

Biologie et écologie du bec-de-cane, *Lethrinus nebulosus* (Forsskål), en Nouvelle-Calédonie

**Philippe Borsa, Michel Kulbicki,
Adeline Collet, Sarah Lemer, Gérard MouTham**

Opération ZoNéCo,
Rapport final

Borsa P., Kulbicki M., Collet A., Lemer S., Mou-Tham G. 2009. – Biologie et écologie du bec de cane, *Lethrinus nebulosus* (Forsskål), en Nouvelle-Calédonie. Rapport d'opération ZoNéCo. IRD, Nouméa, 67 pp.

Sommaire

Résumé	5
Abstract	6
1. Introduction	7
2. Matériels et méthodes	7
2.1 Echantillonnage	7
2.2 Analyses biologiques	9
2.3 Analyses génétiques	9
<i>Extraction de l'ADN</i>	9
<i>ADN mitochondrial : séquences de la région de contrôle</i>	13
<i>ADN mitochondrial : SSCP d'un fragment de l'ADNr 16S</i>	13
<i>Introns</i>	15
2.4 Analyse des données	15
Structure génétique des populations	15
3 Résultats	15
3.1 Biologie	15
<i>Distribution des tailles</i>	15
<i>Relations longueur-poids</i>	16
<i>Croissance</i>	17
<i>Alimentation</i>	23
<i>Reproduction</i>	23
3.2 Structure génétique spatiale	25
3.3 Captures	26
<i>Lignes à main</i>	26
<i>Palangres</i>	33
<i>Chaluts</i>	33
<i>Roténone</i>	33
3.4 Observations in situ	33
4 Discussion	38
4.1 Adéquation des méthodes d'échantillonnage	38
4.2 Populations et stocks	39
4.3 Traits de vie	40
4.4 Abondance, biomasse	44
4.5 Distributions spatiale et temporelle	45
5 Conclusion	49
Remerciements	50
Références bibliographiques	50
Annexes	55

Résumé : *Biologie et écologie du bec de cane, Lethrinus nebulosus (Forsskål), en Nouvelle-Calédonie.*

Le présent travail est une synthèse originale des connaissances accumulées ces deux dernières décennies sur la biologie et l'écologie du bec de cane, *Lethrinus nebulosus* (Forsskål), en Nouvelle-Calédonie, agrémentée de données nouvelles sur la génétique de ses populations, afin d'établir les bases biologiques de la gestion rationnelle de cette ressource.

Les becs-de-cane ont été capturés dans les lagons nord et sud-ouest de la Grande Terre et à Ouvéa, essentiellement à l'aide de lignes à main, à la palangre, par chalutage et par empoisonnement à la roténone. Un total de 2975 poissons ont été disséqués pour obtenir des informations sur leur taille, poids, sexe et alimentation. La longueur des mâles était en moyenne inférieure de 5 cm à celle des femelles. La taille maximale observée a été 69.5 cm et le poids maximal, 5.5 kg. A Ouvéa les tailles étaient inférieures à celles observées dans le lagon sud-ouest ou la Province Nord. La taille moyenne des becs-de-cane augmentait avec la distance à la côte, la profondeur et les teneurs en coraux ou en fonds durs, mais diminuait avec la couverture algale. Les tailles maximales ont été observées à 30-40 m de fond. A longueur égale, les individus étaient moins gros en Province Nord qu'à Ouvéa ou dans le lagon sud-ouest. Le poids à longueur donnée était plus grand entre mai et juillet, soit avant la période de reproduction. La croissance était quasiment linéaire, jusqu'à la première reproduction, vers 4-5 ans. Dans le lagon sud-ouest les becs-de-cane consommaient davantage de poissons, crustacés et échinodermes, et davantage de mollusques à Ouvéa et en Province Nord. Le régime alimentaire variait en fonction de la taille mais de façon hétérogène suivant la région. La proportion d'estomacs pleins diminuait en septembre-octobre, c'est-à-dire durant la période de reproduction. La sex-ratio était d'environ 58% de femelles et augmentait avec la taille (70% de femelles pour LF > 60 cm), ceci étant variable selon la région. La première reproduction avait lieu entre 35-45 cm et semblait plus précoce à Ouvéa.

L'analyse du polymorphisme génétique d'échantillons de becs-de-cane du lagon nord, d'Ouvéa et du lagon sud, au locus mitochondrial (séquences nucléotidiques de la région de contrôle et SSCP d'un fragment de l'ADNr 16S) et à trois locus introniques, n'a permis de détecter aucune hétérogénéité à cette échelle spatiale. Les différences biologiques et écologiques observées entre ces trois zones relèveraient donc de la plasticité phénotypique, mais celles-ci permettent néanmoins de distinguer trois stocks.

Les captures en nombre, poids ou proportion des prises totales étaient plus importantes à Ouvéa ; celles à la palangre étaient plus importantes dans le lagon sud-ouest qu'en Province Nord ; celles au chalut ont montré l'absence de juvéniles sur les fonds meubles mais les captures à la roténone et les observations visuelles en plongée ont montré l'importance des herbiers, algueraies et petits fonds détritiques pour les jeunes. Les densités et biomasses du bec de cane représentent moins de 1% des espèces observées en plongée, sauf sur les fonds de lagon où leur biomasse représente 3.5% du total. Les stocks de bec de cane seraient d'environ 10 000 tonnes pour l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie et Îles Loyauté (sans les Chesterfield). Cette espèce est vraisemblablement surexploitée dans les zones les plus peuplées (i.e. lagon sud-ouest, côte ouest).

Abstract : *Biology and ecology of spangled emperor, Lethrinus nebulosus (Forsskal), in New Caledonia.*

The present work is a synthesis of the knowledge cumulated over the last twenty years on the biology and ecology of spangled emperor, *Lethrinus nebulosus* (Forsskal), in New Caledonia, augmented with new information on its population genetics, to establish the bases for rational resource management.

Spangled emperors were captured in the northern and southwestern lagoons of Grande Terre and in the Ouvea lagoon, mainly using hand-lines, bottom long-lines, trawls and rotenone poisoning. In total, 2975 fishes were examined for length, weight, sex and gut content. Females were larger than males by 5 cm on average. The longest specimen caught was 69.5 cm FL and the heaviest weighed 5.5 kg. In Ouvea, sizes were smaller than in the southern lagoon or the Northern Province. Average size increased with distance to the coast, depth, coral cover and hard-substrate cover, but diminished with algal cover. The largest fishes were caught at 30-40 m. For a given size, individuals were lighter in the Northern Province than in Ouvea or the southern lagoon. For a given size, individuals were heavier in May- July, that is, before reproduction. Growth was nearly linear until first reproduction, occurring at 4-5 years of age. In the southern lagoon, spangled emperors ate more fish, crustaceans and echinoderms, while they ate more mollusks in Ouvea and the Northern Province. Diet varied with individual size but heterogeneously across regions. The proportion of full stomachs decreased in September-October, that is, during the reproductive period. Sex-ratio was 58% females, increased with size (70% females at FL > 60 cm) and varied with regions. First reproduction took place at 35-45 cm FL and seemed to occur earlier in Ouvea.

Samples from the northern and southern lagoons and Ouvea were analysed at the mitochondrial locus (nucleotide sequences of the control region and SSCP analysis of a fragment of 16S rDNA) and at three intron loci. No genetic heterogeneity was detected. The biological and ecological differences observed between those three geographic sites therefore could be ascribed to phenotypic plasticity, but they nevertheless allowed the distinction of three stocks.

Catches were the most important in Ouvea, in terms of either number, weight, or proportion of total catch; bottom long-line catches were more important in the southern lagoon than in the Northern Province; trawl catches indicated an absence of spangled emperor juveniles on soft bottoms, although rotenone catches and visual observations underwater demonstrated the importance of shallow sea-grass and algal beds, as well as rubble, for juveniles. Spangled emperors amount to less than 1% of the total fish biomass or density, except on mid-lagoon soft bottoms where their biomass was 3.5% of the total. Spangled emperor stocks may well reach around 10 000 tons for the entire New Caledonia - Loyalty region (the Chesterfield area excluded). Spangled emperors might well be over-exploited in those areas which have the highest human densities (i.e. southern lagoon and West coast).

Introduction

La gestion rationnelle d'une ressource vivante demande une bonne connaissance de sa biologie, de son écologie et de son utilisation par l'homme. Partant d'observations personnelles sur l'écologie et la biologie du bec-de-cane (*Lethrinus nebulosus*), nous avons émis plusieurs hypothèses testables sur sa structure en stocks à l'échelle de l'archipel de Nouvelle-Calédonie et des Loyauté (Borsa & Kulbicki 2004). Nous avons proposé à ZoNéCo de formaliser ces observations non publiées à ce jour, et d'y ajouter une étude génétique populationnelle visant à tester les hypothèses en question (voir Annexe A). Dans le présent rapport, nous proposons une synthèse de l'ensemble des connaissances (biologie, écologie, génétique des populations) acquises par l'IRD sur ce poisson lagonaire emblématique et de première importance commerciale, dont nous espérons qu'elle sera utile pour la gestion de ses populations.

Le bec-de-cane (Fig. 1), poisson marin côtier de la famille des Lethrinidae, présente une vaste répartition géographique dans l'Indo-Pacifique (Carpenter & Allen 1989 ; Carpenter 2001 ; Fig. 2). Celle-ci concerne l'ensemble de l'océan Indien tropical à l'exception de la côte est de l'Inde, et le Pacifique, où sa distribution s'interrompt au niveau des petites îles (Micronésie, Polynésie, Wallis, Rotuma). Cette espèce fréquente les grandes étendues sédimentaires des habitats récifo-lagonaires avec une préférence pour les fonds sableux immédiatement en arrière du récif-barrière. Ses juvéniles se rencontrent autour des récifs coralliens côtiers (Allen 1997 ; Laboute & Grandperrin 2000 ; Randall 2005 ; Froese & Pauly 2007). Sa chair, très prisée, en fait une espèce de première importance commerciale en Nouvelle-Calédonie et ailleurs dans l'Indo-Pacifique (Sanders et al. 1984 ; Baddar 1987 ; Moran et al. 1988 ; Williams & Russ 1991 ; Allen 1997 ; Laboute & Grandperrin 2000 ; Leopold et al. 2004). Le bec-de-cane est capturé essentiellement à la ligne ou à la palangre de fond (Carpenter 2001) ou encore à la nasse sur les côtes du nord-ouest australien (Anonyme 2004a). Son potentiel aquacole est, par ailleurs, avéré (Carpenter & Allen 1989).

Les informations sur la biologie du bec de cane sont abondantes mais éparées (Froese & Pauly 2007 ; Tableau 1). La croissance (Baillon 1990), la taille maximale (Froese & Pauly 2007) et la taille à première maturité sexuelle (Ebisawa 2006) du bec-de-cane semblent présenter une variabilité géographique importante. Des différences significatives des caractéristiques reproductives et des régimes alimentaires ont été observées entre les poissons capturés à Ouvéa aux Iles Loyauté et ceux pêchés dans le lagon sud-ouest (SW) ou le lagon nord (N) de la Nouvelle-Calédonie (Kulbicki et al. 1994 ; Kulbicki 1995 ; Kulbicki et al. 1996 ; Labrosse et al. 1997 ; Letourneur et al. 1997). Une hypothèse était l'existence de stocks séparés (Borsa & Kulbicki 2004 – Annexe A). Ceci nous a conduits à mener une analyse génétique populationnelle à partir d'échantillons de becs-de-cane d'Ouvéa, du lagon SW et du lagon N, présentée ici. En parallèle, nous avons compilé les informations disponibles à l'IRD de Nouméa pour rechercher d'éventuelles variations spatiales et saisonnières des caractéristiques biologiques et écologiques de cette espèce. Ce travail est complété par une revue de la littérature pour mieux situer les résultats acquis pour la Nouvelle-Calédonie et offrir la première monographie sur la biologie et l'écologie de cette espèce.

