

Eléments pour la gestion durable des stocks de vivaneaux profonds de Nouvelle-Calédonie

Kim Loeun, Ashley Williams, Camille Mellin, Corey Bradshaw, Valerie Allain, Manuel Ducrocq, Simon Nicol



CPS
Secrétariat général
de la Communauté
du Pacifique



ZoNéGo
PROGRAMME D'ÉVALUATION DES RESSOURCES MARINES
DE LA ZONE ÉCONOMIQUE DE NOUVELLE-CALÉDONIE



Contents

Résumé	3
Synthèse bibliographique des connaissances relatives à la pêche, à la biologie et à l'écologie des vivaneaux	10
Prévoir la répartition relative d' <i>Etelis carbunculus</i> et d' <i>E. coruscans</i> , deux espèces commerciales de vivaneau, en Nouvelle-Calédonie	31
Âge et taux de croissance et de mortalité des lutjanidés d'eau profonde en Nouvelle-Calédonie : Une application des modèles de rendement par recrue	39
Structure démographique des vivaneaux profonds <i>Etelis carbunculus</i> et <i>E. coruscans</i> faisant l'objet d'une pêche commerciale en Nouvelle-Calédonie	49

Résumé

Contexte

1. Le projet “Eléments pour une gestion durable des stocks de vivaneaux profonds en Nouvelle-Calédonie (genre *Etelis* et *Pristipomoides*)” est supervisé par l’Université de Adelaïde (Australie) et le Secrétariat Général de la Communauté du Pacifique pour le programme ZONECO. Le projet a engagé Kim Loeun pour réaliser une thèse de Master en science. Les objectifs du projet étaient d’examiner les points suivants:
 - (a) Synthèse bibliographique sur les pêcheries, la biologie et le statut du vivaneau;
 - (b) Age et croissance des espèces *Etelis*;
 - (c) Evaluation préliminaire de la structure du stock d’*Etelis* en Nouvelle-Calédonie;
 - (d) Etude préliminaire de l’ogive de maturité des espèces *Etelis*;
 - (e) Développement d’un modèle spatial de prédiction de l’habitat adapté aux vivaneaux en Nouvelle-Calédonie;
 - (f) Réaliser une estimation préliminaire de l’état du stock des espèces majoritairement capturées en Nouvelle-Calédonie.
2. Un nombre insuffisant de gonades a été collecté pour pouvoir réaliser une estimation de l’ogive de maturité.

Les données de pêche

3. Les données de capture, effort et longueur pour les 3 provinces ont été examinées pour déterminer le type de modèles d’estimation de stocks qui pourrait être appliqué en Nouvelle-Calédonie.
4. Les données ont été récoltées depuis 2006 dans les Iles Loyautés. Elles incluent 941 sorties de pêche avec des informations sur le bateau, les espèces, le nombre et le poids des captures, les conditions météorologiques le jour de la pêche et une estimation grossière de la ou les zones pêchées pendant la sortie. Ces données sont les informations de captures et d’efforts les plus complètes pour la Nouvelle-Calédonie. Il n’existe pas de données de fréquences de taille sur les captures. Quatre-vingt sept pour cent de l’effort à Lifou est réalisé par 3 pêcheurs.
5. Les données disponibles pour la province Sud commencent en 2000 et incluent la date du début de la sortie en mer, le nombre de jours et de personnes, la localisation grossière de la zone de pêche et les espèces (groupées) et le poids des captures. Il n’y a pas de données de longueur.
6. Les données disponibles en province Nord proviennent de Touho. Il n’existe qu’un seul enregistrement en 1993 et ensuite des données mensuelles très irrégulières de 1997 à 2007. Les données mensuelles comprennent espèces et poids. Il n’y a pas de données d’efforts ou de longueur.

7. Des données historiques ont été mises à disposition incluant à la fois des données de pêche commerciale et de campagnes scientifiques. Ces données furent utilisées dans l'étude de Virly et ont été utilisées pour construire le modèle spatial du présent projet.

Modèle d'habitat

8. Les modèles employés pour évaluer la durabilité des stocks aux taux courants de pêche ont manqué de la précision nécessaire pour fournir des prévisions fiables. Le principe de précaution dans cette situation conseillerait contre le développement ultérieur de la pêche. La modélisation accomplie identifie l'habitat approprié dans l'ouest de la ZEE sur des récifs de Chesterfield et Fairways. Aucune activité de pêche documentée pour les vivaneaux ne s'est produite dans ces secteurs depuis la fin des années 1980. Si le développement de la pêche est désiré pour la Nouvelle-Calédonie puis ces récifs peuvent convenir pour l'expansion. Il est recommandé qu'un détail de collecte de surveillance et de données de pêche est une condition obligatoire de permis. La collection des données plus précises de la pêche augmenterait la capacité d'estimer le statut courant. L'attention devrait également être accordée pour la disposition de nouveaux permis avec la durée limitée des options pour réduire l'effort peut être réalisé.

Âge et croissance

9. La relation entre FL et W est isométrique pour *E. carbunculus* et pour *E. coruscans*, ce qui indique une relation constante entre la taille individuelle et le poids relatif. Les gammes de longueur et d'âge sont similaires pour les deux espèces. Les longueurs individuelles se situent entre 250mm et 1010mm FL pour *E. carbunculus*, et entre 300mm et 900mm FL pour *E. coruscans*. Les âges individuels vont de 3 ans à 21 ans pour *E. carbunculus*, et de 2 ans à 18 ans pour *E. coruscans*. La répartition des longueurs pour *E. coruscans* présente un mode unique de 500mm FL, tandis que celle d'*E. carbunculus* est multimodale. La répartition par âge pour *E. carbunculus* est positivement asymétrique, avec un mode unique à 5 ans, tandis que celle d'*E. coruscans*, moins asymétrique, présente un mode unique à 4 ans.
10. L'estimation de L_{∞} était nettement plus forte, et la valeur estimée de k notablement plus faible chez *E. coruscans* que chez *E. carbunculus* pour la valeur ajustée sans contrainte de la VBGF. En revanche, l'erreur contenue dans L_{∞} était plus importante pour *E. coruscans* que pour *E. carbunculus*, d'où une plus grande incertitude pour la première de ces espèces. La contrainte imposée à t_0 n'avait guère d'impact sur l'ajustement de la VBGF aux données de taille en fonction de l'âge pour *E. carbunculus*, mais avait pour effet de réduire L_{∞} ($88,6 \pm 3,8$; sans contrainte : $99,4 \pm 8,6$), et d'augmenter la valeur de k ($0,20 \pm 0,02$; sans contrainte : $0,25 \pm 0,01$) pour *E. coruscans*.

Structure démographique

11. Sur 180 échantillons, les séquences de la région témoin ont produit au total 101 haplotypes consistant en 380 ou 379 paires de base en longueur. La fréquence des haplotypes semble

suggérer une variation génétique légèrement plus importante chez *E. carbunculus* que chez *E. coruscans* compte tenu du nombre d'haplotypes uniques. On a observé une absence de regroupement en clades d'haplotypes dans l'arbre phylogénétique de données. L'unique arbre phylogénétique obtenu pour *E. coruscans* semble mettre en évidence trois lignées distinctes par comparaison à l'arbre d'*E. carbunculus*. Les résultats ne montrent pas de séparation génétique discrète entre les trois régions, ce qui porte à croire qu'elles abritent un stock constitué d'une population unique au plan génétique, constat d'importance pour la gestion des pêches.

L'évaluation de l'état des stocks

12. Les effets de la pêche sur les populations d'*Etelis coruscans* et *Etelis carbunculus* dans la province des Iles Loyautés en Nouvelle-Calédonie ont été évaluées en utilisant une méthode d'estimation de stock quantitative. Une pêche intense pourrait causer une surpêche des vivaneaux à cause du comportement grégaire de ces espèces et de leurs préférences pour des habitats très restreints. Alors qu'il est estimé que le niveau de pression de pêche sur les stocks de vivaneaux aux Iles Loyautés est bien en deçà de la production maximale équilibrée, aucune analyse formelle n'a été réalisée pour valider cette supposition ou estimer si la pêcherie pouvait encore accroître. En plus de la détermination du statut du stock, l'évaluation des propositions de gestion étaient souhaitables. Les options de gestion proposées par les gestionnaires des pêches des provinces étaient complexes et les projections de l'impact de ces options demandaient que l'effort de pêche et les captures varient de manière spatiale et temporelle ; ce type d'analyses nécessitait des méthodes quantitatives d'estimation du stock en Nouvelle-Calédonie.
13. Les effets de la pression de pêche sur les rendements potentiels et sur la biomasse de reproducteurs des stocks de *E. coruscans* et de *E. carbunculus* en Nouvelle-Calédonie ont initialement été estimés par des méthodes d'analyses par recrues (Beverton & Holt 1957). L'annexe 1 détaille les méthodes d'analyses de rendement par recrue. L'annexe 3 détaille les calculs de la courbe de croissance des 2 espèces à partir des données de poids et d'âge. Les résultats démontrent que la valeur choisie pour la mortalité naturelle a une forte influence sur le rendement par recrue (YPR) et la biomasse de reproducteurs par recrue (SPR). Les analyses suggèrent qu'à l'équilibre pour la valeur de M la plus faible pour *E. coruscans* la capture de poissons entre 4 et 6 ans (40-70cm) avec un $F < 0.2$, maximise à la fois le recrutement par recrue (YPR) et la biomasse de reproducteurs par recrue (SPR). Pour un M de 0.6, la récolte de poissons entre 2 et 4 ans (30-50 cm) avec un $F < 0.2$ maximise à la fois YPR et SPR. Pour *E. carbunculus*, avec un M de 0.09 la récolte de poissons entre 4 et 6 ans (40-70 cm) avec un $F < 0.2$ maximise à la fois YPR et SPR. Pour un M de 0.3 la récolte de poissons entre 2 et 4 ans (30-50 cm) avec un $F < 0.4$ maximise à la fois YPR et SPR.
14. Les résultats des analyses par recrue suggèrent la mise en place de mesures tels que le maintien d'une mortalité par pêche inférieure à 0.2 pour *E. coruscans* et *E. carbunculus* en Nouvelle-Calédonie
15. Une estimation fiable de la taille du stock de vivaneaux dans les Iles Loyautés n'a pas pu être réalisée en utilisant les données de prises par unité d'effort dans un modèle dynamique de biomasse en raison du manque de contraste dans les données qui a empêché l'estimation fiable des

paramètres de la population. Les séries temporelles de captures et d'effort étaient de 4 ans. La collecte en continu de ces données fournira à l'avenir l'opportunité de réaliser des estimations robustes de la taille du stock. Le temps nécessaire pour établir un indice d'abondance plus fiable pourrait être réduit si les Provinces s'organisaient pour que les 3 pêcheurs qui réalisent 87% de l'effort différencient les efforts appliqués sur les milieux pélagique et le fond et pour qu'ils identifient de manière plus précise les zones de pêche de fond à chaque sortie de pêche. Cela permettrait de réaliser des analyses de déplétion pour chaque zone. La collecte de données de longueur au débarquement est également nécessaire.

Suivi des pêcheries et collecte des données

16. Les résultats des estimations du statut des stocks ne sont pas particulièrement satisfaisants pour les questions de gestion des pêcheries envisagées par les gestionnaires en Nouvelle-Calédonie puisqu'ils donnent peu d'indication actuellement.
17. Afin d'améliorer la capacité d'utilisation des modèles de dynamique des populations pour guider la gestion du vivaneau en Nouvelle-Calédonie, l'établissement d'un système complet de collecte, de stockage et de gestion des données est indispensable. Sont également nécessaires la collecte continue des données de prises et d'effort de Lifou et le commencement de la collecte des données de taille des débarquements.
18. La gestion durable des pêcheries nécessite la collecte de données fiables de prises et d'efforts et le stockage et la gestion efficaces de ces données pour les analyses et la rédaction de rapports. Un système de gestion de données inspiré de TUFMAN serait idéal ; ce système a été développé avec succès pour les pêcheries de thons de la région. TUFMAN facilite la gestion, l'intégration et l'organisation des données de pêche permettant de croiser les différents types de données. TUFMAN fournit des rapports appropriés et pré-formatés pour les utilisateurs des données, évitant la perte de temps induite dans le formatage détaillé des données. Non seulement TUFMAN facilite les obligations de déclaration des données, mais, en fournissant l'accès à des données de qualité, il assure également que les services des pêches et les autres utilisateurs des données auront la possibilité de prendre des décisions bien informées. Une adaptation du système TUFMAN est considérée comme le moyen le plus efficace et le moins coûteux pour établir des capacités similaires pour la gestion du vivaneau.
19. La formation et la distribution d'information sur l'identification des espèces des juvéniles de vivaneaux sont nécessaires. En effet, lors de la collecte d'otolithes pour Lim Loeun à la poissonnerie de Lifou, il a été constaté que les espèces d'*Etelis* n'étaient pas correctement différenciées pour les poissons inférieurs à 30 cm.
20. Concentrer la collecte des données de prises et d'efforts sur les 3 pêcheurs de Lifou qui réalisent 87% de l'effort total. Modifier le formulaire de collecte des données pour séparer la pêche pélagique de la pêche de fond pour l'enregistrement de l'effort et identifier de manière plus précise les zones de pêche de fond pour chaque sortie en mer.
21. Mettre en place la collecte des données de longueur aux points de débarquement et aux marchés. Ces données de longueurs vont servir à 3 types d'analyses. En premier lieu elles vont permettre

d'augmenter la gamme des modèles qui peuvent être utilisés pour répondre aux questions sur la gestion des pêches en Nouvelle-Calédonie. Ensuite, elles peuvent être utilisées pour aider à orienter la gestion des pêcheries en attendant que suffisamment de données soient disponibles pour réaliser des modèles plus rigoureux et plus informatifs sur les estimations de stocks et les options de gestion (voir ci-dessous). Enfin, en conjonction avec l'extraction des otolithes sur un échantillon pour déterminer l'âge des captures ces données de longueur permettront de réaliser des analyses de stocks supplémentaires.

22. Le système de collecte et de gestion des données est détaillé dans la Figure bas.

Les indicateurs basés sur la longueur

23. La surpêche est en général décomposée en 2 éléments : (i) la surpêche du recrutement quand la quantité des captures réduit le potentiel de reproduction de la population au point où son maintien est compromis et (ii) la surpêche de croissance quand les captures sont constituées de poissons sous la taille optimale de production du meilleur rendement pour une cohorte et où la probabilité qu'un nombre suffisant de super-reproducteurs (i.e. les femelles fécondes âgées) soient recrutés dans la population est réduite (Froese, 2004)
24. Les données de fréquence de taille combinées aux informations sur la taille à la maturité and sur la taille de capture optimale peuvent fournir des indicateurs qualitatifs de la condition du stock. Trois valeurs proportionnelles simples basées sur les compositions en longueurs des captures peuvent être utilisées pour suivre la condition de la population par rapport au niveau d'exploitation (Froese 2004, Cope and Punt 2009).

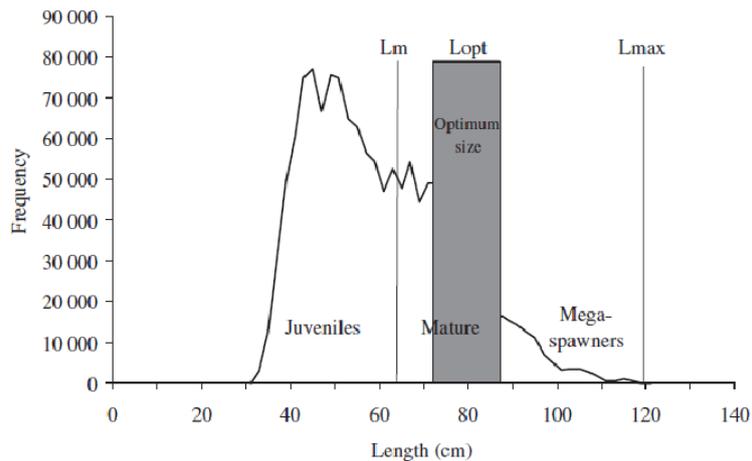
P_{mat} reflète la capture des individus matures. Le pourcentage de poissons matures dans le stock exploité décline en même temps que la mortalité par pêche augmente. La proportion optimale de spécimens matures dans les captures est de 100% afin que tous les individus aient eu la capacité de se reproduire au moins une fois avant d'être capturé (Froese 2004). La ligne à main, méthode de pêche utilisée en Nouvelle-Calédonie n'est pas sélective en termes de taille des captures et il est donc peu probable que l'objectif des 100% puisse être atteint. Bien qu'il n'existe pas de règle indiquant quelles proportions reflètent un stock en bonne ou en mauvaise condition, à Hawaii, une limite de 50% est utilisée. Quelque soit le seuil limite choisi, son but est d'alerter les gestionnaires sur le fait qu'une fois le niveau dépassé il est possible que la population de reproducteurs ne soit plus suffisante pour supporter le recrutement nécessaire au maintien de la pêcherie. La longueur à laquelle 50% des individus atteignent la maturité est habituellement utilisée comme le seuil limite pour calculer la proportion. Pour *Etelis coruscans* et *Etelis carbunculus* les longueurs auxquelles 50% des individus sont matures sont estimées à 610 mm et 300 mm respectivement (Everson et al 1989, Everson 1984).

P_{opt} reflète la proportion des prises de poissons à la taille optimale, i.e. la taille à laquelle le rendement d'une cohorte est à son maximum. La taille optimale est typiquement un peu plus grande que la taille de première maturité. L'objectif serait de capturer tous les poissons (100%) dans une gamme de $\pm 10\%$ autour de la longueur optimale, par exemple.

P_{mega} reflète la proportion des prises de grands individus matures. Le pourcentage de super-reproducteurs est le nombre de poissons plus grands que 10% au-dessus de la taille optimale divisé par le nombre de poissons plus petits. Froese (2004) suggère que pour les données de fréquence de taille qui reflètent la structure en taille et en âge du stock (i.e. sans sélectivité de pêche), les valeurs de 30-40% de super-reproducteurs représentent une structure en âge saine et souhaitable, alors qu'une valeur inférieure à 20% indiquerait un stock en mauvaise condition. Froese (2004) explique également que cette attention particulière portée aux grands individus met en évidence le rôle primordial des poissons âgés pour la survie à long terme de la population : (i) les grandes femelles sont beaucoup plus fécondes car le nombre d'œufs augmente de manière proportionnelle avec la taille pour la plupart des espèces ; leurs œufs ont également tendance à être plus grands, donnant de meilleures chances de survie aux larves (Solemdal 1997; Trippel 1998); (ii) une grande longévité est habituellement le signe de la bonne condition de l'individu et donc ces super-reproducteurs sont des réservoirs et des dispensateurs de gènes favorables ; et (iii) augmenter la longévité et prolonger la phase de reproduction peuvent être considérés comme une garantie naturelle contre des échecs potentiels de recrutements (Craig 1985; Beverton 1987). Ce genre d'événements est visible dans des séries temporelles longues et est une cause

commune d'effondrement de stocks fortement pêchés (Murphy 1967; Longhurst 2002a,b).

25. Ces trois valeurs sont illustrées dans la bas. Les trois mesures peuvent être agrégées sur des périodes de temps ou être constituées en séries temporelles pour en examiner les tendances.



(d'après Froese 2004)

26. Dans les populations de poissons exploitées, la taille moyenne des individus diminue généralement quand la mortalité par pêche augmente. En conséquence, si les longueurs au débarquement peuvent être collectées dans les trois provinces de Nouvelle-Calédonie, des comparaisons pourront alors être effectuées entre les niveaux relatifs d'exploitation des trois provinces.
27. Il est important de noter qu'en utilisant ces méthodes les informations obtenues reflètent la structure en âge et en taille du stock, non biaisée par la sélectivité de pêche ou par les événements de recrutement. De plus ces mesures n'informent pas sur le statut de surpêche mais sont de simples indicateurs de la biomasse de reproducteurs.
28. La somme de ces proportions ($P_{mat}+P_{opt}+P_{mega}$) a été proposée comme la méthode la plus robuste pour interpréter ces mesures afin de minimiser les biais associés à la sélectivité des pêcheries (Cope and Punt 2009). Associée à des modèles de simulation la somme de ces indicateurs peut également être utilisée pour apprécier le statut du stock. Cope and Punt (2009) fournissent un exemple pour la pêcherie de fond du nord-ouest des Etats Unis d'Amérique en utilisant un modèle d'équilibre ; cependant, étant donné la variation observée de la taille à un âge donné pour le vivaneau, un modèle plus complexe serait nécessaire pour ce type de simulation.

Synthèse bibliographique des connaissances relatives à la pêche, à la biologie et à l'écologie des vivaneaux

Aperçu général

Les ressources halieutiques sont importantes pour l'économie mondiale et la sécurité alimentaire (Morato, 2006) ; il en existe partout dans le monde, dans les eaux douces et les milieux marins. Il s'agit des poissons, des invertébrés, des crustacés, des mollusques et des mammifères marins. La présente synthèse bibliographique rassemble les informations disponibles afin de replacer la pêche de vivaneaux dans son contexte. Elle décrit les différents types de pêche, compare les estimations des paramètres biologiques tirées des publications mondiales et montre combien il est important de disposer d'informations précises sur les sites à rapprocher des prises, ainsi que de données biologiques pour assurer une gestion efficace à long terme des ressources marines naturelles. Cette synthèse souligne le manque d'informations et de connaissances dans les documents actuels et historiques, et apporte des renseignements utiles pour l'établissement de modèles écologiques et biologiques, en vue de permettre une gestion durable de la pêche de vivaneaux en Nouvelle-Calédonie.

Taxonomie

Les vivaneaux appartiennent à la famille des lutjanidés. Dans les États et Territoires francophones du Pacifique, ils sont communément appelés « vivaneaux » ou « colas », tandis que dans les pays anglophones océaniques, ils sont le plus souvent désignés par les termes *jobfish* ou *opakapaka* ou *ehu*. Les lutjanidés appartiennent à l'ordre des perciformes, qui comprend 148 familles et approximativement 9 300 espèces (figure 1). Les perciformes sont des poissons à rayons épineux, généralement marins ; cependant, cet ordre peut également inclure certaines familles caractéristiques des eaux douces (Allen, 1985 ; Nelson, 1994). La famille des lutjanidés compte 17 genres et 103 espèces, qui sont essentiellement récifales, notamment des espèces des récifs profonds (récif fossile, >100 m), ainsi que trois espèces des eaux douces. Elle comprend quatre sous-familles, à savoir : *Apsilinae*, *Etelinae*, *Lutjaninae* et *Paradichthyinae* (Martinez-Andrade, 2003 ; www.itis.gov).

Les espèces appartenant aux sous-familles *Apsilinae* et *Etelinae* vivent principalement dans des habitats profonds à proximité du talus continental, seul *Paracaesio caeruleus* étant plus communément observé à des profondeurs inférieures à 100 mètres (Martinez-Andrade, 2003). Les assemblages de vivaneaux varient considérablement d'une région à l'autre (tableau 1 et annexe 1).

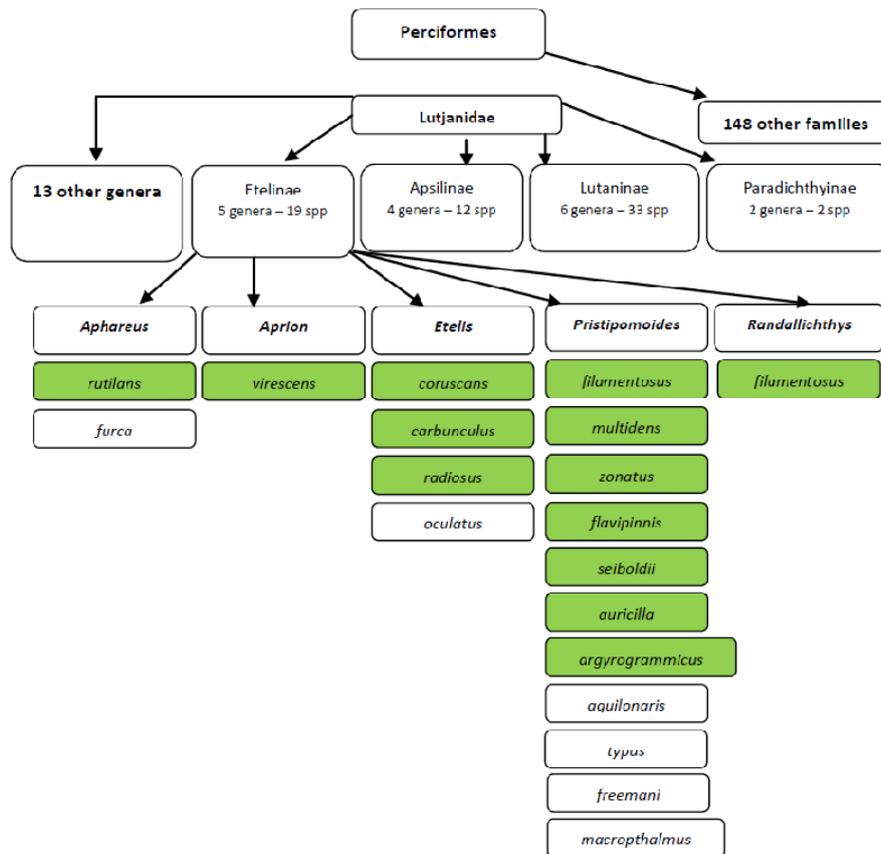


Figure 1. A cladistic tree indicating the taxonomic positioning of exploited deepwater snappers in the artisanal fishery in New Caledonia (highlighted).

Distribution mondiale

Les vivaneaux sont très présents dans les eaux tropicales et subtropicales (situées entre 35° de latitude N et 35° de latitude S) des océans Pacifique, Indien et Atlantique (tableau 1 et annexe 1), et entre 43° de latitude Nord et 37° de latitude Sud, dans l'Atlantique occidental (Martinez-Andrade, 2003 ; Froese et Pauly, 2009). Dans le Pacifique, on en trouve constamment, du Japon au nord de l'Australie et de la Malaisie à Hawaii, ainsi que dans la région des Caraïbes, du golfe du Mexique au Brésil (figure 2). Toutefois, dans l'océan Indien occidental, leur distribution est moins homogène (individus isolés et éparpillés) au large de Madagascar, de la Réunion, des côtes orientales africaines, des côtes occidentales indiennes et des Îles Chagos (Moffitt *et al.*, 2006 ; FISHBASE ; Kelley, 2007 ; Moffitt, 1993 ; Heileman, 2008). Les océans Indien et Pacifique abritent des populations conspécifiques (Allen, 1985 ; Froese et Pauly, 2009). Le Pacifique recèle la plus grande richesse d'espèces de vivaneaux parmi les trois océans. La Nouvelle-Calédonie abrite des habitats favorables aux vivaneaux répartis sur l'ensemble de sa zone économique exclusive (Virly, 1997).

Table 1. A species assemblage list of the dominant species caught in the artisanal deepwater snapper fisher in New Caledonia. The species distribution compared to other localities globally, indicating no endemic species to New Caledonia. Refer to appendix for a complete species list of commercially important snappers in the Lutjanidae family.

Species	Atlantic Ocean	Indian Ocean	Pacific Ocean	New Caledonia
Etelinae				
<i>Aphareus rutilans</i>				
<i>Aprion virescens</i>				
<i>Etelis carbunculus</i>				
<i>Etelis coruscans</i>				
<i>Etelis radiosus</i>				
<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i>				
<i>Pristipomoides auricilla</i>				
<i>Pristipomoides filamentosus</i>				
<i>Pristipomoides flavipinnis</i>				
<i>Pristipomoides multidens</i>				
<i>Pristipomoides sieboldii</i>				
<i>Pristipomoides zonatus</i>				
<i>Randallichthys filamentosus</i>				

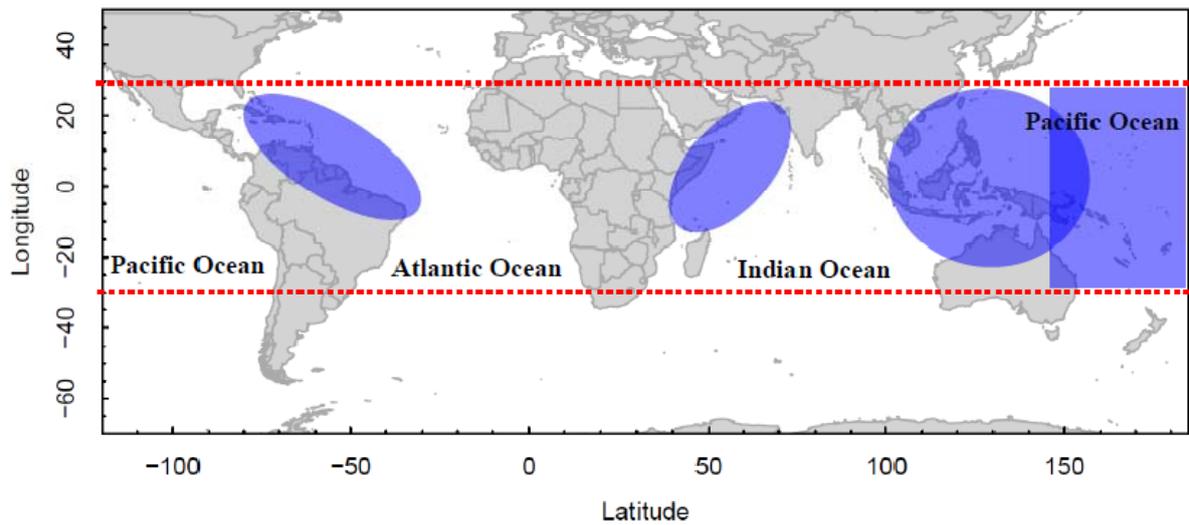


Figure 2. *The shaded areas suggest the general global distribution of deepwater snappers and their fisheries. The pacific region is documented as having the greatest abundance for deepwater snappers.*

Nouvelle-Calédonie

La zone économique exclusive (ZEE) de la Nouvelle-Calédonie s'étend sur 1,4 million de kilomètres carrés (source : Zonéco/DTSI) ; cette vaste ZEE présente également un relief sous-marin marqué, avec des monts sous-marins, en particulier dans le sud, ou des bancs récifaux profonds, comme ceux des Îles Chesterfield, à l'ouest. Les vivaneaux sont en principe très présents dans la ZEE néo-calédonienne. Des essais de pêche conduits dans les années 1980 dans les régions périphériques de la ZEE ont en outre révélé la présence de plusieurs espèces de vivaneaux au large des Îles Chesterfield et de la ride de Fairway (figure 3), à l'extrémité ouest de la ZEE. Virly (1997) a réalisé une synthèse des données bathymétriques et halieutiques disponibles qui recense les ressources profondes de la ZEE, mais aucune analyse exhaustive n'a été effectuée afin d'établir la présence/distribution potentielle des vivaneaux sur l'ensemble de la ZEE, d'un point de vue spatial.

