,94), est meilleure que celle de *E. merra* de l'île de la Réunion (2,43). Les individus de *E. morrhua* de Papouasie Nouvelle-Guinée (3,07), de *E. quernus* des îles Hawaïennes (3,03) et de *E. marginatus* des côtes Brésiliennes (3,02) ont une croissance légèrement meilleure que ceux de *E. radiatus* de l'île de la Réunion (Tab. 38).

Tableau 38. Synthèse des paramètres de croissance de quelques espèces du genre *Pristipomoides*

Espèce	Zone d'étude	Sexe	N	Âge observé (min/max)	L <sub>∞</sub> (Lt, cm)	K (an <sup>-1</sup> )	Φ
<i>E. radiatus</i>	<b>Ile de la Réunion (notre étude)</b>		<b>57</b>	<b>1/13</b>	<b>65,99</b>	<b>0,20</b>	<b>2,94</b>
<i>E. quernus</i>	Iles Hawaïennes		158	/34	82,30	0,16	3,03
<i>E. morrhua</i>	Tonga (Est de la Nouvelle Calédonie)	-	-	-	74,2	0,16	2,94
<i>E. marginatus</i>	Côtes Brésiliennes		200	1/40	90,09	0,13	3,02
<i>E. merra</i>	Ile de la Réunion		31	4/6	25	0,43	2,43
<i>E. morrhua</i>	Papouasie Nouvelle-Guinée		13	3/10	73,08	0,22	3,07
<i>E. migratus</i>	Méditerranée occidentale		358	0/61	95,5	0,09	2,90

#### 4.6. *Eumegistus illustris* (Brème noire)

Le nombre et la distribution en taille des mâles et femelles est similaire ( $n = 46$ ,  $L_{t_{moy}} = 66$  cm,  $L_{t_{max}} = 86$  cm pour les mâles et  $n = 47$ ,  $L_{t_{moy}} = 68$  cm,  $L_{t_{max}} = 90$  cm pour les femelles). Les relations entre la longueur totale-longueur à la fourche, longueur totale-longueur standard et longueur totale-poids sont significatives, et selon ces relations, il n'y a pas de différence significative entre les mâles et femelles.

Le coefficient d'allométrie «  $b$  » de la relation entre la longueur totale et le poids des poissons indique que cette espèce a une croissance isométrique (3,00 pour les mâles et 3,01 pour les femelles) traduisant une croissance en poids au même rythme que celle en taille. Selon une estimation des relations taille-poids basée sur une approche bayésienne, en fonction de la forme du corps, le coefficient d'allométrie est estimé entre 2,75 et 3,17 pour ce genre de poissons (Froese *et al.* 2013).

L'étude des paramètres morphométriques de l'otolithe a permis de mettre en évidence la significativité des relations entre ces paramètres et la taille des poissons. Cela indique que les paramètres morphométriques de l'otolithe peuvent être utilisés comme des proxys de la croissance du poisson (Johnson *et al.* 1995) car le taux de croissance peut influencer la forme de l'otolithe (Smith 1992). Il est à noter tout de même que les relations entre la longueur totale du poisson et les paramètres de l'otolithe (surface et poids) sont significativement différentes entre les mâles et les femelles.

Les données Taille/Âge n'ont pas permis d'ajuster un modèle de croissance de Von Bertalanffy avec ou sans contraintes.

## 5. Conclusions et perspectives

L'âge des espèces étudiées a été estimé à partir des otolithes à l'exception d'une espèce, car ils sont les plus utilisés et permettent une estimation avec une grande précision (Panfili *et al.* 2001). Différentes techniques ont été utilisées selon les espèces ;

- Otolithe *in toto* pour *Pristipomoides argyrogrammicus* (LRY) et les petits individus d'*Etelis carbunculus* (ETA) et *Etelis coruscans* (ETC).
- Coupes transversales pour *Pristipomoides multidens* (LRI), *Epinephelus radiatus* (EZR) et les grands individus d'*Etelis carbunculus* et *Etelis coruscans*.
- Pièces d'opercule pour *Eumegistus illustris* (EBS). Il est à noter que l'opercule a permis d'obtenir de bons résultats alors que pour cette espèce les écailles et otolithes ne le permettaient pas.

En conclusion, cette étude a permis d'établir des modèles de croissance pour 5 espèces (Fig. 66 et Tab. 39) et ce pour la première fois dans le monde pour certaines espèces (*Epinephelus radiatus* et *Pristipomoides argyrogrammicus*).

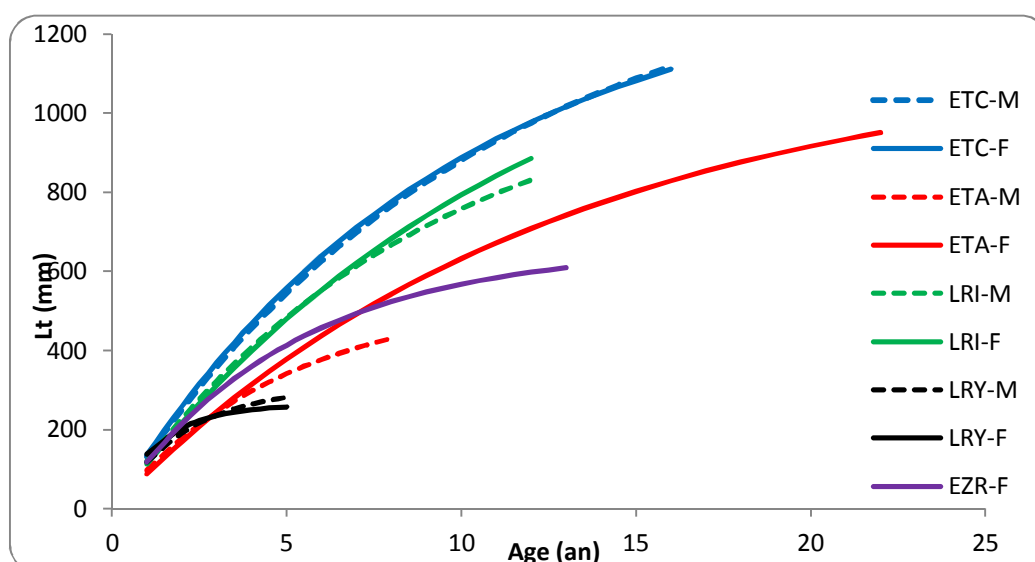


Figure 66. Courbes de croissance de Von Bertalanffy des espèces étudiées de l'île de la Réunion (ETA ; *Etelis carbunculus*, ETC ; *Etelis coruscans*, LRI ; *Pristipomoides multidens*, LRY ; *Pristipomoides argyrogrammicus*, EZR ; *Epinephelus radiatus*, M ; mâles, F ; femelles).