2 Matériel et méthodes

2.1 Echantillonnage

Les becs-de-cane, *Lethrinus nebulosus*, ont été capturés essentiellement selon trois méthodes : les lignes à main, les palangres et la roténone, quelques prises accessoires ayant été réalisées par chalutage, par la chasse à l'arbalète ou à l'aide de filets maillants. Les méthodes utilisées sont décrites en Annexes B-L [pour plus de détails voir Thollot (1992) pour les captures au filet maillant, Wantiez (1992) pour les chalutages et Kulbicki (2006) pour les lignes à main, les palangres et l'empoisonnement à la roténone]. Le détail des captures à la ligne et aux palangres



FIG. 1. - Bec-de-cane, *Lethrinus nebulosus*, spécimen n° MNHN 2007-1611 déposé au Muséum national d'histoire naturelle, Paris. Origine : marché de Nouméa, 13 janvier 2005 (n° z227 des collections de tissus de l'IRD Nouméa)

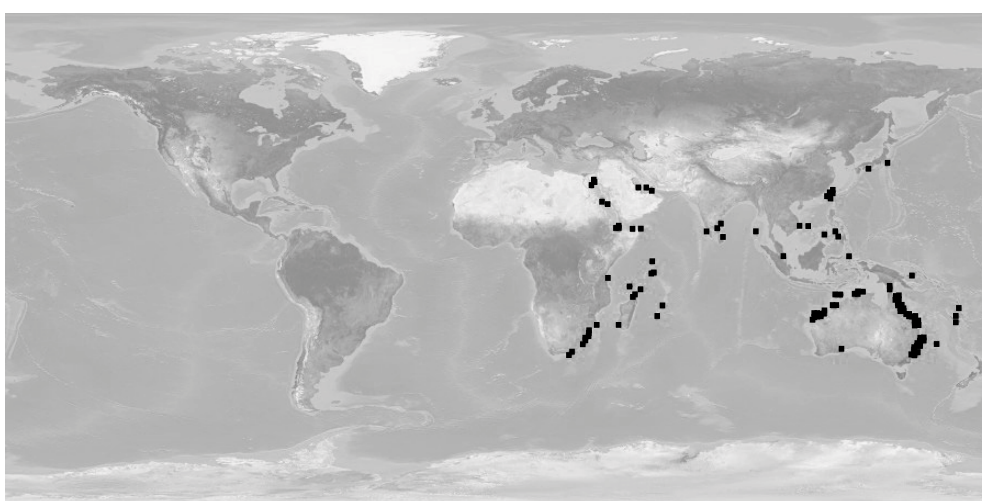


FIG. 2. - Distribution de *Lethrinus nebulosus* (FishBase : <http://www.fishbase.org/> ; consultation faite le 16 août 2007)

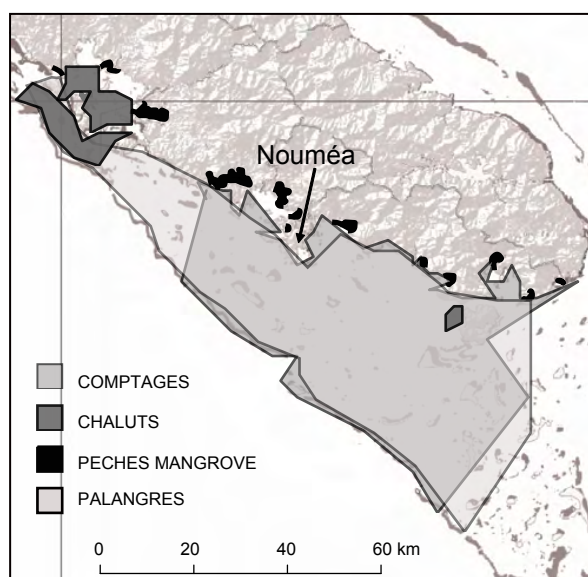


FIG. 3. - *Lethrinus nebulosus*. Zones d'échantillonnage dans le lagon sud-ouest (voir Tableau 2). Par souci de clarté, les pêches à la roténone, toutes effectuées entre la passe de Dumbéa et les passes de Boulari selon un gradient de la côte au large, n'ont pas été figurées

est indiqué dans Kulbicki et al. (1994) pour Ouvéa, dans Kulbicki et al. (1996), Labrosse et al. (1997) et Letourneur et al. (1997) pour la Province Nord et dans Kulbicki & Mou Tham (2006) pour le lagon SW. La ligne à main a été utilisée essentiellement à Ouvéa et en Province Nord. La pêche à la ligne peut se faire dans peu d'eau et à proximité des récifs, alors que la palangre ne peut être posée qu'à des profondeurs >7 m et les poses doivent être faites à une distance suffisante des récifs pour limiter la perte du matériel. Le même protocole d'échantillonnage a été utilisé à Ouvéa et en Province Nord, ce qui permet de comparer les résultats.

Les méthodes d'observation en plongée sont données en Annexes B-D. Les méthodes d'estimation des densités sont dans Kulbicki & Sarraména (1999). L'effort d'échantillonnage est indiqué au Tableau 2. La répartition spatiale des plongées est indiquée aux Figs. 3-6.

Les individus destinés aux analyses génétiques provenaient du lagon sud-ouest, du lagon nord, du lagon d'Ouvéa et de la côte sud-ouest de l'île de Bali. Ils ont été obtenus entre mai 2004 et février 2007 auprès de mareyeurs du marché de Nouméa (lagon sud-ouest, lagon nord), de pêcheurs à la ligne à Ouvéa et de revendeurs de Kedongan (Bali). Les deux spécimens de *Lethrinus lentjan* et deux *L. olivaceus* utilisés comme groupes externes pour l'arbre des séquences provenaient du lagon sud-ouest. Deux autres *L. olivaceus* provenaient de Bali. Le choix de *L. lentjan* et *L. olivaceus*, plutôt que d'autres espèces du genre *Lethrinus*, comme groupes externes à *L. nebulosus* dans la phylogénie mitochondriale est fortuit. La phylogénie mitochondriale des Lethrinidae établie par Lo Galbo et al. (2002) (Fig. 7) montre que *L. lentjan* est une espèce très proche de *L. nebulosus* au sein du clade des *Lethrinus* à dentition broyeuse et à corps haut, alors que *L. olivaceus* appartient au clade voisin des *Lethrinus* à dentition conique et à corps élancé.

2.2 Analyses biologiques

Les poissons étaient placés sur glace dès leur capture et congelés pour être analysés ultérieurement dans le cas où ils ne pouvaient pas être analysés dans les 24 heures. Les individus capturés ont été analysés pour leur taille, leur poids, leur contenu stomacal et leurs gonades. La taille (longueur à la fourche) a été mesurée au mm, le poids au gramme. Les proies contenues dans les estomacs ont été identifiées comme poissons, crabes, crevettes, autres crustacés, vers, bivalves, gastéropodes, céphalopodes, oursins de récif, oursins de fonds meuble, ou autres (« divers »). Crabes, crevettes et crustacés divers ont été parfois regroupés en une seule catégorie (« crustacés ») et bivalves et gastéropodes ont été parfois regroupés en une catégorie « mollusques ». Les proportions respectives de ces différentes catégories de proies (pourcentages du volume total) ont été évaluées visuellement. Les gonades ont été examinées macroscopiquement selon le protocole indiqué en Annexe M.

Les données de croissance présentées ici sont tirées de Loubens (1980a), qui a décompté les stries annuelles sur les otolithes, et de Baillon (1990), qui a étudié la densité des stries journalières sur les otolithes. Tous les poissons néo-calédoniens analysés par ces deux auteurs provenaient du lagon SW.

2.3 Analyses génétiques

Deux des individus analysés [z06 et z227 (Fig. 1) de la présente étude] ont été déposés comme échantillons-témoins au Muséum national d'histoire naturelle, Paris, sous les numéros de collection MNHN 2006-1293 et MNHN 2007-1611, respectivement. Des fragments de muscle de chacun des individus échantillonnés ont été préservés, dans l'alcool, dans les collections de tissus de poissons de l'IRD Nouméa.

Extraction de l'ADN – L'ADN de chaque individu a été extrait à partir de fragments d'environ 25 mg de nageoire ou de muscle conservés dans de l'éthanol, soit selon un protocole adapté de la méthode du phénol-chloroforme (Sambrook et al. 1989), soit à l'aide du kit "DNeasy® Tissue Kit" (Qiagen GmbH, Hilden, Allemagne) selon le protocole fourni par le fabricant. L'ADN a été conservé en solution dans l'eau ultrapure à -20°C dans des tubes numérotés.

TABLEAU 1. – Etudes réalisées à ce jour sur les traits de vie chez *Lethrinus nebulosus*

Trait de vie	Références
Distribution spatiale	Sainsbury 1987 ; Carpenter & Allen 1989 ; Sanders & Morgan 1989 ; Edwards et al. 1991 ; Harris et al. 1992 ; Beets 2000 ; Kulbicki et al. 2000 ; Letourneur et al. 2000 ; Carpenter 2001 ; Randall 2005 ; Nakamura & Tsuchiya 2008
Taille, relations allométriques	Walker 1975 ; Al Sakaff & Esseen 1999 ; Kulbicki et al. 2005
Croissance, longévité	Loubens 1978 ; Loubens 1980a ; Edwards et al. 1985 ; McPherson et al. 1985 ; Kuo & Lee 1986 ; Baddar 1987 ; Baillon 1990 ; Ibrahim et al. 1988 ; Morales-Nin 1988 ; Matthews & Samuel 1991 ; Harris et al. 1994 ; Grandcourt et al. 2006
Alimentation	Walker 1975 ; Walker 1978 ; Egrettaud 1992 ; Salini et al. 1994
Reproduction	Loubens 1980b ; Young & Martin 1985 ; Ebisawa 1990 ; Kuo & Lee 1990 ; Flynn et al. 2006
Comportement	Kulbicki 1998 ; Matthews & Samuel 1991 ; Arvedlung & Takemura 2006

TABLEAU 2. – *Lethrinus nebulosus*. Effort d'échantillonnage lors des principales campagnes de pêche et d'observation de l'IRD dans les lagons de Nouvelle-Calédonie. *N* nombre total d'individus examinés pour la biologie

Type d'échantillonnage	Région échantillonnée		
	Lagon SW	Province Nord	Ouvea
Transect*			
« Toutes espèces »	1477	228	214
« Espèces commerciales »	842	1041	0
Casier	69	43	–
Chalutage			
Poisson	44	5	–
Crevette	129	155	–
Palangre	737	206	26
Filet dormant			
Maillant	92	78	–
Capetchade	24	0	–
Ligne à main	40	363	128
Roténone	48	–	–
Biologie (N)	838	793	1344

* Le nombre de transects est donné en équivalents-transects de 50 m comptés des deux côtés

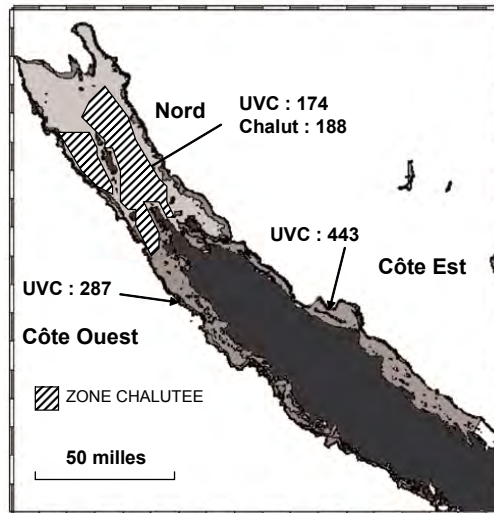


FIG. 4. - *Lethrinus nebulosus*. Emplacement des zones de chalutage et de comptage en plongée (UVC) en Province nord. Les chiffres indiquent le nombre de stations

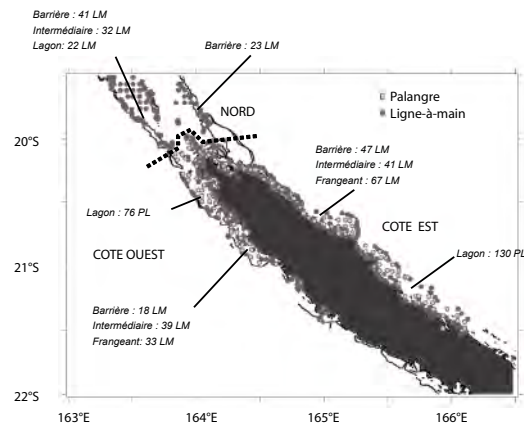


FIG. 5. - *Lethrinus nebulosus*. Emplacement des stations de pêche à la palangre (PL) ou avec des lignes à main (LM) en Province nord

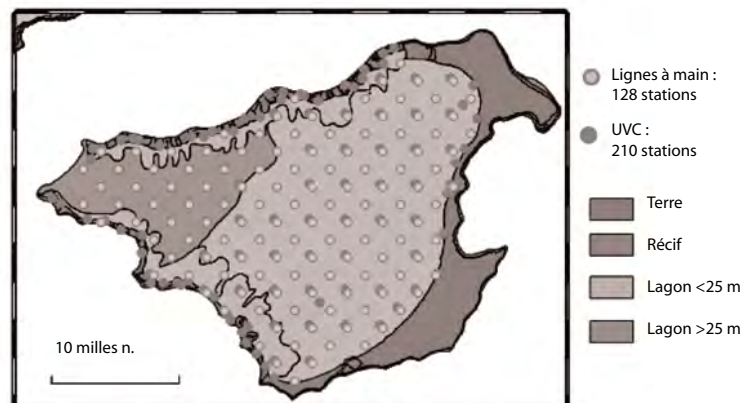


FIG. 6. - *Lethrinus nebulosus*. Emplacement des stations de plongée et de pêche expérimentale à Ouvéa

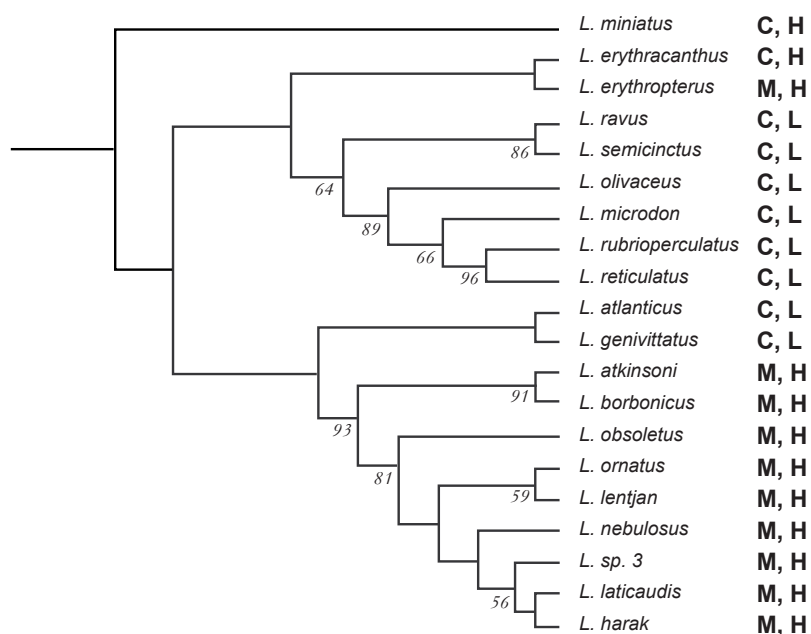


FIG. 7. - Phylogénie mitochondriale (locus du cytochrome *b*) des espèces du genre *Lethrinus* : arbre de parcimonie des séquences (modifié d'après Lo Galbo et al. 2002). Les nombres désignent les pourcentages d'occurrence des noeuds en vis-à-vis, après ré-échantillonnage par bootstrap. *C* dentition cônica ; *M* dentition molariforme ou sub-molariforme ; *H* corps haut ; *L* corps élancé