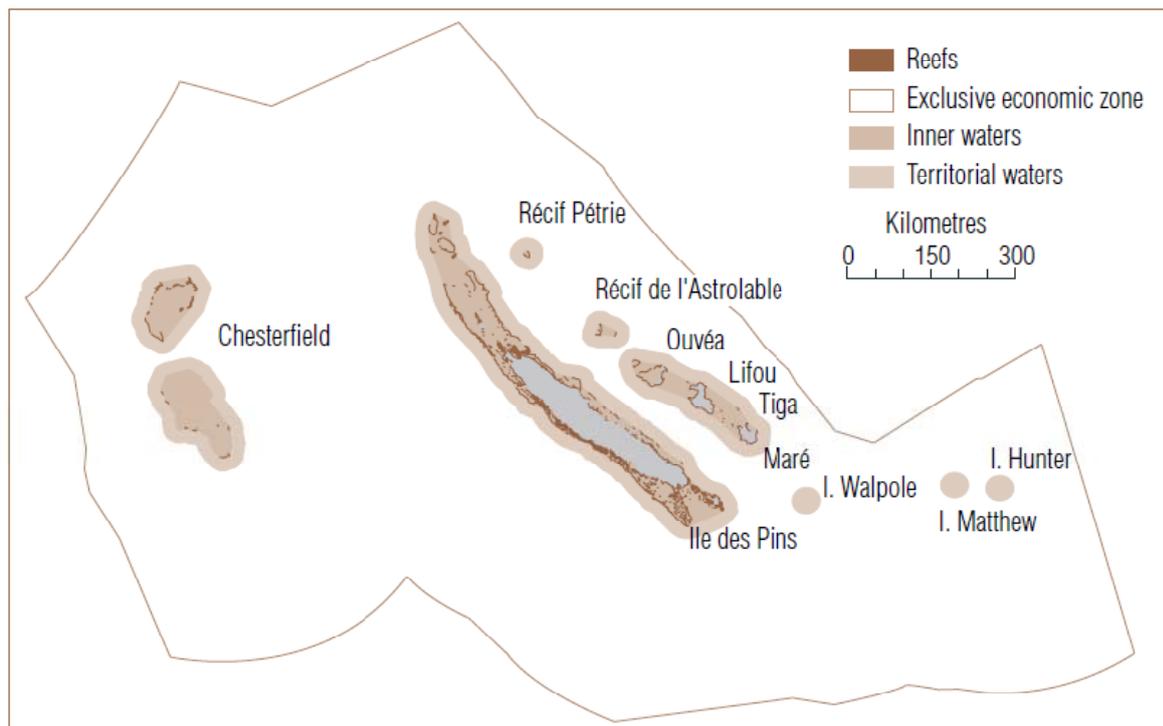


Figure 3. The New Caledonian exclusive economic zone (EEZ). Figure courtesy of the ISEE 2006 report (www.isee.com).

À l'heure actuelle, la pêche profonde en Nouvelle-Calédonie cible 13 espèces appartenant à la sous-famille *Etelinae* et une espèce appartenant à la sous-famille *Apsilinae* (tableau 1). Il n'existe pas d'espèces endémiques à la Nouvelle-Calédonie.

Espèces d'intérêt commercial

En Nouvelle-Calédonie, trois espèces du genre *Etelis* et 6 espèces du genre *Pristipomoides* forment la majeure partie des prises de vivaneaux, quatre espèces étant plus particulièrement pêchées dans ce Territoire (figure 4), à savoir : le vivaneau la flamme (*Etelis coruscans*), le vivaneau rouge (*Etelis carbunculus*), le vivaneau rose (*Pristipomoides filamentosus*) et le vivaneau à grosses écailles (*Pristipomoides multidentis*). *Etelis coruscans* et *Etelis carbunculus* sont cependant les deux espèces qui représentent à elles seules 60 pour cent des prises annuelles de vivaneaux et l'essentiel de la consommation locale en Nouvelle-Calédonie (observations personnelles ; DTSI – www.affmar.gouv.nc). Par conséquent, la présente synthèse porte essentiellement sur les espèces du genre *Etelis* et, dans une moindre mesure, *Pristipomoides*.

<i>Etelis coruscans</i> (vivaneau flamme)	<i>Etelis carbunculus</i> (vivaneau chien rouge)
	
<i>Pristipomoides filamentosus</i> (vivaneau rose)	<i>Pristipomoides multidens</i> (vivaneau poulet)
	

Figure 4. The four (4) dominant deepwater snapper species caught in the artisanal fishery in New Caledonia. Images courtesy of SPC (www.spc.int) “Fish species identification manuals for deep-bottom snapper fishermen”

Distribution verticale

Les adultes d'espèces profondes de différents genres semblent se trouver généralement dans les tranches bathymétriques qui suivent (figure 5). Les espèces des genres *Lutjanus* et *Aprion* sont le plus souvent observées à des profondeurs inférieures à 200 mètres (Newman et Williams, 1996 ; Froese et Pauly, 2008), celles appartenant aux genres *Paracaesio*, *Pristipomoides* et *Rhomboplites*, à des profondeurs intermédiaires, c'est-à-dire entre 100 et 250 mètres (Forster, 1984 ; Newman et Williams, 1996 ; Parrish *et al.*, 1997 ; Froese et Pauly, 2008), et celles du genre *Etelis*, à des profondeurs comprises entre 200 et 500 mètres (Fourmanoir, 1979 ; Forster, 1984 ; Newman et Williams, 1996 ; Froese et Pauly, 2008 ; Barro, 1982 ; Virly, 1997). Des études menées précédemment en Nouvelle-Calédonie, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, aux Tonga, à Hawaii, au Samoa et à Vanuatu confirment ces résultats quant à la distribution verticale des adultes (Adam, 2004 ; Virly, 1997 ; Grandperrin, 1979 ; Barro, 1982). Cela tend à indiquer que les vivaneaux adultes du genre *Etelis* ont une plus grande prédilection pour les eaux profondes que la plupart de ses conspécifiques.

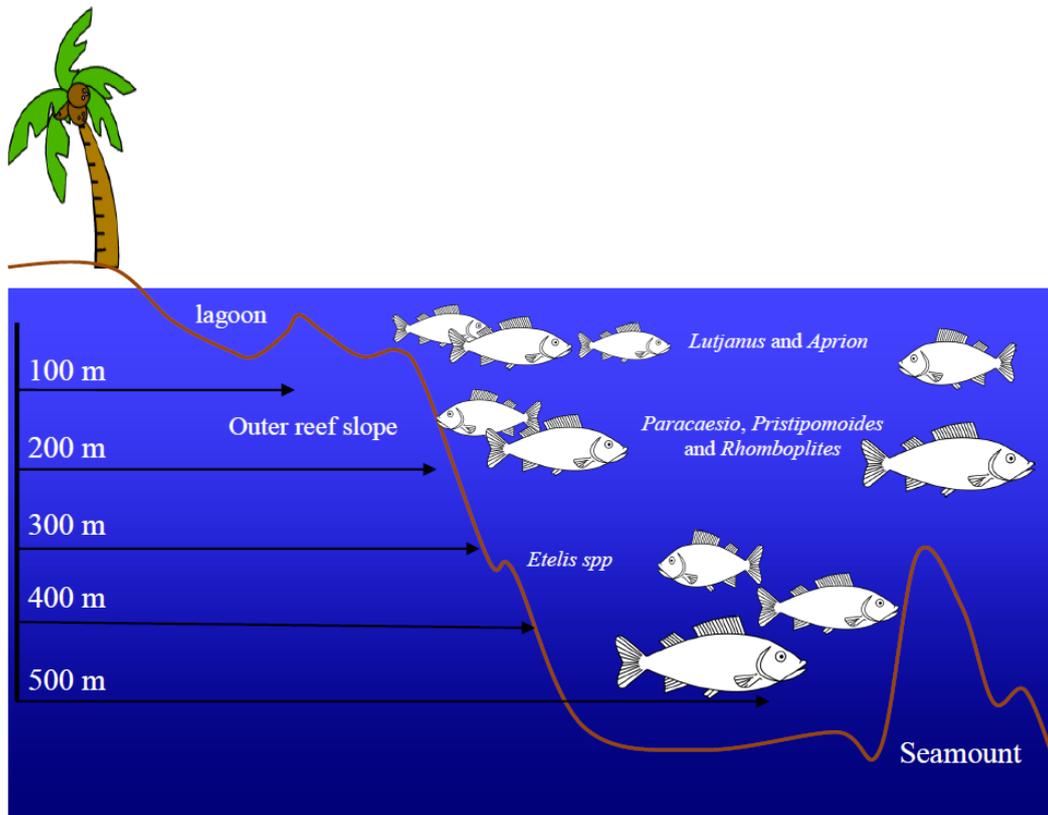


Figure 5. A general representation of vertical distribution for most adult snapper species population fished commercially from historical and anecdotal data. The habitat and depth is suggested to play a vital role in fish occurrence and abundance. It should be noted that this is just a representation, it does not exclude the fact that adults and in some cases juveniles migrate vertically and horizontally into different zones.

Relations avec l'habitat

Outre le fait d'être présents dans les eaux plus profondes, les adultes auraient une nette prédilection pour les substrats complexes tels que les récifs fossiles (photo 1), les promontoires rocheux, les pentes récifales externes et les monts sous-marins (Ovenden *et al.*, 2004 ; Moffitt *et al.*, 2006 ; Kelley, 2007 ; Moffitt, 1993). Les données halieutiques et empiriques confirment cette nette prédilection pour les habitats complexes, puisque la majeure partie des prises sont réalisées aux abords des monts sous-marins ou des pentes récifales externes, qui présentent une certaine complexité d'habitat.



Picture 1. Deepwater snappers (*Etelis coruscans*) aggregating around deepwater fossilize reef. This one of the variety of highrelif, complex structures preffered by deepwater snappers. Photo courtesy of NOAA (www.oar.noaa.gov).

En revanche, les juvéniles semblent peupler des milieux ayant un faible relief, comme les herbiers des eaux peu profondes (NOAA, 2005 ; Haight *et al.*, 2007 ; Grandcourt, 2003 ; Moffitt, 1993). Par exemple, au large de l'île d'Oahu (Hawaïi), on trouve des juvéniles de *Pristipomoides filamentosus* sur les substrats sédimentaires meubles, à des profondeurs inférieures à 90 mètres (Parrish *et al.*, 1997). L'étude a montré que des juvéniles sont observés chaque année à des profondeurs moyennes (60-90 m), les individus étant éparpillés, mais concentrés de manière homogène dans l'espace. Il apparaît que leurs habitats de prédilection sont les fonds sédimentaires à faible relief, situés à proximité de certains reliefs des bassins tels que les plateaux récifaux et les échancrures (Parrish *et al.*, 1997).

En dehors des données relatives aux *Pristipomoides filamentosus* d'Hawaïi (Parrish *et al.*, 1997 ; NOAA, 2005 ; Haight *et al.*, 2007 ; Grandcourt, 2003 ; Moffitt, 1993), on ne dispose d'aucune information fiable dans la région du Pacifique tropical sur les relations avec l'habitat ou la distribution verticale et horizontale des vivaneaux juvéniles, notamment pour ce qui concerne *Etelis carbunculus* et *Etelis coruscans*.

Reproduction

Les vivaneaux semblent former des groupes de géniteurs capables de se déplacer verticalement et horizontalement vers des sites de reproduction précis (Lindeman *et al.*, 2000 ; Jackson *et al.*, 2006). La ponte s'effectue généralement au large, à des profondeurs supérieures à 40 mètres. Les espèces hawaïennes semblent se déplacer vers le plateau continental, qui se caractérise par des remontées d'eaux froides et des courants riches en nutriments permettant de nourrir et de déplacer les larves (Martinez-Andrade, 2003 ; Thresher, 1984). Moffit (1993) a synthétisé les informations disponibles et affirmé que les vivaneaux étaient des reproducteurs « en série », capables de pondre toute l'année. Selon lui, ces

espèces enregistreraient un grand pic de ponte s'étalant sur de longues périodes, généralement durant les mois d'été dans les deux hémisphères (de mai à septembre, dans le Pacifique Nord, et de novembre à mai, dans le Pacifique Sud). Cela vient corroborer les travaux menés précédemment en Nouvelle-Calédonie et dans le Pacifique Sud (Virly, 1997 ; Grandperrin, 1985 ; Fourmanoir et Laboute, 1976). DeMartini et Lau (1999) ont indiqué que les pics de ponte chez les *E. carbunculus* du Pacifique Nord correspondaient à l'augmentation du poids des gonades en septembre (28 g), par comparaison avec la période juin-juillet (10 g) dans les eaux hawaïennes.

DeMartini et Lau (1999) ont passé en revue quatre (4) méthodes habituellement utilisées pour déterminer la maturité sexuelle : 1) l'examen grossier des gonades et des œufs (s'il y en a), 2) la microscopie optique de l'ensemble des ovocytes (cette méthode n'est efficace que si l'on connaît déjà la dynamique des ovocytes), 3) l'analyse histologique (cette méthode prend beaucoup de temps et est très coûteuse, mais demeure la plus fiable de toutes) et 4) l'évaluation approximative de la capacité de reproduction fondée sur le poids des gonades, compte tenu de la taille du corps et du volume des ovocytes, comme méthode de remplacement de l'étude de l'indice gonado-somatique (IGS), qui est plus communément utilisée.

DeMartini et Lau (1999) ont utilisé le poids des gonades pour évaluer de manière approximative la capacité de reproduction des individus observés et les résultats étaient comparables à ceux de l'analyse histologique (tableau 2). Cependant, il convient de noter que la plupart des travaux menés dans ce domaine indiquent que les estimations de la capacité de reproduction et de la maturité fondées sur ces méthodes devraient être validées par des données histologiques sur le développement et la maturation des ovocytes (Froese et Binohlan, 2000 ; Martinez-Andrade, 2003). Or, dans la plupart des États et Territoires océaniques en développement où la pêche artisanale joue un rôle moteur, comme c'est le cas en Nouvelle-Calédonie et à Vanuatu, on ne dispose d'aucune donnée histologique. Par conséquent, la majorité des études portant sur la reproduction se fondent sur des méthodes d'évaluation de la maturité sexuelle approximatives (Virly, 1997 ; Grandperrin, 1985 ; Fourmanoir et Laboute, 1976).

Moffit (1993) a examiné des femelles *E. carbunculus* de grande taille à Hawaii et a constaté que leurs ovules se développaient plus tôt au début de la saison de reproduction et qu'elles conserveraient leur potentiel de reproduction pendant de plus longues périodes que les petits individus. Cela donne à penser que les femelles de grande taille (donc âgées) déploient davantage d'énergie et d'efforts pour la reproduction que les individus de petite taille (jeunes), ce qui a pour effet de ralentir leur propre croissance somatique. Cette constatation étaye l'hypothèse selon laquelle la fertilité (c'est-à-dire le nombre d'œufs produits par individu), la qualité des œufs et le potentiel de reproduction dépendent de la taille et de l'âge des individus (Roff, 1983). Selon cette hypothèse, la progéniture des petits individus (jeunes) a une moins bonne capacité d'adaptation et, par conséquent, moins de chances de survivre. Cela montre combien il est important de maintenir à long terme un stock d'individus ayant atteint la maturité sexuelle. À l'heure actuelle, on ne dispose d'aucune information claire sur les signaux biologiques, environnementaux et/ou chimiques qui déclenchent la saison du frai.

Martinez-Andrade (2003) a montré que les vivaneaux sont unisexués (sexes séparés) et gonochoriques (individus distincts), contrairement à d'autres familles telles que les lethrinidés et les serranidés, qui comprennent des espèces capables de changer de sexe. Grandperrin (1985) a enregistré un taux de masculinité de 1/18 sur un échantillon de 656 *Pristipomoides multidens* de Santo (Vanuatu). Des études

antérieures ont été menées en Nouvelle-Calédonie sur la reproduction des poissons de récif appartenant aux familles des lutjanidés, des lethrinidés et des serranidés (Louben, 1980 et 1985), mais aucune recherche portant plus particulièrement sur les vivaneaux n'a été effectuée dans ce Territoire.

Table 2. Length at which 50% of the female population is estimated to be reproductively mature ($L_{50} \pm S.D.$). A_{50} is the estimated age where 50% of the female population are reproductive. Highlighted species are considered to be associated uniquely with shallow waters compared to the other deepwater species as a comparison.

Species	L_{50} (cm) female	A_{50}	Method	Reference
Etelis carbulculus	27.8 \pm 2.3 (FL)	3	logistic regression	DeMartini & Lau (1999)
Etelis carbulculus	27.9 \pm 2.4 (FL)	3	histology analysis	DeMartini & Lau (1999)
Pristipomoides sieboldii	29.0 \pm 1.8 (FL)	3	logistic regression	DeMartini & Lau (1999)
Pristipomoides sieboldii	29.0 \pm 1.8 (FL)	3	histology analysis	DeMartini & Lau (1999)
Lutjanus campechanus	38 (FL)	1	logistic regression	White and Palmer (2004)
Lutjanus synagris	23 (FL)	4	logistic regression	Luckhurst et al. (2000)

Écologie larvaire et peuplement

Les larves de lutjanidés fraîchement écloses possèdent un sac vitellin qui se résorbe au bout de 3-4 jours. Ensuite, leur bouche se forme complètement et des yeux pigmentés et capables de voir apparaissent (Haight *et al.*, 1993 ; Leis, 1987) : elles peuvent alors chercher de la nourriture de manière indépendante. Les larves des vivaneaux seraient planctoniques et auraient un stade larvaire pélagique allant de 25 à 47 jours, ainsi qu'une longueur totale comprise entre 12 et 20 millimètres (Martinez-Andrade, 2003 ; Allen, 1985 ; Leis, 1987 ; Lindeman *et al.*, 2001). Elles dériveraient donc au gré des courants océaniques jusqu'à ce qu'elles trouvent un habitat benthique approprié pour se métamorphoser (Haight *et al.*, 1993 ; Munro, 1987). On dispose de peu d'informations concernant les premiers stades biologiques des vivaneaux et encore moins sur l'écologie et le recrutement des larves et des juvéniles, depuis leur première fixation jusqu'à leur arrivée et recrutement au sein de la population adulte dans le Pacifique, notamment pour ce qui concerne les espèces du genre *Etelis* présentes dans le Pacifique Sud.

Âge et croissance

La longueur totale maximale des vivaneaux varie entre 40 et 126 centimètre, certains individus pouvant peser jusqu'à 35 kilogrammes, comme c'est le cas des espèces du genre *Etelis* (FISHBASE, 2008 ; Fourmanoir, 1979). On dispose de peu d'informations validées sur l'âge des vivaneaux. Les recherches menées précédemment tendent à indiquer que la plupart des espèces de vivaneaux ont une longévité maximale qui n'excède généralement pas les 10 ans et une croissance globalement lente.

Les courbes de croissance sont généralement établies sur la base d'informations relatives aux fréquences de taille pour déterminer les paramètres démographiques. Les données disponibles et travaux antérieurs étayaient l'hypothèse selon laquelle les vivaneaux se prêtent mal à l'analyse de progression modale standard, qui utilise uniquement des ensembles de données sur les fréquences de taille, du fait de leurs caractéristiques de croissance (Pilling *et al.*, 2000 ; Moffit, 1993 ; Wilson et Nieland, 2001 ; White et palmer, 2004). Pilling *et al.* (2000) ont utilisé des mesures des anneaux de croissance d'otolithes validées pour établir un tableau sur les différents taux de croissance somatique et l'âge de trois espèces de vivaneaux tropicaux de l'océan Indien (tableau 3). Il semble que les juvéniles ont une croissance rapide jusqu'à ce qu'ils quittent l'aire de croissance, soit approximativement jusqu'à l'âge de 3-5 ans (Parrish *et al.*, 1997 ; Martinez-Andrade, 2003), et que les adultes ont ensuite une croissance relativement lente.

Table 3. *Relative growth information for 3 tropical snapper species in the Indian Ocean region estimated from otolith marginal increment counts and analysis. The estimates suggest rapid growth in young juveniles until approximate age when recruitment is assumed to take place into the adult (fishery) population where there is a significant change in growth strategies (adapted from Pilling et al. 2000).*

species	Growth	Age class (years)	Reference
Letherinus mahsena	Fast	1-5	Pilling <i>et al</i> (2000)
	Slow	6 +	
Aprion virescens	Fast	3-5	Pilling <i>et al</i> (2000)
	Slow	6+	
Pristipomoides filamentosus	Fast	3-5	Pilling <i>et al</i> (2000)
	Moderate	6-10	

Martinez-Andrade (2003) a élaboré une synthèse des données biologiques relatives à la famille des lutjanidés obtenues grâce à une batterie de méthodes ayant permis de modéliser les paramètres de croissance. Cette synthèse a montré que la longueur maximale moyenne et l'âge maximum des vivaneaux appartenant à la sous-famille *Lutjaninae* variaient entre 25 et 111 centimètres, et 10 et 31 ans, respectivement, et que ceux des vivaneaux de la sous-famille *Etelinae* variaient entre 42 et 126 centimètres, et 6 et 18 ans, respectivement (tableau 4). Cependant, les dernières lectures d'otolithes réalisées en Nouvelle-Calédonie ont permis d'identifier des *Etelis carbunculus* et des *Etelis coruscans* respectivement âgés de 21 et 18 ans (figure 6 – Williams *et al.*, 2011, non publié), ce qui tend à indiquer que les espèces de la sous-famille *Etelinae* étudiées auparavant ont une plus grande longévité que ce à quoi on aurait pu s'attendre initialement.

Table 4. *Von Bertalanffy's growth function (k) comparison between temperate, sub-tropical deepwater and tropical shallow water species. Highlighted are the shallower and estimated faster growing species.*

Type	Species	k value	Reference
Temperate water	<i>Notolabrus tetricus</i>	0.066	Neville (1995)
Temperate water	<i>Notolabrus fucicola</i>	0.089	Neville (1995)
Temperate water	<i>Pseudolabrus psittaculus</i>	0.09	Neville (1995)
Sub-tropical deepwater	<i>Etelis coruscans</i>	0.106	Williams and Lowe (1997)
Sub-tropical deepwater	<i>Etelis carbunculus</i>	0.1	Fry <i>et al.</i> (2006)
Sub-tropical deepwater	<i>Pristipomoides filamentosus</i>	0.11	Pilling <i>et al.</i> (2000)
Sub-tropical deepwater	<i>Pristipomoides sieboldii</i>	0.115	Williams and Lowe (1997)
Sub-tropical deepwater	<i>Lutjanus campechanus</i>	0.112	White and Palmer (2004)
Tropical shallow water	<i>Aprion virescens</i>	0.25	Martinez-Andrade (2003)
Tropical shallow water	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	0.265	Martinez-Andrade (2003)
Tropical shallow water	<i>Lutjanus erythropterus</i>	0.327	Martinez-Andrade (2003)

Les courbes de croissance comparatives des *Etelis coruscans* d'Hawaii, de Vanuatu et de Nouvelle-Calédonie (figure 7) semblent indiquer des différences d'âge au moment où ceux-ci atteignent 50 % de la longueur asymptotique. Cependant, les méthodes utilisées pour déterminer les taux de croissance ne tenaient pas compte des données sur les fréquences de taille, des mesures des anneaux de croissance des otolithes et de la taille des échantillons. Brouard et Grandperrin (1985) ont établi les seules estimations historiques de l'âge et de la croissance de ces espèces en Nouvelle-Calédonie, mais ces estimations ont été calculées sur la base d'une étude des fréquences de taille, et non sur la base d'estimations directes de l'âge fondées sur des mesures des anneaux de croissance des otolithes. Les dernières estimations des taux de croissance réalisées en Nouvelle-Calédonie (Williams *et al.*, 2011, non publié) montrent que les espèces *E. carbunculus* et *E. coruscans* atteignent une taille supérieure à un âge plus jeune que leurs congénères hawaiiens. Les estimations de la longueur asymptotique (L_{∞}) sont comparables à celles calculées à Vanuatu (Brouard et Grandperrin, 1984) et en Papouasie-Nouvelle-Guinée (Fry *et al.*, 2006). Les coefficients de croissance (k) diffèrent selon ces régions.

New Caledonia

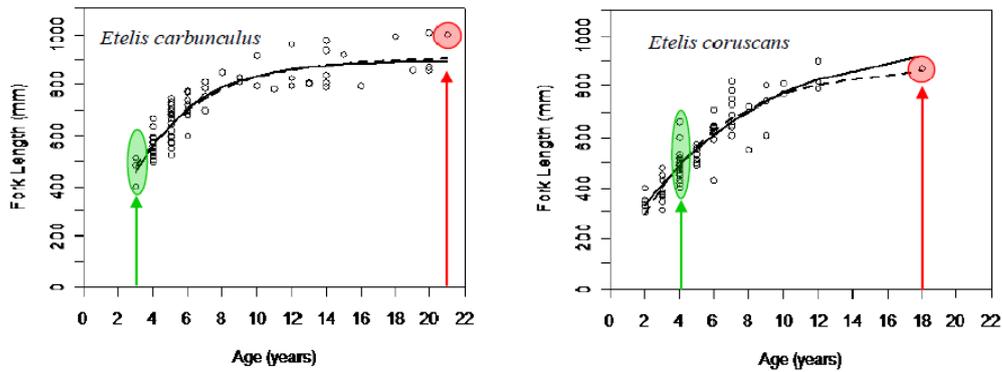


Figure 6. Growth curves produced from otolith aging of opaque ring counts for *E. carbunculus* and *E. coruscans* in New Caledonia (from this study). The red markings indicate the oldest individuals in the sample group and green marks approximate age at 50% of maximum length.

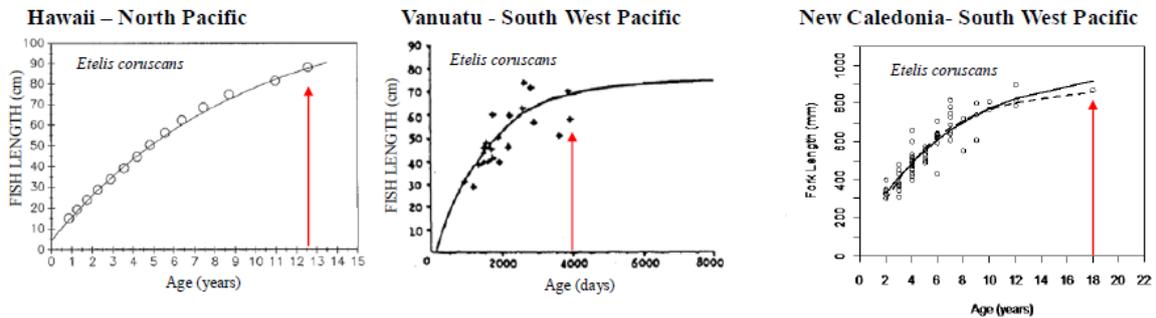


Figure 7. Comparative growth curves for *E. coruscans* for Hawaii, Vanuatu, and New Caledonia, using otolith ring counts adopting different methods to determine growth rates. Graphs adapted from Williams and Lowe (1997), Brouard and Grandperrin (1985), and from this study for Hawaii, Vanuatu and New Caledonia, respectively.

Mortalité

On dispose de peu d'informations chiffrées sur les taux de mortalité naturelle des vivaneaux, mais on a posé l'hypothèse que les taux les plus élevés concernent en général les jeunes recrues (Searcy et Sponaugle, 2000 ; Hixon, 1991). Au départ, on pensait que tous les vivaneaux avaient une durée de vie courte, ainsi qu'une croissance rapide, et qu'ils enregistraient un taux de mortalité naturelle élevé. Les dernières estimations de l'âge fondées sur l'otolithométrie dont on dispose tendent à indiquer que les vivaneaux vivent jusqu'à 30 ans, comme c'est le cas des spécimens de *P. multidentis* pêchés au large de

l'Australie et des *P. filamentosus*, observés dans l'océan Indien (Newman et Dunk, 2003 ; Pilling *et al.*, 2000).

Les estimations des taux de mortalité naturelle (M) sont essentielles pour comprendre la dynamique des populations. Ralston (1987) a affirmé que les taux de mortalité naturelle et de croissance (modèle de croissance de Von Bertalanffy) étaient corrélés, en proposant un rapport approximatif de 1/2 (k/M , respectivement). Par conséquent, le taux de mortalité naturelle (M) peut être estimé si l'on connaît le coefficient de croissance (k). Ralston (1981) a estimé que le taux de mortalité naturelle (M) des *P. filamentosus* d'Hawaï était de 0,25 pour un coefficient de croissance (k) de 0,145, en utilisant une matrice de probabilités âge-longueur appliquée à l'échantillon de fréquences de longueur. Hoenig (1983) a quant à lui estimé le taux de mortalité naturelle (M) à l'aide d'une formule de régression largement utilisée dans le domaine des sciences halieutiques. Fry *et al.* (2006) ont également utilisé cette formule pour estimer les taux de mortalité naturelle des espèces *E. carbunculus* ($M=0.09$) et *E. coruscans* ($M=0.21$) de Papouasie-Nouvelle-Guinée. Pour ce qui concerne les conspécifiques de Nouvelle-Calédonie, les mêmes taux de mortalité naturelle ont été établis pour ces deux espèces respectivement, en appliquant la même formule (Williams *et al.*, 2011).