Tableau 39. Synthèse des paramètres de croissance des espèces étudiées de l'île de la Réunion.

Espèce	Sexe	N	Age observé (min/max)	L <sub>0</sub> (cm)	K	Φ
<i>Etelis carbunculus</i> (ETA)	M	120	1 / 8	51,81	0,22	2,77
	F	102	2 / 22	114,8	0,08	3,02
<i>Etelis coruscans</i> (ETC)	M	46	1 / 14	141,88	0,10	3,29
	F	54	2 / 16	136,52	0,11	3,29
<i>Pristipomoides multidens</i> (LRI)	M	86	3 / 12	111,52	0,11	3,15
	F	80	3 / 11	132,00	0,09	3,17
<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (LRY)	M	52	1 / 5	30,97	0,54	2,71
	F	59		28,99	0,57	2,68
<i>Epinephelus radiatus</i> (EZR)	/	57	1 / 13	65,99	0,20	2,93

Les résultats de cette étude montre la même tendance que les autres études menées à travers les différentes régions géographiques en ce qui concerne les caractéristiques de ces poissons

profonds des régions tropicales à savoir, une croissance lente et une grande longévité, à l'exception de *Pristipomoides argyrogrammicus* dont l'âge maximal ne dépasse pas 5 ans.

Plusieurs raisons peuvent expliquer séparément ou conjointement les variations des différents paramètres de croissance ( $L_{\infty}$ ,  $k$ ,  $\Phi$ , taux de croissance) tant qu'au niveau spatial que temporel. Les résultats varient en fonction des techniques utilisées pour l'estimation de l'âge (pièces utilisées), des échantillons (gammes de taille et nombre d'individus) ainsi que les modèles d'estimation. Les performances et le taux de croissance peuvent être affectés également par des facteurs physiologiques (caractéristiques biologiques de l'espèce, rythme de croissance, cycle de reproduction) mais aussi par des facteurs environnementaux (rythmes saisonniers, variations climatiques, les éléments environnementaux et les perturbations du milieu, alimentation).

Il est important d'étendre l'étude sur les autres espèces qui présentent un intérêt commercial non négligeable et qui présentent une certaine vulnérabilité par rapport aux efforts de pêche exercés dans le but d'établir un plan de gestion rationnel qui tend à promouvoir la durabilité de ces ressources tout en défendant au mieux l'intérêt des pêcheurs professionnels (taille minimale de capture, périodes et zones de pêche, biomasse de reproducteur par recrue). Le développement rapide de la pêche démersale profonde dans certaines régions tropicales sans connaissance sur leur sensibilité biologique et écologique à l'exploitation (croissance, maturité sexuelle, reproduction, recrutement, mortalité, longévité, vulnérabilité), mène rapidement à la surexploitation de ces espèces à haute valeur commerciale.

## 6. Références bibliographiques

- Allen G.R. 1985. Snappers of the World. An Annotated and Illustrated Catalogue of *Lutjanid* Species Known to Date. *FAO Fisheries Synopsis* No. 125, Volume 6. 208 p.
- Andrews A.H. Kalish J.M. Newman S.J. & Johnston J.M. 2011. Bomb radiocarbon dating of three important reef-fish species using Indo-Pacific  $^{14}\text{C}$  chronologies. *Marine and Freshwater Research*, 62, 1259-1269.
- Baillon N. 1991. Otolithométrie en milieu tropical : application à trois espèces du lagon de Nouvelle-Calédonie. Collection Travaux et Documents Microédités. Eds. de l'ORSTOM, 113, 296 pp.
- Brouard F. Grandperrin R. 1984. Les poissons profonds de la pente récifale de Vanuatu. Mission ORSTOM de Port-Vila, *Notes et documents d'océanographie*, No 11.
- Brouard F. & Grandperrin R. 1984. Deep-Bottom fishing in Vanuatu: initial results. *SPC Fisheries Newsletter* No. 28 January-March. Port Vila, Vanuatu, 21-25.
- Brouard F. Grandperrin R. Kulbicki M. & Rivaton J. 1984. Note on observations of daily rings on otoliths of deepwater snappers. ICLARM (International Centre for Living Aquatic Resources Management) ICLARM, Manila, Philippines. *Translations* 3.
- Bellamy E. Roos D. Mahé K. 2014. Rapport de faisabilité de l'estimation de l'âge du vivaneau rubis (*Etelis carbunculus*) de la Réunion. *Rapport Ifremer*, 19 p.
- Carpenter K. E. Niem V. H. 2001. FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 5. Bony Fishes, part 3 (*Menidae* to *Pomacanthridae*). FAO, Rome, 279163380.
- Christensen J. M. 1964. Burning of otoliths, a technique of age determination of sole and other fish. *Journal du Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 29, 73-81.
- Condini Mario V. Albuquerque Cristiano Q. Garcia Alexandre M. 2014. Age and growth of dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) (*Perciformes: Epinephelidae*) in the southwestern Atlantic, with a size comparison of offshore and littoral habitats. *Fishery Bulletin*, 112, 311-321.
- Delly D. Matruty P. Martasuganda S. Simbolon D. Purbayanto A. 2013. Red Snapper Fish Resources (*Etelinae* Subfamily) in Pasi of Lease Islands Maluku Province. *Journal of Environment and Ecology*, 4 (2), 136.
- Edwards R.C.C. 1985. Growth rates of *Lutjanidae* (snappers) in tropical Australian waters. *Journal of Fish Biology*, 26, 1-4.
- Everson A.R. Williams H.A. Ito B.M. 1989. Maturation and reproduction in two Hawaiian eteline snappers, uku, *Aorion virescens*, and onaga, *Etelis coruscans*. *Fishery Bulletin*, 87, 877-888.
- Fleury P.G. Evano H. Le Ru L. Aureche V. 2012. Synthèse de l'étude et des campagnes à la mer 2011 sur l'exploitation aux vire-lignes des espèces démersales profondes autour de La Réunion. *Ifremer*, 45 p.
- Fowler A.J. 2009. Age in years from otoliths of adult tropical fish. In Green B.S. Mapstone D.B. Carlos D.B. G. and Begg G.A. (eds.) Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology. Reviews: methods and technologies in fish biology and Fisheries 11. Berlin: Springer Science + Business Media B.V., 55692.