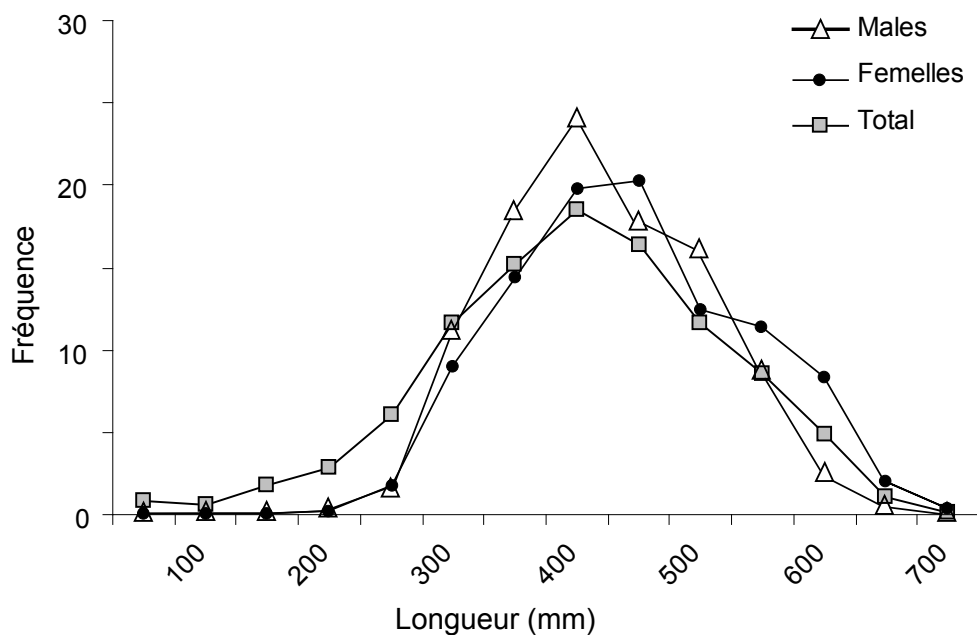


FIG. 8. - *Lethrinus nebulosus*. Distribution des longueurs des poissons capturés, toutes méthodes et régions confondues. *Total* ensemble des poissons capturés (mâles, femelles et indéterminés)

ADN mitochondrial : séquences de la région de contrôle – L'analyse moléculaire de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial a porté sur 85 *L. nebulosus* échantillonnés en Nouvelle-Calédonie (lagon SW : N=49 ; lagon N : N=9 ; origine indéterminée : N=1), à Ouvéa (N=21) et à Bali (N=5) – un échantillon extérieur était nécessaire. Deux espèces phylogénétiquement proches (LoGalbo et al. 2002) ont été utilisées comme groupes externes : *L. lentjan* (Nouvelle-Calédonie : N=2) et *L. olivaceus* (Bali : N=2 ; Nouvelle-Calédonie : N=2). La liste complète des individus soumis à l'analyse génétique est fournie en Annexe N, Tableau N1.

Les ADN extraits ont été soumis à l'amplification par la réaction de polymérisation cyclique (PCR) d'un fragment de 423 pb de la région de contrôle en utilisant les amorces *L-Pro* et *H-16498* de Meyer et al. (1990, 1994) (Tableau 3). Les amorces ont été synthétisées par MWG-Biotech (Ebersberg, Allemagne). Les réactions d'amplification ont été réalisées dans des plaques de polypropylène de 96 puits (Thermo-Fast® 96, Skirted : ABgene, Epsom, UK) contenant chacun 10 µl de mélange réactionnel [1µl d'ADN, 2.0 mM MgCl₂, 4.8 mM dNTPs, 0.5 µl de chaque amorce et 1 µl de *Taq* polymérase (Sigma-Aldrich, St Louis MO, USA) dans son tampon 1X (Sigma-Aldrich), le volume final étant complété par de l'eau Nanopure™ (Millipore, Molsheim, France)], dans un thermocycleur Robocycler 96 Gradient (Stratagene, La Jolla CA, USA). Le programme de PCR consistait en 3 min de dénaturation (95°C), suivies de 35 cycles de 1 min de dénaturation (95°C) / 45 secondes d'hybridation (53°C) / 1 minute d'élongation (72°C), suivis d'une phase finale d'élongation (10 min à 72°C). La qualité (abondance et spécificité) de l'amplification a été vérifiée par migration des produits amplifiés (4 µl) dans un gel d'agarose à 1.5% [0.75 g d'agarose, 50 ml de tampon TAE 1X (Sambrook et al. 1989), 2 µl de bromure d'éthidium]. La migration se faisait à 100 V pendant 50 min dans du tampon TAE 1X. Le résultat de la migration était ensuite observé par fluorescence sous lampe UV.

Les ADN amplifiés ont été expédiés par courrier à MacroGen (Séoul, Corée du Sud). Les chromatogrammes et les séquences ont été récupérés sur le site internet de MacroGen (<http://www.dna.macrogen.com/>).

ADN mitochondrial : SSCP d'un fragment de l'ADNr 16S – Le gène de l'ARNr 16 S a été amplifié grâce au couple d'amorces spécifique des Lethrinidae "*Leth 16S*" (Tableau 3), désigné à partir de l'alignement de *Lethrinus ornatus* (GenBank AF247446), *Lethrinus rubrioperculatus* (GenBank AF247447) et *Beryx splendens* (GenBank AY141406). Ces amorces ont été fabriquées par Sigma Genosys, Australie.

Les réactions d'amplification ont été réalisées dans 25 µl d'un mélange réactionnel comprenant 2 µl d'ADN en solution, 1 X tampon Taq (Promega, Madison WI, USA), 2 mM MgCl₂, 0.64 mM dNTP mix, 0.1 µM de chaque amorce et 0.03 U de Taq DNA polymerase (Promega). Après un premier cycle de dénaturation de 2 min à 95°C, 35 cycles de PCR (dénaturation : 45 s à 95°C, hybridation : 45 s à 51°C, élongation : 1 min à 72°C) ont été réalisés à l'aide d'un thermocycleur RoboCycler Gradient 96 (Stratagene, Cedar Creek TX, USA). Enfin, les réactifs ont été soumis à un dernier cycle d'élongation de 10 min à 72°C.

Après ajout de 6 µl de tampon de charge dénaturant (formamide 95%, NaOH 10mM, bleu de bromophenol 84%, glycérol 5%) dans chaque puits de la plaque PCR, celle-ci est chauffée pendant 5 min à 95°C. Cette phase permet de séparer les deux brins de l'ADN. Sous cette forme simple-brin, l'ADN est soumis à une électrophorèse dans un gel vertical non-dénaturant de polyacrylamide MDE 1X (FMC corporation, Rockland, USA), dans lequel il se replie sur lui-même pour adopter une conformation spécifique. Deux gels sont réalisés simultanément et la migration se fait pendant la nuit (14 heures) à 2W dans un tampon d'électrophorèse TBE 0.6X. L'ADN a ainsi fait l'objet d'analyses du polymorphisme de conformation simple-brin ou single-stranded conformation polymorphism (SSCP) (Orita et al. 1989 ; Desmarais et al. 1995), parfois utilisées en diagnostic médical pour la détection de mutations ponctuelles, et appliquées par l'un de nous (P.B.) aux données de polymorphisme de l'ADN mitochondrial chez les poissons marins (Hoarau & Borsa 2000 ; Borsa & Quignard 2001 ; Perrin & Borsa 2001 ; Borsa 2003 ; Rohfritsch & Borsa 2005). Les mutations sont mises en évidence par comparaison des patterns obtenus après migration de ces fragments courts d'ADN sur gel non-dénaturant et révélation par coloration au nitrate d'argent selon un protocole adapté du manuel technique de Promega.

TABLEAU 3. - *Lethrinus nebulosus*. Amorces utilisées pour l'amplification par PCR de fragments du génome mitochondrial et de marqueurs introniques nucléaires

Gène (intron n°), amorce	Séquence (5' – 3')	Référence
ARNr 16 S <i>Leth 16S 3'</i> <i>Leth 16S 5'</i>	5'- GCC CAA CCA AAG ACA TTA GGG CAG -3' 5'- GAC CCG TAT GAA TGG CAT AAC GAG -3'	Borsa et al. (2005)
Control region <i>H-16498</i> <i>L-Pro</i>	5'- CCT GAA GTA GGA ACC AGA TG -3' 5'- AAC TCT CAC CCC TAG CTC CCA AAG -3'	Meyer et al. (1990, 1994)
Aldolase B (1) <i>Aldo B 1.1F</i> <i>Aldo B 1R</i>	 5'-GCTCCAGGAAAGGGAATCCTGGC-3' 5'-CCTTTGTCGAAAACCTTGATGCC-3'	Lemaire 2001 ; Rohfritsch & Borsa 2005
Gonadotropin-releasing hormone 3 (1) <i>GnRH 1 F</i> <i>GnRH 1R</i>	 5'-AATGCACCACATGCTAACAAGGC-3' 5'-CGCACCATCACTCTGCTGTTCGC-3'	Hassan et al. 2002 ; Rohfritsch & Borsa 2005

TABLEAU 4. – Résultat du modèle linéaire liant la taille observée en plongée (*Longueur*) aux facteurs du milieu. *Wald* statistique de Wald (Agresti 1996) ; *P* probabilité de l'observation sous l'hypothèse nulle (aucun effet du facteur)

Facteur	Coefficient	Erreur Standard	Wald	<i>P</i>
-	A ₀ = 3.167269	0.045516	4842.233	0.000000
Profondeur moyenne (<i>Profondeur</i>)	A ₁ = 0.018846	0.003915	23.168	0.000001
%sable-vase (<i>FondsMeubles</i>)	A ₂ = -0.000157	0.000541	0.084	0.771575
% fonds durs (<i>FondsDurs</i>)	A ₃ = 0.002013	0.000470	18.325	0.000019
% corail-vivant (<i>Corail</i>)	A ₄ = 0.005384	0.000541	99.133	0.000000
% algues-herbiers (<i>Algues</i>)	A ₅ = -0.009588	0.000524	335.186	0.000000
<i>Biotope</i>				
Habitat frangeant	A ₆₁ = -0.258327	0.027247	89.886	0.000000
Milieu de lagon	A ₆₂ = -0.105611	0.026820	15.506	0.000082
Barrière récifale	A ₆₃ = 0.191507	0.021663	78.151	0.000000

TABLEAU 5. – Résultats du modèle [3]. *P* probabilité de l'observation sous l'hypothèse nulle (absence de relation)

Facteur	SC	ddl	MC	<i>F</i>	<i>P</i>
Lieu	0.14271	2	0.071356	13.50280	0.000002
Sexe	0.00085	1	0.000848	0.16039	0.688846
Mois	0.21216	11	0.019288	3.64981	0.000038
Profondeur (m)	0.00477	1	0.004768	0.90226	0.342295

Introns – Des introns de gènes de l'aldolase B (*Aldo-B*) et de l'hormone de régulation de la gonadotropine (*GnRH*) ont été amplifiés par PCR à l'aide de deux paires d'amorces oligonucléotidiques (Tableau 3) préalablement définies sur des alignements de séquences nucléotidiques. Les amorces amplifiant l'intron 1 du gène de l'aldolase B ont été dessinées à partir des alignements des premiers et deuxièmes exons homologues des espèces suivantes : *Dicentrarchus labrax* (Lemaire 2001), *Sparus aurata* (GenBank X82278) et *Salmo salar* (GenBank AF067796). La même approche avait permis de dessiner les amorces pour l'intron 1 du gène de la GnRH 3 (Rohfritsch & Borsa 2005). Les PCR ont été réalisées dans 15 µl d'un mélange réactionnel comprenant 1.2 µl d'ADN, 1.5 µl de tampon 10X (Sigma), 1.5 mM MgCl₂, 0.64 mM dNTPs, 0.3 µM d'amorces et 0.2 U de Taq DNA polymerase (Sigma). Les cycles d'amplification par PCR étaient les mêmes que ceux décrits pour les anchois (Borsa et al. 2005), à ceci près que la température d'*annealing* était ici 52°C.

La séparation des 2 brins de l'ADN (dénaturation) s'est faite par ajout de bleu de charge dénaturant et dénaturation par la chaleur (5 minutes à 95°C). Les fragments d'ADN ainsi amplifiés puis dénaturés ont été chargés dans un gel d'acrylamide [urée 7M, acrylamide:bis-acrylamide (29:1) solution 6%, TBE 1X] pour une migration à 50 W dans un tampon de migration TBE 1X, le temps de migration étant fonction du marqueur étudié. Enfin, les bandes correspondant à chaque allèle ont été détectées par coloration au nitrate d'argent (Kit Promega). Les gels ont été photographiés et la distance parcourue par les fragments d'ADN à travers le gel a été mesurée pour déterminer les migrations (tailles) relatives des allèles.

2.4 Analyse des données

Structure génétique des populations – Les séquences ont été alignées à l'aide du logiciel BIOEDIT (Hall 1999).

L'arbre de *Neighbor-Joining* (NJ : Saitou & Nei 1987) a été construit à partir de la matrice des distances nucléotidiques de Kimura 2-paramètres, en activant l'option "PAIRWISE-DELETION" de MEGA 3.1 (Kumar et al. 2005). La robustesse des nœuds de l'arbre a été testée par la méthode du bootstrap (Efron 1982 ; Felsenstein 1985). Pour cela, mille pseudo-matrices de séquences ont été obtenues par ré-échantillonnage aléatoire des colonnes, à l'aide de MEGA 3.1. La racine a été déterminée à l'aide d'un groupe externe (un échantillon au hasard d'haplotypes de *L. lentjan* et *L. olivaceus*) sur l'arbre de NJ construit avec MEGA 3.1 (Kumar et al. 2004).

Les relations entre haplotypes ont été présentées sous la forme d'un réseau de parcimonie (*Maximum Parsimony* : Fitch 1971), construit selon l'algorithme du *Median-Joining* (Bandelt et al. 1999) à l'aide de NETWORK 4.2.0.1 (<http://www.fluxus-engineering.com/>).