L'équation de Hoenig est :

$$\log_e M = 1.46 - 1.01 \log_e t_{\max} \quad (t_{\max} \text{ est l'âge maximum en années})$$

Connectivité entre les populations

Les travaux publiés contiennent peu d'informations concernant la connectivité entre les populations de vivaneaux, en raison des difficultés d'accès aux habitats et du comportement cryptique de ces espèces. La majorité des informations collectées à ce sujet concernent des espèces vivant à des profondeurs moyennes telles que *P. multidentis*, présente en Australie et en Indonésie. Blaber *et al.* (2005) ont étudié six zones de pêche distinctes entre l'Australie, l'Indonésie et la Papouasie-Nouvelle-Guinée, et ont identifié trois stocks génétiques différents de *P. multidentis* : deux dans les eaux indonésiennes et un dans les eaux australiennes. Une méthode répandue pour étudier la variation génétique entre les populations ou les sous-populations consiste à utiliser les indices de fixation, généralement appelés F-statistiques (F_{st}), obtenus grâce à l'analyse de l'ADN mitochondrial. Hartl (1980) a estimé que pour une variété d'animaux, y compris pour les humains, les valeurs de F_{st} comprises entre 0,05 et 0,15 indiquent une différenciation modérée ou une dérive génétique dans les sous-populations (Salini *et al.*, 2006). Les études menées précédemment en Australie ont montré que les valeurs de F_{st} pour *P. multidentis* étaient comprises entre 0 et 0,253, la plus grande valeur indiquant une différenciation génétique (Blaber *et al.*, 2005). Ces observations ont été confirmées par Ovenden *et al.* (2004), qui ont découvert qu'entre les régions d'Indonésie centrale et orientale, il existait une subdivision génétique ou deux (2) sous-populations distinctes au sein de l'espèce *P. multidentis*, les deux sites étant séparés par une distance de 191 kilomètres (Bali/Sumbawa). L'analyse des isotopes stables des otolithes (Swearer *et al.*, 1999) corrobore également la différenciation génétique observée dans les zones de pêche situées au nord de l'Australie. Le calcul des rapports isotopiques stables des *sagittae* prélevés sur des *P. multidentis* pêchés au nord et à l'ouest de l'Australie a révélé des signatures spécifiques aux lieux et propres à l'Australie, qui permettent de faire la distinction entre les sites australiens et les sites d'Indonésie et de Papouasie-Nouvelle-Guinée (Newman

et al., 2000). Blaber *et al.* (2005) ont émis les hypothèses suivantes pour expliquer le degré de subdivision génétique observé : 1) les œufs ou les larves se déplaceraient peu ou pas du tout, 2) les adultes auraient un espace vital ou des mouvements migratoires limités ou inexistantes et 3) les cohortes de larves auraient été décomposées suite à l'éloignement des larves des habitats favorables par les courants dominants.

Il existe en Nouvelle-Calédonie des habitats favorables aux vivaneaux qui sont parfois dispersés, parfois concentrés. Cela laisse penser que certaines régions pourraient abriter des petites populations isolées, tandis que d'autres pourraient abriter des populations agglomérées. Louen *et al.* (2011, non publié) ont effectué une analyse de l'ADN mitochondrial de deux espèces de vivaneaux (*E. carbunculus* et *E. coruscans*) afin de mettre en évidence les haplotypes et de déterminer la connectivité génétique entre trois sites néo-calédoniens séparés par une distance d'au moins 250 kilomètres. Cette étude n'a pas permis d'identifier des stocks génétiques différents sur chaque lieu, ce qui laisse penser que le même stock génétique est présent sur ces trois sites, en dépit des grandes distances et, parfois, des grandes barrières profondes qui les séparent. L'étude portait toutefois uniquement sur des sites situés autour de la Grande Terre ; aucun échantillon n'a été analysé à proximité des récifs des Îles Chesterfield et de la ride de Fairway, à l'extrémité ouest de la ZEE.

Définition des types de pêche

La pratique de la pêche à travers le monde s'explique par plusieurs raisons ou facteurs. Dans certains cas, elle vise à engranger des profits ; dans d'autres, elle permet aux pêcheurs de gagner leur vie sur les marchés locaux. Enfin, elle répond parfois à la nécessité d'assurer la sécurité alimentaire et la subsistance des populations (King, 2007). La définition des types de pêche et leur différenciation selon certaines catégories sont discutables. Néanmoins, nous adopterons dans le présent document les définitions qui suivent pour différencier les types de pêche.

La ***pêche industrielle*** se définit comme une activité visant à réaliser des profits (gains) économiques. Elle cible en général un petit nombre d'espèces clés et est pratiquée à l'aide de grands navires qui utilisent des engins de pêche performants, comme les sennes, les filets maillants et les palangres de fond, pour capturer le poisson. La pêche thonière mondiale constitue le principal exemple de pêche industrielle.

La ***pêche artisanale*** se caractérise par les différentes espèces bon marché qu'elle cible. Ce type de pêche nécessite une main-d'œuvre relativement importante. Les prises se vendent sur les marchés locaux et permettent aux pêcheurs artisanaux de subvenir durablement à leurs besoins. La pêche artisanale se pratique à petite échelle, par comparaison avec la pêche industrielle ; pourtant elle représente près de 90 pour cent des pêcheurs du monde (King, 2007). La pêche côtière, telle qu'elle est pratiquée dans la plupart des pays en développement, ainsi que la pêche profonde, telle qu'elle est pratiquée dans certains États et Territoires insulaires océaniques, en sont des exemples.

La ***pêche de subsistance*** est une activité qui vise avant tout à satisfaire les besoins alimentaires des pêcheurs et de leur famille. Une petite partie des prises peuvent parfois être vendues ou échangées contre d'autres produits de base/essentiels (King, 2007). On trouve des exemples de ce type de pêche dans les pays sous-développés où la principale source de protéines ou de sécurité alimentaire se situe le long des

côtes ou est accessible au moyen de pirogues ayant une capacité limitée pour parcourir des grandes distances ou stocker les prises.

Les ressources halieutiques

Au même titre que les ressources côtières, les espèces du large et des profondeurs revêtent de plus en plus d'importance dans le monde entier, à mesure que les pays mettent en œuvre des politiques en vue d'assurer la sécurité alimentaire (Koslow *et al.*, 2000 ; Morato *et al.*, 2006 ; Bell *et al.*, 2009). Dans les régions tropicales et subtropicales, les vivaneaux (lutjanidés) représentent une part importante des ressources profondes (ou démersales), si l'on considère la composition des prises par espèces et leur valeur économique (Parrish *et al.*, 1997 ; Pilling *et al.*, 2000 ; White et Palmer, 2004 ; Blaber *et al.*, 2005 ; Martinez-Andrade, 2003). La pêche industrielle des vivaneaux cible bien souvent un assemblage d'espèces varié, mais les données sur les prises débarquées font rarement la distinction entre les différentes espèces pêchées, ce qui rend le calcul du volume total des prises par espèces difficile dans de nombreuses régions. Les informations sur les captures réalisées dans le cadre des activités de pêche artisanale et sportive sont encore plus limitées et de moins bonne qualité, la plupart des régions disposant de peu de statistiques. En outre, les méthodes de pêche utilisées varient d'une région à l'autre.

Les caractéristiques relatives au cycle biologique (c'est-à-dire, une croissance lente et une durée de vie longue, des prédateurs vivant généralement en bancs) de certains stocks de poissons profonds, notamment des vivaneaux et des loches, semblent indiquer que ces espèces peuvent être relativement exposées à certains effets de la pêche tels que l'épuisement des ressources (Morato *et al.*, 2006) à l'échelon local (zones localisées), par comparaison aux espèces à croissance rapide, dont la durée de vie est courte. Il est essentiel de comprendre la dynamique de ces espèces et leur interaction avec les engins de pêche pour pouvoir mettre en œuvre des politiques adaptées et assurer une gestion et une conservation efficaces à long terme de ces espèces.

Compte tenu du risque potentiel de surexploitation de ces ressources qui existe à l'échelon mondial, les autorités de nombreux pays, comme le Gouvernement et les provinces de Nouvelle-Calédonie, se demandent s'il ne serait pas nécessaire d'appliquer des mesures concrètes de gestion des ressources en vivaneaux.

La pêche de vivaneaux dans le Pacifique

Au début et au milieu des années 80, les possibilités de développement industriel de la pêche de vivaneaux ont été explorées dans bon nombre d'États et de Territoires insulaires océaniques (Adams *et al.*, 2004). Dans certains pays, comme la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Îles Salomon, Vanuatu et les Îles Fidji, toutes les opérations de pêche industrielle ont été stoppées et l'exploitation artisanale des ressources en vivaneaux, réduite, depuis le milieu des années 90. La plupart des travaux publiés permettent de penser que les principaux facteurs qui ont contribué à ces fermetures sont surtout le manque d'infrastructures et le défaut de publicité auprès des consommateurs (Adam *et al.*, 2004 ; Adam *et al.*, 1994 ; Dalzell, 1990). Les travaux menés semblent indiquer une baisse des taux de prises dans la plupart des pays, une tendance généralement observée à mesure qu'augmente la pression sur un stock peu ou pas du tout exploité, mais aucune évaluation rigoureuse des stocks n'a été effectuée en vue de connaître la résilience

des populations face aux effets de la pêche. Néanmoins, les activités de pêche de vivaneaux se sont poursuivies au cours de cette période dans les pays mentionnés ci-après ; dans certains cas, elles étaient même pratiquées avant les années 1980.

La pêche de vivaneaux est pratiquée depuis longtemps à Hawaïi : elle remonte au début du XX^e siècle et faisait probablement partie des activités de pêche traditionnelle déployées à l'aide de pirogues monoxyles et de pirogues à balancier (Haight *et al.*, 1993). Des évaluations des stocks de poissons démersaux vivant à proximité des tombants de l'archipel hawaïien ont été menées par le *Pacific Islands Fisheries Science Centre* (PIFSC) depuis le début des années 80 (Moffit *et al.*, 2006). La pêche commerciale de vivaneaux vise essentiellement sept espèces du genre *Etelis*, qui sont capturées à des profondeurs comprises entre 54 et 273 mètres à l'aide de navires équipées de lignes (Moffit *et al.*, 2006 ; Kobayashi et Kawamoto, 1995). Les estimations des prises annuelles avoisinent les 2 000 tonnes pour ce qui concerne la pêche de vivaneaux, l'assemblage d'espèces cibles comprenant d'autres espèces que les seuls *Etelis carbunculus* et *Etelis coruscans* (voir le tableau 1). Certaines mesures de gestion ont été adoptées afin de réglementer cette activité, notamment un système de licences restreintes et une fermeture saisonnière, mise en place en 2007 (Beets et Manuel, 2007).

En Australie, il existe un certain nombre de pêcheries démersales qui relèvent à la fois de la juridiction de l'État et des territoires. La pêche de vivaneaux cible principalement les espèces du genre *Pristipomoides* et est pratiquée depuis les années 1990. Certaines zones ont néanmoins fait l'objet d'une exploitation par des flottilles étrangères avant les années 90 (Newman, 2009, com. pers.). La pêche de vivaneaux en Australie est une pêche plurispécifique et les données relatives aux prises englobent d'autres espèces que celles du genre *Pristipomoides*. En Australie occidentale, au niveau de la *Northern Demersal Scalefish Fishery* (NDSF), environ 300 tonnes de *Pristipomoides* sont capturés chaque année (Newman, 2009, com. pers.). Ces chiffres concernent uniquement l'Australie occidentale et le Territoire du Nord, et constituent donc une sous-estimation du total des prises de vivaneaux réalisées en Australie.

Comme à Hawaïi, la pêche de vivaneaux est pratiquée depuis longtemps aux Tonga. L'accroissement rapide de la population au milieu des années 80 a cependant favorisé le développement de la pêche industrielle des vivaneaux, qui visait au départ à répondre à la demande alimentaire grandissante. Deux genres (*Etelis* et *Pristipomoides*) prédominent dans les captures, quatre espèces (*Etelis carbunculus*, *E. coruscans*, *Pristipomoides filamentosus* et *P. multidentis*) étant plus particulièrement ciblées à des fins économiques et sociales (consommation). Quand la pêche industrielle a commencé à se développer, les espèces du genre *Etelis* pêchées aux Tonga ont pu être exportées vers Hawaïi et, dans une moindre mesure, la côte ouest des États-Unis d'Amérique. Mais le volume des prises n'a pas tardé à descendre en dessous du niveau concurrentiel et certains pêcheurs ont alors préféré miser sur la pêche de thons à la palangre, qui était alors en plein essor (Adams *et al.*, 2004). Aux Tonga, les quotas de prises de vivaneaux équivalent désormais à un volume annuel moyen de 350 tonnes, près de 70 pour cent des captures étant encore exportés (Adams *et al.*, 2004).

Dans les pays mélanésiens tels que la Papouasie-Nouvelle-Guinée, les Îles Salomon, les Îles Fidji, Vanuatu et la Nouvelle-Calédonie, les possibilités de développement de la pêche industrielle des vivaneaux ont été explorées au début des années 1980. Bien que les taux de prises aient été prometteurs au début et en dépit du soutien financier et social accru apporté en vue de développer cette activité, c'est

finalement la pêche artisanale qui a fini par alimenter le marché local et assurer la subsistance des populations.

Dans le cadre des travaux antérieurs sur le développement de la pêche en Papouasie-Nouvelle-Guinée dans les années 1990 en vue de répondre à la demande grandissante des consommateurs, on a estimé le rendement potentiel maximal des ressources marines à 680 000 tonnes par an (Preston, 1996). Pour ce qui concerne les poissons démersaux, notamment les vivaneaux, le rendement potentiel a été estimé à 50 000 tonnes par an (Preston, 1996). En 1985, la Papouasie-Nouvelle-Guinée a enregistré un volume annuel de prises débarquées de 20 tonnes, ce qui laissait augurer d'excellents résultats, la production devant doubler dans les années suivantes. Au lieu de cela, en 1986, les quantités débarquées annuellement sont tombées à 10 tonnes ; elles ont ensuite continué de chuter au fil des années suivantes et fini par passer en dessous de la barre des 5 tonnes. Il semble que cette baisse de rendement était davantage due à des facteurs économiques et politiques qu'à un manque de ressources, les pêcheurs ne disposant pas des infrastructures requises et ne parvenant pas à vendre des poissons à forte valeur marchande sur les marchés locaux (Dalzell, 1990 ; Kinch, 2009, com. pers.). La pêche de vivaneaux en Papouasie-Nouvelle-Guinée cible tout de même les espèces du genre *Etelis*, les espèces du genre *Pristipomoides* constituant le gros des prises, selon les chiffres enregistrés (Service national des pêches, 2007).

Comme dans les autres pays mélanésiens, des essais de pêche ont été effectués aux Îles Salomon dans le milieu des années 1980 en vue d'étudier les possibilités de développement de la pêche de vivaneaux (Chapman, 2004). Sept centres de traitement du poisson ont été testés dans le cadre du projet Entreprises de pêche en milieu rural, financé par l'Union européenne (UE), afin que les infrastructures requises soient mises en place pour favoriser le développement de la pêche de vivaneaux (Sokimi et Chapman, 2003). Environ 17 tonnes de poissons démersaux, parmi lesquels figurent notamment des espèces appartenant aux genres *Etelis* et *Pristipomoides*, ainsi que d'autres espèces de la famille des lutjanidés, ont été débarquées en 1989. Cependant, les données relatives aux prises par unité d'effort (PUE) ne fournissent aucune précision quant à la composition des captures par espèces. La production potentielle a été estimée à 500 tonnes par an pour ce qui concerne les poissons démersaux, ce chiffre ayant été calculé sur la base des estimations du rendement maximal constant établies dans les autres pays océaniques (270 kg/mille marin pour l'isobathe 200 m) (Polovina, 1987 ; Skewes, 1990). Cette activité a été développée dans le but de favoriser les exportations de vivaneaux, bien que 60 pour cent des prises se vendent sur les marchés locaux. Trois centres ont été privatisés et ont fini par fermer (Kinch, 2009, com. pers.), en raison du manque d'infrastructures à l'issue du projet Entreprises de pêche en milieu rural. Par conséquent, la pêche de vivaneaux est redevenue une activité de type artisanal et de subsistance. Les dernières informations dont on dispose permettent toutefois de penser qu'il y a un regain d'intérêt pour le développement durable et la gestion future de la pêche profonde, grâce à l'assistance technique régionale (Sokimi et Chapman, 2003).

Aux Îles Fidji, les essais de pêche menés au début des 1980 par le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS), en vue d'atténuer la pression qui s'exerce sur les ressources récifales côtières ou lagonaires, en développant davantage l'exploitation des espèces pélagiques et profondes pour faire face à la croissance démographique, ont été tout de suite prometteurs. Au cours des années 80, le volume des prises de vivaneaux a culminé à 200 tonnes, puis est malheureusement tombé à 43,7 tonnes en 1990. En

1994, une étude portant sur cette activité a indiqué que les captures de *Pristipomoides*, qui alimentent les marchés locaux et constituent la principale source de nourriture pour les populations, s'élevaient à 24,8 tonnes (Adams *et al.*, 2004). Les dernières informations dont on dispose montrent toutefois que les exportations de vivaneaux se sont stabilisées autour des 50 tonnes au début du XXI^e siècle (Stone, 2003, dans Deep Sea 20031). Dans le cadre d'études antérieures, on a estimé que le rendement maximal constant se situait entre 409 tonnes et 1 230 tonnes par an (Dalzell et Preston, 1992), mais ces estimations reposent sur des données relatives à des stocks présumés vierges et des informations provenant d'autres régions.

À Vanuatu, on a au départ estimé que le rendement maximal constant de la pêche de vivaneaux était compris entre 300 et 700 tonnes par an (Brouard et Grandperrin, 1985). Mais, après que les PUE ont chuté de moitié entre 1982 et 1988, le développement de cette activité est devenu non viable d'un point de vue économique et n'a pu se poursuivre de manière industrielle. On est donc finalement revenu à un type de pêche artisanal. Par exemple, à Paama, le volume moyen des PUE est passé de 69,3 kilogrammes à 22,6 kilogrammes par sortie entre 1982 et 1988 ; à Ambae, ce taux est passé de 30,1 kilogrammes à 17,7 kilogrammes par sortie entre 1984 et 1988 (Dalzell, 1990). Aucune raison convaincante n'a été avancée pour expliquer cette baisse des PUE.

Dans le Pacifique Sud-Est, en Nouvelle-Calédonie, la pêche de vivaneaux est pratiquée depuis longtemps dans certaines zones entourant les récifs et les monts sous-marins des Îles Chesterfield et de la ride de Fairway, où les taux de prises ont diminué en raison de la pression exercée par les essais de pêche expérimentale et industrielle à la palangre de fond menés au début des années 1980 (Virly, 1997). Aucun écrit ne précise si les stocks ont pu se reconstituer entièrement, mais la pêche est toujours pratiquée dans certaines régions à proximité des masses terrestres (notamment la Grande Terre), où les sorties de pêche durent en général une journée ou s'étalent parfois sur 5 jours. Une analyse menée récemment à l'échelon national pour ce qui concerne l'exercice se terminant en 2006 semble indiquer que les prises annuelles équivalent à 20 tonnes (données provinciales, 2006), ce qui représente une sous-estimation des captures globales, puisque ce chiffre ne concerne que deux des trois provinces de Nouvelle-Calédonie.

La pêche de vivaneaux en Nouvelle-Calédonie

À l'heure actuelle, la pêche de vivaneaux en Nouvelle-Calédonie est une activité de type artisanal, qui est déployée depuis le milieu des années 1980 et qui revêt une certaine importance sur le plan économique et social. La pêche est soumise à l'obtention d'une « autorisation de pêche générale² ». On compte

1 Conférence internationale sur la gouvernance et la gestion de la pêche en eaux profondes (Deep Sea 2003). Deuxième partie : communications affichées durant la Conférence et documents des ateliers. Queenstown, Nouvelle-Zélande, 1-5 décembre 2003.

2 L'autorisation de pêche générale permet au pêcheur de passer d'un type de pêche à un autre. Par exemple, s'il ne parvient pas à capturer des espèces pélagiques à la traîne, le pêcheur peut décider de

actuellement une dizaine de pêcheurs titulaires de cette autorisation qui capturent des vivaneaux de manière régulière dans les eaux néo-calédoniennes. La plupart des pêcheurs exercent leur activité à proximité de leur port d'attache, les sorties ne durent en général qu'une journée. Les informations dont on dispose à l'heure actuelle tendent à indiquer que le nombre de pêcheurs capturant essentiellement des vivaneaux est d'environ trois en Province Nord, quatre en Province Sud et trois, dans la Province des Îles Loyauté.

La majorité des pêcheurs utilisent des lignes et des moulinets électriques (de la marque Kristal fishing), le bas des lignes portant généralement quatre à cinq avançons terminés chacun par un hameçon appâté. La plupart d'entre eux utilisent deux lignes pour capturer les vivaneaux et embarquent en moyenne à deux ou trois lors de chaque sortie de pêche. Des informations recueillies de façon peu systématique laissent penser que les pêcheurs ciblent généralement les vivaneaux dans différentes tranches de profondeurs et différents types d'habitats, en fonction des divers groupes d'espèces ciblées. Par exemple, lorsqu'ils ciblent plus particulièrement les espèces du genre *Etelis*, la plupart des pêcheurs pêchent à des profondeurs comprises entre 200 et 300 mètres, à proximité des monts sous-marins. Pour ce qui est des espèces du genre *Pristipomoides*, la majorité des pêcheurs pêchent habituellement à des profondeurs inférieures, comprises entre 100 et 200 mètres, à proximité des habitats complexes situés aux abords des pentes récifales externes et/ou des monts sous-marins. La plupart d'entre eux sortent uniquement lorsque les conditions météorologiques sont optimales dans les trois provinces. La pêche de ces espèces est rarement pratiquée lorsque le vent dépasse les 10-15 nœuds (com. pers., enquête menée auprès des pêcheurs). La plupart des bateaux de pêche mesurent moins de 10 mètres et sont équipés de glacières ayant une capacité maximale de stockage des prises d'environ 200 litres. À l'heure actuelle, aucune mesure de gestion n'a été adoptée pour réglementer la pêche de vivaneaux en Nouvelle-Calédonie, en dehors des autorisations de pêche.

Les statistiques tendent à indiquer qu'au début des années 1980, les prises étaient composées d'un éventail d'espèces bien plus large que maintenant et comprenaient surtout des espèces du genre *Pristipomoides*. Les données halieutiques actuelles fournies par les trois provinces de Nouvelle-Calédonie montrent que désormais, ce sont les espèces du genre *Etelis* qui sont majoritairement capturées dans le cadre des activités de pêche artisanale. Les raisons de cette évolution (prédominance des espèces du genre *Pristipomoides* dans les captures réalisées dans le passé, puis prédominance des espèces du genre *Etelis* dans les captures actuelles) restent confuses, mais on suppose que les principaux facteurs ont été l'apparition des moulinets électriques et les impératifs de viabilité économique. En 2006, des données combinées pour les Provinces Nord et Sud de Nouvelle-Calédonie ont indiqué que le total des prises s'élevait à environ 17,5 tonnes, ce qui représente une sous-estimation des captures totales actuelles, puisque ce chiffre ne tient pas compte des prises réalisées dans la Province des Îles Loyauté au cours de cette période.

Les effets de l'épuisement des ressources : un risque potentiel

cibler des poissons de fond, en pêchant autour des monts sous-marins à l'aide de palangrottes, ou des espèces côtières et/ou des crustacés.

L'épuisement localisé des stocks de vivaneaux est clairement observé dans certaines régions du Pacifique. Certains monts sous-marins du sud des Tonga ont subi les effets de cet épuisement localisé au milieu des années 1980, lorsque les PUE sont passées d'environ 14 kilogrammes à 5 kilogrammes par moulinet/heure entre 1986 et 1990 (Latu *et al.*, 1991 ; Ralston, 1984). À Vanuatu, des effets de ce phénomène se sont également fait sentir à Paama, le volume moyen des PUE étant passé de 69,3 kilogrammes à 22,6 kilogrammes par sortie entre 1982 et 1988, et à Ambae, où le taux moyen de prises est passé de 30,1 kilogrammes à 17,7 kilogrammes par sortie entre 1984 et 1988 (Dalzell, 1990). Dans la mer des Caraïbes, au Venezuela, une baisse des taux de prises de *Lutjanus purpureus* réalisées dans le cadre des activités de pêche de vivaneaux a également été observée, le volume des captures étant passés de 2 000 tonnes (en 1983) à 200 tonnes (en 2004) (Mendoza et Larez, 2004 ; Heileman, 2008).

Prévoir la répartition relative d' *Etelis carbunculus* et d' *E. coruscans*, deux espèces commerciales de vivaneau, en Nouvelle-Calédonie

Introduction

De plus en plus souvent, il est fait appel aux modèles de répartition des espèces spatialement explicites en vue d'identifier les facteurs environnementaux à l'origine de la répartition des espèces (Lehmann, 2002), de prévoir la réaction de celles-ci face à la modification des conditions environnementales et de dégager des priorités en matière de préservation et de gestion des stocks (Buckland, 1993 ; Peterson, 2000 ; Thomas, 2004). Étant donné que, pour les vivaneaux, la gestion est entravée par un échantillonnage inadapté, les modèles de répartition des espèces fournissent des informations permettant d'améliorer la gestion spatiale et temporelle. Dans la présente étude, nous décrivons le premier modèle prédictif de la répartition des vivaneaux adultes *E. carbunculus* et *E. coruscans* en Nouvelle-Calédonie. Notre principal objectif est d'identifier des variables environnementales indiquant de manière fiable qu'un habitat est propice aux spécimens adultes des espèces *E. carbunculus* et *E. coruscans*, mais nous entendons également formuler des prévisions sur la répartition relative de ces poissons dans l'ensemble de la zone économique exclusive (ZEE) de la Nouvelle-Calédonie. Ces éléments permettront de mettre en évidence de nouvelles zones de pêche potentielles, en sus de celles actuellement exploitées, ou de reconfirmer que tous les habitats disponibles sont bel et bien exploités.

Méthode

La Nouvelle-Calédonie se compose de la Grande Terre, des îles Loyauté (Ouvéa, Lifou et Maré) et des dépendances, comme l'île des Pins, l'archipel des Belep et les îles Chesterfield (figure 8). La superficie de la Grande Terre représente 90 pour cent du Territoire, tandis que les îles Loyauté et les dépendances composent les 10 pour cent restants. La Grande Terre est ceinturée par un récif-barrière, éloigné de la côte de quelques kilomètres à 65 kilomètres. La Nouvelle-Calédonie est dotée du plus grand lagon du monde, dont la profondeur excède rarement 40 mètres (www.isee.nc). Les îles Loyauté sont situées au nord-est de Nouméa, la capitale, et comportent trois îles principales : Ouvéa (132 km²), Lifou (1 207 km²) et Maré (642 km²). Les îles Chesterfield sont un chapelet d'îlots bordant un immense plateau d'origine corallienne qui se scinde en deux grandes zones, Chesterfield et Bellona. Les îles Chesterfield sont peu fréquentées en raison de leur situation éloignée entre l'Australie et la Grande Terre. Elles comprennent de nombreux monts sous-marins en eau profonde et semi-profonde, des plateformes récifales externes et des structures en profondeur présentant un fort relief, où l'on trouve divers vivaneaux adultes (150-450 mètres). Il est présumé que les vivaneaux sont présents sur un grand nombre de sites de la zone économique exclusive de la Nouvelle-Calédonie.

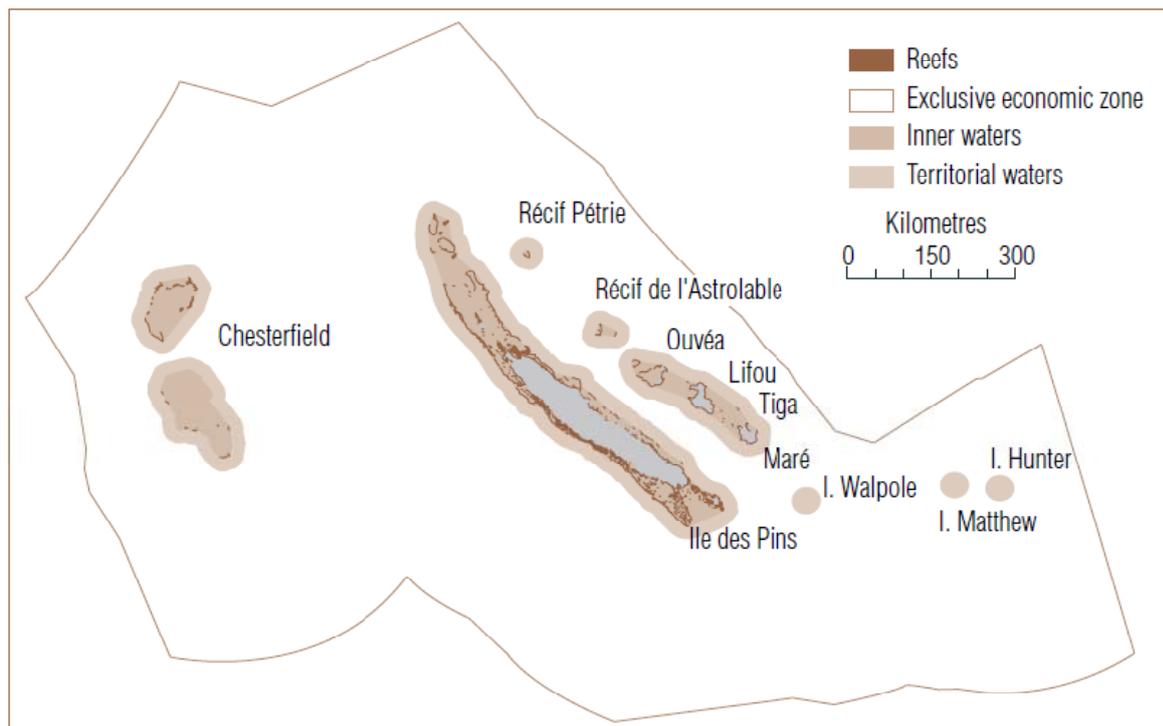


Figure 8. *The New Caledonian exclusive economic zone (EEZ). Figure courtesy of the ISEE 2006 report (www.isee.com).*

Données

La présente étude se fonde sur des données de pêche historiques émanant d'activités de pêche commerciale, exploratoire et expérimentale conduites des années 1950 à 1995 (Virly, 1997). Ces informations provenaient de diverses sources, comme le Service territorial de la marine marchande et des pêches maritimes, le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique et l'Office de la recherche scientifique et technique d'Outre-mer (ORSTOM). D'une qualité variable, ces données étaient présentées sous diverses formes, telles que des rapports scientifiques, des rapports d'étude, des données informatiques et des fiches de relevé manuscrites. Lors de l'étude réalisée par Virly en 1997, elles ont été harmonisées et numérisées, puis transmises à l'ORSTOM et à la Structure de gestion et de valorisation locale, afin d'être traitées dans le cadre du programme ZoNéCo (Zone économique de la Nouvelle-Calédonie). Les statistiques des prises indiquées dans ce jeu de données ont été classées par type d'engin, lieu (longitude et latitude notamment), profondeur de pêche, nombre de spécimens et biomasse. Faute d'informations sur la longitude et la latitude pour les données relatives aux prises, il n'a pas été possible, contrairement à ce qui était prévu, d'utiliser les données halieutiques les plus récentes pour établir les modèles. Néanmoins, les informations tirées des jeux de données halieutiques actuelles ont servi à confirmer les prévisions relatives à l'adéquation d'un habitat de manière générale.