- Fowler A.J. 1995. Annulus formation in otoliths of coral reef fish-a review. *In*: Secor DH, Dean Jh,I, Campanil SE (eds.) Recent developments in fish otolith research. *University of South Carolina Press, Columbia*, 45-63.
- Fricke R. Mulochau T. Durville P. Chabanet P. Tessier E. & Letourneur Y. 2009. Annotated checklist of the fish species (Pisces) of La Réunion, including a Red List of threatened and declining species. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde A, Neue Serie*, 2, 1-168.
- Froese R. Thorson J. and. Reyes Jr. R.B. 2013. A Bayesian approach for estimating length weight relationships in fishes. *Journal of Applied Ichthyology*, 1-7.
- Frogia C. & Giannetti G.F. 1985. Remarks on rings formation in otoliths of *Solea vulgaris* and other flatfishes from the adriatic sea. *FAO Fisheries Report*, 345, 121-122.
- Fry G.C. Brewer D.T. & Venables W.N. 2006. Vulnerability of deepwater demersal fishes to commercial fishing: Evidence from a study around a tropical volcanic seamount in Papua New Guinea. *Fisheries Research*, 81, 126-141.
- Johnson A.G. Collins L.A. Dahl J. Scott Baker M. 1995. Age, Growth, and Mortality of Lane Snapper from the Northern Gulf of Mexico. Proceedings of the annual conference / *Southeastern Association of Fish and Wildlife Agencies*, 49,178-186.
- Jones C.M. 1992. Development and Application of the Otolith Increment Technique. In Stevenson D.K. & Campana S.E. (eds). Otolith microstructure examination and analysis. *Canadian Special Publication of Fisheries Aquatic Sciences*, 117, 1-11.
- Haight W.R. Kobayashi D.R. & Kawamoto K.E. 1993. Biology and management of deepwater snappers of the Hawaiian Archipelago. *Marine Fisheries Review*, 55, 20-27.
- Heemstra Phillip C. and. Randall John E. 1993. FAO Species Catalogue. Groupers of the world (family Serranidae, subfamily Epinephelinae). An annotated and illustrated catalogue of the grouper, rockcod, hind, coral grouper and lyretail species known to date. FAO Fisheries Synopsis. 125 (16), 382 p.
- Kimura D. K. 1980. Likelihood methods for the von Bertalanffy growth curve. *Fishery Bulletin*, 77, 765-776.
- Knight W. 1968. Asymptotic growth : an example of non sens disguised as mathematics. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 25, 1303-1307.
- Langi S.A. 1988. Progress report on a programme to assess bottom fish stocks on seamounts in Tonga. South Pacific Commission. *Workshop on Pacific Inshore Fishery Resources*, Noumea, New Caledonia, 14-25 March 1988. 15 p.
- Loubens G. 1978. Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. 1 Détermination de l'âge (otolithométrie). *Cahiers ORSTOM. Série Océanographie*. 16, 263-283.
- Lloyd J.A. 2006. Demography of *Pristipomoides multidens* in northern Australia and a comparison within the Family *Lutjanidae* with respect to depth. *PhD thesis*, James Cook University, Australia 188 p.
- Mahe K. Bellail R. Dufour J.L. Boiron-Leroy A. Dimeet J. Duhamel E. Elleboode R. Felix J. Grellier P. Huet J. Labastie J. Le Roy D. Lizaud O. Manten M.L. Martin S. Metral L. Nedelec D. Verin Y. & Badts V. 2009. Synthèse française des procédures d'estimation d'âge / French summary of age estimation procedures. *Ifremer*, 78 p.