Les valeurs du paramètre de structure de population de S. Wright, *F_{st}*, ont été estimées à l'aide du logiciel GENETIX (Belkhir et al. 2000). L'analogue moléculaire (*Φ_{st}* : Excoffier et al. 1992) de *F_{st}*, a été estimé à l'aide de l'algorithme d'analyse moléculaire de variance (AMOVA) proposé dans ARLEQUIN (Excoffier et al. 2005). La significativité des valeurs de *F_{st}* et *Φ_{st}* a été testée à l'aide de tests de permutations aléatoires.

3 Résultats

3.1 Biologie

Distribution des tailles – Nous disposons de deux types de tailles, d'une part celles mesurées sur les poissons capturés, d'autre part celles estimées des poissons observés en plongée. Ces dernières sont moins précises car soumises à la subjectivité de l'observateur qui, jusqu'à plusieurs mètres de distance, les évalue visuellement. Un observateur entraîné fait en moyenne une erreur de 10% sur la longueur d'un poisson in situ (Harvey et al. 2001, 2002).

Les poissons capturés avaient une taille comprise entre 5 cm et 70 cm, avec une distribution unimodale (Fig. 8). La longueur des mâles était en moyenne inférieure de 5 cm à celle des femelles.

La taille maximale observée était 69.5 cm (LF) pour un poids de 5.1 kg et le poids maximal enregistré était 5.5 kg pour une longueur de 68 cm (LF), ces deux individus étant des femelles. Il existait des différences importantes entre les trois régions échantillonnées dans la distribution des fréquences de longueur (Fig. 9). Les plus petits poissons ont été capturés à la roténone dans les herbiers du lagon SW. Cette méthode n'a pas été utilisée dans les deux autres régions. Les poissons étaient dans l'ensemble moins grands à Ouvéa que dans les deux autres régions. La taille des poissons capturés à la ligne augmentait à mesure qu'on s'approchait du récif barrière. Les distributions des tailles confirment la taille plus importante des femelles. En particulier, il y avait peu de mâles au-delà de 55 cm dans le lagon SW et dans la Province Nord ; les femelles de taille >45 cm dominaient les captures à Ouvéa. La taille des poissons capturés variait avec la profondeur (Fig. 10), avec en particulier des tailles moyennes plus petites avant 20 m de fond et au-delà de 50 m. La grande majorité des poissons immatures ont été capturés à moins de 20 m. Ce pattern a été observé dans les trois régions. Il n'y avait pas de différence entre sexes dans la distribution des tailles selon la profondeur (Fig. 10).

Les observations en plongée ont porté sur des poissons plus petits que ceux capturés à la ligne (Fig. 11). Contrairement aux captures, où la distribution était unimodale et symétrique, avec un mode à ~45 cm, la distribution des poissons observés en plongée comportait trois modes : < 10 cm, 20 cm et 35 cm (Fig. 11). Les poissons de taille > 50 cm étaient rares dans les observations visuelles en plongée. Il y a plusieurs explications à cela : (1) pour des raisons de sécurité, les plongées ont été effectuées dans au plus 15 m, une zone peu fréquentée par les gros becs-de-cane ; (2) les gros individus sont craintifs et évitent les observateurs, ces poissons étant par ailleurs difficiles à repérer à plus d'une dizaine de mètres, même en eau claire. Les observations en plongée ont mis en évidence des différences selon l'habitat, les poissons les plus petits étant observés sur le récif frangeant et les plus gros sur le récif barrière (Fig. 12). La taille moyenne des poissons observés en plongée a été analysée à l'aide du modèle linéaire suivant :

$$\text{Longueur} = A_0 + A_1 \cdot \text{Profondeur} + A_2 \cdot \text{FondsMeubles} + A_3 \cdot \text{FondsDurs} + A_4 \cdot \text{Corail} + A_5 \cdot \text{Algues} + \text{Biotope} + \text{erreur}$$

où A_{0-5} sont des coefficients, *Profondeur* est la profondeur de l'observation, *FondsMeubles*, *FondsDurs*, *Corail* et *Algues* varient de 0 à 100% selon le pourcentage de couverture de la zone échantillonnée en fonds meubles, fonds durs, coraux et algues, respectivement et où *Biotope* comprend les catégories « fonds meubles », « récif frangeant », « récif intermédiaire » et « récif barrière ». Tous les facteurs analysés se sont révélés significatifs à l'exception de *FondsMeubles* (Tableau 4). En particulier, la taille moyenne des becs-de-cane augmentait avec la profondeur et les teneurs en coraux ou en fonds durs, mais diminuait avec la couverture algale, ceci étant dû à la fréquentation des algueraies par les juvéniles de cette espèce. Cette analyse a confirmé la taille plus faible observée sur les récifs frangeants et les récifs de milieu de lagon, comparés au récif-barrière. Les résultats de ce modèle sont confirmés par une analyse graphique (Fig. 13). En particulier, on note que les juvéniles se trouvaient essentiellement sur le récif frangeant, dans des zones à faible couverture corallienne et à forte couverture algale. De façon générale, les plus gros individus se trouvaient de préférence sur le récif barrière, dans au moins 5 m d'eau dans des zones sans algues et où la couverture corallienne est entre 0 % et 10 %.

Relations longueur-poids – Au total, 2 973 individus ont été analysés pour les relations longueur-poids. Ce type de relation varie chez les poissons en fonction : (1) du sexe, les femelles ayant en général un poids supérieur aux mâles à longueur égale ; (2) de la saison : les individus matures sont en général plus lourds avant qu'après la ponte ; (3) du lieu : beaucoup d'espèces montrent des différences de poids, à longueur égale, en fonction du lieu, les individus étant plus lourds, à longueur égale, dans les zones où la nourriture est plus abondante ou plus riche (ex. Jakob et al. 1996 ; Pothoven et al. 2001). Pour ces raisons, nous avons tenté de prendre en compte l'ensemble de ces facteurs dans l'analyse des relations longueur-poids.

Dans un premier temps, seuls les individus dont le sexe a pu être identifié ont été retenus (2 441 poissons). Les relations entre taille et poids sont du type :

$$W = a L^b \quad [1] \text{ (Kulbicki et al. 2005)}$$

où L est la longueur en mm, W le poids en g et a et b des coefficients. Cette relation se linéarise en transformant L et W en $\log_e(L)$ et $\log_e(W)$, la relation s'écrivant alors :

$$\log_e(W) = a' + b \log_e(L) \quad [2]$$

L'analyse des 2 441 poissons sexés a donné pour équation :

$$W = 0.0293 \cdot L_F^{2.875}$$

avec L_F = longueur à la fourche en cm. La corrélation ($r^2 = 0.985$) de ce modèle [2] était très forte comme en témoigne la faible dispersion des points (Fig. 14), ce qui est fréquent pour ce type de relation allométrique. Les effets du sexe, de la saison et de la profondeur ont été ensuite testés sur les résidus (différences entre les valeurs estimées par le modèle et les valeurs observées) de ce modèle par un modèle linéaire :

$$\text{Résidus [2]} = A_0 + A_1 \cdot \text{Sexe} + A_2 \cdot \text{Saison} + A_3 \cdot \text{Profondeur} + \text{erreur} \quad [3]$$

où *Sexe* = mâle, femelle ou indéterminé ; *Saison* = mois de la capture, de 1 à 12 ; *Profondeur* = profondeur de capture. Ce modèle a montré un effet très significatif du lieu et de la saison (mois) (Tableau 5), mais l'absence d'effet lié au sexe ou à la profondeur. Une analyse graphique des effets de ces deux facteurs significatifs sur les résidus (Figs. 15A, 15B) a montré :

- (1) les becs-de-cane étaient moins gros, à longueur égale, en Province Nord qu'à Ouvéa ou dans le lagon SW (ces deux dernières régions n'étant pas différentes) ; nous n'avons pas d'explication pour le moment de cette différence entre régions ;
- (2) les becs de cane étaient plus gros (pour une taille donnée) entre les mois de mai et juillet ; cet embonpoint est vraisemblablement lié à la reproduction ;
- (3) nous n'avons pas décelé de différence significative en fonction du sexe alors que ce facteur est souvent significatif dans les relations longueur-poids (Bolger & Connolly 1989).

Croissance – Deux études de la croissance ont été réalisées, indépendamment l'une de l'autre, sur le bec de cane en Nouvelle-Calédonie. Il s'agit, d'une part, des travaux de Loubens (1978, 1980b) qui a utilisé les stries annuelles d'accroissement sur les otolithes, et, d'autre part, des travaux de Baillon (1990) qui s'est basée sur la densité des stries journalières. Les deux méthodes donnent des résultats a priori divergents, la méthode de Baillon (1990) (Tableau 6) donnant pour la Nouvelle-Calédonie une croissance beaucoup plus rapide que la méthode utilisée par Loubens (1980b) (Tableau 6). Il est probable que les deux méthodes présentent des problèmes. Tout d'abord chacune obtient des L_∞ peu réalistes. En effet L_∞ doit être assez proche de la taille maximale observée pour l'espèce, bien que L_∞ n'ait pas de signification biologique ou écologique avérée. Pour Loubens (1980b), on a une sous-estimation et pour Baillon (1990), une forte surestimation.

En l'absence de validation acceptable (voir cependant Grandcourt et al. 2006), par exemple à l'aide de marquages, il est pour le moment très difficile de dire quelle est la croissance réelle de cette espèce. Ceci est malheureusement vrai de la plupart des Lethrinidae (Brown & Sumpton, 1998 ; Azemia et al. 2000). On peut cependant considérer que le bec-de-cane a une croissance relativement linéaire jusqu'à sa maturité sexuelle (entre 350 mm et 450 mm), taille après laquelle la croissance en longueur ralentit, sans doute due à une implication importante dans l'effort de reproduction (voir ci-dessous, chapitre « Reproduction »).

TABLEAU 6. – Récapitulatif des valeurs de L_{inf} et k pour différentes régions obtenues à partir d'analyses d'otolithes et estimation des longueurs (cm) entre 1 an (L_1) et 7 ans (L_7). L type de longueur utilisée par les auteurs. NC Nouvelle-Calédonie ; PNG Papouasie Nouvelle-Guinée

Auteur	Région	Méthode	L	L_{inf} init.	L_{inf} util.	K	t_0	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7
Loubens (mâles)	NC	Otolithes	LS	50.9	70.0	0.22	0	13.8	24.9	33.8	41.0	46.7	51.3	55.0
Loubens (femelles)	NC	Otolithes	LS	54.3	74.1	0.21	0	14.0	25.4	34.6	42.1	48.2	53.1	57.1
Baillon	NC	Otolithes	LF	227	227.0	0.05	-0.1	12.3	23.4	33.9	43.9	53.3	62.3	70.8
Morales-Nin	NC	Otolithes	LS	55	75.0	0.39	0	24.2	40.6	51.7	59.2	64.3	67.7	70.1
Baillon	Fiji	Otolithes	LF	96	96.0	0.16	0.74	3.9	17.5	29.1	39.0	47.4	54.6	60.7
Baillon	Queensland	Otolithes	LF	57.6	57.6	0.59	0.93	2.3	27.0	40.6	48.2	52.4	54.7	56.0
McPherson	Queensland	Otolithes	LS	48	66.5	0.39	0	21.5	36.0	45.8	52.5	57.0	60.1	62.1
Grandcourt (mâles)	Golfe Persique	Otolithes	LF	69	69.0	0.1	-3.3	24.1	28.4	32.3	35.7	38.9	41.8	44.4
Grandcourt (femelles)	Golfe Persique	Otolithes	LF	65.2	65.2	0.11	-2.9	22.7	27.2	31.1	34.7	37.9	40.7	43.3
Dalzell	Aden	Otolithes	LF	87	87.0	0.09	0.54	3.5	10.7	17.3	23.3	28.8	33.8	38.4
Baddar	Koweït	Otolithes	LF	62.7	62.7	0.19	0	10.8	19.8	27.2	33.4	38.5	42.6	46.1
Wright	PNG	ELEFAN	LF	55.8	55.8	0.31	0	14.9	25.8	33.8	39.7	44.0	47.1	49.4
Dalzell	Fiji - Centre	Suivi de cohortes	SL	64.6	86.5	0.16	0	12.8	23.7	33.0	40.9	47.6	53.4	58.3
Dalzell	Fiji- Ouest	Suivi de cohortes	SL	62.3	83.8	0.17	0	13.1	24.1	33.5	41.3	48.0	53.6	58.3
Dalzell	Fiji- Nord	Suivi de cohortes	SL	50.2	69.1	0.21	0	13.1	23.7	32.3	39.3	44.9	49.5	53.2
Wright	PNG	Petersen	LF	54.7	54.7	0.41	0	18.4	30.6	38.7	44.1	47.7	50.0	51.6
Edwards et al.	Aden	A vérifier	LF	84.0	84.0	0.09	0	7.5	14.3	20.6	26.3	31.5	36.3	40.7
Aldonov & Druzhinin	Aden	Ecaïlles	LF	71.6	71.6	0.21	0	13.6	24.6	33.5	40.7	46.5	51.3	55.1
Aldonov & Druzhinin	Aden	Ecaïlles+ Ford-Waldford	LF	85.9	85.9	0.1	0	8.3	15.7	22.5	28.5	34.1	39.0	43.5
Carpenter & Allen	Aden	Unknown	LT	86	84.0	0.1	0	8.0	15.2	21.8	27.7	33.1	37.9	42.3
Carpenter & Allen	Aden	Unknown	LF	87	87.0	0.1	0	8.3	15.8	22.5	28.7	34.2	39.3	43.8
Carpenter & Allen	Aden	Unknown	LF	99.9	99.9	0.09	0	8.6	16.5	23.6	30.2	36.2	41.7	46.7
Kuo (mâles)	NW- Australie	Vertèbres	LF	61.1	61.1	0.11	-0.9	11.0	16.1	20.6	24.7	28.3	31.6	34.6
Kuo (femelles)	NW- Australie	Vertèbres	LF	52.7	52.7	0.13	-1.2	12.6	17.4	21.6	25.3	28.6	31.5	34.0