Les vivaneaux *Etelis carbunculus* et *Etelis coruscans* ont été regroupés en raison de divergences concernant l'identification de ces espèces ; par conséquent, en vue d'harmoniser les informations, ils ont

été désignés sous la dénomination commune « vivaneaux rouges ». Nous nous sommes fondés sur les prises par unité d'effort (PUE) pour ce qui est du nombre de poissons pêchés (abondance) et de leur poids cumulé (biomasse). Au total, 108 448 spécimens relevés dans des historiques datant du début des années 1980 à 1995 ont été intégrés dans la matrice de données des PUE.

Des données bathymétriques ont été obtenues pour une profondeur comprise entre 80 et 600 mètres, grâce à un modèle numérique de terrain ou MNT (Flamand, 2008a ; Flamand, 2008b). Le gradient de la pente bathymétrique a été exprimé en pourcentage [(élévation en mètres / distance en mètres) x 100] à l'aide du logiciel CARIBES (Flamand, 2008b). Les informations relatives aux températures océanographiques dont été générées par le biais du modèle régional ROMS (*Regional Oceanic Modeling System*), mis à disposition par l'Institut de recherche pour le développement (IRD) dans le cadre du programme ZoNéCo (Flamand, 2008a ; Flamand, 2008b). Ces informations étaient précisées pour trois résolutions temporelles (saisons fraîche et chaude, et moyennes annuelles), cinq profondeurs différentes (de 200 à 400 mètres de profondeur, avec des intervalles de 50 mètres) et deux résolutions spatiales (18 km de largeur pour l'ensemble de la ZEE, et une résolution plus fine de 6 km de largeur à proximité de la Grande Terre et des îles Loyauté). Pour la période allant de 1993 à 2004, des grilles globales d'une résolution de 18 km ont été modélisées, tandis qu'une résolution plus fine de 6 km a été extrapolée pour la période 1999-2004. Les résultats obtenus par le modèle pour la saison fraîche correspondent à la moyenne des mois de juillet à septembre, tandis que ceux relatifs à la saison chaude représentent les moyennes mensuelles de janvier à mars (Vega, 2006 ; Flamand, 2008a ; Flamand, 2008b). Toutes les données ont été exportées dans ArcGIS (ESRI) et converties au format RASTER (Flamand, 2008a ; Flamand, 2008b), ce qui a permis d'obtenir 137 grilles comprenant des informations sur la latitude, la longitude, la profondeur, le pourcentage du gradient de la pente et la température pour chacune des grilles.

Enfin, nous avons réuni dans une matrice finale l'ensemble des données relatives aux prises (espèces, nombre de spécimens, poids) assorties d'informations sur l'environnement (latitude, longitude, profondeur, pourcentage du gradient de la pente et température), afin de permettre l'analyse des données et la construction de modèles.

Analyse

À l'aide de modèles linéaires généralisés établis sous R (R Development Core Team, 2005, source ouverte), nous avons mis au point un modèle de répartition des espèces spatialement explicite, visant à indiquer la présence de poissons, fondé sur une régression linéaire (figure 9). S'agissant des résultats des régressions, la colinéarité de variables indépendantes est susceptible d'augmenter la probabilité d'estimations illogiques. Afin de tenir compte de la colinéarité des variables, nous avons appliqué la corrélation de Spearman (ρ) en vue d'établir une matrice de corrélation entre les variables d'entrée. Nous avons ainsi écarté des modèles linéaires généralisés ultérieurs les variables simples des paires fortement corrélées ; par exemple, si la température moyenne en saisons fraîche et chaude était fortement corrélée, nous avons la possibilité de conserver soit celle de la saison fraîche, soit celle de la saison chaude. Nous avons testé toutes les combinaisons possibles d'effets fixes, y compris les formes moyenne, médiane et quadratique de chaque variable séparément. Une fonction de lien logarithmique et de distribution gamma des erreurs a ensuite été appliquée à chaque modèle.

Habitat characteristics

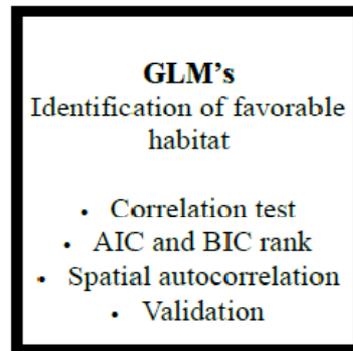
Bathymetry depth (m)

Slope gradient (%)

Temperature ($^{\circ}$ C)

Catch –Per –Unit-Effort (CPUE)

Relative abundance (CPUEN)



PREDICTIONS

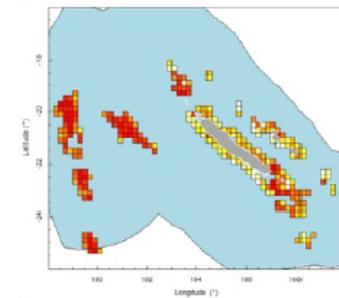


Figure 9. A schematic representation of the model constructed for prediction of favourable habitat for deepwater snappers in New Caledonia.

La comparaison des modèles a été effectuée sur la base de deux indices de parcimonie corrigés des biais (Burnham et Anderson, 2004) : le critère d'information d'Akaike fondé sur la théorie de l'information et corrigé afin de prendre en compte l'existence de petits échantillons (AIC_c) et le critère d'information bayésien (BIC). L' AIC_c est intéressant pour des modèles plus complexes (présentant une meilleure capacité de prévision) lorsque l'on observe des effets qui diminuent progressivement et des échantillons de grande taille, tandis que le BIC sert généralement à déterminer les principaux leviers des relations complexes (Link et Barker, 2006). Nous avons évalué les éléments probants de chaque modèle par rapport à l'ensemble du jeu de modèles en calculant leur importance relative ($iAIC_c$ et $iBIC$). Nous nous sommes appuyés sur le pourcentage de déviance expliquée (% DE) pour quantifier la qualité de l'ajustement de chaque modèle.

L'autocorrélation spatiale entre les sites est susceptible de réduire la fiabilité des prévisions des modèles. En effet, l'influence des effets environnementaux sur l'abondance des espèces risque d'être surestimée (Lichstein, 2002 ; Wintle, 2006 ; Mellin, 2010). L'autocorrélation spatiale des modèles établis a été testée en calculant l'indice de Moran (test I de Moran) à partir des résidus et en appliquant la correction de Bonferroni, afin de tenir compte de la surparamétrisation.

Deux modèles ont été établis en vue de déterminer, d'un point de vue spatial, la répartition des habitats présentant des conditions optimales pour le vivaneau en Nouvelle-Calédonie : 1) un modèle saturé (modèle 9) qui intègre l'ensemble des variables explicatives, et 2) un modèle uniquement bathymétrique des paramètres physiques de l'habitat qui ne tient pas compte de la variable température. Nous avons eu recours à une validation croisée de type « leave one out » afin d'estimer l'erreur de prévision. Dans cette forme de validation croisée, une seule valeur observée tirée de l'échantillon initial sert de donnée de

validation, tandis que le reste des valeurs observées font office de données d'apprentissage. Cette opération a été répétée jusqu'à ce que chacune des valeurs observées contenues dans notre échantillon ait été employée une fois comme donnée de validation. La validation croisée d'un modèle permet de vérifier la fiabilité des prévisions de celui-ci. À l'origine, ces dernières devaient se faire sur une échelle de 0,2 ° (20 km x 20 km) pour l'ensemble de la ZEE. Après validation du modèle définitif, nous avons recalibré les zones de pêche afin de restreindre la résolution à 0,05 ° (5 km x 5 km). Ce recalibrage avait pour but d'affiner le modèle et de mettre en évidence des détails sur la répartition potentielle ou l'abondance relative qui, sans cela, auraient pu échapper à notre attention.

Résultats

Les évaluations en paires d'après la méthode de Spearman (tableau 5) ont permis de déterminer qu'en saison fraîche et en saison chaude, les températures étaient fortement corrélées entre 250 et 400 mètres de profondeur ($\rho > 0,84$). Nous avons alors décidé d'utiliser la température moyenne enregistrée à 250 mètres en saison fraîche, puisque, selon les données relatives aux prises, la plupart des poissons sont attrapés vers cette profondeur. D'après les modèles linéaires généralisés appliqués, au sein de la zone économique exclusive de la Nouvelle-Calédonie, l'habitat optimal pour *Etelis carbunculus* et *Etelis coruscans* adultes est caractérisé par les paramètres suivants : une profondeur comprise entre 200 et 500 mètres, des températures avoisinant 16-17 °C et des pentes bathymétriques entre 0 et 5 degrés. Au regard des données relatives aux prises, une relation quadratique était privilégiée s'agissant de la profondeur et de la température, et une relation linéaire en revanche pour la pente (figure 10). Le modèle le plus pertinent d'après chaque séquence de variables a été utilisé pour établir un nouveau modèle définitif reprenant les paramètres de prévision d'un habitat propice à la présence de vivaneaux. Selon les analyses de classement réalisées à l'aide du BIC et de l' AIC_c (tableau 5), le modèle complet (modèle 9), dans lequel la température comme la profondeur sont représentées par une forme quadratique couplée à une relation linéaire pour la pente, présente un $iAIC_c$ à 0,2081 et une déviance expliquée à 16,15 pour cent.

$$\text{Modèle 9} = \text{cpuen} \sim (\text{température moyenne 250 m})^2 + (\text{profondeur moyenne})^2 + \text{pente moyenne}$$

Table 5. A correlation matrix for all independent predictor variables, values in red indicate strong correlation, whereas, the highlighted yellow values indicate low correlation.

	Warm 400m	Cold 400m	Warm 250m	Cold 250m	Av. Depth	Av. Slope	cpuen
Warm 400m	1.000	0.968	0.959	0.837	0.146	-0.267	0.188
Cold 400m	0.968	1.000	0.951	0.899	0.143	-0.248	0.098
Warm 250m	0.959	0.951	1.000	0.885	0.074	-0.216	0.150
Cold 250m	0.837	0.899	0.885	1.000	0.054	-0.172	0.028
Av. Depth	0.146	0.143	0.074	0.054	1.000	0.145	0.110
Av. Slope	-0.267	-0.248	-0.216	-0.172	0.145	1.000	-0.284
cpuen	0.188	0.098	0.150	0.028	0.110	-0.284	1.000

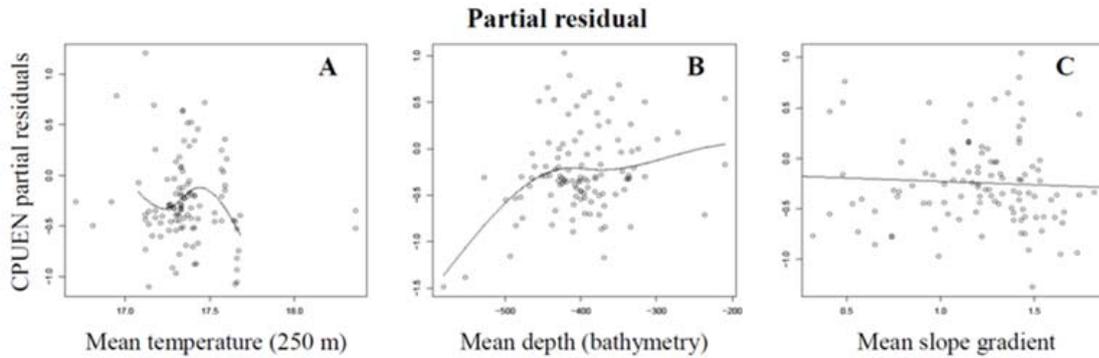


Figure 10. The partial residuals for mean temperature (A) and mean depth (B) suggest a non-linear (quadratic) relationship, and the mean slope (C) indicates a more linear relationship.

À l'échelle employée, d'après le test I de Moran relatif à l'autocorrélation spatiale, on observe une faible dépendance spatiale. Les prévisions relatives à l'ensemble de la ZEE indiquent une répartition similaire de l'habitat favorable entre le modèle uniquement bathymétrique (figure 11) et le modèle saturé. D'après les données indépendantes (Lifou), il apparaît que les prévisions réalisées à l'aide des données historiques sont représentatives de la répartition de l'habitat favorable dans les zones où des activités de pêche sont actuellement menées. Toutefois, notre validation statistique des prévisions des modèles présentait une erreur moyenne d'environ 168 pour cent.

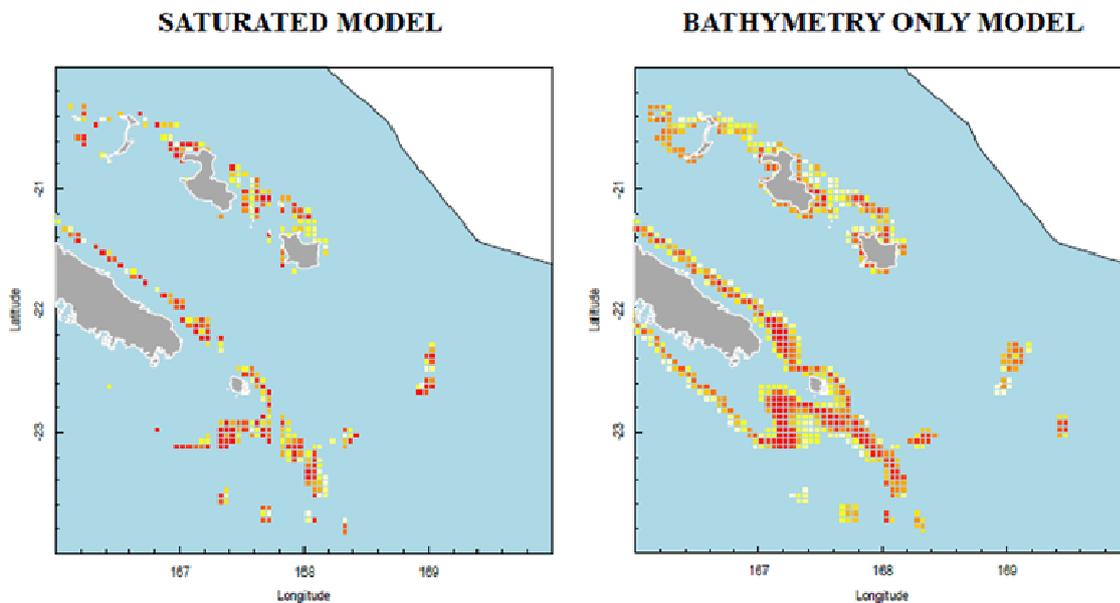


Figure 11. Comparison between the saturated model (model 9) and the bathymetry only model (model 7), zoom from the south east region of New Caledonia.

Discussion

Une fonction de lien logarithmique et de distribution gamma des erreurs a été employée à la place d'une distribution classique des erreurs de Poisson, afin de décrire du mieux possible les données en fonction du modèle linéaire généralisé (ajustement au modèle). Lors de l'établissement du classement des modèles à l'aide du BIC et de l'AIC, un pourcentage de déviance a été utilisé en vue de quantifier la qualité de l'ajustement ; nos résultats ont montré que le modèle 6 (température et profondeur, sous forme quadratique) occupait la première place de ce classement, avec un pourcentage de déviance de 15,767 pour cent. Toutefois, en nous fondant sur un pourcentage de déviance plus élevé (16,153 %), nous avons décidé d'utiliser le modèle saturé (modèle 9). Le modèle uniquement bathymétrique (modèle 7) a quant à lui été classé à la sixième place d'après la grille AIC et BIC, avec un pourcentage de déviance de 9,961 pour cent. Nous avons décidé d'établir un modèle uniquement bathymétrique en vue d'étudier l'importance des informations liées à la température dans les prévisions relatives à un habitat propice au vivaneau, à une échelle spatialement explicite en Nouvelle-Calédonie. Bien que le modèle saturé se classe avant celui uniquement bathymétrique, les prévisions réalisées concernant l'adéquation de l'habitat se rejoignent. Nous avons des raisons de croire qu'entre 200 et 500 mètres de profondeur, la température fluctue peu (1 °), sauf à proximité de la thermocline. Par conséquent, les variations de température n'ont qu'une influence très limitée sur le paramètre physique et la présence de poissons au niveau de ces habitats.

En dépit de la solidité des modèles établis, lors de notre validation croisée, les prévisions d'abondance relative présentaient une erreur moyenne de quelque 168 pour cent. Il est démontré que la technique de validation croisée de type « leave one out » adoptée dans le cadre de la présente étude est une méthode de validation standard et reconnue pour les modèles intégrant des échantillons de petite taille ou de taille intermédiaire. Néanmoins, il est également prouvé que des anomalies sont susceptibles d'être enregistrées en cas de surajustement des modèles. Nous sommes d'avis que la résolution des données historiques utilisées, bien que légèrement supérieure à celle des données de pêche récentes, était peut-être tout de même inadaptée, ce qui a pu entraîner un surajustement des modèles à des données de mauvaise qualité. Si l'on disposait de données de pêche de qualité, il serait possible de nettement améliorer les modèles élaborés. Il convient de recueillir de nouvelles informations sur des sites spécifiques, et des données précises relatives aux prises doivent être enregistrées lors de chaque relevé sur place (latitude, longitude, profondeur, identification des espèces, longueur, poids, nombre de spécimens ainsi que nombre d'heures de pêche sur ce site et pour ce type de pêche particulier). Collecter ce genre d'informations permettra de maximiser la précision et l'exactitude des prévisions relatives à l'abondance de poissons sur chaque site. Dans l'idéal, le recueil de ces données devrait se faire sur toute la durée de vie biologique estimée des espèces qui nous intéressent (à peu près 21 ans pour *Etelis spp.* en Nouvelle-Calédonie). Cependant, il serait également envisageable de rassembler des données détaillées sur une période plus courte (deux ans par exemple), suite à laquelle une nouvelle analyse visant à obtenir un indice d'abondance plus fiable par site pourrait être conduite.

Certes, en matière d'abondance relative, nos modèles ont débouché sur des prévisions d'une fiabilité limitée, mais ils ont prédit de manière fiable la présence et l'absence d'habitat adapté dans la zone économique exclusive de la Nouvelle-Calédonie sur une résolution de 0,05 °(5 km x 5 km). Ils ont indiqué la présence d'un habitat propice au vivaneau au niveau des récifs de la Grande Terre, des Belep, de Fairway et des Chesterfield. Les récifs qui encadrent la Grande Terre sont actuellement exploités. En revanche, pour l'heure, ceux des Belep, de Fairway et des Chesterfield ne le sont pas.

Âge et taux de croissance et de mortalité des lutjanidés d'eau profonde en Nouvelle-Calédonie : Une application des modèles de rendement par recrue

Introduction

Les taux de croissance et de mortalité sont des paramètres essentiels de nombre de modèles d'exploitation durable et, compte tenu des quelque 40 ans d'exploitation des stocks dans le Pacifique, il est surprenant que des estimations fiables de ces paramètres n'aient pas été élaborées pour les populations de ces deux espèces dans la région Océanie. En revanche, des estimations fondées sur la taille en fonction de l'âge et les paramètres de croissance ont été produites d'après des informations tirées de la lecture d'otolithes de ces deux espèces en Papouasie-Nouvelle-Guinée (Fry *et al.* 2006) et aux Îles Mariannes du Nord (Ralston and Williams 1988) ; ces deux études reposaient toutefois sur un échantillon de très petite taille (20 individus au plus). Les études publiées font état d'autres estimations basées sur des données de fréquences de longueur dont on sait qu'elles sous-estiment considérablement l'âge des espèces à grande longévité (Choat and Robertson 2002). En outre, de précédentes études sur des espèces de poissons de récifs ont mis en évidence des variations des paramètres de croissance, à de multiples échelles spatiales, ce qui laisse à penser que l'emploi de paramètres de croissance estimés pour d'autres régions, bien que pour la même espèce, risque fort d'engendrer des distorsions (Gust *et al.* 2002; Williams *et al.* 2003; Allman 2007; Williams *et al.* 2007).

Nous présentons ici les premières estimations démographiques en fonction de l'âge pour *E. carbunculus* et *E. coruscans* en Nouvelle-Calédonie, d'après des comptages des anneaux de croissance réalisés sur des coupes d'otolithes. Pour aider les gestionnaires à comprendre les réactions probables des stocks à la pêche, nous caractérisons les tendances des pêcheries en fonction des données historiques, et nous appliquons des analyses de rendement par recrue (équilibre) afin d'évaluer les taux de mortalité par pêche, et d'optimiser ainsi le rendement et le nombre de géniteurs par recrue.

Matériel et méthodes

Collecte et traitement des échantillons

Quatre-vingt-seize spécimens d'*E. carbunculus* et 79 spécimens d'*E. coruscans* obtenus auprès de pêcheurs commerciaux exploitant les eaux calédoniennes ont été échantillonnés entre décembre 2008 et juin 2009 (figure 12). Les poissons avaient été capturés au moyen de lignes verticales

électroniques/motorisées, par de petits navires (<8 m) opérant dans trois régions de Nouvelle-Calédonie (sud, est, et Îles Loyauté), à des profondeurs de 150 à 400 mètres.

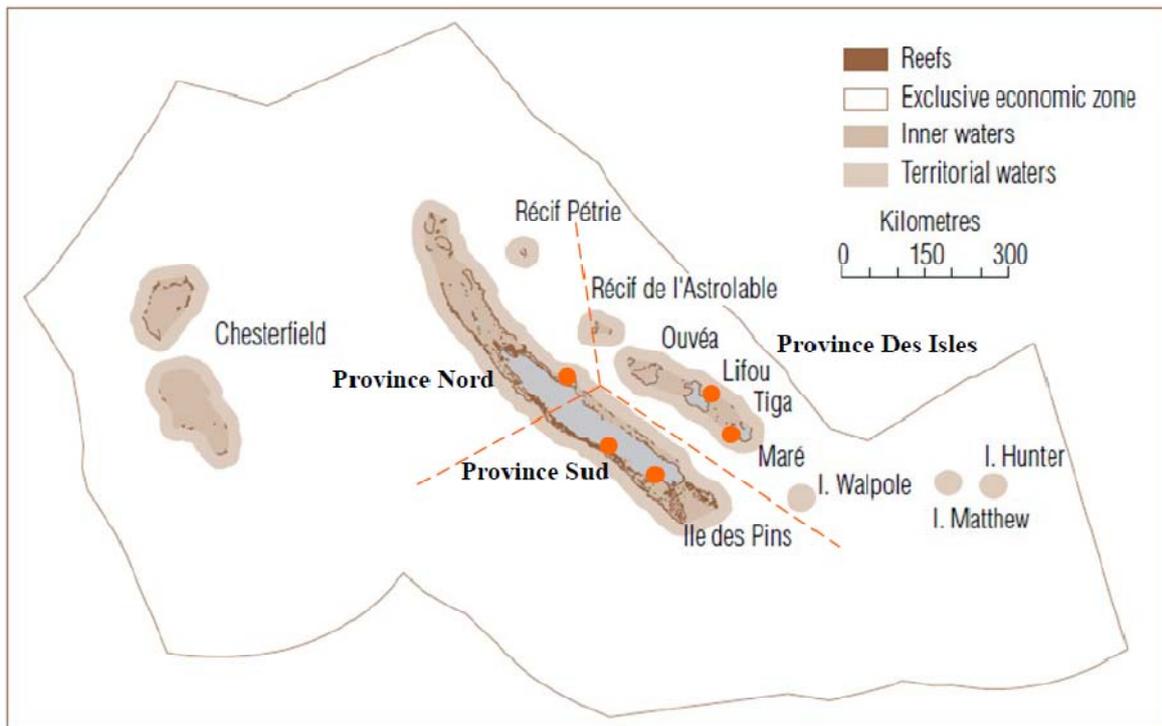


Figure 12. The orange spots illustrate where the otolith samples of *Etelis carbunculus* and *Etelis coruscans* were collected, the dotted line indicate the separations of the three provinces. Figure was adapted from the ISEE 2006 report (www.isee.com).

Sur tous les individus, la longueur à la fourche (FL) a été mesurée au millimètre le plus proche, tandis que le poids humide total (W) a été mesuré au gramme le plus proche pour établir un sous-échantillon aléatoire d'*E. carbunculus* ($n = 69$) et d'*E. coruscans* ($n = 31$). L'âge de chaque individu a été estimé au moyen de comptages des anneaux de croissance sur des coupes d'otolithes sagittaux, en prenant pour hypothèse un cycle annuel de formation des anneaux opaques. Cette hypothèse a été validée pour de nombreux autres lutjanidés (Newman and Dunk 2003; Choat *et al.* 2009). Les otolithes sagittaux sont ôtés, débarrassés de toute matière résiduelle, et entreposés au sec. Leur coupe et leur lecture ont été réalisées selon des méthodes analogues à celles appliquées aux autres espèces de lutjanidés (voir par exemple Heupel *et al.* 2010). En résumé, les otolithes sont fixés dans de la résine époxy, et une coupe transversale est pratiquée dans le primordium au moyen d'une scie basse vitesse à lame diamantée, pour

obtenir une fine section de 300-400 μm . Les sections sont ensuite collées sur des lames de verre avec de la colle Crystal Bond™. La lecture des otolithes s'effectue en lumière réfléchie, au grossissement 40, les anneaux opaques étant comptés du noyau jusqu'au bord, le long de la marge ventrale du *sulcus acousticus*. La lecture des otolithes a été confiée à une personne expérimentée qui a procédé à deux comptages, voire davantage, de chaque otolithe, à intervalles d'au moins 24 heures. Si les deux premiers résultats ne concordaient pas, un troisième comptage était effectué pour déterminer l'âge, soit pour accorder les résultats, soit pour déterminer un âge médian.

Analyse démographique

La relation entre FL et W a été estimée au moyen de la fonction puissance suivante :

$$W = a \times FL^b$$

Soit a le coefficient, et b l'exposant. La relation longueur-poids a été jugée isométrique si les intervalles de confiance à 95 % de b incluaient 3,00, soit un changement de forme mineur ou nul dans les cas d'accroissement de la longueur. Les répartitions des fréquences d'âge et de longueur ont été calculées pour les deux espèces, ce qui a permis une comparaison qualitative des modes et des étendues.

La fonction de croissance de von Bertalanffy (VBGF) a été employée pour modéliser la croissance des deux espèces, car elle offre le meilleur ajustement avec les données de longueur en fonction de l'âge pour les deux espèces, d'après les estimations des paramètres a et b de la fonction de croissance de Schnute (1981). La VBGF a été ajustée au moyen de la méthode de régression non linéaire des moindres carrés de FL en fonction de l'âge, pour les deux espèces. La VBGF utilisée pour modéliser les données de longueur en fonction de l'âge se présente ainsi :

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

L_t étant la longueur à l'âge t (en années), L_∞ la longueur à la fourche asymptotique moyenne, k le coefficient ou taux de croissance où l'on se rapproche de L_∞ et t_0 étant l'âge où le poisson devrait avoir une longueur théorique de zéro. Une VBGF contrainte a également été ajustée aux données de longueur en fonction de l'âge en contraignant la valeur de t_0 à zéro afin de fournir une analyse de sensibilité et de remédier ainsi à l'absence de poissons jeunes et de petite taille dans les échantillons. Pour chaque espèce, une estimation de la mortalité totale (Z) a été obtenue en ajustant l'équation linéaire $\log_e(Z) = 1.44 - 0.982 \times \log_e(t_{\max})$ soit t_{\max} l'âge maximum observé (Hoenig 1983).