- Martinez-Andrade J. 2003. A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (Pisces: *Lutjanidae*). *PhD Thesis*, Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, U.S.A. 194 p.
- Mayrat A. 1970. Allometrie et taxonomie. *Revue de statistique appliquée*, 18 (4), 47-58.
- McCoy M.A. 2010. Overview of deepwater bottomfish fisheries and current management activities in Pacific Island countries and territories. *Secretariat of the Pacific Community Newsletter*, 131, 26631.
- Mehanna Sahar F. 2003. Population dynamics of the bigeye snapper *Lutjanus lineolatus*, Ruppell, 1829 (Family: *Lutjanidae*) from the Gulf of Suez. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 7, 71-85.
- Mohsin A. K. M. & Ambak M. A. 1996. Marine fishes and fisheries of Malaysia and neighbouring countries. *Universiti Pertanian Malaysia Press*, Serdang, Selangor Darul Ehsam, Malaysia. 744 p.
- Morales-Nin B. & Ralston S. 1990. Age and growth of *Lutjanus kasmira* (Forskil) in Hawaiian waters. *Journal of Fish Biology*, 36, 191-203.
- Nanami Atsushi. 2011. Size composition and reproductive biology of the ornate jobfish *Pristipomoides argyrogrammicus* (*Lutjanidae*) off Ishigaki Island, Okinawa. *Ichthyological Research*, 58, 310-314.
- Newman S.J. & Dunk I.J. 2003. Age validation, growth, mortality, and additional population parameters of the goldband snapper (*Pristipomoides multidens*) off the Kimberley coast of northwestern Australia. *Fishery Bulletin*, 101, 116-128.
- Newman S.J. Evans D. & Ashworth R. 2000. Assessment of the outer-shelf fishery resources off the Pilbara coast of tropical Western Australia. *Fisheries Research Division. Report No. 97/138*.
- Nichols Ryan S. DeMartini Edward E. 2008. Preliminary Estimates of Age and Growth for the Endemic Hawaiian Grouper (Hapuāpuā, *Epinephelus quernus*, F. *Serranidae*). Pacific Islands Fisheries Science Center, *Administrative Report H-08-06*, 19 p.
- Opic P. Conand F. & Bourret P. 1994. Poissons commerciaux du sud-Ouest de l'océan Indien. *ORSTOM édition*.
- Pakoa K. 1998. Vital statistics of marine fishes of Vanuatu. Fisheries section of the network of tropical aquaculture and fisheries professionals. *Fisheries department*, Port Vila, Vanuatu, NAGA 21, 27-29.
- Panfili J. Pontual H. (de). Troadec H. & Wright P.J. (eds.). 2002. Manuel de sclérochronologie des poissons. Coédition *Ifremer-IRD*, 464p.
- Pauly D. & Munro J.L. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *ICLARM Fishbyte*, 2, 21.
- Piton B. Taquet M. 1992. Océanographie physique des parages de l'île de La Réunion (Océan Indien). *Document Scientifique ORSTOM*, La Réunion, 39p.
- Pothin K. Letourneur Y. Lecompte-Finiger R. 2004. Age, growth and mortality of the tropical grouper *Epinephelus merra* (Pisces, *Serranidae*) on Réunion Island, SW Indian Ocean. *Vie et Milieu*, 54, 193-202.

- Prager M.H. Saila S.B. & Recksiek C.W. 1989. FISHPARM: a microcomputer program for parameter estimation of nonlinear models in fishery science, second edition. *Old Dominion University Oceanography Technical Report*, 87, 10 p.
- Ralston S. & Williams H.A. 1988. Depth distributions, growth, and mortality of deep slope fishes from the Mariana Archipelago. *NOAA Technical Memorandum NMFS*. NOAA-TM-NMFS-SWFC-113, 47 p.
- Renones O. Pineiro C. and Goni R. 2007. Age and growth of the dusky grouper *Epinephelus marginatus* (Lowe, 1834) in an exploited population of the western Mediterranean Sea. *Journal of Fish Biology*, 71, 3466-362.
- Ralston S. & Williams H.A. 1988. Age and growth of *Lutjanus kasmira*, *Lethrinus rubrioperculatus*, *Acanthurus lineatus*, and *Ctenochaetus striatus* from American Samoa.. Southwest Fisheries Center, NOAA, Honolulu. Administrative Report H-88-18, 11 pp.
- Richards A.H. 1987. Aspects of the biology of some deep water bottomfish in Pa-pua New Guinea with special reference to *Pristipomoides multidens* (Day). Papua New Guinea Department of Fisheries and Marine Resources, *Reports 87-01*, 17 p.
- Ricker W.E. 1975. Computation and interpretation of the biological statistics of fish populations. *Bulletin of the fisheries Research Board of Canada*, 191, 1-382.
- Roos D. Tessier E. Taquet M. 2001. Prospection des ressources côtières démersales profondes autour de la Réunion. *Rapport Ifremer et CRPMEM*, 25p.
- Samuel M. Mathews C.P. & Bawazeer A.S. 1987. Age and validation of age from otoliths for warm water fishes from the Arabian Gulf. In: Age and growth of fish, R.C. Sumrnerfelt (Ed.), Iowa State Univ. Press, Iowa. 253-265.
- Smith K.M. 1992. Regional Differences in Otolith Morphology of the Deep Slope Red Snapper *Etelis carbunculus*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 49, 795-804.
- Smith M.K. & Kostlan E. 1991. Estimates of age and growth of Ehu *Etelis carbunculus* in four regions of the Pacific from density of daily increments in otoliths. *Fishery Bulletin*, 89, 461-472.
- Teissier G. 1948. La relation d'allométrie. Sa signification statistique et biologique. *Biometrics*, 4, 14-53.
- Uchida R.N. Tagami D.T. Uchiyama J.H. 1982. Results of bottom fish research in the Northwestern Hawaiian Islands (Background paper 2). Noumea, New Caledonia: South Pacific Commission. *Regional Technical Meeting on Fisheries*, Noumea, New Caledonia, 2 ó 6 August 1982, 14<sup>th</sup>, 10 p.
- Uchiyama J. H. S. M. Kuba and D. T. Tagami. 1984. Length-weight and standard length-fork length relationships of deep sea handline fishes of the Northwestern Hawaiian Islands. *University of Hawaii. Report UNIHI-SEAGRANT-MR-84-01*. Honolulu, pp. 209-225.
- Vianet R. Quignard J.P. & Tomasini J.A. 1989. Age et croissance de quatre poissons pleuronectiformes (flet, turbot, barbot, sole) du Golfe du Lion. Evolution de la structure de la sagitta. *Cybium*, 13, 247-258.
- Von Bertalanffy, 1938. A quantitative theory of organic growth (inquires on growth Laws II). *Human Biology*. 10, 181-213.
- Williams A.J. Loeun K. Chavance P. Ducrocq M. Harley S.J. Pilling G.M. Allain V. Mellin C. & Bradshaw C.J.A. 2013. Population biology and vulnerability to fishing of deep-water Eteline snappers. *Journal of Applied Ichthyology*, 29, 395-403.

Williams H.A. & Lowe M.K. 1997. Growth Rates of four Hawaiian Deep Slope Fishes: A Comparison of Methods for Estimating Age and Growth from Otolith Microincrement Widths. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 54, 126-136.