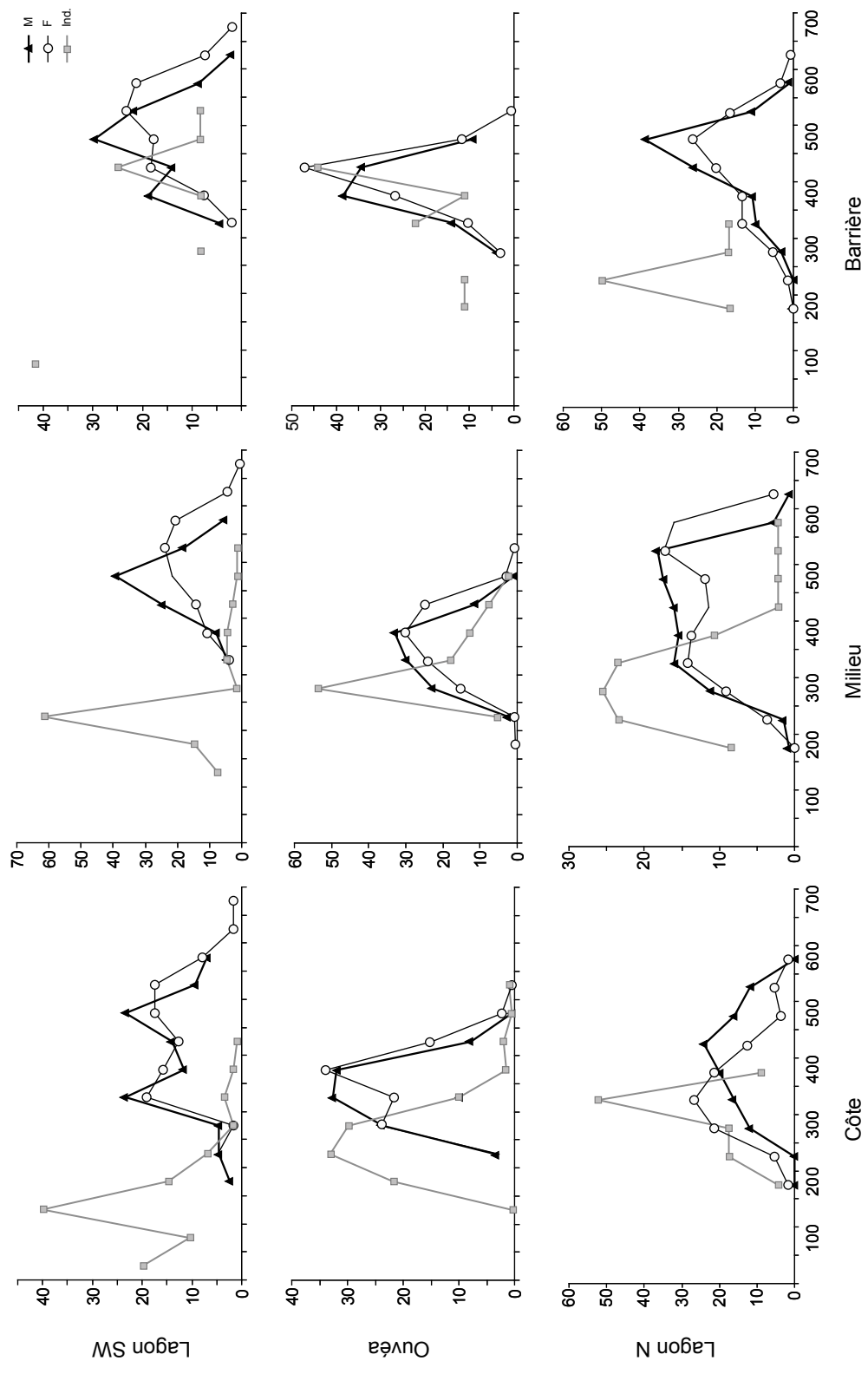


FIG. 9. - *Lepturus nebulosus*. Distribution des longueurs (mm) en fonction de la zone échantillonnée (Lagon N, Ouvéa, Lagon SW) et de la position dans le lagon (Côte, Milieu, Barrière). M mâles ; F femelles ; Ind. indéterminés.

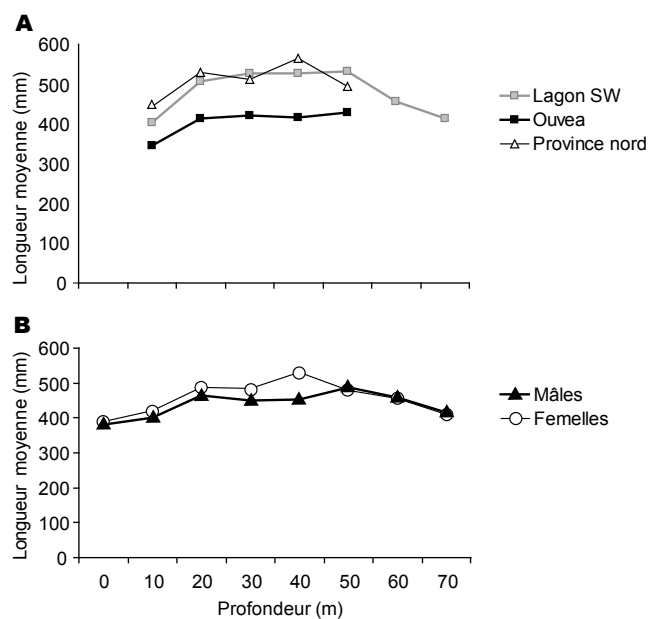


FIG. 10. - *Lethrinus nebulosus*. Variations de la taille en fonction de la profondeur (A) selon la région (tous les individus sont pris en compte) ; (B) selon le sexe (seuls les individus sexés sont pris en compte)

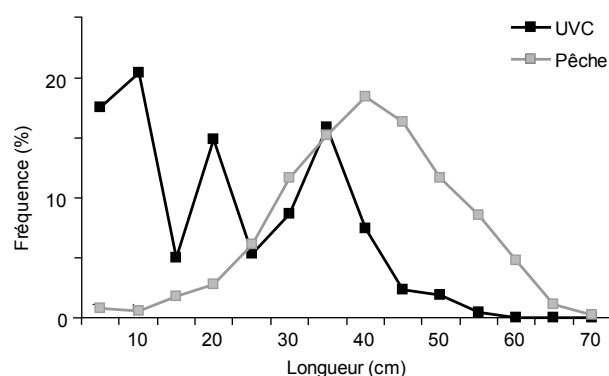


FIG. 11. - *Lethrinus nebulosus*. Fréquences de longueur des poissons observés en plongée (UVC : $N = 3082$) et de ceux capturés à la ligne (Pêche : $N = 2971$)

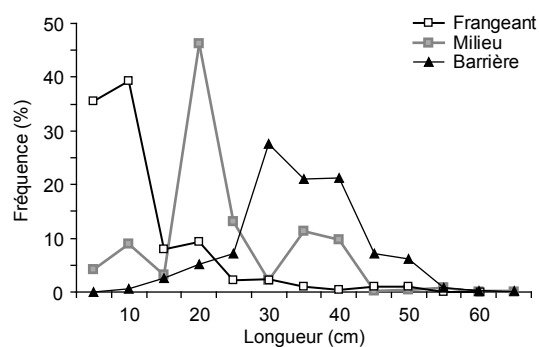


FIG. 12. - *Lethrinus nebulosus*. Variations de la longueur individuelle selon le biotope (observations en plongée). Frangant récif frangeant : $N = 1452$; Milieu récifs de milieu de lagon : $N = 622$; Barrière récif-barrière : $N = 691$

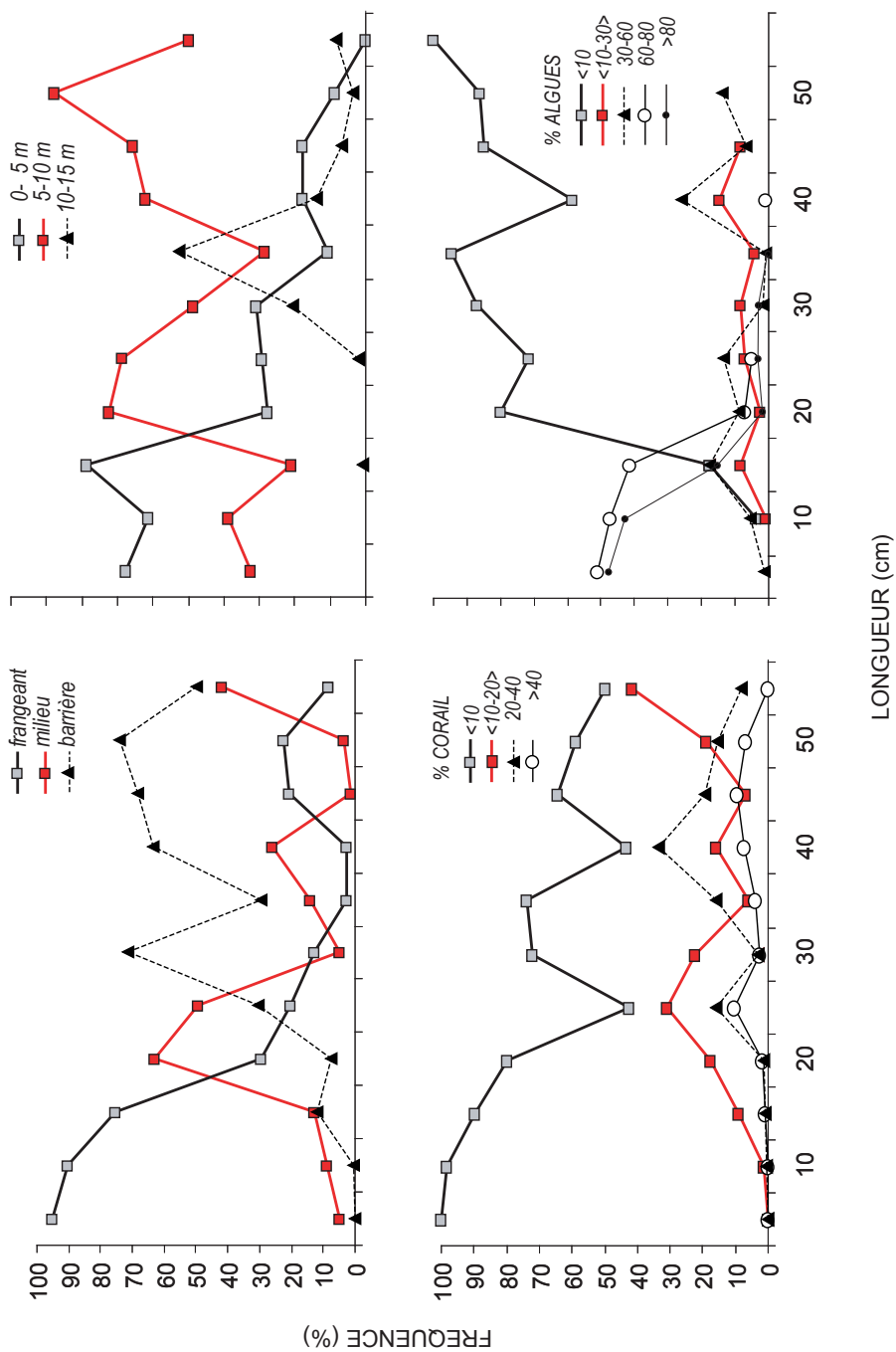


FIG. 13. - *Lethrinus nebulosus*. Distribution des longueurs individuelles selon, de gauche à droite et de haut en bas : l'habitat, la profondeur, la couverture corallienne et la couverture algale (observations en plongée)

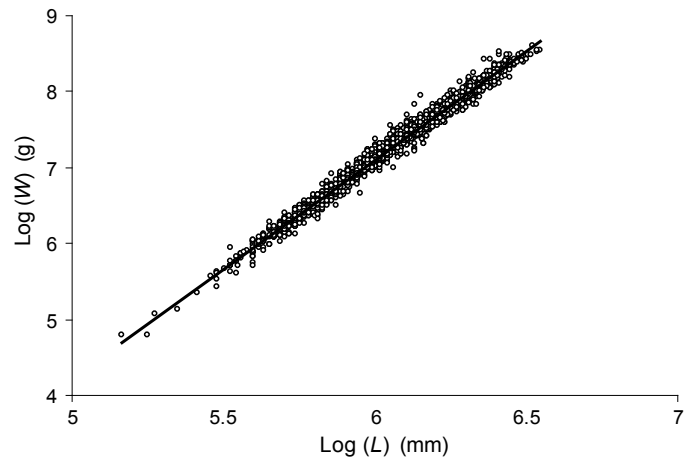


FIG. 14. - *Lethrinus nebulosus*. Relation longueur (L) – poids (W) pour les individus dont le sexe a été identifié : $\log_e (W) = 2.875 \log_e (L) - 10.151$; $N = 2441$; $r^2 = 0.985$