L'état des stocks de vivaneaux profonds de Nouvelle-Calédonie a été évalué au moyen d'analyses du rendement par recrue (Beverton and Holt 1957). La biomasse du stock reproducteur par recrue (SPR) et le rendement par recrue (YPR) ont été estimés pour une gamme de taux de mortalité par pêche (F) et d'âge à la capture (t_c). Les paramètres de croissance fondés sur le poids ont été estimés en ajustant une VBGF aux données de poids en fonction de l'âge. Lorsqu'aucune donnée de poids n'était disponible, un poids estimé d'après la relation longueur-poids a été utilisé. Fry et al. (2006) ont donné des estimations de M pour E .

carbunculus (0,09 et 0,30 yr⁻¹) et pour *E. coruscans* (0,21 et 0,60 yr⁻¹) fondées sur des régressions empiriques de Pauly (1980) et de Hoenig (1983). Nous nous sommes servis de ces deux estimations pour représenter l'étendue potentielle de M pour chaque espèce, et examiner les effets de différentes estimations de M sur le rendement potentiel et la biomasse du stock reproducteur. On a considéré que la valeur de F était constante dans toutes les classes d'âge supérieures à l'âge à la première capture (t_c), et la sensibilité de l'analyse à différentes estimations de la mortalité par pêche a été testée au moyen de simulations. L'équation utilisée pour estimer l'YPR potentiel se présente comme suit :

$$YPR = F \times W_{\infty} \exp(-M(t_c - t_r)) \sum_{n=0}^{n=3} \frac{U_n [\exp(-(nk(t_c - t_0)))] [1 - \exp(-(F + M + nk)(t_{\max} - t_c))]}{F + M + nk}$$

Soit,

F = le taux instantané de mortalité par pêche

M = le taux instantané de mortalité naturelle

W_{∞} = le poids asymptotique d'après la VBGF

K = le coefficient de croissance d'après la VBGF

t_0 = l'âge théorique auquel le poisson aurait un poids nul d'après la VBGF

t_r = l'âge au recrutement dans le stock exploitable

t_c = l'âge moyen à la première capture

t_{\max} = l'âge maximum des poissons constituant le stock

U_n = les constantes d'intégration, soit $U_0 = 1$; $U_1 = -3$; $U_2 = 3$; $U_3 = -1$

La forme de la fonction de sélectivité a été supposée en lame de couteau. Le paramètre t_{\max} a été basé sur la classe d'âge la plus âgée observée dans l'échantillon pour *E. carbunculus* et *E. coruscans*.

L'équation utilisée pour estimer le SPR se présente ainsi:

$$SBR = \sum_{t_m}^{t_{\max}} (M_t \cdot W_t \cdot e^{-\sum_{t_r}^{t-1} (F+M)})$$

Soit,

W_t = le poids moyen en fonction de l'âge d'après la VBGF à l'âge t ,

M_t = la proportion mature à l'âge t qui correspond à la fraction de poissons à maturité et à la sélectivité de l'engin à l'âge t ,

t_m = l'âge à première maturité

La forme de la fonction de maturité a été supposée en lame de couteau. Le paramètre t_m a été fixé à 3 ans pour *E. carbunculus* et 4,5 ans pour *E. coruscans* d'après les estimations de la maturité de Martinez-Andrade (2003).

Les données historiques sur la pêche ont été extraites des études publiées ainsi que de celles détenues par les autorités provinciales de la Nouvelle-Calédonie et le Secrétariat de la Communauté du Pacifique.

Résultats

La relation entre FL et W est isométrique pour *E. carbunculus* et pour *E. coruscans* (tableau 6), ce qui indique une relation constante entre la taille individuelle et le poids relatif (figure 13). Les gammes de longueur et d'âge sont similaires pour les deux espèces (figure 14). Les longueurs individuelles se situent entre 250mm et 1010mm FL pour *E. carbunculus*, et entre 300mm et 900mm FL pour *E. coruscans*. Les âges individuels vont de 3 ans à 21 ans pour *E. carbunculus*, et de 2 ans à 18 ans pour *E. coruscans*. La répartition des longueurs pour *E. coruscans* présente un mode unique de 500mm FL , tandis que celle d'*E. carbunculus* est multimodale. La répartition par âge pour *E. carbunculus* est positivement asymétrique, avec un mode unique à 5 ans, tandis que celle d'*E. coruscans*, moins asymétrique, présente un mode unique à 4 ans (figure 14).

La relation de la taille en fonction de l'âge et les VBGF ajustées étaient différentes pour les deux espèces, comme l'illustre la figure 4. L'estimation de L_∞ était nettement plus forte, et la valeur estimée de k notablement plus faible chez *E. coruscans* que chez *E. carbunculus* pour la valeur ajustée sans contrainte de la VBGF (Tableau 6). En revanche, l'erreur contenue dans L_∞ était plus importante pour *E. coruscans* que pour *E. carbunculus*, d'où une plus grande incertitude pour la première de ces espèces. La contrainte imposée à t_0 n'avait guère d'impact sur l'ajustement de la VBGF aux données de taille en fonction de l'âge pour *E. carbunculus*, mais avait pour effet de réduire L_∞ ($88,6 \pm 3,8$; sans contrainte : $99,4 \pm 8,6$), et d'augmenter la valeur de k ($0,20 \pm 0,02$; sans contrainte : $0,25 \pm 0,01$) pour *E. coruscans* (figure 15, tableau 6).

Une comparaison semi-quantitative de la croissance, fondée sur les paramètres de croissance des ajustements contraints de la VBGF, montre que la croissance précoce a été plus rapide chez *E. carbunculus* que chez *E. coruscans*. *E. carbunculus* atteint 50 % de la longueur asymptotique à un plus jeune âge (2,9 ans), avec un pourcentage de longévité potentielle plus faible (14 %) qu'*E. coruscans* (4,1 ans, 23%). L'estimation de Z obtenue par ajustement de l'équation de Hoenig (1983) se situait à $0,21 \text{yr}^{-1}$ pour *E. carbunculus*, sur la base d'un âge maximum de 21 ans, et à $0,25 \text{yr}^{-1}$ pour *E. coruscans* sur

la base d'un âge maximum de 18 ans (tableau 6). Dans notre échantillon, on constate toutefois pour *E. coruscans* une différence de 6 ans entre l'individu le plus âgé et le suivant (12 ans).

Les effets de la pression de pêche sur le rendement potentiel et sur la biomasse des stocks reproducteurs d'*E. coruscans* et d'*E. carbunculus* de Nouvelle-Calédonie démontrent que la valeur de la mortalité naturelle a une forte influence sur l'YPR ainsi que sur le SPR (figure 16). Pour l'estimation basse de M chez *E. carbunculus*, l'YPR et le SPR ont été maximisés quand les poissons étaient capturés entre 4 et 6 ans (40-70cm) et quand $F < 0,2$. Lorsque M était de 0,3, la capture de poissons âgés de 2 à 4 ans (30-50cm) avec une valeur $F < 0,4$, avait pour effet de maximiser à la fois l'YPR et le SPR. Pour l'estimation basse de M chez *E. coruscans*, les analyses laissent à penser que l'YPR comme le SPR sont maximisés lorsque les poissons sont capturés entre environ 4 et 6 ans d'âge (40-70cm FL), avec une valeur $F < 0,2$. Quand M se situe à 0,6, l'YPR et le SPR sont maximisés quand *E. coruscans* est pêché à un âge situé entre 2 et 4 ans (30-50cm FL), avec une valeur $F < 0,2$.

Table 6. Demographic parameter estimates (mean \pm standard error) for the length-weight relationship, constrained ($t_0 = 0$) and unconstrained Von Bertalanffy Growth Function (VBGF) and rates of total mortality (Z) and natural mortality (M) for *Etelis carbunculus* and *Etelis coruscans* from New Caledonian waters. Values a and b are parameters of the relationship ($W = a \times FL^b$) between fork length (FL) and weight (W). L_∞ is the mean asymptotic fork length, k is the growth coefficient, and t_0 is the theoretical age at length zero for the VBGF.

Function	Parameter	<i>E. carbunculus</i>	<i>E. coruscans</i>
Length-weight relationship	$a (\times 10^{-5})$	2.77 (3.64)	3.18 (1.36)
	B	2.93 (0.19)	2.87 (0.06)
VBGF – unconstrained	L_∞ (mm)	896 (18)	994 (86)
	k (yr ⁻¹)	0.28 (0.04)	0.13 (0.03)
	t_0 (yr)	0.51 (0.47)	-0.93 (0.50)
VBGF – constrained ($t_0 = 0$)	L_∞ (mm)	907 (16)	886 (38)
	k (yr ⁻¹)	0.25 (0.01)	0.20 (0.02)
	age at 50% L_∞ (yr)	3	4
	% longevity at 50% L_∞	14	22, 33 ¹
Total mortality	Z (yr ⁻¹)	0.21	0.25, 0.37 ¹
Natural mortality	M	0.56*	0.43*

¹Estimates based on age of the second oldest *E. coruscans* sampled (12 years)

* Calculated using Ralston's (1987) empirical relationship with k using the constrained ($t_0 = 0$)

<i>Etelis carbunculus</i>	<i>Etelis coruscans</i>
$Y = 2E-05x^{2.9887}$	$Y = 4E-05x^{2.8568}$
$R^2 = 0.9495$	$R^2 = 0.9897$

Figure 13. *Weight-at-length relationships and fitted power curves for Etelis carbunculus and Etelis coruscans.*

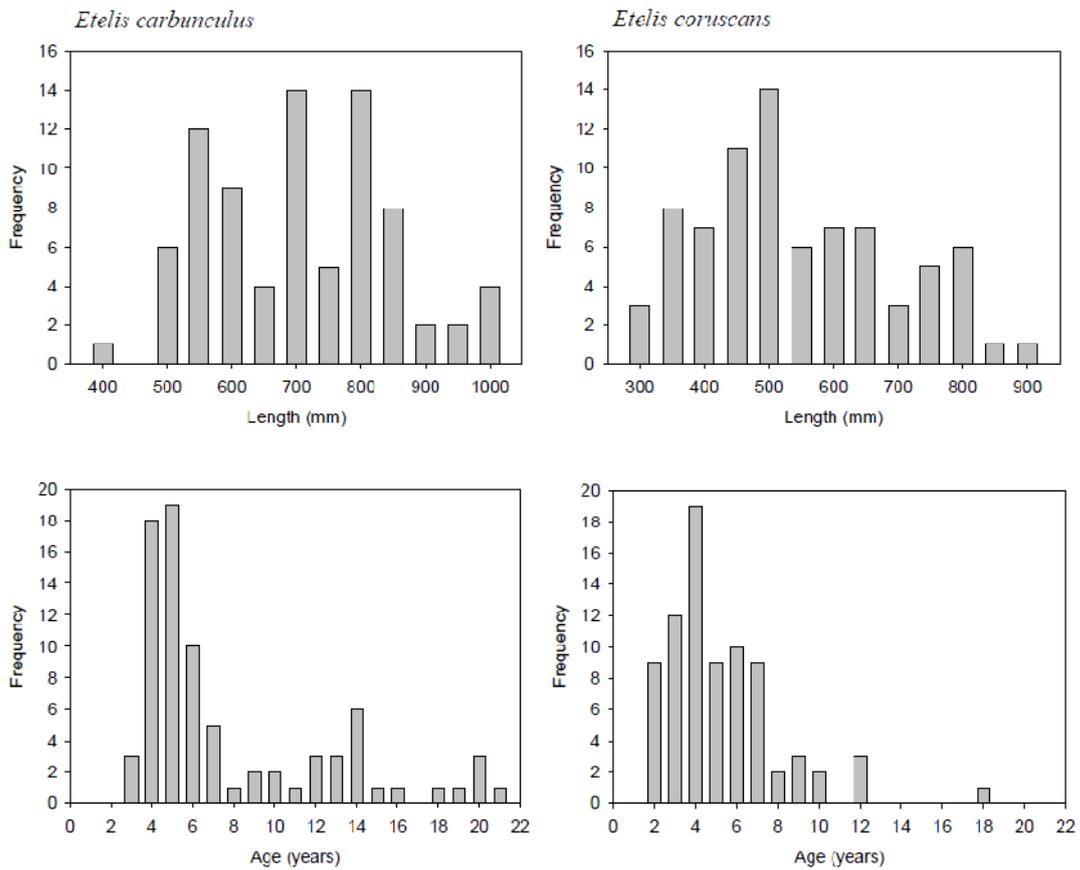


Figure 14. *Length and age frequency distributions for Etelis carbunculus and Etelis coruscans.*

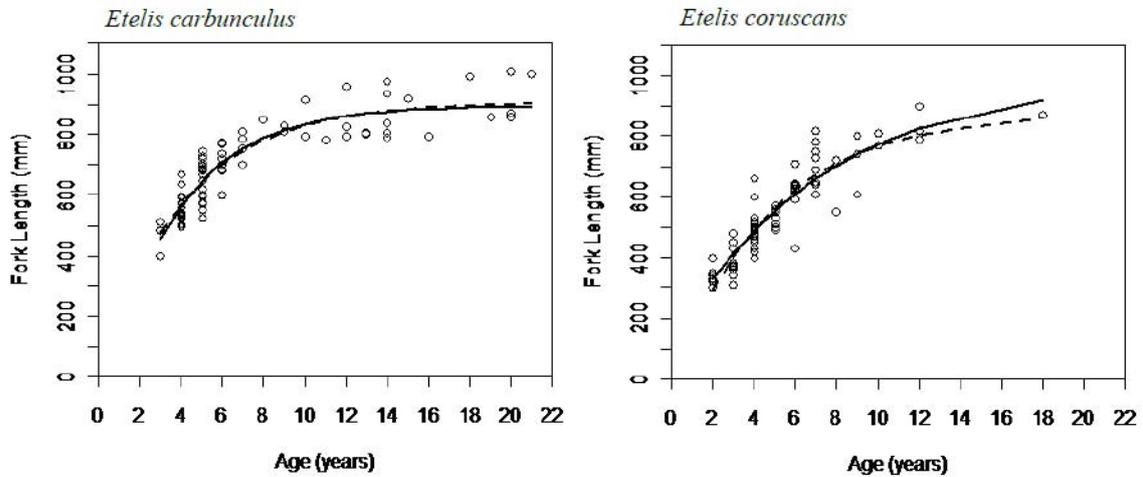


Figure 15. Length-at-age relationships and fitted von Bertalanffy growth functions for *Etelis carbunculus* and *Etelis coruscans*.

Discussion

La gestion des vivaneaux profonds dans le Pacifique a été entravée par une pénurie d'informations démographiques. Notre étude fournit certaines des premières estimations des paramètres démographiques en fonction de l'âge pour les vivaneaux d'eau profonde de la région. Elle offre aussi une base qui contribuera aux évaluations formelles des effets de la pêche et à l'évaluation des avantages à attendre de mesures nouvelles de gestion et de préservation de ces espèces en Océanie. Nos estimations de l'âge maximum pour *E. carbunculus* et *E. coruscans* sont différentes de celles signalées pour d'autres régions du Pacifique. Les comparaisons avec des études réalisées ailleurs s'avèrent difficiles compte tenu des différentes méthodes employées pour estimer l'âge, ainsi que de la très petite taille des échantillons utilisés dans les autres travaux. Notre étude a permis d'estimer l'âge de 96 spécimens d'*E. carbunculus* et de 79 spécimens d'*E. coruscans*, ce qui augmente sensiblement la taille de l'échantillon d'individus examinés pour ces deux espèces dans le Pacifique occidental. Les estimations de l'âge chez *E. carbunculus* et *E. coruscans* reposaient sur la lecture de seulement 4 et 11 otolithes aux Îles Mariannes du Nord (Ralston and Williams 1988) et sur 20 et 6 otolithes en Papouasie-Nouvelle-Guinée (Fry et al. 2006). L'âge maximum mis en évidence par le comptage d'otolithes sur les prélèvements effectués en Nouvelle-Calédonie est de 21 ans, pour une longueur à la fourche qui s'établit à 1000 mm, et de 18 ans, avec une longueur à la fourche de 870 mm, pour ces deux espèces respectivement, ce qui est comparable aux valeurs estimées dans l'archipel de l'Île de Lihir (Papouasie-Nouvelle-Guinée), où les âges estimés se situaient à 22 ans et 20 ans, avec des longueurs types de 760 mm et de 770 mm (SL) respectivement (Fry et al. 2006).

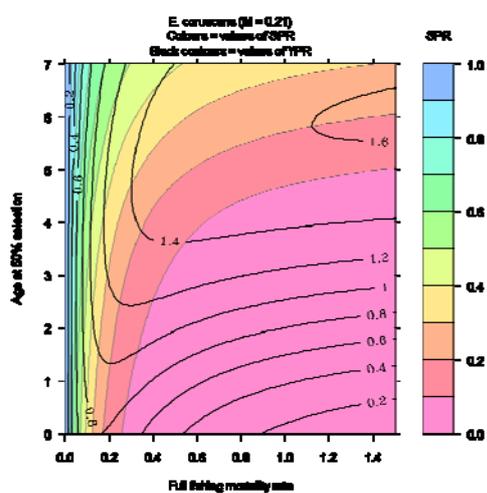


Figure 16a

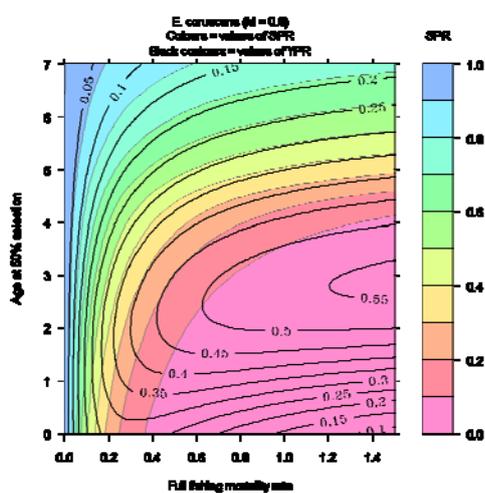


Figure 16b

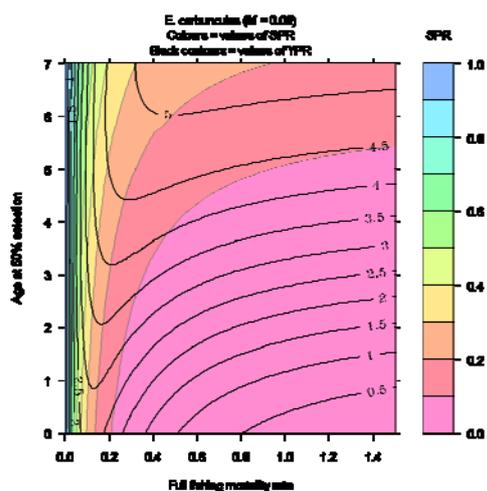


Figure 16c

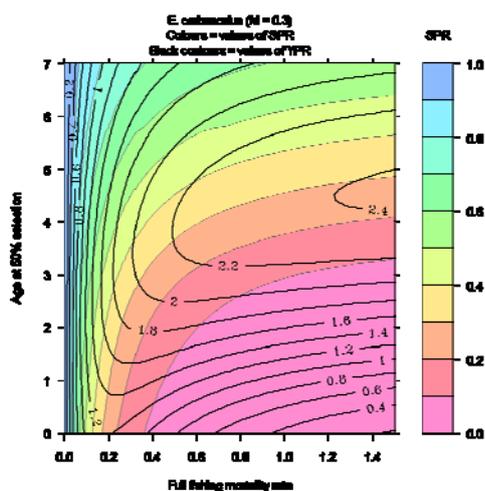


Figure 16d

Figures 16a-d. Spawning biomass per-recruit (SPR) and yield-per-recruit (YPR) for *E. coruscans* and *E. carbunculus* from New Caledonia.

L'intégration de ces estimations dans les analyses de rendement et de reproducteurs par recrue a démontré la sensibilité de ces modèles à la variation des taux de mortalité. Cela confirme bien qu'il faut introduire des protocoles normalisés de suivi des pêcheries afin d'estimer plus finement les paramètres démographiques entrant dans l'évaluation de la pérennité des stocks actuels. Faute d'estimations fiables

des mortalités par pêche, les gestionnaires des pêches devront appliquer le principe de précaution à la gestion de ces espèces.

Les gestionnaires des pêches du Pacifique ont lancé des appels en vue de la réalisation d'évaluations des stocks et des stratégies de gestion des populations de vivaneaux profonds de la région (McCoy 2010). De telles évaluations ont été conduites dans plusieurs pays (Tonga, Papouasie-Nouvelle-Guinée et Hawaii) qui avaient réuni suffisamment de données sur la pêche. Hawaii est toutefois le seul endroit du Pacifique où des évaluations des stocks ont été régulièrement entreprises. En l'absence de données de surveillance de la pêche, les évaluations sont réduites à des modèles d'équilibre simplistes, tels que les modèles de rendement par recrue. Pour autant, les analyses du rendement par recrue ont permis, pour la première fois, de fournir des estimations de la dynamique des populations de vivaneaux profonds aux gestionnaires des pêches de Nouvelle-Calédonie, ce qui pourra les aider à prendre des décisions de gestion. De fait, ces analyses ont montré qu'une mortalité par pêche inférieure à $0,2\text{yr}^{-1}$ permet de satisfaire les objectifs d'optimisation de l'YPR, tout en maintenant le SPR au-dessus de 40 % des niveaux non exploités. Nos analyses prennent pour hypothèse que la mortalité naturelle est probablement de l'ordre de $0,09$ à $0,30\text{yr}^{-1}$ pour *E. carbunculus* et de $0,21$ à $0,60\text{yr}^{-1}$ pour *E. coruscans*, ce qui est conforme aux valeurs rapportées dans la littérature d'après les analyses des courbes de capture (Fry et al. 2006) et les équations empiriques (Fry et al. 2006; Martinez-Andrade 2003). Pour les gestionnaires des pêches de Nouvelle-Calédonie, la difficulté sera de mettre en place des procédures de surveillance qui permettront d'estimer la mortalité par pêche actuelle. Des séries chronologiques normalisées de données de capture, d'effort et de longueur permettraient d'estimer la mortalité par pêche et, plus important encore, d'élaborer des modèles d'évaluation plus robustes tels que les modèles de production excédentaire (qui sont, par exemple, utilisés pour la pêche des poissons de fond à Hawaii) et les modèles structurés par âge (Haddon 2001). Notons que les plus jeunes et les plus vieux poissons sont probablement sous-représentés dans la répartition des données de taille en fonction de l'âge recueillies pour *E. carbunculus* et pour *E. coruscans* dans cette étude, ce qui peut être attribué à la sélectivité de l'engin. La sélectivité des ventes (qui consiste notamment à vendre certaines classes de taille à des établissements hôteliers, avant de s'adresser aux autres grossistes) est une pratique fréquente en Nouvelle-Calédonie, et elle pourrait aussi avoir un effet de distorsion sur les données de fréquence de longueur obtenues sur les marchés. Toute stratégie de surveillance mise en œuvre par les autorités de Nouvelle-Calédonie devra tenir compte de ces biais.

Structure démographique des vivaneaux profonds

Etelis carbunculus et *E. coruscans* faisant l'objet

d'une pêche commerciale en Nouvelle-Calédonie

Introduction

Il est essentiel de mesurer la connectivité des populations pour comprendre leur dynamique, la structure des communautés, leur diversité génétique et la capacité d'adaptation des populations de poissons face à la pêche (Hastings 1994; Botsford 2001; Cowen 2007). On pensait à une époque que les populations de poissons adultes présentant une répartition spatiale discrète maintenaient un certain degré de connectivité du fait de leur dispersion. La plupart des espèces de poissons associées aux zones récifales présentent une phase larvaire pélagique, quelle qu'en soit l'origine, et sont donc capables (ou contraints) de se disperser sur de grandes distances en exploitant les courants marins. Après éclosion, les larves de lutjanidés (vivaneaux) sont souvent pélagiques pendant une quarantaine de jours, selon l'espèce, ou lorsqu'elles trouvent un habitat adéquat pour s'y fixer (Stobutzk 1997; Ovenden 2004).

De récentes informations laissent toutefois penser que la structure génétique et la connectivité des sous-populations peuvent varier en fonction de l'espèce, quels que soient la durée du stade larvaire et le potentiel de dispersion. Ainsi, Ovenden et al. (2004) ont avancé que le vivaneau poulet, *Pristipomoides multidens*, présente une structure démographique distincte dans certaines zones d'Indonésie centrale et orientale (Triangle des Indes orientales), en dépit de la proximité de sous-populations (191 et 491km). A contrario, une autre étude a constaté que six populations de vivaneaux à nageoires roses, *Pristipomoides filamentosus*, présentaient des fréquences d'alloenzymes analogues dans l'ensemble de l'archipel hawaïen, ce qui porte à croire qu'il s'agit d'une pêcherie unique (Shaklee 1984).

Dans cette étude, nous estimons la connectivité des populations d'après le séquençage d'ADN mitochondrial d'*E. carbunculus* et d'*E. coruscans* en Nouvelle-Calédonie. Il s'agit de la première étude du genre dans ce pays, et elle permettra de déterminer si trois régions de Nouvelle-Calédonie partagent un stock commun au plan génétique.

Méthodes

Les échantillons ont été prélevés en appliquant des techniques d'asepsie simples, soit *in situ*, soit en laboratoire humide ; la technique utilisée était la moins destructrice pour les spécimens, afin de ne pas entamer la valeur de revente des poissons. Tous les échantillons ont été conservés dans du diméthylsulfoxyde. Nous avons extrait de l'ADN mitochondrial de 180 échantillons de tissu (coupe de

nageoires et muscles), et avons procédé à leur séquençage pour les six populations potentielles de ces deux espèces (*E. carbunculus* et *E. coruscans*) provenant de trois régions de Nouvelle-Calédonie : Province Nord (côte nord-est), Province Sud (côte sud-ouest) et îles Loyauté (région la plus à l'est) où ces vivaneaux profonds avaient été pêchés (figure 17). Nous avons séquencé les régions témoins de 30 individus par population afin de produire des arbres phylogénétiques d'haplotypes permettant de déterminer la structure des populations et d'estimer les flux génétiques entre les populations.

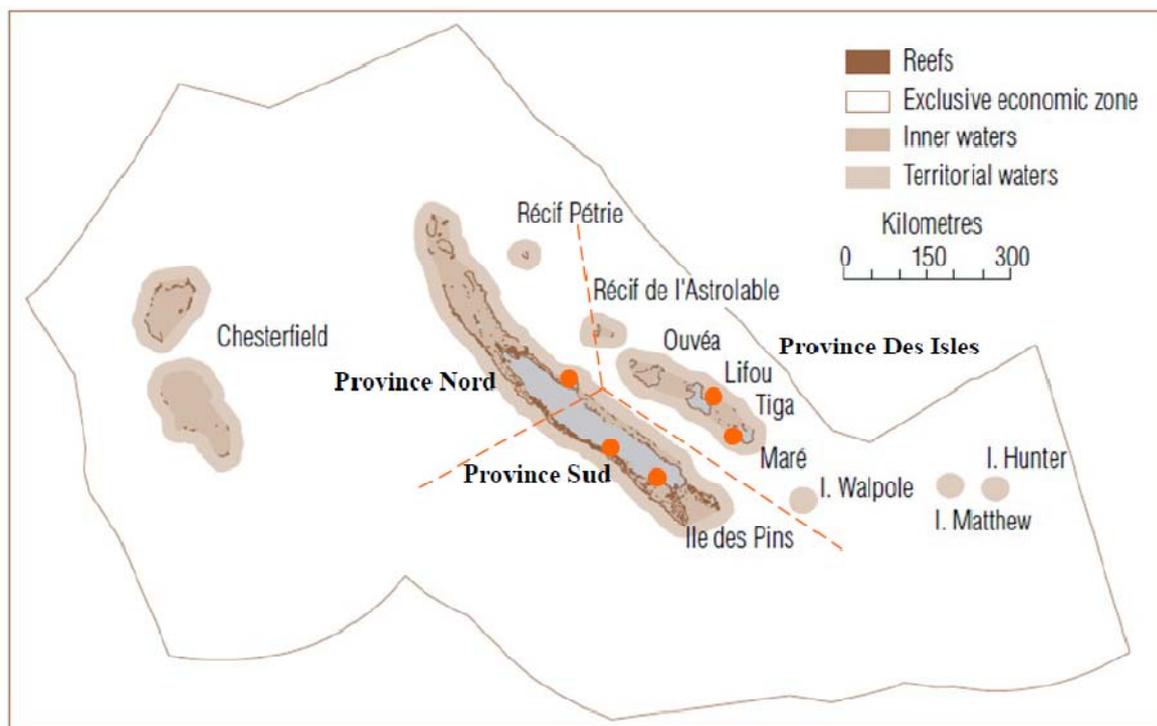


Figure 17. Illustration identifying where the genetic samples of *Etelis carbunculus* and *Etelis coruscans* were collected, the dotted line indicate the separations of the three provinces. Figure was adapted from the ISEE 2006 report (www.isee.com).

Nous avons extrait de l'ADN d'un morceau de tissu de 5 mm² prélevé à l'extrémité de chaque échantillon de nageoire. Tous les échantillons ont été conservés dans une étuve à 56 °C pendant la nuit, dans 420 µl de Tissue Digest (DXT) et 4,2 µl de DX Digest enzyme, et l'ADN a été extrait, conformément au protocole normalisé, à l'aide de la plateforme X-tractor Gene de Corbett d'extraction automatisée sur tissus et frottis, en suivant les instructions du fabricant. L'ADN a été élué dans un tampon d'élué de 50 µL. L'extrémité 5' de la région témoin (ou boucle D) a été amplifiée par réaction en chaîne de la polymérase (PCR) à l'aide des amorces Pro889U20 (CCW CTA ACT CCC AAA GCT AG) et Tdkd1291L21 (CCT GAA ATA GGA ACC AAA TGC) (Ovenden 2002; Ovenden 2004). Les amplifications par PCR ont été réalisées sur un thermocycleur GeneAmp 9700 (Applied Biosystems) dans des réactions de 25 µl contenant 1 µl d'extrait d'ADN, 2,5 µl de tampon ADN Polymérase Taq FastStart

avec MgCl₂, 2,5 µl de dNTP (2mM), 1 µl de chaque amorce (10 pm/µl), 1 µl de BSA (10 mg/ml) et 1,5 U de FastStart Taq DNA Polymerase (Roche Diagnostics). Les cycles se présentaient comme suit : 95°C pendant 4 minutes; 35 cycles de 94 °C pendant 15 secondes, 50 °C pendant 30 secondes, 72 °C pendant 30 secondes, suivie d'une étape d'extension finale à 72 °C pendant 10 minutes. Les produits amplifiés ont été visualisés sous lumière UV dans un gel d'agarose teinté au bromure d'éthidium, et séquencés dans les deux directions au moyen du kit BigDye™ Terminator Version 3.1 (Applied Biosystems), conformément au protocole défini par le fabricant. Chaque produit PCR a été séquencé dans les deux directions, et analysé à l'aide du séquenceur automatique 3130 xl d'Applied Biosystems, et du logiciel d'analyse des séquences d'ADN du même fabricant. Nous avons comparé et édité manuellement les séquences d'ADN obtenues à l'aide du programme SEQUENCHER v.4.6 (Gene Codes). Les séquences d'ADN éditées ont été alignées sous Clustal X 1.83 (Thompson JD 1997), en appliquant les paramètres par défaut (ouverture de brèche = 10, pénalité d'extension = 0,2). Les analyses d'évolution phylogénétique et moléculaire des haplotypes ont été réalisées sous *MEGA* version 4 (Tamura K 2007).