Yosef T.G. & Casselman J.M. 1995. A procedure for increasing the precision of otolith age determination of tropical fish by differentiating biannual recruitment. *In*: Secor DH, Dean Jh,I, Campanil SE (eds.) Recent developments in fish otolith research. *University of South Carolina Press, Columbia*, 247-269.

### Références Web

<http://www.iucnredlist.org/>

<http://www.fishbase.org/>

## 7. Liste des tableaux

Tableau 1. Composition des échantillons des espèces étudiées (ETA : <i>Etelis carbunculus</i> , ETC : <i>Etelis coruscans</i> , LRI : <i>Pristipomoides multidens</i> , LRY : <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> , EZR : <i>Epinephelus radiatus</i> , EBS : <i>Eumegistus illustris</i> , M : mâles, F : femelles, Ind : indéterminés). .....	153
Tableau 2. Systématique du vivaneau rubis <i>Etelis carbunculus</i> (Cuvier 1828). .....	163
Tableau 3. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Etelis carbunculus</i> avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard). .....	164
Tableau 4. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (logWt, g) chez <i>Etelis carbunculus</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau, (en gras = effet significatif). .....	165
Tableau 5. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis carbunculus</i> . Les effets « côté » et « sexe » et leur interaction sont testés (en gras = effet significatif). .....	166
Tableau 6. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis carbunculus</i> selon les effets significatifs testés précédemment, (en gras = effet significatif). .....	167
Tableau 7. Paramètres de croissance de <i>Etelis carbunculus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	169
Tableau 8. Systématique du vivaneau flamme, <i>Etelis coruscans</i> (Valencienne, 1862). .....	170
Tableau 9. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Etelis coruscans</i> avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard). .....	171
Tableau 10. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez <i>Etelis coruscans</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif). .....	172
Tableau 11. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis coruscans</i> . Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif). .....	173
Tableau 12. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis coruscans</i> selon les effets significatifs testés précédemment (en gras = effet significatif). .....	174
Tableau 13. Paramètres de croissance de <i>Etelis coruscans</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	176
Tableau 14. Systématique du gros ecal, <i>Pristipomoides multidens</i> (Day 1870). .....	177
Tableau 15. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Pristipomoides multidens</i> avec le type de longueur (Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard). .....	178
Tableau 16. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez <i>Pristipomoides multidens</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif). .....	179
Tableau 17. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides multidens</i> . Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif). .....	180
Tableau 18. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides multidens</i> (en gras = effet significatif). .....	181
Tableau 19. Paramètres de croissance de <i>Pristipomoides multidens</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	183
Tableau 20. Systématique de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (Valenciennes, 1832). .....	183
Tableau 21. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif). .....	185
Tableau 22. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithes ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif). .....	186

Tableau 23. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (en gras = effet significatif).....	186
Tableau 24. Paramètres de croissance de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy.....	188
Tableau 25. Systématique du mérou zébré, <i>Epinephelus radiatus</i> (Day 1868).....	189
Tableau 26. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez <i>Epinephelus radiatus</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).....	191
Tableau 27. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Epinephelus radiatus</i> (en gras = effet significatif). ....	192
Tableau 28. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Epinephelus radiatus</i> (en gras = effet significatif). ....	192
Tableau 29. Paramètres de croissance de <i>Epinephelus radiatus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy.....	194
Tableau 30. Systématique de la brème noire, <i>Eumegistus illustris</i> (Jordan & Jordan 1922). ....	195
Tableau 31. Relation entre les longueurs (mm) (Lt : longueur totale, Lf : longueur à la fourche, Ls : longueur standard) et le poids frais (Log Wt, g) chez <i>Eumegistus illustris</i> . Les probabilités des effets « longueur » et « sexe » sont représentées dans le tableau (en gras = effet significatif).....	196
Tableau 32. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale du poisson) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Eumegistus illustris</i> . Les effets « côté » et « sexe » et leurs interactions sont testés (en gras = effet significatif).....	197
Tableau 33. Relation entre la croissance somatique (Lt : longueur totale, Wt : poids) et les mesures morphométriques de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Eumegistus illustris</i> (en gras = effet significatif). ....	198
Tableau 34. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Etelis carbunculus</i> dans les différentes zones géographiques .....	203
Tableau 35. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Etelis coruscans</i> dans les différentes zones géographiques. ....	205
Tableau 36. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Pristipomoides multidentis</i> dans les différentes zones géographiques.....	208
Tableau 37. Synthèse des paramètres de croissance de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . ....	210
Tableau 38. Synthèse des paramètres de croissance de quelques espèces du genre <i>Pristipomoides</i> .....	211
Tableau 39. Synthèse des paramètres de croissance des espèces étudiées de l'île de la Réunion. ....	213

## 8. Liste des figures

Figure 1. Localisation des principales pièces calcifiées utilisées en sclérochronologie (otolithe, écaille, opercule).....	148
Figure 2. Schéma de formation des zones hyalines et des zones opaques sur les otolithes de quelques poissons dans la zone tropicale de l'hémisphère sud (Baillon 1991).....	149
Figure 3. Carte géographique de l'île de La Réunion. ....	150
Figure 4. (a) ; schéma du montage classique de bas de ligne, (b) ; cannes, (c) ; photo d'un moulinet électrique et d'une embarcation de pêche. ....	151
Figure 5. Différentes mesures effectuées sur chaque individu. ....	152
Figure 6. Distribution de fréquence de taille des différentes espèces. ....	154
Figure 7. Prélèvement et stockage des otolithes et des écailles. ....	155
Figure 8. Pièces formant l'opercule de la Brème noire ( <i>Eumegistus illustris</i> , EBS). ....	155
Figure 9. Traitement des otolithes entiers (1 : pesée ; 2 : extraction des paramètres morphométriques de l'otolithe).....	156
Figure 10. Technique de brûlage des otolithes entiers. ....	156
Figure 11. Technique de l'otolithe cassé/brûlé. ....	157
Figure 12. Mise en résine des otolithes. ....	157
Figure 13. Coupes fines transversales (épaisseur entre 350 et 500µm selon l'espèce) d'otolithe à l'aide de la tronçonneuse automatique (Mecatome T330® PRESI).....	158