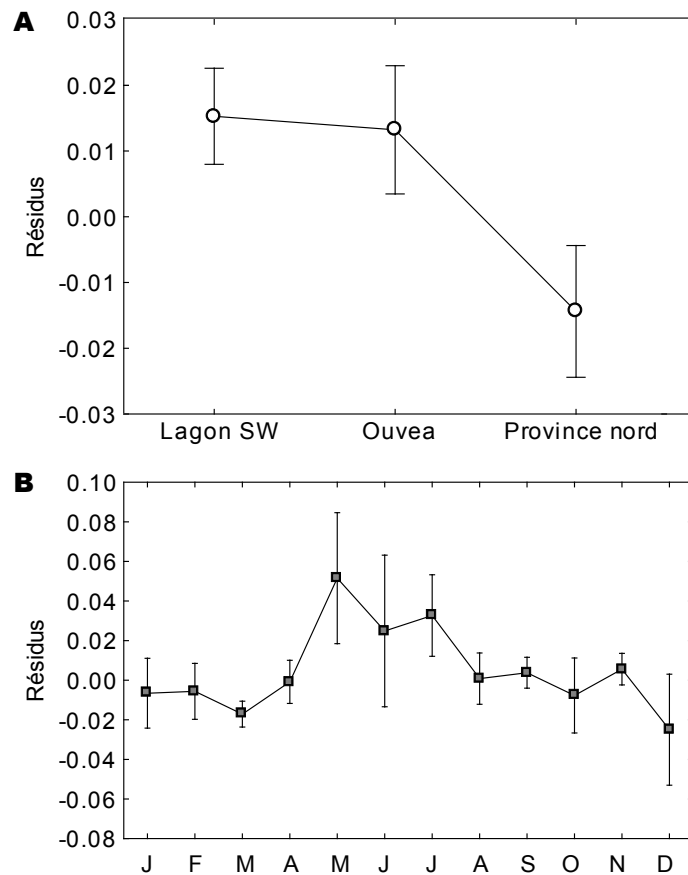


FIG. 15. - *Lethrinus nebulosus*. (A) Différence des résidus [2] entre les régions [effet courant : $F(2, 2427) = 19.59$, $p < 0.001$]. (B) Différence des résidus [2] suivant les mois [effet courant : $F(11, 2427) = 5.25$, $p < 0.001$]. Les barres sont les intervalles de confiance à 95%

Alimentation – Le régime moyen de cette espèce est indiqué sur la Fig. 16. Les mollusques formaient l'essentiel des contenus stomacaux, les bivalves étant plus importants que les gastéropodes, ces derniers étant surtout consommés par les individus de grande taille. Les crustacés constituaient la seconde occurrence dans les estomacs, les crabes étant le crustacé le plus souvent identifié. Les autres crustacés comprenaient des crevettes et des squilles. Les échinodermes pouvaient parfois constituer une part importante des contenus stomacaux. Il s'agissait essentiellement d'oursins, soit de petits oursins de roche (*Echinometra* spp.), soit, plus fréquemment, d'oursins de sable et de dollars de sable. Les ophiures, comatules et étoiles de mer étaient plus rarement observées dans les contenus stomacaux. Les poissons étaient des proies occasionnelles à fréquentes chez les individus de grande taille.

Une analyse détaillée des contenus stomacaux en fonction de la région et du biotope (Fig. 16) a montré des différences notables entre le lagon N et le lagon d'Ouvéa, d'une part, et entre ces deux régions et le lagon SW, d'autre part. Les différences principales étaient une fréquence plus élevée, dans le lagon SW, de crustacés, échinodermes et poissons dans les contenus stomacaux. Il y avait aussi des différences marquées pour les mollusques ; malheureusement, des problèmes de codage des données ne permettent pas de savoir si cette différence était réelle ou juste consécutive au codage. Le lagon nord se distinguait d'Ouvéa par davantage de crabes et d'échinodermes. Ouvéa se distinguait des deux autres régions par une proportion de bivalves beaucoup plus importante. Au sein de chaque région il existait de fortes différences en fonction de l'habitat, avec d'une part certains aliments dont l'importance tendait à augmenter de la côte vers le large (c'était le cas en particulier des poissons et, en Province Nord, des gastéropodes) et d'autre part des aliments dont l'importance diminuait de la côte vers le large (par exemple les crabes dans le lagon SW et les échinodermes ou les vers en Province Nord). Beaucoup de ces variations sont probablement liées à la taille chez *Lethrinus nebulosus*. Ainsi, le contenu stomacal dépendait-il de la taille du poisson, de la profondeur et de la région. En revanche, il ne variait pas significativement avec le sexe (Fig. 17).

Les variations du régime alimentaire avec la taille sont souvent complexes et peuvent dépendre de la disponibilité des proies. Ainsi, les crabes tendaient à diminuer en volume dans les contenus stomacaux dans le lagon N et le lagon SW, mais la tendance inverse était observée pour Ouvéa (Fig. 10). En revanche on note une certaine convergence pour les échinodermes entre le lagon N et le lagon SW (Fig. 18). Ces différences inter-régions se confirment si on analyse l'importance respective des gastéropodes et des bivalves (Fig. 19). Dans les trois régions, la fréquence des gastéropodes dans les estomacs augmentait avec la taille des poissons. Les bivalves étaient plus fréquents dans les estomacs des poissons d'Ouvéa et du lagon N (>70% des estomacs d'individus de longueur comprise entre 200 et 300 mm) que ceux du lagon SW (<20%) et d'autre part leur importance relative diminuait nettement avec la taille dans les deux premières régions, mais présentait plutôt une courbe en cloche dans le lagon SW. Les becs de cane semblaient manger plus souvent ou plus abondamment (seul le volume relatif des aliments a été enregistré et non pas le poids ingéré ce qui empêche de savoir si le volume alimentaire varie dans le temps) durant les mois chauds (Fig. 20). Ceci peut avoir une base métabolique (la digestion se faisant mieux à température plus élevée) ou physiologique (la reproduction intervient surtout entre juin et octobre, période où la fréquence des estomacs pleins augmente).

L'alimentation variait aussi avec la profondeur (Fig. 21), la proportion de poissons et échinodermes tendant à augmenter avec la profondeur, la tendance inverse étant notée pour les bivalves. Nous avons vu (Fig. 13) que la taille avait tendance à augmenter avec la profondeur, ce qui peut expliquer en grande partie cet effet de la profondeur sur le régime alimentaire.

Reproduction – Le sexe de 2 442 *L. nebulosus* a pu être déterminé sur 2 970 individus examinés. La sex-ratio de cette espèce était globalement 58% de femelles parmi les individus dont le sexe a été identifié. Cette valeur était cependant dépendante de la taille (Fig. 22), la sex-ratio augmentant pour les individus les plus grands. Cette augmentation n'était cependant pas uniforme d'une région à l'autre. A Ouvéa, cette augmentation était détectable dès 350 mm alors que dans le lagon SW ou dans le lagon nord, la sex-ratio augmentait surtout après 500 mm. On a même une diminution de ce ratio entre 300 mm et 500 mm en Province Nord. Lorsqu'au lieu de prendre en

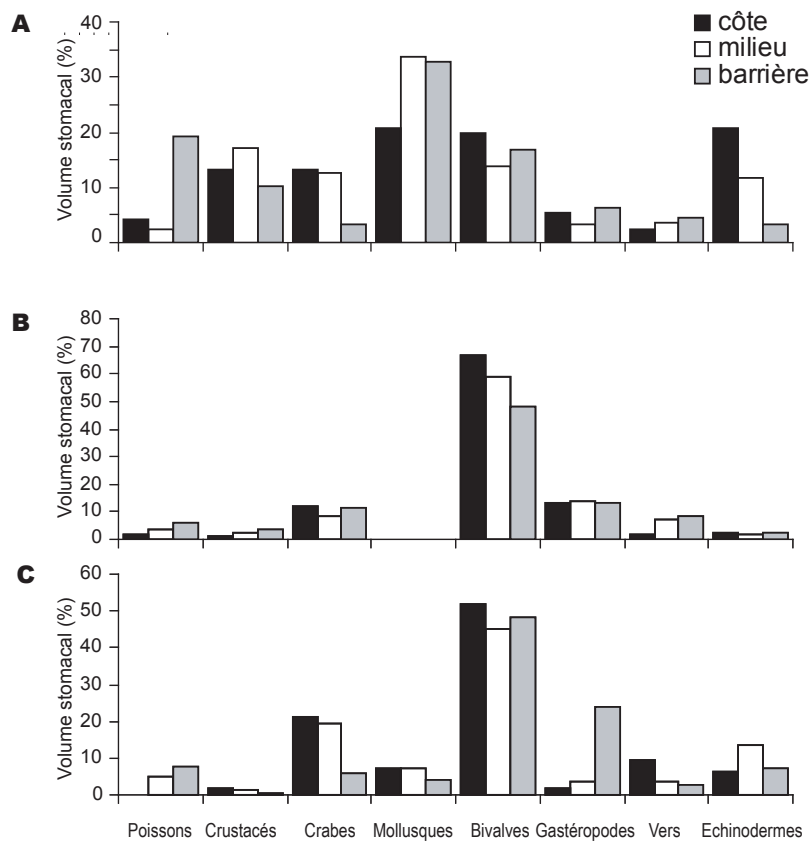


FIG. 16. - *Lethrinus nebulosus*. Régime alimentaire (chaque classe de proie en % du volume total du contenu stomacal) en fonction de l'habitat (côte, milieu de lagon, récif-barrière) pour chacune de trois régions échantillonnées (A. Lagon SW ; B. Lagon d'Ouvéa ; C. Lagon N)

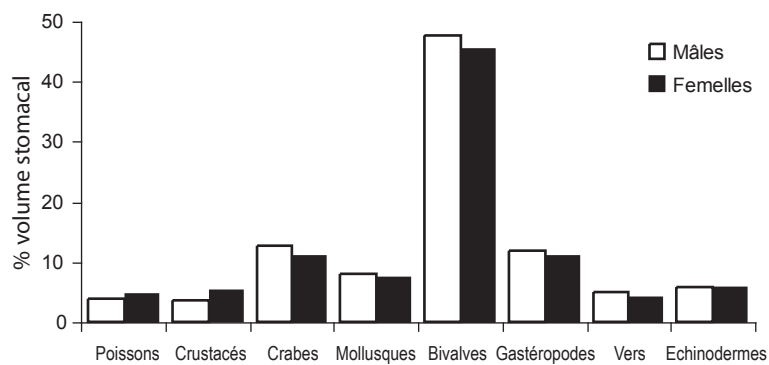


FIG. 17. - *Lethrinus nebulosus*. Proportion (% du volume stomacal) des différentes classes de proies dans les contenus stomacaux, en fonction du sexe

compte la région, les poissons sont regroupés par biotope, on constate une grande homogénéité de distribution de la sex-ratio avec la taille (Fig. 23), avec en particulier une diminution nette aux environs de 500 mm suivie d'une augmentation brutale de la proportion de femelles qui atteint plus de 70% pour les plus grands poissons. Quelle que soit la longueur, la sex-ratio ne descendait pas en dessous de 50 % de femelles. Il est difficile de dire si cette espèce est hermaphrodite ou non à partir de ces seules données. Plusieurs *Lethrinus* sont hermaphrodites, la plupart d'entre eux protandres (Ebisawa 2006). Les données dont nous disposons suggèrent que *L. nebulosus* est également protandre (passage de mâle à femelle avec la taille ou l'âge). Des études histologiques seraient cependant nécessaires pour confirmer cette hypothèse d'hermaphrodisme chez *L. nebulosus* en Nouvelle-Calédonie.

Aucune variation significative de la sex-ratio n'a pu être mise en évidence quand biotope et région étaient combinés (Fig. 24) ou quand la profondeur était prise en compte (Fig. 25).

Une proportion substantielle des individus avaient déjà atteint la maturité sexuelle dès 300 mm chez les mâles et 350 mm chez les femelles (Fig. 26). Si on considère que la taille à maturité sexuelle est atteinte lorsque 50% des individus observés sont matures en période de reproduction, alors celle-ci serait entre 350 mm et 400 mm pour les mâles et entre 400 mm et 450 mm pour les femelles. L'âge de première reproduction serait donc entre 3 ans et 5 ans suivant les études d'âge (Tableau 7).

La période de reproduction semblait s'étaler sur une durée de plusieurs mois (Fig. 27). Nous ne disposons pas de suffisamment de données pour évaluer si cette période change d'une région à l'autre en Nouvelle-Calédonie, mais il est possible qu'il y ait des variations, en particulier en fonction de la température de l'eau. Les mâles présentaient deux pics de reproduction (juin et septembre) (Fig. 27), mais en juin la taille de l'échantillon est beaucoup trop faible pour valider ce pic ; un seul pic était observé chez les femelles, en septembre. Nous n'avons pas d'explication pour ce phénomène, mais il est possible que nous n'ayons pas capturé de femelles lors de leur première reproduction, soit parce qu'elles ne sont pas dans les mêmes zones que les mâles, soit parce qu'elles ne s'alimentent pas. Cette seconde hypothèse n'est pas à exclure si on se souvient que c'est entre mai et juillet que les estomacs sont le moins souvent pleins (Fig. 20). Une autre hypothèse est qu'une proportion des femelles serait capable de s'alimenter suffisamment pour produire une seconde ponte dans la saison.

3.2 Structure génétique spatiale

Les séquences de la région de contrôle ont été alignées sur 423 pb. La différence de longueur avec le fragment initialement amplifié par PCR est dû à ce que les séquences ont été tronquées à leur extrémité -3' en raison d'incertitudes, qui subsistaient pour une partie d'entre elles malgré le recours aux chromatogrammes. Lorsque cela s'avérait nécessaire, des espaces de 1-3 pb ont été insérés. La matrice des séquences comprend donc 85 lignes (individus) et 423 colonnes [sites nucléotidiques, auxquels sont affectées les modalités suivantes : A, C, G, T ou – (espace)].

L'arbre de NJ construit à partir de la matrice des distances de Kimura (MEGA 3.1 : Kumar et al. 2004) est présenté Fig. 28. Cet arbre phylogénétique des haplotypes, raciné, ne révèle aucune structure notable : les groupes d'haplotypes qui semblent se dessiner ne sont que faiblement soutenus par le ré-échantillonnage aléatoire par bootstrap des colonnes de la matrice des séquences (Annexe O) et ne correspondent à aucune logique géographique. Le fait que des haplotypes échantillonnés à Bali se regroupaient indifféremment avec des haplotypes d'Ouvea et de la Grande Terre suggère que les populations sont connectées par flux génique à l'échelle de tout le Pacifique ouest, voire au-delà. On peut remarquer qu'à l'opposé, le bec de cane malabar (*L. olivaceus*) présentait des différences très fortes à cette même échelle géographique (Bali *vs* Nouvelle-Calédonie). En fait, les différences entre haplotypes de ces deux régions étaient du même ordre que celles observées entre *L. lentjan* et *L. nebulosus*.