Analyse

Nous avons inféré l'histoire évolutive au moyen de la méthode du minimum d'évolution (Rzhetsky 1992). Le pourcentage d'arbres identiques dans lesquels les taxa associés se présentent en grappes dans le test bootstrap (500 répétitions) est illustré à proximité des branches (Felsenstein 1985). Les distances évolutives ont été calculées par la méthode des probabilités composées maximales (Tamura 2004), et se situent dans les unités du nombre de substitutions de base par site. L'arbre du minimum d'évolution a été recherché à l'aide de l'algorithme d'échange du plus proche voisin (Nei 2000), au niveau de recherche 1. L'algorithme d'agglomération, appelé « neighbour-joining algorithm » (Saitou 1987) a été appliqué pour produire l'arbre initial. Toutes les positions présentant des brèches et des données manquantes ont été éliminées de l'ensemble de données (option d'élimination complète). L'ensemble de données finales consistait en un total de 376 positions. Les analyses phylogénétiques ont été réalisées sous *MEGA4* (Tamura K 2007).

Résultats

Sur 180 échantillons, les séquences de la région témoin ont produit au total 101 haplotypes consistant en 380 ou 379 paires de base en longueur. La fréquence des haplotypes (tableau 7, annex 1) semble suggérer une variation génétique légèrement plus importante chez *E. carbunculus* que chez *E. coruscans* compte tenu du nombre d'haplotypes uniques. On a observé une absence de regroupement en clades d'haplotypes dans l'arbre phylogénétique de données (annex 2). L'unique arbre phylogénétique obtenu pour *E. coruscans* semble mettre en évidence trois lignées distinctes (annex 3) par comparaison à l'arbre d'*E. carbunculus*.

Table 7. Haplotype frequency table, suggest that *Etelis coruscans* from the Loyalty Islands (label number VNCO031 and VNCO039) have a higher number of sequences.

Haplotype Number	Label	No. of sequences	Haplotype Length (bp)
1	VNC026	5	380
3	VNC028	4	379
5	VNC031	35	379
6	VNC032	3	379
7	VNC033	2	379
8	VNC035	2	380
9	VNC036	4	380
10	VNC038	2	380
11	VNC039	8	379
12	VNC044	4	380
13	VNC045	4	379
17	VNC059	3	380
19	VNC062	2	379
24	VNC082	3	380
28	VNC105	2	380
29	VNC119	2	379
30	VNC120	3	379
35	VNC143	2	380
50	VNC203	2	379
54	VNC208	2	379
64	VNC226	2	379
66	VNC228	2	379
72	VNC285	2	379
80	VNC303	2	380

Discussion

Étant donné la géomorphologie et la taille de la Nouvelle-Calédonie et de ses lagons, le comportement reproducteur de la plupart des lutjanidés, et la durée potentielle de leur phase larvaire pélagique, nous nous attendions à trouver une importante connectivité génétique entre les différents sites échantillonnés à l'intérieur du lagon et alentour. *E. coruscans* semble présenter trois lignées distinctes dans son arbre phylogénétique, ce qui témoigne d'une plus grande structure dans cette espèce, et d'une moindre variation par rapport à *E. carbunculus*. Dans ce cas, la diversité génétique pourrait être due au fait que la population d'*E. carbunculus* est plus importante que celle d'*E. coruscans*.

Les résultats ne montrent pas de séparation génétique discrète entre les trois régions, ce qui porte à croire qu'elles abritent un stock constitué d'une population unique au plan génétique, constat d'importance pour la gestion des pêches. Nous ne sommes pas parvenus à déterminer si le degré de connectivité constaté entre les trois régions tient à la dispersion des larves ou à la migration des adultes. Nous sommes d'avis que la dispersion des larves est très probablement le facteur principal à l'origine de la connectivité démographique, car il est généralement admis que les individus adultes de ces espèces séjournent en eau profonde, et ne présentent guère de déplacements horizontaux.

Il serait utile à l'avenir que les études reposent sur la collecte d'échantillons dans des zones situées plus à l'ouest de la Nouvelle-Calédonie, telles que les récifs de Chesterfield et Fairway, et sur l'analyse de leur structure génétique afin de déterminer dans quelle mesure ces populations isolées par la plaine abyssale sont encore rattachées à celles que nous avons échantillonnées à proximité du grand lagon. À notre avis, toute décision de gestion concernant ces espèces devrait considérer qu'il s'agit d'un stock unique jusqu'à ce que l'on en sache assez sur les premières phases du cycle biologique, la dispersion et la répartition des larves pour être en mesure de valider nos travaux de recherche.

Atelier sur le suivi des ressources démersales profondes : comment gérer le déficit d'information sur les ressources pêchées à la ligne dans le Pacifique

Contexte

La pêche à la ligne visant les espèces démersales profondes est pratiquée dans la totalité des bassins océaniques et se concentre généralement sur les monts sous-marins, les pentes récifales et les récifs profonds. Dans les régions tropicales et subtropicales, cette activité de pêche est essentiellement vivrière, artisanale et pratiquée à petite échelle, les vivaneaux (lutjanidés) arrivant en tête des espèces capturées, suivis des mérours (éphinéphélidés) et des empereurs (lethrinidés). Si les niveaux d'exploitation sont assez faibles par rapport à ceux des pêcheries industrielles, la plupart des espèces de fond sont vulnérables aux effets de la pêche (Cheung et al. 2007), car nombre d'entre elles ont une durée de vie longue, une croissance lente et une maturation tardive (Fry et al. 2006 ; McClanahan and Hicks 2011 ; Kalish et al. in press). Pour les gestionnaires des pêches de la région océanienne, l'évaluation de l'état des stocks de poissons profonds constitue désormais un objectif prioritaire, mais, en raison de la complexité des paramètres spatiaux et sociaux intervenant dans les pêcheries concernées, il est difficile d'obtenir des données élémentaires sur le niveau de prises et d'effort, pourtant indispensables pour une gestion durable des stocks.

En Océanie, les poissons de fond sont pêchés à des fins d'autoconsommation depuis des générations (Dalzell and Preston 1992). De petites pêcheries commerciales ciblant les espèces profondes ont commencé à se développer dans les années 70 dans le Pacifique Sud, essentiellement pour alléger la pression exercée sur les populations de poissons de récif résidant dans les zones côtières de faible profondeur (Dalzell and Preston 1992) et créer de nouveaux débouchés à l'exportation. Petit à petit, on a vu apparaître des flottilles de pêche bien établies aux Tonga, aux Fidji, en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Guam, à Vanuatu, en Papouasie-Nouvelle-Guinée, aux Samoa américaines et au Samoa (Dalzell and Adams 1994). Toutefois, au début des années 90, seules les flottilles des Tonga et, dans une moindre mesure, des Samoa américaines, du Samoa et des Fidji, affichaient encore un niveau d'effort soutenu. Plus récemment, des projets de développement de ce type de pêche ont vu le jour en Papouasie-Nouvelle-Guinée et aux Îles Salomon, mais ils ont été abandonnés. Dans certains États et Territoires océaniques, l'octroi de licences à de grands navires commerciaux nourrit la demande en faveur de données plus complètes, nécessaires à l'évaluation des stocks et à la prise de décision en matière de gestion.

Des évaluations formelles des stocks de poissons profonds ont été effectuées aux Tonga à la fin des années 80 et au début des années 90, et ont lieu périodiquement à Hawaii et dans les Territoires associés aux États-Unis. Toutefois, faute de données suffisantes, ce type d'évaluation est pour l'heure impossible dans d'autres régions. Dalzell et Preston (1992) ont procédé à une évaluation détaillée des stocks démersaux profonds de la région océanienne et mis au point une règle empirique qui permet de calculer, de manière approximative, leur taux de rendement durable. Il convient de noter tout particulièrement leurs estimations de la production maximale équilibrée, tirées d'expériences d'épuisement et exprimées en biomasse pour une longueur donnée de l'isobathe de 200 mètres. Depuis

ces travaux, un fléchissement apparent de plusieurs stocks profonds a été constaté. Il est probable que ces ressources n'ont jamais été surpêchées au sens technique du terme dans les pays océaniques, mais la baisse des taux de prise, passés du niveau vierge de toute exploitation à un niveau soutenable, a poussé de nombreux exploitants à se diriger vers d'autres activités halieutiques. Cette reconversion s'explique aussi probablement par d'autres questions liées à la commercialisation et au transport.

En juillet 2011, la région océanique a accueilli un atelier international qui visait à faire le point sur les informations relatives aux pêcheries démersales de fond et à examiner les possibilités d'évaluation de l'état des stocks. L'atelier a rassemblé des halieutes et des gestionnaires spécialisés dans les pêcheries démersales profondes.

Atelier

Au programme de l'atelier figuraient vingt exposés, dont une conférence inaugurale, 13 exposés sur la situation actuelle et les objectifs des pêcheries ciblant les ressources des grands fonds dans les États et Territoires insulaires océaniques, deux exposés sur les données requises pour l'évaluation des stocks et les méthodes de normalisation, de conservation et de gestion des données sur la pêche, un exposé sur la biologie des poissons profonds ciblés, et trois exposés sur les stratégies d'évaluation et de gestion des stocks « avec données » et « sans données ».

La conférence inaugurale a permis de présenter brièvement l'ensemble des sujets et de mettre les participants au défi d'élaborer des outils devant aider à la gestion des ressources, tant dans un contexte où la densité de données disponibles est élevée que dans le cas où elle est faible. L'accent a été mis sur les dimensions pratiques de la collecte et de la gestion des données relatives à la pêche artisanale et vivrière, le constat étant que le coût de la collecte des données exigées pour l'utilisation d'un bon nombre de modèles classiques d'évaluation des ressources est supérieur à la valeur commerciale réelle de la pêcherie qui les cible. Toute solution pratique qui sera mise au point pour résoudre ce paradoxe pourra être appliquée à l'échelon mondial.

La séance consacrée à la situation actuelle et aux objectifs des pêcheries ciblant les ressources des grands fonds dans le Pacifique a permis de faire la synthèse des données historiques disponibles, des objectifs et des activités de gestion. Quatre pays océaniques, dont trois Territoires affiliés aux États-Unis, se sont dotés d'un plan de gestion des stocks démersaux qui prévoit la collecte obligatoire de données sur les poissons démersaux profonds. Trois autres pays océaniques disposent d'un plan de gestion de la pêche côtière, qui couvre de façon plus générale les poissons profonds. Les représentants de dix pays ont signalé qu'aucun dispositif de gestion spécifique ou général ne s'appliquait aux poissons démersaux sur leur territoire. Il a été noté que la situation n'avait guère évolué depuis le dernier point présenté en 2004 (Adams and Chapman 2004), hormis la finalisation par les Tonga de leur plan de gestion des ressources en vivaneaux et mérours et l'élaboration, dans au moins deux provinces de Papouasie-Nouvelle-Guinée, de projets de plans de gestion. Six pays océaniques possèdent un système de collecte régulière de données qui cible ou englobe les données relatives aux captures de poissons démersaux profonds, aux prises débarquées et/ou à l'effort de pêche : les Tonga, le Samoa, Guam, les Îles Mariannes du Nord, les Samoa américaines, et la Polynésie française. Quatre outils sont utilisés,

ensemble ou séparément, pour le recueil des données : les journaux de pêche où sont consignées les données de prise et d'effort, l'échantillonnage au port des prises par bateau, les enquêtes sur les marchés et les déclarations d'exportation. Concernant la collecte de données, les principales conclusions intéressantes des pays de la région sont résumées comme suit : 1) les quelques pays où il est obligatoire de remplir des journaux de pêche ont promulgué des textes de loi astreignants pour garantir le respect de cette obligation ; 2) la collecte de données sur la pêche des poissons démersaux profonds est de meilleure qualité lorsqu'elle s'inscrit dans un programme plus général de suivi des pêcheries ; et 3) le recours à un navire océanographique de l'État pour recueillir des données lors de campagnes de pêche expérimentales n'est probablement pas une façon rentable de réaliser des recherches et d'obtenir régulièrement des données à des fins de gestion.

En ce qui concerne la séance consacrée aux données nécessaires pour l'évaluation des stocks et aux méthodes de normalisation, de conservation et de gestion des données sur la pêche, la discussion est partie des projets qui ont été menés récemment en Océanie pour évaluer l'état des stocks des thonidés et des ressources côtières des habitats peu profonds. Compte tenu du large éventail de méthodes de collecte actuellement employées dans le secteur de la pêche des poissons profonds, il y a beaucoup à gagner à adopter une méthode de collecte uniformisée dans l'ensemble du Pacifique. Cela permettrait notamment de : 1) faciliter la mise au point et l'entretien d'un système commun de bases de données à installer dans chaque pays océanien, ce qui limiterait les coûts de développement et de maintenance ; 2) assurer une certaine cohérence au niveau des catégories de données recueillies et analysées et des méthodes employées ; 3) faciliter les comparaisons entre les pêcheries des différents pays océaniques ; et 4) permettre une classification et une hiérarchisation des champs de données en fonction de l'usage prévu. Un consensus s'est dégagé entre les représentants des pays océaniques au sujet de l'utilité d'une méthode normalisée de collecte des données. Aussi est-il proposé de modifier les formulaires de données actuels pour éviter de remplacer des formats auxquels les pêcheurs sont déjà habitués et mettre ainsi toutes les chances de notre côté pour qu'ils enregistrent des données précises. Autre point tout aussi important : cette approche donnerait une certaine souplesse au système, en permettant la collecte de données à de multiples niveaux, selon les capacités et les moyens d'action de chaque pays océanien, tout en préservant l'intégrité des données déclarées.

Il est crucial de disposer d'estimations des paramètres démographiques, notamment les taux de croissance et de mortalité, pour comprendre la dynamique des populations d'espèces données et prédire leur réaction lorsqu'elles sont exploitées. La dernière évaluation complète de la biologie des espèces démersales profondes évoluant dans les zones tropicales et subtropicales remonte à la fin des années 80 (Polovina and Ralson 1987). La séance de l'atelier consacrée à la biologie des espèces a permis de passer en revue les données démographiques indispensables à la gestion des ressources profondes et, partant, de révéler que de nombreuses études sont limitées par la petite taille des échantillons disponibles et le recours à des méthodes qui n'ont pas été validées, vérifiées ou encore uniformisées dans toutes les régions. D'après les données disponibles, la plupart des espèces profondes ont une durée de vie longue (> 20 ans), logiquement associée à de faibles taux de mortalité naturelle, et des taux de croissance variables, sachant que la majorité d'entre elles atteignent de grandes tailles et ont une maturation tardive. En raison de ces caractéristiques démographiques, le potentiel de production des espèces profondes est assez faible et la reconstitution des populations appauvries se fait probablement sur plusieurs décennies. En conséquence, il est nécessaire de conduire des études bien conçues sur la biologie des espèces profondes dans toutes les régions pour parvenir à comprendre tous

les aspects de la variabilité démographique des différentes espèces. Ces études doivent être menées dans chaque pays océanien, étant donné la forte probabilité que l'on trouve des unités de gestion indépendantes au sein de chaque pays ou d'un groupe de pays, le but étant de parvenir à un minimum de 400 observations pour chaque unité de gestion du stock. Cette séance a également mis en évidence la nécessité d'instaurer des protocoles normalisés de détermination de l'âge des espèces, le postulat de départ étant que les méthodes actuellement utilisées diffèrent probablement d'une organisation à l'autre.

De récentes recherches sur la génétique ont montré que l'une des espèces démersales profondes les plus ciblées, le vivaneau chien rouge (*Etelis carbunculus*), pourrait en fait regrouper deux espèces distinctes (K. Andrews, communication personnelle). Si les deux espèces sont très proches sur le plan morphologique, elles présentent de larges écarts en termes de taille maximale, ce qui donne à penser que leur cycle de vie et leur réaction à la pression de pêche diffèrent. Il est important d'obtenir des informations monospécifiques sur l'ensemble des pêcheries démersales profondes si l'on veut les gérer avec efficacité.

Pour améliorer la quantité d'informations biologiques disponibles sur les espèces démersales profondes évoluant en Océanie, il peut être utile de faire appel aux pêcheurs pour qu'ils prélèvent eux-mêmes des échantillons biologiques et recueillent des données connexes. Cette démarche est adaptée aux pêcheries pour lesquelles on dispose de peu d'informations, car ces données ne peuvent être obtenues ailleurs, faute de sources indépendantes des pêcheries (Starr 2010). S'assurer le soutien des pêcheurs pour l'échantillonnage biologique présente plusieurs avantages. Lorsqu'il est bien conçu, un programme d'auto-échantillonnage est un outil dynamique et représentatif de la pêcherie, puisqu'il intègre automatiquement les modifications de l'activité de pêche à mesure qu'elles se produisent (Starr 2010). Le coût d'un échantillon prélevé par un pêcheur est bien inférieur à celui des produits des programmes d'échantillonnage biologique classiques, notamment les programmes d'observateurs embarqués à bord de navires de pêche ou les programmes d'échantillonnage à terre. Cela dit, il est possible que le principal avantage tienne au fait que les pêcheurs, engagés personnellement dans la collecte des données, s'approprient en quelque sorte les données et les analyses connexes, ce qui leur permet de mieux comprendre et de mieux accepter les décisions de gestion adoptées sur la base des informations recueillies (Jones et al. 2007 ; Starr 2010). Un programme d'auto-échantillonnage efficace est toujours accompagné d'un dispositif de supervision étroite et de soutien en continu, qui permet de garantir une collecte suivie des données et le respect du plan d'échantillonnage retenu. De tels programmes et dispositifs d'appui ont été mis en place dans un certain nombre de pêcheries en Nouvelle-Zélande et ils contribuent aujourd'hui sensiblement aux évaluations des stocks et à la prise de décision en matière de gestion (Starr 2010).

Le déficit d'information sur les espèces profondes dans de nombreux pays océaniques exclut tout recours aux évaluations classiques des stocks, ce qui freine la prise de décision. Les procédures de gestion peuvent se substituer aux processus décisionnels en matière de gestion des pêcheries et sont particulièrement utiles lorsque l'on dispose de peu de données sur une ressource (Bentley and Stokes 2009). Les procédures de gestion énoncent les caractéristiques des mesures de gestion à mettre en place en fonction des données recueillies sur une pêcherie donnée. Elles remplacent ainsi le raisonnement tactique, appliqué au cas par cas, qui aboutit à des « règles de gestion » strictes. Étant donné que les procédures de gestion se prêtent bien à la simulation, elles présentent un avantage de

taille : il est possible d'évaluer l'efficacité de nouvelles formes de gestion au regard d'un large éventail d'objectifs de gestion en tenant compte des nombreuses incertitudes relatives aux dynamiques en jeu (exemple : Pilling et al. 2006). Des chercheurs mettent actuellement au point des procédures de ce type afin de tirer le meilleur parti des informations disponibles et d'en évaluer le potentiel pour la gestion des pêcheries pour lesquelles nous sommes pauvres en données (Bentley and Stokes 2009). Des procédures de gestion ont ainsi récemment été appliquées avec succès à la flottille de pêche démersale opérant au large de la côte ouest de l'État d'Australie occidentale, pour laquelle des seuils d'exploitation de référence ont été établis sur la base du rapport entre la mortalité due à la pêche et la mortalité naturelle.

Perspectives d'avenir et priorités

Dans le secteur de la pêche, les pays en développement sont souvent confrontés au manque de moyens financiers et d'infrastructure, de sorte qu'il leur est difficile d'appliquer les normes mondiales recommandées pour la gestion de la pêche et de recueillir des données normalisées. En Océanie, il est possible d'améliorer la gestion des stocks d'espèces démersales en adoptant une approche « à la Robin des bois » du transfert de connaissances, c'est-à-dire en utilisant les informations des pays riches en données pour mieux comprendre l'état des ressources dans les pays pauvres en données. Certaines organisations techniques bien établies dans le Pacifique, telles que le Secrétariat général de la Communauté du Pacifique et l'Agence des pêches du Forum, possèdent les compétences analytiques et de gestion nécessaires pour proposer des conseils et un soutien scientifiques. Dans la région océanienne, on peut conduire trois grandes catégories d'activités pour gérer les ressources profondes :

(1) Normalisation de la collecte des données

Les contraintes logistiques liées à la collecte des données et les besoins en information sur les pêcheries varient d'un pays océanien à l'autre. Cela dit, les participants à l'atelier se sont mis d'accord sur les principaux champs de données à employer pour recueillir des informations sur les sorties de pêche (effort) et les captures. L'uniformisation des méthodes de collecte, quelles que soient les pêcheries, permettra de comparer les informations obtenues dans les différents pays océaniques et d'établir des séries chronologiques adéquates concernant les données de prises et d'effort afin de procéder à des analyses individuelles de chaque pêcherie. Les pays gardent la possibilité de rajouter d'autres champs de données requis pour d'autres types d'évaluation.

(2) Amélioration des connaissances sur la biologie des espèces

La collecte de données représentatives sur la taille et l'âge des spécimens des différentes espèces visées par chaque pêcherie est une étape fondamentale de l'évaluation et de la gestion des stocks. Il est vivement recommandé de concevoir et de mettre en œuvre un programme d'auto-échantillonnage (voir Starr 2010 par exemple) dans le plus grand nombre possible de pêcheries en Océanie. Les informations ainsi recueillies, conjuguées à des protocoles améliorés de détermination de l'âge, permettront de mieux caractériser les pêcheries concernées et de mieux comprendre la biologie des espèces visées dans chacune des régions étudiées.

Ainsi, le prélèvement de tissus de spécimens *E. carbunculus* dans l'ensemble de la région et leur analyse génétique sont aujourd'hui une priorité si l'on veut comprendre la répartition des deux espèces hypothétiquement regroupées sous le même nom.

La mortalité naturelle est un paramètre central de toute évaluation des ressources. Dans le cas des espèces démersales profondes, l'option la plus pratique pour estimer ce paramètre consiste à prélever des otolithes dans des populations encore vierges de toute exploitation ou aussi proches que possible de cet état. Certains habitats reculés et faiblement exploités de Nouvelle-Calédonie pourraient constituer de bons candidats pour de telles expériences.

(3) Adoption de procédures de gestion

Faute de données suffisantes, il n'est pas possible dans l'immédiat de procéder à l'évaluation des stocks des espèces démersales profondes en Océanie. À court terme, nous préconisons donc aux pays océaniques d'explorer diverses procédures de gestion. Il peut être nécessaire de fixer pour toutes les pêcheries certains éléments communs (objectifs de gestion et règles de décision). L'avantage est que les données provenant de pêcheries mieux comprises par les scientifiques peuvent être utilisées pour étayer l'évaluation des règles de décision. Par exemple, on peut s'appuyer sur les données d'âge tirées de pêcheries riches en données pour évaluer diverses approches de gestion applicables à une pêcherie pauvre en données, à la condition que l'historique de leur exploitation soit similaire. En outre, cette approche « à la Robin des bois » du transfert de connaissances pourrait être employée pour définir plus avant et mettre à jour les « règles empiriques » qui caractérisent actuellement la gestion halieutique dans la région (Haight et al. 1993).

References

- Adams T, Chapman L (2004) Overview of deepwater snapper fisheries in the SPC region. Information Paper E-IP5. SPC Heads of Fisheries Meeting, 30 August–4 September, 2004. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia
- Bentley N, Stokes K (2009) Contrasting paradigms for fisheries management decision making: how well do they serve data-poor fisheries? *Marine and Coastal Fisheries*. doi:10.1577/C08-044.1
- Cheung WWL, Watson R, Morato T, Pitcher TJ, Pauly D (2007) Intrinsic vulnerability in the global fish catch. *Mar Ecol Prog Ser* 333:1–12
- Dalzell P, Preston GL (1992) Deep reef slope fishery resources of the South Pacific: a summary and analysis of the dropline fishing survey data generated by the activities of the SPC Fisheries Programme between 1974 and 1988. Inshore Fisheries Research Project, Technical Document No. 2. South Pacific Commission, Noumea, New Caledonia
- Dalzell P, Adams T (1994) The present status of coastal fisheries production in the South Pacific islands. Twenty-fifth Regional Technical Meeting on Fisheries, 14–18 March 1994, working paper 8, Noumea, New Caledonia

- Fry GC, Brewer DT, Venables WN (2006) Vulnerability of deepwater demersal fishes to commercial fishing: evidence from a study around a tropical volcanic seamount in Papua New Guinea. *Fish Res.* doi:10.1016/j.fishres.2006.08.002
- Haight WR, Kobayashi DR, Kawamoto KE (1993) Biology and Management of Deepwater Snappers of the Hawaiian Archipelago. *Mar Fish Rev* 55:20–27
- Jones A, Slade SJ, Williams AJ, Mapstone BD, Kane KJ (2007) Pitfalls and benefits of involving industry in fisheries research: A case study of the live reef fish industry in Queensland, Australia. *Ocean Coast Manage.* doi:10.1016/j.ocecoaman.2006.09.002
- Kalish JM, Andrews AH, Newman SJ, Johnston JM (in press) Bomb radiocarbon dating of three important reef-fish species using Indo-Pacific $\Delta^{14}\text{C}$ chronologies. *Mar Freshwater Res*
- McClanahan TR, Hicks CC (2011) Changes in life history and ecological characteristics of coral reef fish catch composition with increasing fishery management. *Fish Manag Ecol.* doi: 10.1111/j.1365-2400.2010.00768.x
- Pilling GM, Wakeford RC, Mees CC (2006) Comparisons of length- and age-based stock assessment methods. In: Hoggarth J (ed) *Stock assessment and fishery management – a framework guide to the FMSP fish stock assessment tools.* FAO Fish. Tech. Pap. 487
- Polovina JL, Ralston S (1987) *Tropical Snappers and Groupers: Biology and Fisheries Management.* Westview Press, Boulder, Colorado
- Starr P (2010) Fisher-collected sampling data: lessons from the New Zealand experience. *Marine and Coastal Fisheries.* doi: 10.1577/C08-030.1

Références bibliographiques

Synthèse bibliographique des connaissances relatives à la pêche, à la biologie et à l'écologie des vivaneaux

Adams, T. a. C., L. (2004). Overview of Deepwater Snapper Fisheries in the SPC Region. A Report prepared for the 4th SPC Heads of Fisheries Meeting, Aug 30-Sep 03, Noumea, New Caledonia. Noumea, New Caledonia: 1 - 9.

Adams, T. J. H., and Dalzell, P. J. (1994). Artisanal Fishing. Artisanal fishing - Pacific Islands Biodiversity Issues 1994. Noumea, Secretariat of the Pacific Community.

Anderson, W. D. J. (1986). Lutjanidae. (Genus Lutjanus by G.R. Allen). Berlin., Springer-Verlag.

Bell, J., 1, Batty, M., Ganachaud, A., Gehrke, P., Hobday, A., Hoegh-Guldberg, O., Johnson, J., Le Borgne, R., Lehodey, P., Lough, J., Pickering, T., Pratchett, M., Sheaves, M., and Waycott, M. (2009). Preliminary Assessment of the Effects of Climate Change on Fisheries and Aquaculture in the Pacific.

Bell, J. D., Kronen, M., Vunisea, A, Nash, W. J., Keeble, G., Demmkea, A., Pontifex, S., and Andrefouët, S. (2009). "Planning the use of fish for food security in the Pacific." Marine Policy **33**: 64–76.

Blaber, S. J. M., Dichmont, C. M., Buckworth, R. C., Badrudin, Sumiono, B., Nurhakim, S., Iskandar, B., Fegan, B., Ramm, D. C., and Salin, J. P. (2005). "Shared stocks of snappers (Lutjanidae) in Australia and Indonesia: Integrating biology, population dynamics and socio-economics to examine management scenarios." Reviews in Fish Biology and Fisheries **15**: 111–127.

Brouard, F., Grandperrin, R., Kulbicki, M., and Rivaton, J. (1985). Note on Observations of Daily Rings on Otoliths of Deepwater Snappers, international center for living aquatic resources management.

Dalzell, P., and Preston, G.L. (1992). Deep reef slope fishery resources of the South Pacific. Inshore Fisheries Research Technical Document No.2. South Pacific Commission, New Caledonia (recommends a TAC for each country based on length of 300m isobath and catch rates assessed

to be sustainable from trial fishing by SPC masterfishermen). South Pacific Commission, New Caledonia

Fourmanoir, P. (1979). SUMMARY : Fishing for Etelis. South Pacific Commission eleventh regional technical meeting on fisheries.

Fry, G. C., Brewer, D. T., and 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.

Grandcourt, E. M. (2003). "The effects of intensive line fishing on the virgin biomass of a tropical deepwater snapper, the crimson jobfish (*Pristipomoides filamentosus*)." Fishery Bulletin **101**: 305-311.

Haight, W. P., J.; and Hayes, T. (1993). "Feeding Ecology of Deepwater Lutjanid Snappers at Penguin Bank, Hawaii." Transactions of the American Fisheries Society **122**: 328-347.

Heileman, S. (2008). DEEPWATER RED SNAPPER FISHERIES. Symposium Marine Ecosystem Based Management in the Caribbean: An Essential Component of Principled Ocean Governance, University of the West Indies, Cave Hill Campus, Barbados.