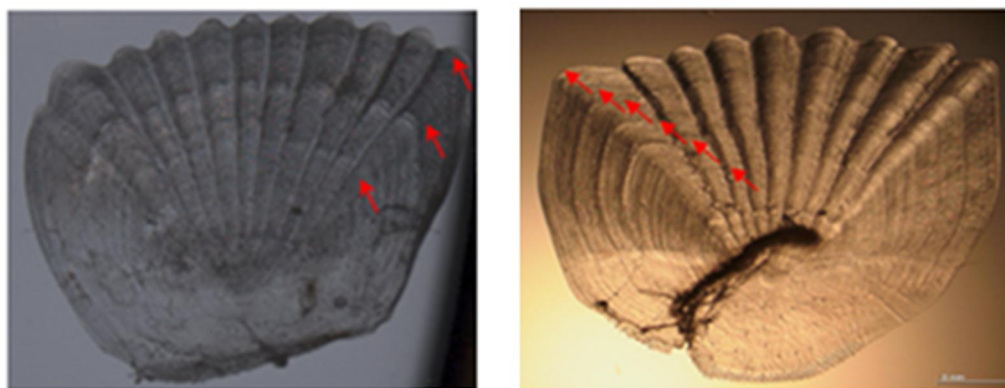
Figure 14. Observation des écailles sur le poisson et à la loupe binoculaire d'un même individu.....	158
Figure 15. Parties du système operculaire de la Brème noire ( <i>Eumegistus illustris</i> , EBS).....	159
Figure 16. Logiciel TNPC® ( <a href="http://www.tnpc.fr">http://www.tnpc.fr</a> ). ....	159
Figure 17. Système d'estimation de l'âge et de la croissance assistée par ordinateur. ....	160
Figure 18. <i>Etelis carbunculus</i> (Vivaneau rubis, code FAO : ETA). Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	163
Figure 19. Aire de répartition du vivaneau rubis, <i>Etelis carbunculus</i> (source Fishbase). ....	164
Figure 20. Distribution de fréquence de taille de <i>Etelis carbunculus</i> . ....	165
Figure 21. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de <i>Etelis carbunculus</i> . ....	166
Figure 22. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et de l'otolithe ( $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis carbunculus</i> . ....	167
Figure 23. Estimation d'âge à partir d'otolithe <i>in toto</i> (a) et de coupe transversale d'otolithe (b) de <i>Etelis carbunculus</i> . ....	168
Figure 24. Courbes de croissance des mâles et femelle de <i>Etelis carbunculus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	168
Figure 25. <i>Etelis coruscans</i> (Vivaneau la flamme, code FAO : ETC). Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	170
Figure 26. Aire de répartition du vivaneau flamme, <i>Etelis coruscans</i> (source Fishbase). ....	171
Figure 27. Distribution de fréquence de taille de <i>Etelis coruscans</i> . ....	172
Figure 28. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de <i>Etelis coruscans</i> . ....	173
Figure 29. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit, $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Etelis coruscans</i> . ....	174
Figure 30. Estimation d'âge à partir d'otolithe <i>in toto</i> et de coupe transversale d'otolithe de <i>Etelis coruscans</i> . ....	175
Figure 31. Courbes de croissance des mâles et femelles de <i>Etelis coruscans</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	175
Figure 32. <i>Pristipomoides multident</i> (Colas à bandes dorées, code FAO : LRI. Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	177
Figure 33. Aire de répartition du gros ecal, <i>Pristipomoides multident</i> (source Fishbase). ....	178
Figure 34. Distribution de fréquence de taille de <i>Pristipomoides multident</i> . ....	179
Figure 35. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de <i>Pristipomoides multident</i> . ....	180
Figure 36. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids, M : mâle, F : femelle) et l'otolithe (G : gauche, D : droit, $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides multident</i> . ....	181
Figure 37. Estimation d'âge à partir de coupe transversale d'otolithe de <i>Pristipomoides multident</i> . ....	182
Figure 38. Courbes de croissance des mâles et femelles de <i>Pristipomoides multident</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	182
Figure 39. <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (Colas orné, code FAO : LRY). Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	183
Figure 40. Aire de répartition du Colas orné, <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> (source Fishbase). ....	184
Figure 41. Distribution de fréquence de taille de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . ....	184
Figure 42. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . ....	185
Figure 43. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolithe (G : gauche, D : droit, $O_{Long}$ : longueur, $O_{Larg}$ : largeur, $O_{Surf}$ : surface, $O_W$ : poids) de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . ....	186
Figure 44. Estimation d'âge à partir d'otolithe entier de <i>Pristipomoides multident</i> . ....	187
Figure 45. Courbes de croissance des mâles et femelles de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	187
Figure 46. <i>Epinephelus radiatus</i> (Mérou zébré, code FAO : EZR). Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	189