Le réseau de parcimonie des haplotypes, non raciné (Fig. 29), ne présente aucune information remarquable, sinon que les haplotypes des différentes populations échantillonnées étaient indifférenciés les uns des autres. Le réseau semble cependant présenter une structure en étoile,

les haplotypes les plus fréquents (à une exception près) tendant à occuper la partie centrale du réseau, d'où se détachent la majorité des haplotypes uniques.

Aucune différence entre populations de becs-de-canes n'était évidente à l'échelle régionale (lagoon SW vs lagon N vs Ouvéa) ($\Phi_{st} = -0.009$; $P > 0.78$). Le degré de différenciation génétique entre régions, c'est-à-dire à l'échelle du Pacifique ouest, a été estimé en regroupant les 3 échantillons de Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté vs. Bali, ce qui donnait : $\Phi_{st} = 0.057$ ($P = 0.063$).

Les fréquences alléliques aux autres locus analysés sont présentées au Tableau 8. Il n'y avait aucun indice de l'existence d'espèces cryptiques (pas de déficit en hétérozygotes). Aucune hétérogénéité dans les fréquences alléliques n'a été détectée entre échantillons à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie et des Loyauté : $F_{st} (ARNr\ 16S) = -0.027$ ($P > 0.37$) ; $F_{st} (Aldo-B\ 2) = -0.013$ ($P > 0.35$).

3.3 Captures

Seules, les données des pêches à la palangre et à la ligne à main sont suffisamment nombreuses (696 et 1 957 individus, respectivement) pour apporter des informations fiables. Ces deux engins ont un fonctionnement très proche mais capturent cependant des poissons différents, la palangre pêchant des poissons en général plus gros que la ligne à main. Les résultats pour ces deux engins sont ici présentés séparément. Les captures au chalut et à la roténone ont été très faibles, avec respectivement 141 et 73 prises, en rapport avec l'effort de pêche. Les biotopes prospectés étant cependant différents, cela apporte quelques informations complémentaires sur la répartition de cette espèce.

Lignes à main – Les prises des pêches à la ligne étaient bien supérieures, dans leur ensemble, à Ouvéa que dans le lagon N (Fig. 30), les captures en nombre ou en poids étant de 2 à 4 fois plus importantes à Ouvéa pour l'ensemble des espèces. La proportion de becs-de-cane dans les captures était sensiblement différente dans ces deux régions. A Ouvéa et dans le lagon SW, le bec de cane était l'espèce principale des captures sur la côte et dans le milieu de lagon (Figs. 30, 31) ; en revanche, cette espèce devenait moins importante à proximité du récif barrière. Dans le lagon N, le bec-de-cane représentait une part beaucoup moins importante des captures et son importance était maximale en milieu de lagon (Fig. 30). Le poids moyen des poissons capturés augmentait dans les deux régions avec la distance à la côte, les poissons étant cependant plus gros dans le lagon N qu'à Ouvéa.

La profondeur était un élément important dans la distribution de cette espèce et des poissons de ligne en général (Fig. 31). Des différences importantes ont été mises en évidence d'une région à l'autre. A Ouvéa, le nombre de captures de becs-de-cane et le nombre total de captures augmentaient avec la profondeur, de façon similaire. En Province Nord les captures étaient maximales entre 10 m et 50 m pour l'ensemble des espèces, le bec-de-cane suivant une tendance parallèle mais moins prononcée.

Il est possible d'avoir une estimation assez grossière des biomasses de *L. nebulosus* sur les zones de pêche à partir des prises par unité d'effort, en utilisant l'équation suivante (Kulbicki et al. 2000) :

$$\log_e (Biomasse) = 0.455 (\pm 0.132) \cdot \log_e (PUE\ Poids) + 0.857 (\pm 0.158) \quad [1]$$

avec *PUE Poids*: poids en kg/station (une station = 2 heures à 2 pêcheurs) ; ± 0.132 et ± 0.158 sont les intervalles de confiance des coefficients de l'équation.

Sur l'ensemble des pêches la biomasse estimée était 4.8 g.m⁻² pour toutes les lignes à main.

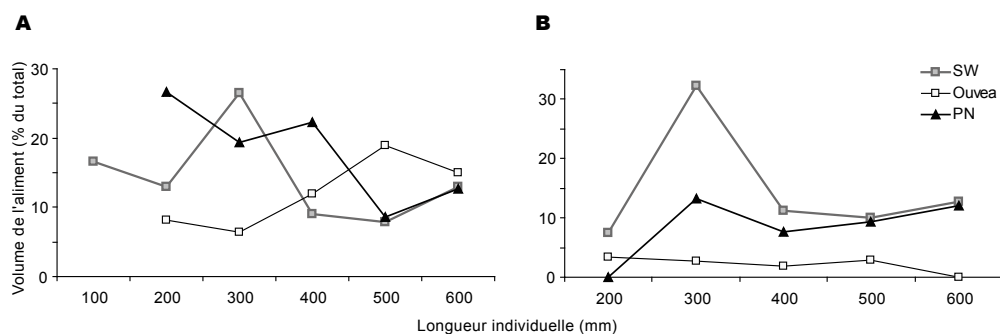


FIG. 18. - *Lethrinus nebulosus*. Variations de l'importance des crabes (A) et des échinodermes (B) dans les contenus stomacaux, en fonction de la longueur individuelle et de la région. SW lagon sud-ouest ; Ouvea lagon d'Ouvéa ; PN province Nord

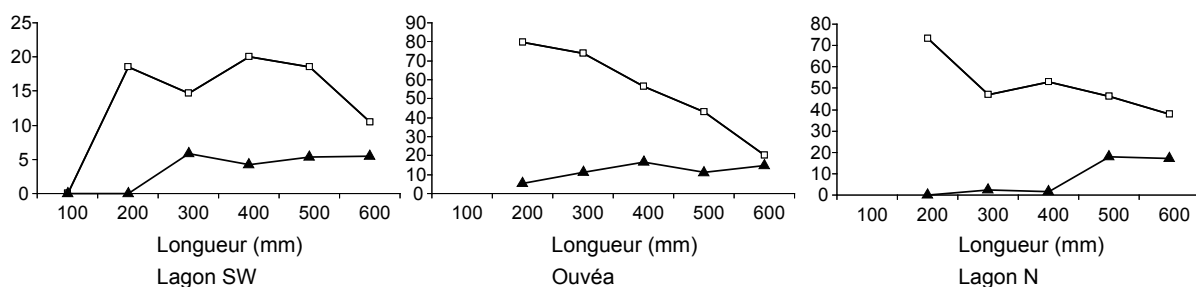


FIG. 19. - *Lethrinus nebulosus*. Abondances relatives (% volume total) des bivalves (□) et des gastéropodes (▲) dans les contenus stomacaux, en fonction de la taille (longueur standard, en mm) et de la région

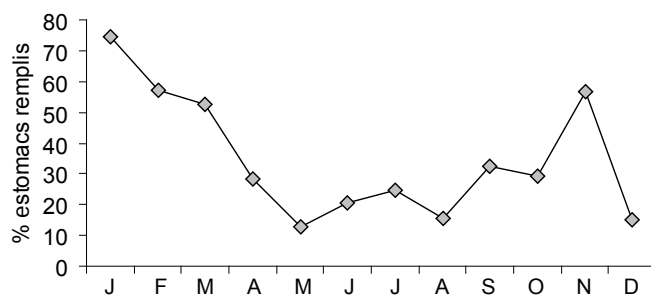


FIG. 20. - *Lethrinus nebulosus*. Prévalence des estomacs avec un contenu, en fonction de la saison

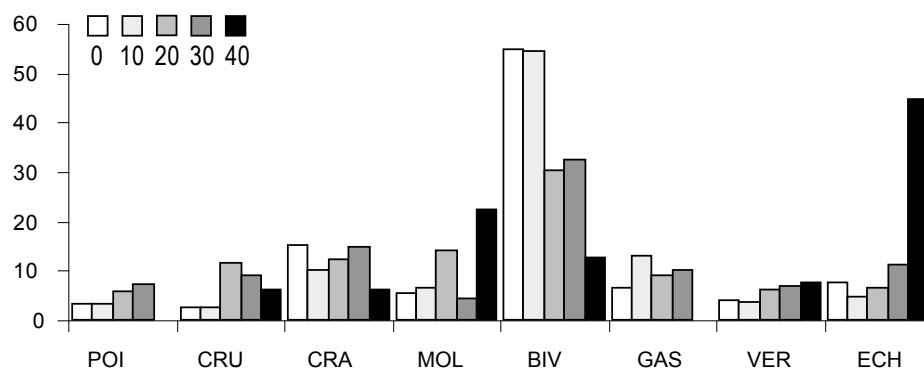


FIG. 21. - *Lethrinus nebulosus*. Régime alimentaire (en % du volume total) en fonction de la profondeur (de gauche à droite, de 0 à 40 m par incréments de 10 m). POI poissons ; CRU crustacés ; CRA crabes ; MOL mollusques ; BIV bivalves ; GAS gastéropodes ; VER vers ; ECH échinodermes

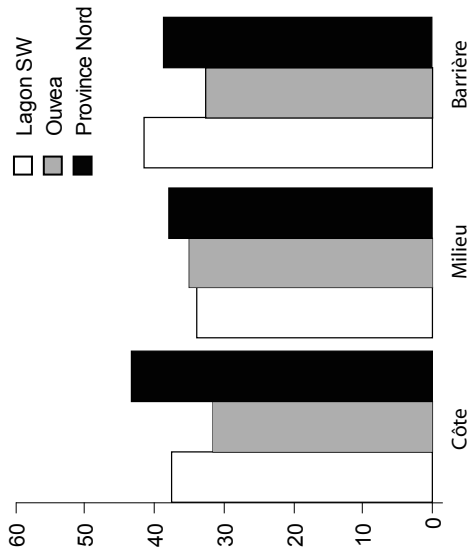


FIG. 24. – *Lethrinus nebulosus*. Sex-ratio [% de femelles par rapport au total (mâles + femelles)] en fonction de la région et de l'habitat

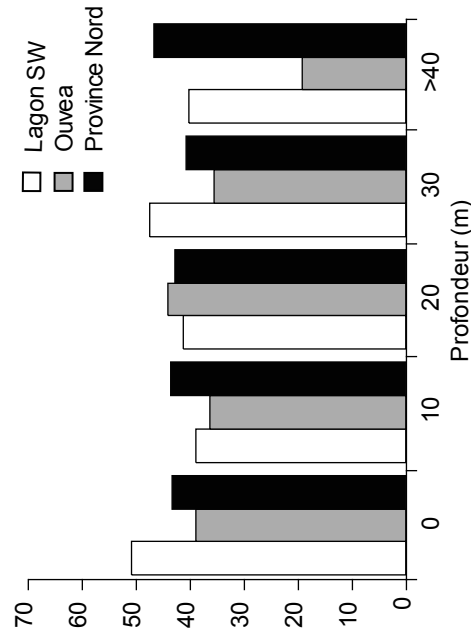


FIG. 25. – *Lethrinus nebulosus*. Sex-ratio [% de femelles par rapport au total (mâles + femelles)] en fonction de la région et de la profondeur

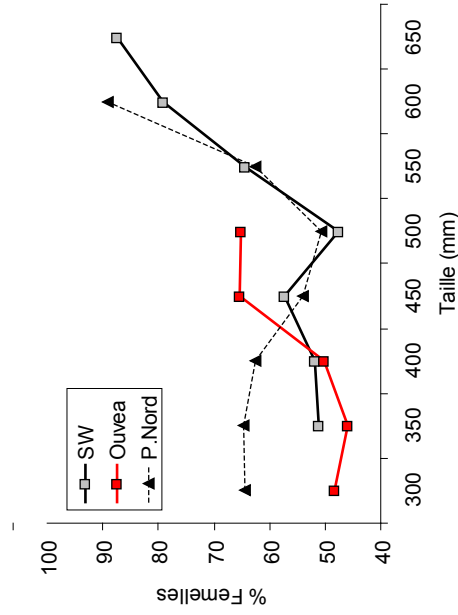


FIG. 22. – *Lethrinus nebulosus*. Sex-ratio par classe de taille en fonction de la région. Ne sont représentées que les classes de taille avec N>19 individus sexés

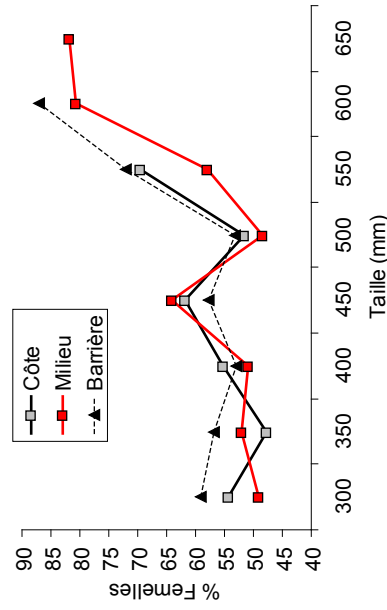


FIG. 23. – *Lethrinus nebulosus*. Sex-ratio par classe de taille en fonction du biotope. Ne sont représentées que les classes de taille avec N>19 individus sexés