Heinemann, D., Gillelan, H., and Morgan, L. (2005). Bottomfish Fishing in the Northwestern Hawai'ian Islands Is it Ecologically Sustainable?

Kelley, C. (2007). "Hawaiian bottom fish play hide and seek in ancient reefs." Internet search.

Kelley, C., Moffitt, R., and Smith, J. R. (2006). " Mega-to micro-scale classification and description of bottomfish essential fish habitat on four banks in the northwestern Hawaiian islands". Atoll Research Bulletin.

- Kinch, J. (2004). The Status of the Deepwater Snapper (Pisces: Lutjanidae) Resource in Papua New Guinea with an Assessment of its Potential for Development. , A report prepared on behalf of the European Union – Rural Coastal Fisheries Development Program by the Motupore Island.
- Kinch, J. (2005). The Socio-economics of an European Union – Rural Coastal Fisheries Development Program Fisher Group: KarKar Island, Madang Province, Papua New Guinea., A report prepared on behalf of the European Union – Rural Coastal Fisheries Development Program by the Motupore Island.
- Kinch, J. (2006). Current Status of the European Union’s Rural Coastal Fisheries Development Program and the Deep-water Snapper Fishery in the Morobe Province, Papua New Guinea, A report prepared on behalf of the European Union – Rural Coastal Fisheries Development Program by the Motupore Island.
- Kinch, J., Baine, M., Mungkaje, A., Dako, C., Bagi, T., and Aranka, M. (2000). Moving Towards Management: An Analysis of the Socio-economic Conditions and Catch Data of the European Union’s Rural Coastal Fisheries Development Programme’s Fisher Groups, Madang Province, Papua New Guinea. , A report prepared on behalf of the European Union – Rural Coastal Fisheries Development Program by the Motupore Island.
- King, M. (2007). fisheries biology, assessment and management.
- Koslow, J. A., Boehlert, G. W., Gordon, J. D. M., Haedrich, R. L., Lorange, P., and Parin, N. (2000). "Continental slope and deep-sea fisheries: implications for a fragile ecosystem." ICES Journal of Marine Science **57**: 548–557.
- Kramer, S. H., Kramer, S. H., and Newman, S. J. (1994). "New Deep-water Fish Records from the Great Barrier Reef, Australia." Pacific Science **48**(1): 70-79.
- Langi, V. A., Langi, S. A., and Polovina, J. J. (1992). Estimationsof Deepwater Snapper Yields from Tongan Seamounts. Naga, the ICLARM quarterly - fishbyte section.

- Loeun, K. L., Nicol, S. N., Allain, V., Chavance, P., Bradshaw, C. J. A., Mellin, C., and Williams, A. (2011). A global comparative review of deep-water snapper demography and the fishery in New Caledonia, focusing on Ruby snapper *Etelis carbunculus* (Cuvier, 1828) and the flame snapper *Etelis coruscans* (Valenciennes, 1862). (unpublished).
- Martinez-Andrade F. (2003). "A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (pisces: Lutjanidae)". PhD Thesis, Louisiana State University, 194pp.
- Mellin, C., Andrefouët, S., and Ponton, D. (2007). "Spatial predictability of juvenile fish species richness and abundance in a coral reef environment." Coral Reefs **26**: 895–907.
- Mellin, C., Bradshaw, C. J. A., Meekan, M. G., and Caley, M. J. (2010). "Environmental and spatial predictors of species richness and abundance in coral reef fishes." Global Ecology and Biogeography **19**: 212-222.
- Mendoza, J. J., and Larez, A. (1996). Abundance and distribution of snappers and groupers targeted by the artisanal medium range fishery off northeastern Venezuela (1981- 1992). Biology, fisheries and culture of tropical groupers and snappers, ICLARM Conf. Proc.
- Moffitt, R. B. (1993). Nearshore marine resources of the South Pacific. Deepwater Demersal Fish. a. L. H. Andrew Wright, IPS - Suva; FFA - Honiara; ICOD - Canada.
- Moffitt, R. B., Kobayashi, D. R., and DiNardo, G. T. (2006). Status of the Hawaiian Bottomfish Stocks, 2004. Honolulu, Pacific Islands Fisheries Science Center.
- Morato, T., Watson, R., Pitcher, T. J., and Pauly, D. (2006). "Fishing down the deep." Fish and Fisheries **7**: 24–34.
- Newman, S. J., Cappo, M., and Williams, D. McB. (2000). "Age, growth and mortality of the stripey, *Lutjanus carponotatus* (Richardson) and the brown-stripe snapper, *L. vitta* (Quoy and Gaimard) from the central Great Barrier Reef, Australia." Fisheries Research **48**(3): 263-275.

- Ovenden, J. R., Salini, J., O'Conner, S., and Street, R. (2004). "Pronounced genetic population structure in a potentially vagile fish species (*Pristipomoides multidens*, Teleostei; Perciformes; Lutjanidae) from the East Indies triangle." Molecular Ecology **13**: 1991–1999.
- Parrish, F. A., DeMartini, E. E., and Ellis, D. E. (1997). "Nursery habitat in relation to production of juvenile pink snapper~*Pristipomoides filamentosus*, in the Hawaiian Archipelago." Fishery Bulletin **95**: 137-148.
- Parrish, R. H., Mallicoate, D. L. and Mais, K. F. (1985). "Regional variations in the growth and age composition of northern anchovy, *Engraulis mordax*." Fishery Bulletin **83**: 483–496.
- Pauly, D., Ed. (2000). Global change, Fisheries, and the Integrity of Marine Ecosystems: The Future Has Already Begun. Ecological Integrity.
- Pilling, G. M., Millner, R. S., Easey, M. W., Mees, C. C., Rathacharen, S., and Azemia, A. (2000). "validation of annual growth increments of the otoliths of the lethrinid *Letherinus mahsena* and the lutjanid *Aprion virescens* from sites in the tropical Indian Ocean, with notes on the nature of growth increments in *Pristipomoides filamentosus*." Fisery Bulletin **98**: 600-611.
- Ralston, S., and Miyamoto, G. T. (1983). "Analyzing the width of daily otolith increment to age the Hawaiian snapper, *pristipomoides filamentosus*". FISHERY BULLETIN: **81**(3).
- Ralston, S., and Williams, H. A. (1989). "Numerical integration of daily growth increments: an efficient means of ageing tropical fishes for stock assessment." Fishery Bulletin **87**: 1-16.
- Russ, G. (1991). Coral reef fisheries: effects yields. The ecology of fshes on coral reefs. Sale: 601-635.
- Sequeira, A., C Mellin, D Rowat, MG Meekan, CJA Bradshaw (2011). "Ocean-scale prediction of whale shark distribution. Diversity and Distributions."

- Stobutzk, B. a. (1997). "Sustained swimming abilities of the late pelagic stages of coral reef fishes." Marine Ecology Progress **149**: 35–41.
- Stoner, A. W. M., J. P.; Pessutti, J. P. (2001). "Spatially explicit analysis of estuarine habitat for juvenile winter flounder: combining generalized additive models and geographic information systems." MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES **213**: 253–271.
- Virly, S. (1997). Les pêches profondes réalisées dans la ZEE de la Nouvelle-Calédonie : synthèses des données de 1970 à 1995. t. e. p. d. n.-c. I. Zoneco: Partenaires :etat, ORSTOM, UFP. Noumea, New Caledonia: 224.
- White, D. B., and Palmer, S. M. (2004). "Age and growth, and reproduction of the red snapper, *Lutjanus campechanus*, from the Atlantic waters of the southern U.S. " BULLETIN OF MARINE SCIENCE **75**(3): 335–360.
- Williams, A., Loeun, K. L., Nicol, S. N., Allain, V., Chavance, P., Bradshaw, C. J. A., and Mellin, C. (2011). Age structure and growth rates of deep-water Lutjanids *Etelis carbunculus* (Cuvier, 1828) and *E. coruscans* (Valenciennes, 1862) in New Caledonia. (unpublished).
- Williams, H. a. L., M. (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.

Prévoir la répartition relative d' *Etelis carbunculus* et d' *E. coruscans*, deux espèces commerciales de vivaneau, en Nouvelle-Calédonie

- Buckland, S. T., and Elston, D. A. (1993). "Empirical Models for the Spatial Distribution of Wildlife." Journal of Applied Ecology **30**(3): 478-495

- Burnham, K. P. and D. R. Anderson (2004). "Multimodel Inference : Understanding AIC and BIC in Model Selection." Sociological Methods & Research **33**: 261-304.
- Flamand, B. (2008a). "Exploitation durable du vivaneau - Analyse bathymétrique - Rapport d'intervention: 8".
- Flamand, B. (2008b). "Exploitation durable du vivaneau - Extraction bathymétrique et calcul de gradient de pente: 7".
- Lehmann, A., Overton, J. McC, and Austin, M. P. (2002). "Regression models for spatial prediction: their role for biodiversity and conservation " Biodiversity and Conservation: 2085-2092.
- Link, W. A. and R. J. Barker (2006). "Model weights and the foundations of multimodel inference." Ecology **87**(10): 2626-2635.
- Mellin, C., Bradshaw, C. J. A., Meekan, M. G., and Caley, M. J. (2010). "Environmental and spatial predictors of species richness and abundance in coral reef fishes." Global Ecology and Biogeography **19**: 212-222.
- Peterson, A. T., Egbert, S. L., Sanchez-Cordero, V., and Price, K.P. (2000). "Geographic analysis of conservation priority: endemic birds and mammals in Veracruz, Mexico." Biological Conservation **93**(1): 85-94
- Thomas, C. D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., and others (2004). "Extinction risk from climate change." Nature **427**: 145–148.
- Vega, A. (2006). "Regional modeling application to New Caledonia upwelling system". Proceedings of the Workshop on the Southwest Pacific Ocean circulation and its relation with climate (19th to 21st August 2005), Cairns, Australia.

Virly, S. (1997). "Les pêches profondes réalisées dans la ZEE de la Nouvelle-Calédonie : synthèses des données de 1970 à 1995". t. e. p. d. n.-c. I. Zonéco: Partenaires :etat, ORSTOM, UFP. Noumea, New Caledonia: 224.

Wintle, B. A. a. B., D. C. (2006). "MODELING SPECIES–HABITAT RELATIONSHIPS WITH SPATIALLY AUTOCORRELATED OBSERVATION DATA." Ecological Applications **16**(5): 1945–1958.

R Development Core Team, R. A. L. a. E. f. S. C. (2006). " R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria." from www.R-project.org.

Âge et taux de croissance et de mortalité des lutjanidés d’eau profonde en Nouvelle-Calédonie : Une application des modèles de rendement par recrue

Allman R.J. (2007). "Small-scale spatial variation in the population structure of vermilion snapper (*Rhomboplites aurorubens*) from the northeast Gulf of Mexico". *Fish. Res.* **88**, 88–99.

Choat, J.H., Robertson D.R. (2002). "Age-based studies. In: Sale P.F. (Ed.) *Coral reef fishes: dynamics and diversity in a complex ecosystem*". Amsterdam, Academic Press, pp. 57–80.

Choat J.H., Kritzer J.P., Ackerman J.L. (2009). "Ageing in coral reef fishes: do we need to validate the periodicity of increment formation for every species of fish for which we collect age-based demographic data?" In: Green B.S., Mapstone B.D., Carlos G., Begg G.A. (Eds.) *Tropical Fish Otoliths: Information for Assessment, Management and Ecology. Reviews: Methods and Technologies in Fish Biology and Fisheries*, **11**, 23–54.

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". *Fish. Res.* **81**, 126–141.

- Gust N., Choat J.H., Ackerman J.L. (2002). “Demographic plasticity in tropical reef fish”. *Mar. Biol.* 140, 1039–1051.
- Haddon M. (2001). “Modeling and quantitative methods in fisheries”. London, Chapman & Hall.
- Heupel M.R., Williams A.J., Welch D.J., Davies C.R., Penny A., Kritzer J.P., Marriott R.J., Mapstone B.D. (2010). “Demographic characteristics of exploited tropical lutjanids: a comparative analysis”. *Fish. Bull.* 108, 420–432.
- Hoenig J.M. (1983) Empirical use of longevity data to estimate mortality rates. *Fish. Bull.* 82, 898–902.
- Martinez-Andrade F. (2003). “A comparison of life histories and ecological aspects among snappers (pisces: Lutjanidae)”. PhD Thesis, Louisiana State University, 194pp.
- 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, 26–31.
- 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”. *Fish. Bull.* 101, 116–128.
- Ralston S., Williams H.A. (1989). “Numerical integration of daily growth increments: an efficient means of ageing tropical fishes for stock assessment”. *Fish. Bull.* 87, 1–16.
- Schnute J., (1981). “A versatile growth model with statistically stable parameters”. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 38, 1128–1140.
- Williams A.J., Davies C.R., Mapstone B.D., Russ G.R. (2003). “Scales of spatial variation in demography of a large coral reef fish: an exception to the typical model?” *Fish. Bull.* 101, 673–683.
- Williams A.J., Mapstone B.M., Davies C.R. (2007). “Spatial and inter-annual patterns in growth of an exploited coral-reef fish”. *J. Fish Biol.* 71, 970–992.

Structure démographique des vivaneaux profonds *Etelis carbunculus* et *E. coruscans* faisant l'objet d'une pêche commerciale en Nouvelle-Calédonie

- Botsford, L. W., A. Hastings, and S.D. Gaines (2001). "Dependence of sustainability on the configuration of marine reserves and larval dispersal distance." Ecology Letters **4**: 144–150.
- Cowen, R. K. G., G.; Pineda, J.; Thorrold, S.R.; Werner, F.E. (2007). "population connectivity in marine systems an overview." oceanography **20**.
- Hastings, A. a. H., S. (1994). "Metapopulation dynamics and genetics." Annual Review of Ecology and Systematics **25**: 167–188.
- Nei, S. K. a. M. (2000). "Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method." Proceedings of the National Academy of Sciences **101**: 11030-11035.
- Ovenden, J. R., Salini, J., O'Conner, S., and Street, R. (2004). "Pronounced genetic population structure in a potentially vagile fish species (*Pristipomoides multidens*, Teleostei; Perciformes; Lutjanidae) from the East Indies triangle." Molecular Ecology **13**: 1991–1999.
- Rzhetsky, A. N. a. A. (1992). "A simple method for estimating and testing minimum evolution trees." Molecular Biology and Evolution **9**: 945-967.
- Saitou, M. N. a. N. (1987). "The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees." Molecular Biology and Evolution **4**(4): 406-425.
- Shaklee JB, S. P. (1984). "Genetic variation and population structure in a deep-water snapper, *Pristipomoides filamentosus*, in the Hawaiian Archipelago." Fishery Bulletin **82**: 703-713.
- Stobutzk, B. a. (1997). "Sustained swimming abilities of the late pelagic stages of coral reef fishes." Marine Ecology Progress **149**: 35–41.
- Tamura K, D. J., Nei M & Kumar S (2007). "MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) software version 4.0." Molecular Biology and Evolution **24**: 1596-1599.
- Tamura K, N. M. K. S. (2004). "Prospects for inferring very large phylogenies by using the neighbor-joining method." Proceedings of the National Academy of Sciences **101**: 11030-11035.

Annexe1: ECHANTILLONNAGE TOTAL

CODE #	location	date	sample	spp.	wt (kg)	FL (cm)	fish condition	gonads	otolith	age estimated	genetic	MtDNA Seq
VNC026	lifou	16/02/2009	1	VCR	4,95	70	not gutted	1	1	6	1	1
VNC027	lifou	16/02/2009	2	VCR	5,45	70	not gutted	1	1	6	1	1
VNC028	lifou	16/02/2009	3	VF	1,9	51	not gutted	1	1	5	1	1
VNC030	lifou	16/02/2009	5	VF	1,7	49	not gutted	1	1	4	1	1
VNC031	lifou	16/02/2009	6	VF	3	59	not gutted	1	1	6	1	1
VNC032	lifou	16/02/2009	7	VF	1,9	53	not gutted	1	1	5	1	1
VNC033	lifou	16/02/2009	8	VF	2,6	55	not gutted	1	1	8	1	1
VNC035	lifou	16/02/2009	10	VCR	9,9	81	not gutted	1	1	7	1	1
VNC036	lifou	16/02/2009	11	VCR	6,7	77	not gutted	1	1	6	1	1
VNC037	lifou	16/02/2009	12	VCR	11,6	87	not gutted	1	1	20	1	1
VNC038	lifou	16/02/2009	13	VCR	12,1	84	not gutted	1	1	14	1	1
VNC039	lifou	16/02/2009	14	VF	1,04	40	not gutted	1	1	4	1	1
VNC042	lifou	16/02/2009	17	VF	1,1	42	not gutted	1	1	4	1	1
VNC043	lifou	16/02/2009	18	VF	1,45	48	not gutted	1	1	4	1	1
VNC044	lifou	16/02/2009	19	VCR	0,9	40	not gutted	1	1	5	1	1
VNC045	lifou	16/02/2009	20	VF	1,25	43	not gutted	1	1	3	1	1
VNC047	lifou	16/02/2009	22	VF	1,3	43	not gutted	1	1	6	1	1
VNC048	lifou	16/02/2009	23	VCR	1,75	43	not gutted	1	1	8	1	1
VNC049	lifou	16/02/2009	24	VF	1,15	43	not gutted	1	1	4	1	1
VNC050	lifou	16/02/2009	25	VF	1,15	43	not gutted	1	1	3	1	1
VNC058	lifou	16/02/2009	33	VCR	15,25	92	not gutted	1	1	15	1	1
VNC059	lifou	16/02/2009	34	VCR	9,15	80	not gutted	1	1	13	1	1
VNC060	lifou	16/02/2009	35	VF	7,45	79	not gutted	1	1	12	1	1
VNC061	lifou	16/02/2009	36	VF	4,1	66	not gutted	1	1	4	1	1
VNC062	lifou	16/02/2009	37	VCR	5,4	67	not gutted	1	1	5	1	1
VNC063	lifou	16/02/2009	38	VF	1,85	51	not gutted	1	1	4	1	1
VNC064	lifou	16/02/2009	39	VF	2,05	50	not gutted	1	1	5	1	1
VNC065	lifou	16/02/2009	40	VF	5,8	71	not gutted	1	1	6	1	1
VNC066	lifou	16/02/2009	41	VF	3,8	63	not gutted	1	1	6	1	1
VNC067	lifou	16/02/2009	42	VF	3,7	64	not gutted	1	1	6	1	1
VNC068	lifou	16/02/2009	43	VF	6,8	82	not gutted	1	1	7	1	1
VNC069	lifou	16/02/2009	44	VCR	11,65	86	not gutted	1	1	20	1	1
VNC073	lifou	16/02/2009	48	VCR	14,2	99	not gutted	1	1	18	1	1
VNC075	lifou	17/02/2009	2	VCR	0,75	37	not gutted	1	1	5	1	1
VNC077	lifou	17/02/2009	4	VCR	0,35	29	not gutted	1	1	4	1	1
VNC082	lifou	17/02/2009	9	VCR	0,9	38	not gutted	1	1	5	1	1

VNC085	lifou	17/02/2009	12	VCR	0,35	27	not gutted	1	1	3	1	1
VNC092	lifou	17/02/2009	19	VCR	0,45	29	not gutted	1	1	5	1	1
VNC098	lifou	17/02/2009	25	VCR	8,15	78	not gutted	1	1	11	1	1
VNC100	lifou	17/02/2009	27	VCR	9,2	84	not gutted	1	1	14	1	1
VNC103	lifou	17/02/2009	30	VCR	9	81	not gutted	1	1	9	1	1
VNC105	lifou	17/02/2009	32	VCR	0,4	28	not gutted	1	1	4	1	1
VNC119	lifou	17/02/2009	46	VF	1,75	49	not gutted	1	1	4	1	1
VNC120	lifou	17/02/2009	47	VF	1,75	50	not gutted	1	1	5	1	1
VNC121	lifou	17/02/2009	48	VCR	0,7	34	not gutted	1	1	4	1	1
VNC122	lifou	17/02/2009	49	VF	1,85	50	not gutted	1	1	4	1	1
VNC124	lifou	17/02/2009	51	VF	1,85	50	not gutted	1	1	5	1	1
VNC125	lifou	17/02/2009	52	VF	1,5	46	not gutted	1	1	4	1	1
VNC127	lifou	18/02/2009	1	VF	10,25	90	not gutted	1	1	12	1	1
VNC135	lifou	18/02/2009	9	VCR	0,95	38	not gutted	1	1	12	1	1
VNC138	lifou	18/02/2009	12	VCR	0,5	30	not gutted	1	1	3	1	1
VNC142	lifou	18/02/2009	16	VCR	0,45	28	not gutted	1	1	6	1	1
VNC143	lifou	18/02/2009	17	VCR	0,45	29	not gutted	1	1	5	1	1
VNC144	lifou	18/02/2009	18	VCR	0,3	26	not gutted	1	1	3	1	1
VNC154	lifou	18/02/2009	28	VCR	0,7	33	not gutted	1	1	5	1	1
VNC155	MARE / sud tiga	09/12/2008	1	VF	3	57	not gutted	1	1	5	1	1
VNC156	MARE / sud tiga	09/12/2008	2	VF	1	40	not gutted	1	1	2	1	1
VNC158	MARE / MT holopus	09/12/2008	4	VF	9	81	not gutted	1	1	10	1	1
VNC159	MARE / MT holopus	09/12/2008	5	VF	1,5	45,2	not gutted	1	1	4	1	1
VNC161	MARE / MT holopus	09/12/2008	7	VCR	2	43	not gutted	1	1	9	1	1
VNC192	noumea/	22/04/2009	1	VCR	7,65	73,7	gutté	0	1	NA	1	1
VNC193	noumea/	22/04/2009	2	VCR	6,5	70,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC194	noumea/	22/04/2009	3	VCR	5,9	68,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC195	noumea/	22/04/2009	4	VCR	6,45	72	gutté	0	1	NA	1	1
VNC196	noumea/	22/04/2009	5	VCR	6,8	72,3	gutté	0	1	NA	1	1
VNC197	noumea/	22/04/2009	6	VCR	10,85	85	gutté	0	1	NA	1	1
VNC198	noumea/	22/04/2009	7	VCR	5,05	67	gutté	0	1	NA	1	1
VNC199	noumea/	22/04/2009	8	VCR	9,35	81	gutté	0	1	NA	1	1
VNC200	noumea/	22/04/2009	9	VCR	3,35	59,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC201	noumea/	22/04/2009	10	VCR	3,9	60	gutté	0	1	NA	1	1
VNC202	noumea/	22/04/2009	11	VF	3,7	62	gutté	0	1	NA	1	1
VNC203	noumea/	22/04/2009	12	VCR	2,8	55	gutté	0	1	NA	1	1
VNC204	noumea/	22/04/2009	13	VCR	3,25	57,2	gutté	0	1	NA	1	1

VNC205	noumea/	22/04/2009	14	VCR	2,95	56	gutté	0	1	NA	1	1
VNC206	noumea/	22/04/2009	15	VCR	2,55	54,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC207	noumea/	22/04/2009	16	VCR	3	52,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC208	noumea/	22/04/2009	17	VCR	2,7	53	gutté	0	1	NA	1	1
VNC209	noumea/	22/04/2009	18	VCR	3,25	57,4	gutté	0	1	NA	1	1
VNC210	noumea/	22/04/2009	19	VCR	3,5	59	gutté	0	1	NA	1	1
VNC211	noumea/	22/04/2009	20	VCR	2,05	49,6	gutté	0	1	NA	1	1
VNC212	noumea/	22/04/2009	21	VF	2,75	56,1	gutté	0	1	NA	1	1
VNC213	noumea/	22/04/2009	22	VF	1,8	48,8	gutté	0	1	NA	1	1
VNC214	noumea/	22/04/2009	23	VF	1,35	45	gutté	0	1	NA	1	1
VNC215	noumea/	22/04/2009	24	VF	2,45	53,2	gutté	0	1	NA	1	1
VNC216	noumea/	22/04/2009	25	VCR	7,75	73	gutté	0	1	NA	1	1
VNC217	noumea/	22/04/2009	26	VCR	7,4	75,3	gutté	0	1	NA	1	1
VNC218	noumea/	22/04/2009	27	VCR	8,3	78,7	gutté	0	1	NA	1	1
VNC219	noumea/	22/04/2009	28	VCR	2,5	52,4	gutté	0	1	NA	1	1
VNC220	noumea/	22/04/2009	29	VF	2,2	52,4	gutté	0	1	NA	1	1
VNC221	noumea/	22/04/2009	30	VF	2,2	52,7	gutté	0	1	NA	1	1
VNC222	noumea/	22/04/2009	31	VF	1,9	50	gutté	0	1	NA	1	1
VNC223	noumea/	22/04/2009	32	VF	1,3	43,6	gutté	0	1	NA	1	1
VNC224	noumea/	22/04/2009	33	VF	0,85	37,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC225	noumea/	22/04/2009	34	VF	1,9	49,7	gutté	0	1	NA	1	1
VNC226	noumea/	22/04/2009	35	VF	2,4	55	gutté	0	1	NA	1	1
VNC227	noumea/	22/04/2009	36	VCR	3,15	57,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC228	noumea/	22/04/2009	37	VCR	2,95	54	gutté	0	1	NA	1	1
VNC229	noumea/	22/04/2009	38	VCR	3,05	57,1	gutté	0	1	NA	1	1
VNC230	noumea/	22/04/2009	39	VCR	3,55	59,3	gutté	0	1	NA	1	1
VNC231	noumea/	22/04/2009	40	VCR	4,7	63,6	gutté	0	1	NA	1	1
VNC232	noumea/	22/04/2009	41	VCR	3,55	60	gutté	0	1	NA	1	1
VNC233	noumea/	22/04/2009	42	VCR	3,5	59,5	gutté	0	1	NA	1	1
VNC235	noumea/	22/04/2009	44	VF	2,95	59	gutté	0	1	NA	1	1
VNC236	noumea/	22/04/2009	45	VF	1,25	44	gutté	0	1	NA	1	1
VNC237	noumea/	22/04/2009	46	VF	4,45	68,8	gutté	0	1	NA	1	1
VNC238	noumea/	22/04/2009	47	VF	3,95	63,7	gutté	0	1	NA	1	1
VNC278	PN/EAST COAST	21/04/2009	1	VF	2	45	gutté	0	0	NA	1	1
VNC279	PN/EAST COAST	21/04/2009	2	VF	0,9	35	gutté	0	0	NA	1	1
VNC280	PN/EAST COAST	21/04/2009	3	VF	0,2	47	gutté	0	0	NA	1	1
VNC281	PN/EAST COAST	21/04/2009	4	VF	1	36	gutté	0	0	NA	1	1
VNC282	PN/EAST COAST	21/04/2009	5	VF	0,5	32	gutté	0	0	NA	1	1

VNC283	PN/EAST COAST	21/04/2009	6	VF	2	46	guttled	0	0	NA	1	1
VNC284	PN/EAST COAST	21/04/2009	7	VCR	8	78	guttled	0	0	NA	1	1
VNC285	PN/EAST COAST	21/04/2009	8	VCR	9	87	guttled	0	0	NA	1	1
VNC287	PN/EAST COAST	21/04/2009	10	VCR	13	97	guttled	0	0	NA	1	1
VNC288	PN/EAST COAST	21/04/2009	11	VF	1	42	guttled	0	0	NA	1	1
VNC289	PN/EAST COAST	21/04/2009	12	VF	0,5	34	guttled	0	0	NA	1	1
VNC290	PN/EAST COAST	21/04/2009	13	VF	1,6	48	guttled	0	0	NA	1	1
VNC291	PN/EAST COAST	21/04/2009	14	VF	1	40	guttled	0	0	NA	1	1
VNC292	PN/EAST COAST	21/04/2009	15	VF	0,5	31	guttled	0	0	NA	1	1
VNC293	PN/EAST COAST	21/04/2009	16	VF	1,2	41	guttled	0	0	NA	1	1
VNC294	PN/EAST COAST	21/04/2009	17	VCR	1	36	guttled	0	0	NA	1	1
VNC295	PN/EAST COAST	21/04/2009	18	VF	1,9	46	guttled	0	0	NA	1	1
VNC296	PN/EAST COAST	21/04/2009	19	VCR	1,1	42	guttled	0	0	NA	1	1
VNC297	PN/EAST COAST	21/04/2009	20	VCR	1,1	41	guttled	0	0	NA	1	1
VNC298	PN/EAST COAST	21/04/2009	21	VF	0,5	34	guttled	0	0	NA	1	1
VNC299	PN/EAST COAST	21/04/2009	22	VF	0,5	33	guttled	0	0	NA	1	1
VNC300	PN/EAST COAST	21/04/2009	23	VF	1	40	guttled	0	0	NA	1	1
VNC301	PN/EAST COAST	21/04/2009	24	VCR	0,5	35	guttled	0	0	NA	1	1
VNC302	PN/EAST COAST	21/04/2009	25	VCR	1,1	35	guttled	0	0	NA	1	1
VNC303	PN/EAST COAST	21/04/2009	26	VCR	1	39	guttled	0	0	NA	1	1
VNC304	PN/EAST COAST	21/04/2009	27	VCR	0,9	37	guttled	0	0	NA	1	1
VNC305	PN/EAST COAST	21/04/2009	28	VF	1	41	guttled	0	0	NA	1	1
VNC306	PN/EAST COAST	21/04/2009	29	VF	1	40	guttled	0	0	NA	1	1
VNC307	PN/EAST COAST	21/04/2009	30	VF	0,3	31	guttled	0	0	NA	1	1
VNC308	PN/EAST COAST	21/04/2009	31	VF	0,5	36	guttled	0	0	NA	1	1
VNC309	PN/EAST COAST	21/04/2009	32	VCR	0,2	24	guttled	0	0	NA	1	1
VNC310	PN/EAST COAST	21/04/2009	33	VCR	4	63	guttled	0	0	NA	1	1
VNC311	PN/EAST COAST	21/04/2009	34	VCR	2,5	53	guttled	0	0	NA	1	1
VNC312	PN/EAST COAST	21/04/2009	35	VF	2	51	guttled	0	0	NA	1	1
VNC313	PN/EAST COAST	21/04/2009	36	VCR	4,3	67	guttled	0	0	NA	1	1
VNC314	PN/EAST COAST	21/04/2009	37	VF	7	79	guttled	0	0	NA	1	1
VNC315	PN/EAST COAST	21/04/2009	38	VF	2,3	53	guttled	0	0	NA	1	1
VNC316	PN/EAST COAST	21/04/2009	39	VF	1,1	44	guttled	0	0	NA	1	1
VNC317	PN/EAST COAST	21/04/2009	40	VF	0,5	32	guttled	0	0	NA	1	1
VNC318	PN/EAST COAST	21/04/2009	41	VF	0,3	32	guttled	0	0	NA	1	1
VNC319	PN/EAST COAST	21/04/2009	42	VF	1	37	guttled	0	0	NA	1	1
VNC320	PN/EAST COAST	21/04/2009	43	VF	0,3	31	guttled	0	0	NA	1	1
VNC321	PN/EAST COAST	21/04/2009	44	VF	1	40	guttled	0	0	NA	1	1