Figure 47. Aire de répartition du mérou zébré, <i>Epinephelus radiatus</i> (source Fishbase). .....	190
Figure 48. Distribution de fréquence de taille de <i>Epinephelus radiatus</i> . .....	190
Figure 49. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) de <i>Epinephelus radiatus</i> . .....	191
Figure 50. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolith (G : gauche, D : droit, O <sub>Long</sub> : longueur, O <sub>Larg</sub> : largeur, O <sub>Surf</sub> : surface, O <sub>W</sub> : poids) de <i>Epinephelus radiatus</i> . .....	193
Figure 51. Estimation d'âge à partir de coupe transversale d'otolith de <i>Epinephelus radiatus</i> . .....	193
Figure 52. Courbes de croissance de <i>Epinephelus radiatus</i> selon le modèle de Von Bertalanffy. ....	194
Figure 53. <i>Eumegistus illustris</i> (Brème noire, code FAO : EBS). Source : IFREMER DOI-projet DMX2. ....	195
Figure 54. Aire de répartition de la brème noire, <i>Eumegistus illustris</i> (source Fishbase). .....	195
Figure 55. Distribution de fréquence de taille de <i>Eumegistus illustris</i> . .....	196
Figure 56. Relation entre les différentes mesures (Lt : longueur totale, Lf : à la fourche, Ls : standard) et le poids frais (Wt) chez les mâles et les femelles de <i>Eumegistus illustris</i> . .....	197
Figure 57. Relation entre les paramètres morphométriques du poisson (Lt : longueur totale, Wt : poids) et l'otolith (G : gauche, D : droit, O <sub>Long</sub> : longueur, O <sub>Larg</sub> : largeur, O <sub>Surf</sub> : surface, O <sub>W</sub> : poids) de <i>Eumegistus illustris</i> . .....	198
Figure 58. Estimation d'âge à partir des pièces formant le système operculaire de <i>Eumegistus illustris</i> . .	199
Figure 59. Loi de croissance appliquée sur les différentes radiales de <i>Eumegistus illustris</i> réalisée à l'aide du logiciel TNPC. ....	199
Figure 60. Données taille-âge de <i>Eumegistus illustris</i> estimées à partir des pièces operculaires. ....	200
Figure 61. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de <i>Etelis carbunculus</i> dans différentes zones géographiques, (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles). .....	202
Figure 62. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de <i>Etelis coruscans</i> dans différentes zones géographiques, (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles). .....	205
Figure 63. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de <i>Pristipomoides multidens</i> dans différentes zones géographiques (IC ; indice de performance de croissance, M ; mâles, F ; femelles). .....	207
Figure 64. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> , dans différentes zones géographiques (M ; mâles, F ; femelles). .....	209
Figure 65. Courbes de croissance de Von Bertalanffy de quelques espèces <i>Epinephelus</i> (IC ; indice de performance de croissance). .....	211
Figure 66. Courbes de croissance de Von Bertalanffy des espèces étudiées de l'île de la Réunion (ETA ; <i>Etelis carbunculus</i> , ETC ; <i>Etelis coruscans</i> , LRI ; <i>Pristipomoides multidens</i> , LRY ; <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> , EZR ; <i>Epinephelus radiatus</i> , M ; mâles, F ; femelles). .....	213

## 9. Liste des annexes

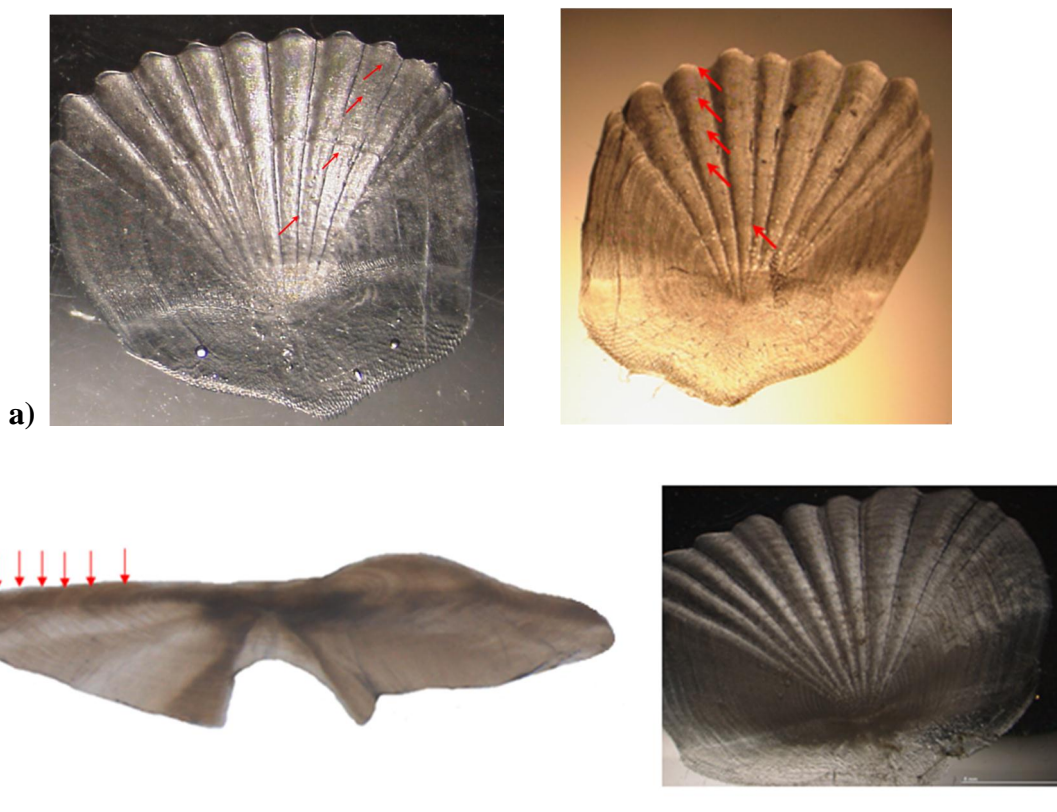
<b>Annexe 1.</b> Structures de croissance observées sur les écailles de <i>Etelis carbunculus</i> .....	224
<b>Annexe 2.</b> Structures de croissance observées sur la coupe transversale de l'otolith et des écailles de <i>Etelis coruscans</i> . .....	224
<b>Annexe 3.</b> Ecailles de <i>Pristipomoides multidens</i> observées à la loupe binoculaire .....	225
<b>Annexe 4.</b> Structures observables sur la surface des écailles de <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> . .....	225
<b>Annexe 5.</b> Structures de croissance observées sur la surface des écailles de <i>Epinephelus radiatus</i> . .....	226
<b>Annexe 6.</b> Coupe transversale de l'otolith et écailles de <i>Eumegistus illustris</i> observés à la loupe binoculaire. ....	226
<b>Annexe 7.</b> Poster ; Etude de la croissance des espèces profondes de l'île de la Réunion. 6èmes rencontres de l'ichtyologie en France (RIF 2015), 24-27 mars 2015, Paris. ....	227

**Annexe 1.** Structures de croissance observées sur les écailles d'*Etelis carbunculus*



La surface des écailles présente des structures qui pourront être utilisées lors de l'estimation de l'âge.

**Annexe 2.** Structures de croissance observées sur la coupe transversale de l'otolithe et des écailles d'*Etelis coruscans*



Chez les petits individus, la surface de l'écaille présente des structures qui pourront être utilisées lors de l'estimation de l'âge (a), contrairement aux plus grands individus, leurs écailles présentent des structures (b) mais qui ne reflètent pas forcément des structures de croissances annuelles.

**Annexe 3.** Ecailles de *Pristipomoides multidens* observées à la loupe binoculaire



La surface des écailles ne paraît pas présenter de structures qui pourraient être utilisées lors de l'estimation de l'âge.

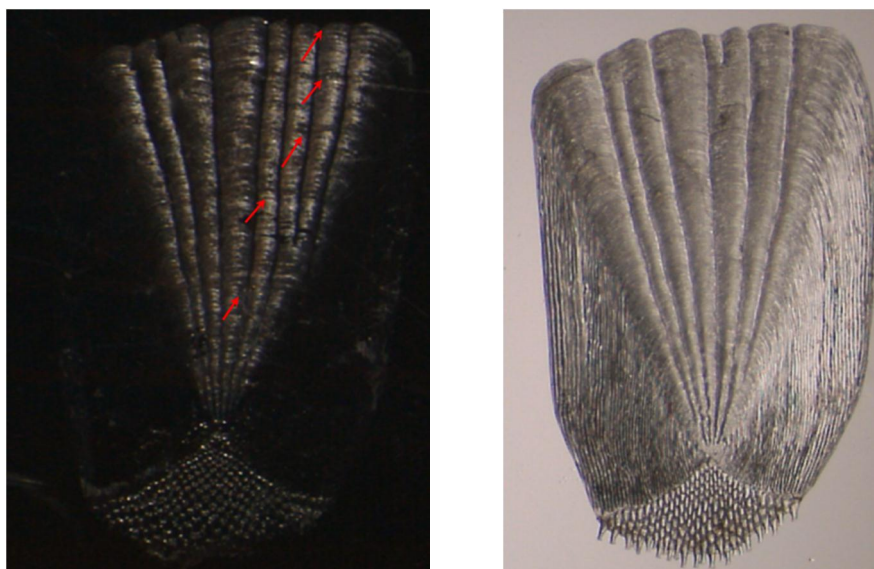
**Annexe 4.** Structures observables sur la surface des écailles de *Pristipomoides argyrogrammicus*



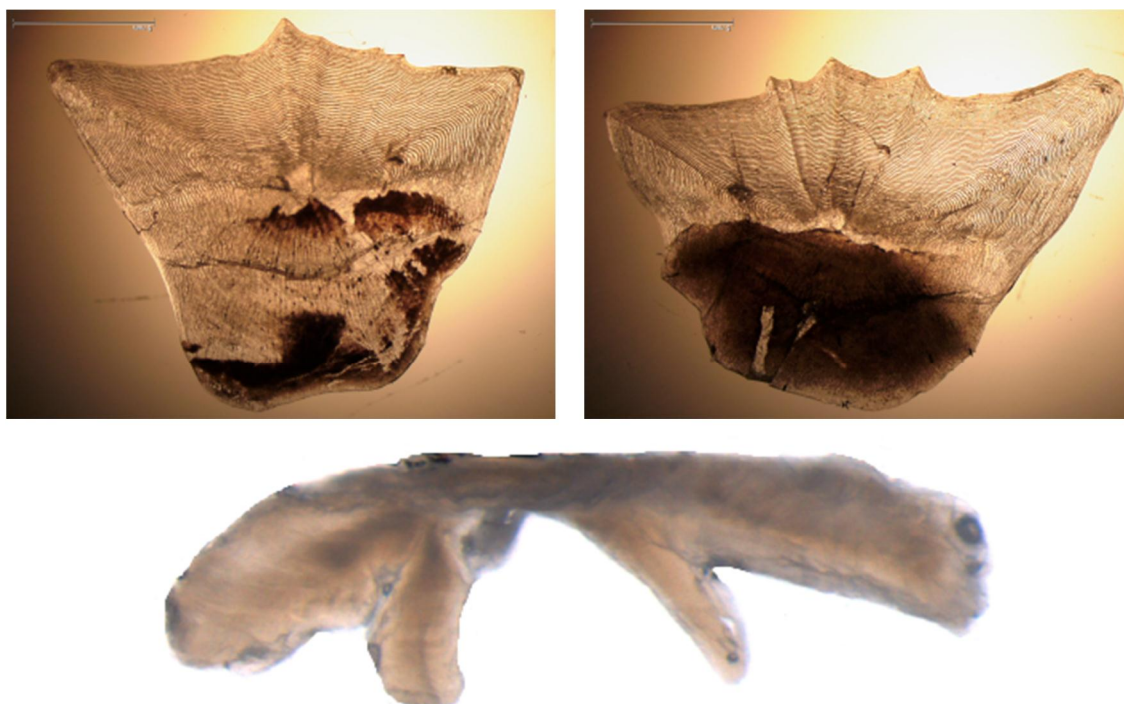
La surface de l'écaille présente des structures, mais il est difficile de distinguer les vrais anneaux de croissance annuelle. Ci-dessus, un individu de 3 ans (estimé à partir de l'otolithe), mais sur la surface de l'écaille on peut distinguer clairement 6 marques (peut-être des structures bi-annuelles ou saisonnières).



**Annexe 5.** Structures de croissance observées sur la surface des écailles de *Epinephelus radiatus*



**Annexe 6.** Coupe transversale de l'otolithe et écailles de *Eumegistus illustris* observés à la loupe binoculaire



La surface des écailles et la coupe transversale de l'otolithe ne paraît pas présenter de structures qui pourraient être utilisées lors de l'estimation de l'âge.



## Annexe 7. Poster ; Etude de la croissance des espèces profondes de l'île de la Réunion. 6èmes rencontres de l'ichtyologie en France (RIF 2015), 24-27 mars 2015, Paris