VNC322	PN/EAST COAST	21/04/2009	45	VF	0,6	36	gutté	0	0	NA	1	1
VNC323	PN/EAST COAST	21/04/2009	46	VCR	1,2	43	gutté	0	0	NA	1	1
VNC324	PN/EAST COAST	21/04/2009	47	VCR	1,1	40	gutté	0	0	NA	1	1
VNC325	PN/EAST COAST	28/04/2009	1	VCR	4,4	57	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC326	PN/EAST COAST	28/04/2009	2	VCR	4,5	60	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC327	PN/EAST COAST	28/04/2009	3	VCR	5	63	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC328	PN/EAST COAST	28/04/2009	4	VCR	0,6	32	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC329	PN/EAST COAST	28/04/2009	5	VCR	4,5	58	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC330	PN/EAST COAST	28/04/2009	6	VCR	4,5	60	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC331	PN/EAST COAST	28/04/2009	7	VCR	0,85	38	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC367	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	1	VF	0,98	39	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC370	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	4	VF	0,8	35	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC376	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	10	VF	1,22	43	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC379	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	13	VF	6,3	74	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC381	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	15	VF	3,8	61	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC383	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	1	VF	3,65	61	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC384	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	2	VF	4,35	45	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC385	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	3	VF	5,3	70	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC386	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	4	VF	2,7	55,5	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC387	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	5	VF	3,5	61	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC388	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	6	VF	5,05	70	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC389	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	7	VF	5,05	70,5	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC390	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	8	VF	2,95	58,5	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC391	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	9	VF	2,4	55,5	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC400	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	19	VF	1,85	49	not gutté	1	1	NA	1	1
VNC332	PN/EAST COAST	28/04/2009	8	VCR	4,6	62	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC333	PN/EAST COAST	28/04/2009	9	VCR	5	69	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC334	PN/EAST COAST	28/04/2009	10	VCR	4	59	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC335	PN/EAST COAST	28/04/2009	11	VCR	3,6	58	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC336	PN/EAST COAST	28/04/2009	12	VCR	2,8	53	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC337	PN/EAST COAST	28/04/2009	13	VCR	0,6	31	gutté	NA	NA	NA	1	1
VNC338	PN/EAST COAST	28/04/2009	14	VCR	3,1	55	gutté	NA	NA	NA	1	1

Annexe 2 : DONNEES RELATIVE A L'AGEAGE PAR OTHOLIMETRIE

code	species	weight	count 1	count 2	count 3	median	size wt	wt (gr)	size FL	FL (mm)
VNC004	VF	0,1337	8	8	8	8	5,5	5500	72	720
VNC005	VF	0,0769	5	4	4	4	3,05	3050	60	600
VNC006	VF	0,1363	10	10	8	9	3,3	3300	61	610
VNC007	VF	0,1179	7	6	6	6	3,7	3700	64,5	645
VNC008	VF	0,1550	7	8	6	7	6,4	6400	73	730
VNC028	VF	0,0825	5	5	5	5	1,9	1900	51	510
VNC030	VF	0,0660	5	4	4	4	1,7	1700	49	490
VNC031	VF	0,1021	6	7	5	6	3	3000	59	590
VNC032	VF	0,0879	5	6	5	5	1,9	1900	53	530
VNC033	VF	0,1025	9	8	8	8	2,6	2600	55	550
VNC039	VF	0,0547	4	4	4	4	1,04	1040	40	400
VNC042	VF	0,0578	5	3	3	4	1,1	1100	42	420
VNC043	VF	0,0618	4	4	3	4	1,45	1450	48	480
VNC045	VF	N/A	4	3	3	3	1,25	1250	43	430
VNC047	VF	0,0987	7	6	6	6	1,3	1300	43	430
VNC049	VF	0,0631	5	4	4	4	1,15	1150	43	430
VNC050	VF	0,0499	4	3	3	3	1,15	1150	43	430
VNC060	VF	0,2661	9	15	11	12	7,45	7450	79	790
VNC061	VF	0,0932	5	4	4	4	4,1	4100	66	660
VNC063	VF	0,0647	5	4	4	4	1,85	1850	51	510
VNC064	VF	0,0830	6	5	5	5	2,05	2050	50	500
VNC065	VF	0,1209	6	6	5	6	5,8	5800	71	710
VNC066	VF	0,0934	7	6	5	6	3,8	3800	63	630
VNC067	VF	0,0983	6	6	5	6	3,7	3700	64	640
VNC068	VF	N/A	8	8	6	7	6,8	6800	82	820
VNC070	VF	0,1209	9	10	9	9	4,7	4700	74	740
VNC071	VF	0,0914	8	5	7	7	3,05	3050	61	610
VNC072	VF	0,1115	8	7	6	7	3,6	3600	65	650
VNC074	VF	0,0983	5	4	4	4	2,1	2100	52	520
VNC076	VF	0,0657	4	3	3	3	1,35	1350	45	450
VNC081	VF	0,0472	4	3	2	3	0,7	700	36	360
VNC086	VF	0,1097	8	6	6	7	5,75	5750	75	750
VNC089	VF	0,1035	8	7	6	7	3,8	3800	64	640
VNC094	VF	0,0903	4	4	4	4	2,3	2300	52	520

VNC095	VF	0,0508	3	3	3	3	0,8	800	38	380
VNC096	VF	0,0506	2	3	3	3	0,65	650	36	360
VNC097	VF	0,0532	2	3	2	2	0,95	950	40	400
VNC099	VF	0,0534	4	4	3	4	1,05	1050	43	430
VNC101	VF	N/A	4	3	4	4	1,6	1600	47	470
VNC102	VF	0,0429	2	2	2	2	0,6	600	34	340
VNC104	VF	0,1539	12	9	8	10	6,55	6550	77	770
VNC106	VF	0,1475	9	8	10	9	7,15	7150	80	800
VNC108	VF	0,1272	7	7	8	7	6,25	6250	78	780
VNC111	VF	0,0789	6	5	6	6	2,1	2100	59	590
VNC116	VF	0,0375	4	3	2	3	0,5	500	31	310
VNC117	VF	0,0634	4	4	3	4	1,35	1350	45	450
VNC119	VF	0,0723	4	5	3	4	1,75	1750	49	490
VNC120	VF	0,0966	5	5	4	5	1,75	1750	50	500
VNC122	VF	0,0863	4	4	4	4	1,85	1850	50	500
VNC124	VF	0,0896	5	5	4	5	1,85	1850	50	500
VNC125	VF	0,0621	5	4	3	4	1,5	1500	46	460
VNC127	VF	0,2039	12	12	11	12	10,25	10250	90	900
VNC128	VF	0,2559	13	11	12	12	7,7	7700	82	820
VNC129	VF	0,1530	7	8	7	7	6,1	6100	75	750
VNC130	VF	0,0703	3	3	3	3	1,85	1850	48	480
VNC131	VF	0,0835	5	5	4	5	1,85	1850	49	490
VNC132	VF	0,0521	3	3	3	3	0,9	900	37	370
VNC133	VF	0,2777	17	19	18	18	8,35	8350	87	870
VNC136	VF	0,0539	3	2	2	2	1,05	1050	40	400
VNC137	VF	0,0410	2	2	2	2	0,45	450	30	300
VNC140	VF	0,0443	2	2	2	2	0,55	550	33	330
VNC141	VF	0,0442	3	2	2	2	0,5	500	32	320
VNC151	VF	0,0471	3	2	2	2	0,65	650	34	340
VNC152	VF	0,0448	3	2	2	2	0,7	700	35	350
VNC153	VF	0,0470	3	3	2	3	0,6	600	34	340
VNC155	VF	0,0983	6	5	3	5	3	3000	57	570
VNC156	VF	0,0498	3	2	2	2	1	1000	40	400
VNC158	VF	0,1826	11	10	8	10	9	9000	81	810
VNC159	VF	0,0685	5	4	3	4	1,5	1500	45,2	452

Annexe 3 : DONNEES RELATIVES AUX ANALYSES GENETIQUES

CODE #	location	date	spp.	wt (kg)	FL (cm)	fish condition	genetic	MtDNA Seq
VNC026	lifou	16/02/2009	VCR	4,95	70	not gutted	1	1
VNC027	lifou	16/02/2009	VCR	5,45	70	not gutted	1	1
VNC028	lifou	16/02/2009	VF	1,9	51	not gutted	1	1
VNC030	lifou	16/02/2009	VF	1,7	49	not gutted	1	1
VNC031	lifou	16/02/2009	VF	3	59	not gutted	1	1
VNC032	lifou	16/02/2009	VF	1,9	53	not gutted	1	1
VNC033	lifou	16/02/2009	VF	2,6	55	not gutted	1	1
VNC035	lifou	16/02/2009	VCR	9,9	81	not gutted	1	1
VNC036	lifou	16/02/2009	VCR	6,7	77	not gutted	1	1
VNC037	lifou	16/02/2009	VCR	11,6	87	not gutted	1	1
VNC038	lifou	16/02/2009	VCR	12,1	84	not gutted	1	1
VNC039	lifou	16/02/2009	VF	1,04	40	not gutted	1	1
VNC042	lifou	16/02/2009	VF	1,1	42	not gutted	1	1
VNC043	lifou	16/02/2009	VF	1,45	48	not gutted	1	1
VNC044	lifou	16/02/2009	VCR	0,9	40	not gutted	1	1
VNC045	lifou	16/02/2009	VF	1,25	43	not gutted	1	1
VNC047	lifou	16/02/2009	VF	1,3	43	not gutted	1	1
VNC048	lifou	16/02/2009	VCR	1,75	43	not gutted	1	1
VNC049	lifou	16/02/2009	VF	1,15	43	not gutted	1	1
VNC050	lifou	16/02/2009	VF	1,15	43	not gutted	1	1
VNC058	lifou	16/02/2009	VCR	15,25	92	not gutted	1	1
VNC059	lifou	16/02/2009	VCR	9,15	80	not gutted	1	1
VNC060	lifou	16/02/2009	VF	7,45	79	not gutted	1	1
VNC061	lifou	16/02/2009	VF	4,1	66	not gutted	1	1
VNC062	lifou	16/02/2009	VCR	5,4	67	not gutted	1	1
VNC063	lifou	16/02/2009	VF	1,85	51	not gutted	1	1
VNC064	lifou	16/02/2009	VF	2,05	50	not gutted	1	1
VNC065	lifou	16/02/2009	VF	5,8	71	not gutted	1	1
VNC066	lifou	16/02/2009	VF	3,8	63	not gutted	1	1
VNC067	lifou	16/02/2009	VF	3,7	64	not gutted	1	1
VNC068	lifou	16/02/2009	VF	6,8	82	not gutted	1	1
VNC069	lifou	16/02/2009	VCR	11,65	86	not gutted	1	1
VNC073	lifou	16/02/2009	VCR	14,2	99	not gutted	1	1
VNC075	lifou	17/02/2009	VCR	0,75	37	not gutted	1	1
VNC077	lifou	17/02/2009	VCR	0,35	29	not gutted	1	1
VNC082	lifou	17/02/2009	VCR	0,9	38	not gutted	1	1
VNC085	lifou	17/02/2009	VCR	0,35	27	not gutted	1	1
VNC092	lifou	17/02/2009	VCR	0,45	29	not gutted	1	1
VNC098	lifou	17/02/2009	VCR	8,15	78	not gutted	1	1
VNC100	lifou	17/02/2009	VCR	9,2	84	not gutted	1	1
VNC103	lifou	17/02/2009	VCR	9	81	not gutted	1	1
VNC105	lifou	17/02/2009	VCR	0,4	28	not gutted	1	1
VNC119	lifou	17/02/2009	VF	1,75	49	not gutted	1	1

VNC120	lifou	17/02/2009	VF	1,75	50	not gutted	1	1
VNC121	lifou	17/02/2009	VCR	0,7	34	not gutted	1	1
VNC122	lifou	17/02/2009	VF	1,85	50	not gutted	1	1
VNC124	lifou	17/02/2009	VF	1,85	50	not gutted	1	1
VNC125	lifou	17/02/2009	VF	1,5	46	not gutted	1	1
VNC127	lifou	18/02/2009	VF	10,25	90	not gutted	1	1
VNC135	lifou	18/02/2009	VCR	0,95	38	not gutted	1	1
VNC138	lifou	18/02/2009	VCR	0,5	30	not gutted	1	1
VNC142	lifou	18/02/2009	VCR	0,45	28	not gutted	1	1
VNC143	lifou	18/02/2009	VCR	0,45	29	not gutted	1	1
VNC144	lifou	18/02/2009	VCR	0,3	26	not gutted	1	1
VNC154	lifou	18/02/2009	VCR	0,7	33	not gutted	1	1
VNC155	MARE / sud tiga	09/12/2008	VF	3	57	not gutted	1	1
VNC156	MARE / sud tiga	09/12/2008	VF	1	40	not gutted	1	1
VNC158	MARE / MT holopus	09/12/2008	VF	9	81	not gutted	1	1
VNC159	MARE / MT holopus	09/12/2008	VF	1,5	45,2	not gutted	1	1
VNC161	MARE / MT holopus	09/12/2008	VCR	2	43	not gutted	1	1
VNC192	noumea/	22/04/2009	VCR	7,65	73,7	gutté	1	1
VNC193	noumea/	22/04/2009	VCR	6,5	70,5	gutté	1	1
VNC194	noumea/	22/04/2009	VCR	5,9	68,5	gutté	1	1
VNC195	noumea/	22/04/2009	VCR	6,45	72	gutté	1	1
VNC196	noumea/	22/04/2009	VCR	6,8	72,3	gutté	1	1
VNC197	noumea/	22/04/2009	VCR	10,85	85	gutté	1	1
VNC198	noumea/	22/04/2009	VCR	5,05	67	gutté	1	1
VNC199	noumea/	22/04/2009	VCR	9,35	81	gutté	1	1
VNC200	noumea/	22/04/2009	VCR	3,35	59,5	gutté	1	1
VNC201	noumea/	22/04/2009	VCR	3,9	60	gutté	1	1
VNC202	noumea/	22/04/2009	VF	3,7	62	gutté	1	1
VNC203	noumea/	22/04/2009	VCR	2,8	55	gutté	1	1
VNC204	noumea/	22/04/2009	VCR	3,25	57,2	gutté	1	1
VNC205	noumea/	22/04/2009	VCR	2,95	56	gutté	1	1
VNC206	noumea/	22/04/2009	VCR	2,55	54,5	gutté	1	1
VNC207	noumea/	22/04/2009	VCR	3	52,5	gutté	1	1
VNC208	noumea/	22/04/2009	VCR	2,7	53	gutté	1	1
VNC209	noumea/	22/04/2009	VCR	3,25	57,4	gutté	1	1
VNC210	noumea/	22/04/2009	VCR	3,5	59	gutté	1	1
VNC211	noumea/	22/04/2009	VCR	2,05	49,6	gutté	1	1
VNC212	noumea/	22/04/2009	VF	2,75	56,1	gutté	1	1
VNC213	noumea/	22/04/2009	VF	1,8	48,8	gutté	1	1
VNC214	noumea/	22/04/2009	VF	1,35	45	gutté	1	1
VNC215	noumea/	22/04/2009	VF	2,45	53,2	gutté	1	1
VNC216	noumea/	22/04/2009	VCR	7,75	73	gutté	1	1
VNC217	noumea/	22/04/2009	VCR	7,4	75,3	gutté	1	1
VNC218	noumea/	22/04/2009	VCR	8,3	78,7	gutté	1	1
VNC219	noumea/	22/04/2009	VCR	2,5	52,4	gutté	1	1
VNC220	noumea/	22/04/2009	VF	2,2	52,4	gutté	1	1
VNC221	noumea/	22/04/2009	VF	2,2	52,7	gutté	1	1
VNC222	noumea/	22/04/2009	VF	1,9	50	gutté	1	1

VNC223	noumea/	22/04/2009	VF	1,3	43,6	gutté	1	1
VNC224	noumea/	22/04/2009	VF	0,85	37,5	gutté	1	1
VNC225	noumea/	22/04/2009	VF	1,9	49,7	gutté	1	1
VNC226	noumea/	22/04/2009	VF	2,4	55	gutté	1	1
VNC227	noumea/	22/04/2009	VCR	3,15	57,5	gutté	1	1
VNC228	noumea/	22/04/2009	VCR	2,95	54	gutté	1	1
VNC229	noumea/	22/04/2009	VCR	3,05	57,1	gutté	1	1
VNC230	noumea/	22/04/2009	VCR	3,55	59,3	gutté	1	1
VNC231	noumea/	22/04/2009	VCR	4,7	63,6	gutté	1	1
VNC232	noumea/	22/04/2009	VCR	3,55	60	gutté	1	1
VNC233	noumea/	22/04/2009	VCR	3,5	59,5	gutté	1	1
VNC235	noumea/	22/04/2009	VF	2,95	59	gutté	1	1
VNC236	noumea/	22/04/2009	VF	1,25	44	gutté	1	1
VNC237	noumea/	22/04/2009	VF	4,45	68,8	gutté	1	1
VNC238	noumea/	22/04/2009	VF	3,95	63,7	gutté	1	1
VNC278	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	2	45	gutté	1	1
VNC279	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,9	35	gutté	1	1
VNC280	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,2	47	gutté	1	1
VNC281	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	36	gutté	1	1
VNC282	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	32	gutté	1	1
VNC283	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	2	46	gutté	1	1
VNC284	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	8	78	gutté	1	1
VNC285	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	9	87	gutté	1	1
VNC287	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	13	97	gutté	1	1
VNC288	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	42	gutté	1	1
VNC289	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	34	gutté	1	1
VNC290	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1,6	48	gutté	1	1
VNC291	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	40	gutté	1	1
VNC292	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	31	gutté	1	1
VNC293	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1,2	41	gutté	1	1
VNC294	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1	36	gutté	1	1
VNC295	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1,9	46	gutté	1	1
VNC296	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1,1	42	gutté	1	1
VNC297	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1,1	41	gutté	1	1
VNC298	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	34	gutté	1	1
VNC299	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	33	gutté	1	1
VNC300	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	40	gutté	1	1
VNC301	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	0,5	35	gutté	1	1
VNC302	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1,1	35	gutté	1	1
VNC303	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1	39	gutté	1	1
VNC304	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	0,9	37	gutté	1	1
VNC305	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	41	gutté	1	1
VNC306	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	40	gutté	1	1
VNC307	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,3	31	gutté	1	1
VNC308	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	36	gutté	1	1
VNC309	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	0,2	24	gutté	1	1
VNC310	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	4	63	gutté	1	1
VNC311	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	2,5	53	gutté	1	1
VNC312	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	2	51	gutté	1	1
VNC313	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	4,3	67	gutté	1	1
VNC314	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	7	79	gutté	1	1

VNC315	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	2,3	53	gutté	1	1
VNC316	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1,1	44	gutté	1	1
VNC317	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,5	32	gutté	1	1
VNC318	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,3	32	gutté	1	1
VNC319	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	37	gutté	1	1
VNC320	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,3	31	gutté	1	1
VNC321	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	1	40	gutté	1	1
VNC322	PN/EAST COAST	21/04/2009	VF	0,6	36	gutté	1	1
VNC323	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1,2	43	gutté	1	1
VNC324	PN/EAST COAST	21/04/2009	VCR	1,1	40	gutté	1	1
VNC325	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4,4	57	gutté	1	1
VNC326	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4,5	60	gutté	1	1
VNC327	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	5	63	gutté	1	1
VNC328	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	0,6	32	gutté	1	1
VNC329	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4,5	58	gutté	1	1
VNC330	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4,5	60	gutté	1	1
VNC331	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	0,85	38	gutté	1	1
VNC367	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	VF	0,98	39	not gutté	1	1
VNC370	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	VF	0,8	35	not gutté	1	1
VNC376	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	VF	1,22	43	not gutté	1	1
VNC379	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	VF	6,3	74	not gutté	1	1
VNC381	PS/noumea/kiwada	17/06/2009	VF	3,8	61	not gutté	1	1
VNC383	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	3,65	61	not gutté	1	1
VNC384	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	4,35	45	not gutté	1	1
VNC385	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	5,3	70	not gutté	1	1
VNC386	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	2,7	55,5	not gutté	1	1
VNC387	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	3,5	61	not gutté	1	1
VNC388	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	5,05	70	not gutté	1	1
VNC389	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	5,05	70,5	not gutté	1	1
VNC390	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	2,95	58,5	not gutté	1	1
VNC391	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	2,4	55,5	not gutté	1	1
VNC400	PS/noumea/kiwada	20/06/2009	VF	1,85	49	not gutté	1	1
VNC332	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4,6	62	gutté	1	1
VNC333	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	5	69	gutté	1	1
VNC334	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	4	59	gutté	1	1
VNC335	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	3,6	58	gutté	1	1
VNC336	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	2,8	53	gutté	1	1
VNC337	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	0,6	31	gutté	1	1
VNC338	PN/EAST COAST	28/04/2009	VCR	3,1	55	gutté	1	1

Annexe 4:

Complete haplotype frequency table, suggest that *Etelis coruscans* from the Loyalty Islands (label number VNCO031 and VNCO039) have a higher number of sequences.

Haplotype number	Label	No. of sequences	Haplotype Length (bp)	Sequences belonging to haplotype
1	VNC026	5	380	VNC026
				VNC037
				VNC302
				VNC313
				VNC324
2	VNC027	1	380	VNC027
3	VNC028	4	379	VNC028
				VNC279
				VNC291
				VNC386
4	VNC030	1	379	VNC030
5	VNC031	35	379	VNC031
				VNC042
				VNC049
				VNC063
				VNC064
				VNC066
				VNC068
				VNC125
				VNC156
				VNC212
				VNC220
				VNC224
				VNC235
				VNC236
				VNC237

				VNC238
				VNC278
				VNC280
				VNC282
				VNC288
				VNC289
				VNC292
				VNC293
				VNC295
				VNC306
				VNC308
				VNC312
				VNC316
				VNC322
				VNC376
				VNC379
				VNC384
				VNC389
				VNC390
				VNC391
6	VNC032	3	379	VNC032
				VNC067
				VNC320
7	VNC033	2	379	VNC033
				VNC223
8	VNC035	2	380	VNC035
				VNC205
9	VNC036	4	380	VNC036
				VNC098
				VNC210
				VNC323
10	VNC038	2	380	VNC038

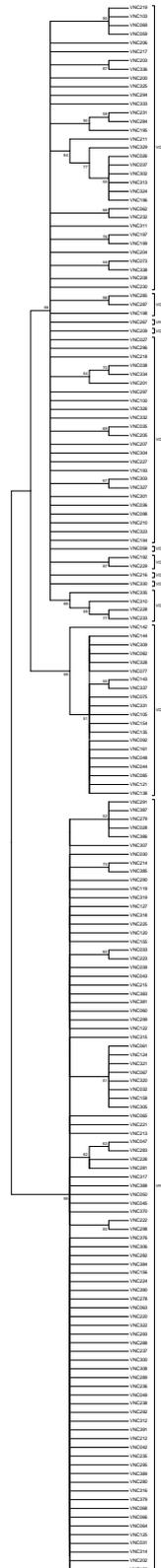
				VNC334
11	VNC039	8	379	VNC039 VNC043 VNC060 VNC122 VNC215 VNC299 VNC381 VNC383
12	VNC044	4	380	VNC044 VNC085 VNC121 VNC138
13	VNC045	4	379	VNC045 VNC050 VNC317 VNC388
14	VNC047	1	379	VNC047
15	VNC048	1	380	VNC048
16	VNC058	1	379	VNC058
17	VNC059	3	380	VNC059 VNC069 VNC219
18	VNC061	1	379	VNC061
19	VNC062	2	379	VNC062 VNC232
20	VNC065	1	379	VNC065
21	VNC073	1	379	VNC073
22	VNC075	1	380	VNC075
23	VNC077	1	380	VNC077
24	VNC082	3	380	VNC082 VNC144

				VNC309
25	VNC092	1	380	VNC092
26	VNC100	1	380	VNC100
27	VNC103	1	380	VNC103
28	VNC105	2	380	VNC105
				VNC331
29	VNC119	2	379	VNC119
				VNC319
30	VNC120	3	379	VNC120
				VNC155
				VNC225
31	VNC124	1	379	VNC124
32	VNC127	1	379	VNC127
33	VNC135	1	380	VNC135
34	VNC142	1	380	VNC142
35	VNC143	2	380	VNC143
				VNC337
36	VNC154	1	380	VNC154
37	VNC158	1	380	VNC158
38	VNC159	1	379	VNC159
39	VNC161	1	380	VNC161
40	VNC192	1	380	VNC192
41	VNC193	1	380	VNC193
42	VNC194	1	380	VNC194
43	VNC195	1	380	VNC195
44	VNC196	1	380	VNC196
45	VNC197	2	380	VNC197
				VNC199
46	VNC198	1	379	VNC198
47	VNC200	1	379	VNC200
48	VNC201	1	380	VNC201
49	VNC202	1	379	VNC202

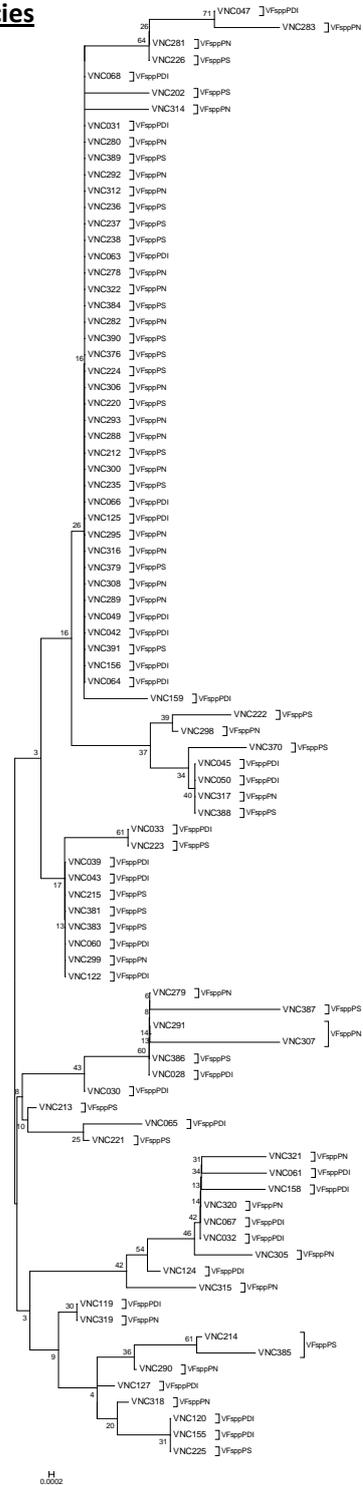
50	VNC203	2	379	VNC203 VNC336
51	VNC204	1	379	VNC204
52	VNC206	1	380	VNC206
53	VNC207	1	380	VNC207
54	VNC208	2	379	VNC208 VNC230
55	VNC209	1	380	VNC209
56	VNC211	1	380	VNC211
57	VNC213	1	379	VNC213
58	VNC214	1	379	VNC214
59	VNC216	1	380	VNC216
60	VNC217	1	379	VNC217
61	VNC218	1	380	VNC218
62	VNC221	1	379	VNC221
63	VNC222	1	379	VNC222
64	VNC226	2	379	VNC226 VNC281
65	VNC227	1	380	VNC227
66	VNC228	2	379	VNC228 VNC233
67	VNC229	1	380	VNC229
68	VNC231	1	380	VNC231
69	VNC267	1	380	VNC267
70	VNC283	1	379	VNC283
71	VNC284	1	380	VNC284
72	VNC285	2	379	VNC285 VNC287
73	VNC290	1	379	VNC290
74	VNC294	1	380	VNC294
75	VNC296	1	379	VNC296
76	VNC297	1	380	VNC297

77	VNC298	1	379	VNC298
78	VNC300	1	380	VNC300
79	VNC301	1	380	VNC301
80	VNC303	2	380	VNC303 VNC327
81	VNC304	1	380	VNC304
82	VNC305	1	379	VNC305
83	VNC307	1	379	VNC307
84	VNC310	1	379	VNC310
85	VNC311	1	379	VNC311
86	VNC314	1	379	VNC314
87	VNC315	1	379	VNC315
88	VNC318	1	379	VNC318
89	VNC321	1	379	VNC321
90	VNC325	1	379	VNC325
91	VNC326	1	380	VNC326
92	VNC328	1	380	VNC328
93	VNC329	1	380	VNC329
94	VNC330	1	380	VNC330
95	VNC332	1	380	VNC332
96	VNC333	1	379	VNC333
97	VNC335	1	379	VNC335
98	VNC338	1	379	VNC338
99	VNC370	1	379	VNC370
100	VNC385	1	379	VNC385
101	VNC387	1	379	VNC387

Annex 5: Phylogenetic tree using all data



Annex 6: Phylogenetic tree of *Etelis coruscans* (VF) species



Annex 7: Phylogenetic tree of *Etelis carbunculus* (VCR) species