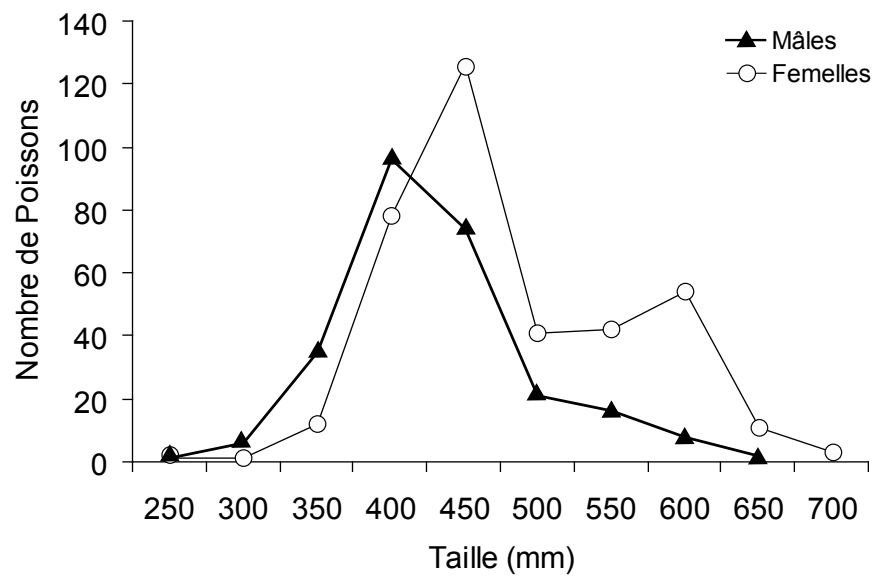


FIG. 26. - *Lethrinus nebulosus*. Fréquence des individus matures en fonction de la taille

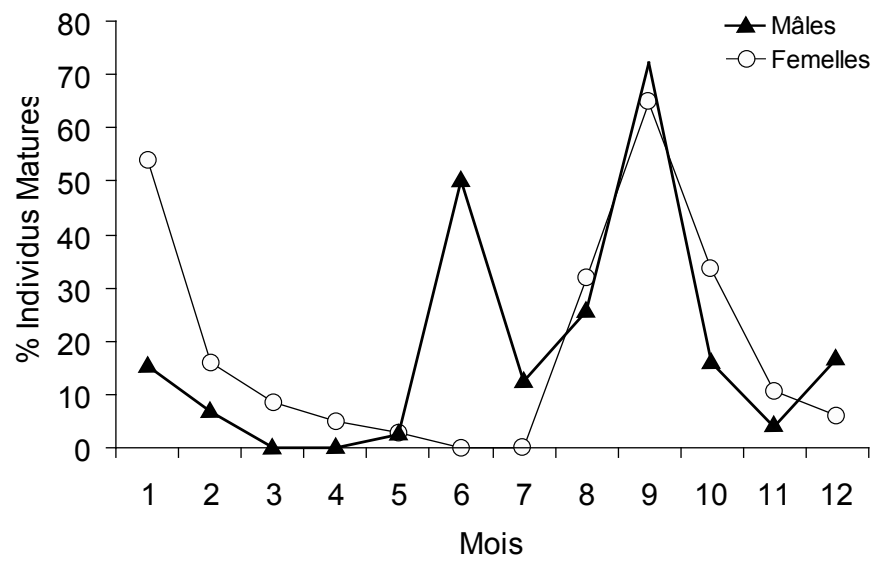


FIG. 27. - *Lethrinus nebulosus*. Fréquence des individus matures en fonction de la saison

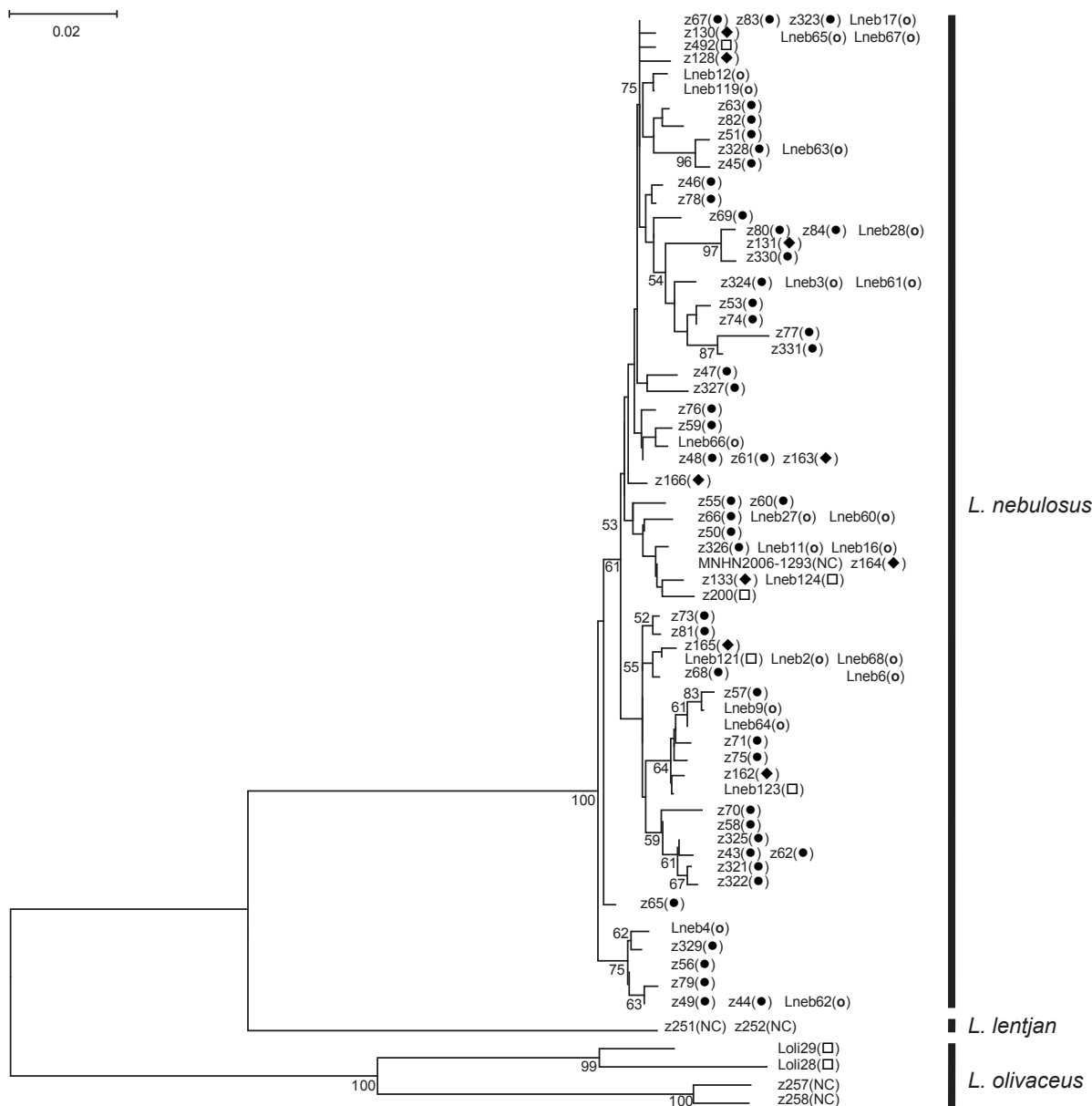


FIG. 28. - Arbre phylogénétique [*Neighbour-Joining* ; Kimura 2-paramètres ; MEGA 3.1 (Kumar et al. 2004)] des lignées mitochondriales (séquences nucléotidiques d'un fragment de 423 pb de la région de contrôle) de 85 becs-de-cane, *Lethrinus nebulosus* originaires de la Nouvelle-Calédonie [dont lagon sud-ouest (● ; N=49), lagon nord (◆ ; N=9), origine indéterminée (NC ; N=1)], du lagon d'Ouvéa (○ ; N=21) et de la région de Bali (□ ; N=5). Le groupe externe est formé par les séquences homologues de deux *L. lentjan* originaires de Nouvelle-Calédonie, deux *L. olivaceus* de Nouvelle-Calédonie et deux *L. olivaceus* de la région de Bali. Les chiffres placés à proximité des noeuds correspondent à la fréquence (%) de leur observation sur 1000 pseudo-arbres générés par bootstrap ; seuls les scores > 50% ont été représentés. Trait d'échelle : 2% de divergence nucléotidique. Les séquences nucléotidiques ont été déposées dans GENBANK (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) sous les numéros d'accès EU983010-EU983100

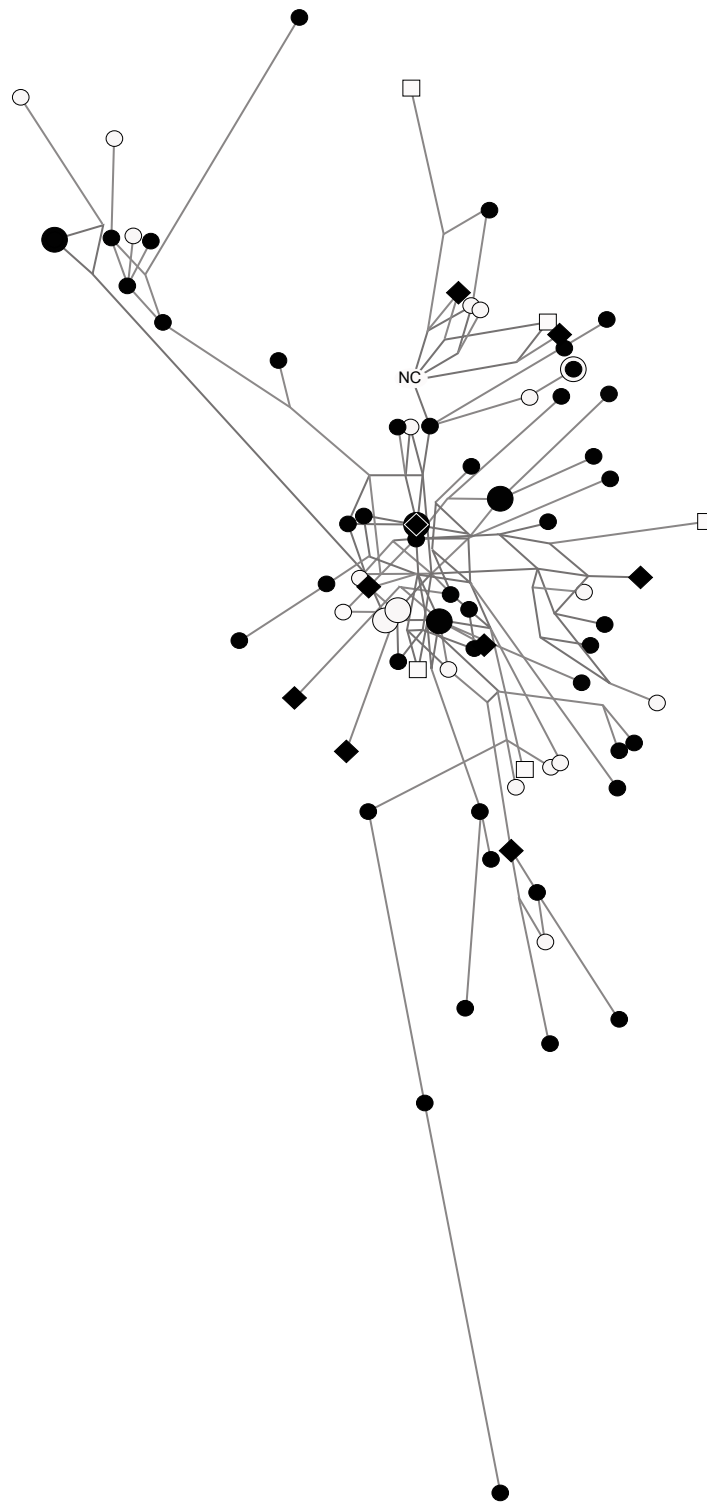


FIG. 29. - *Lethrinus nebulosus*. Relations de parcimonie entre haplotypes (séquences nucléotidiques d'un fragment de 423 pb de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial : 78 haplotypes pour $N=85$ individus au total), montrant les regroupements et les embranchements. Réseau construit selon l'algorithme du *median-joining* (Bandelt et al. 1999) à l'aide de NETWORK (<http://www.flexus-engineering.com/>). □ Bali ($N=9$) ; ◆ lagon nord ($N=5$) ; ● lagon sud-ouest ($N=49$) ; NC spécimen MNHN 2006-1293 : Nouvelle-Calédonie, origine indéterminée ; ○ Ouvéa ($N=21$). La taille du symbole est proportionnelle à la fréquence de l'haplotype dans l'échantillon total ; la longueur de branche est proportionnelle au nombre d'événements mutationnels

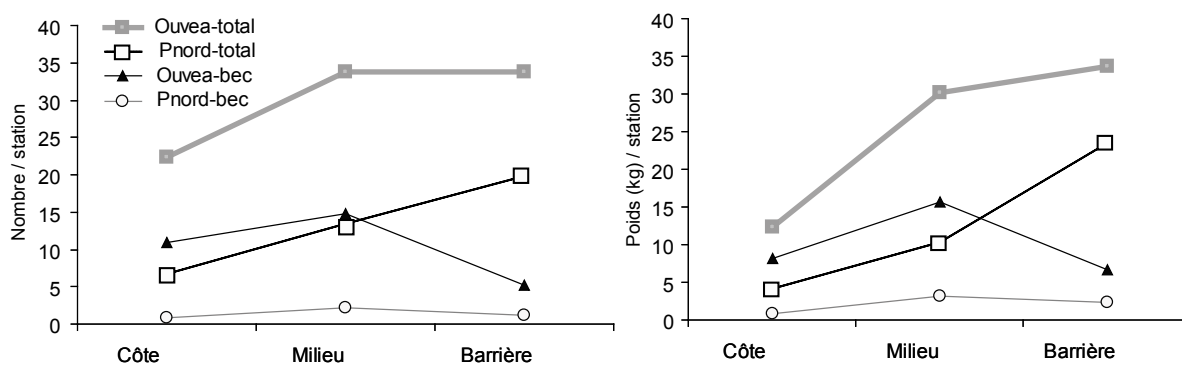


FIG. 30. - Ligne à main : répartition des captures totales et de becs-de-cane (en nombre et en poids) en fonction du biotope

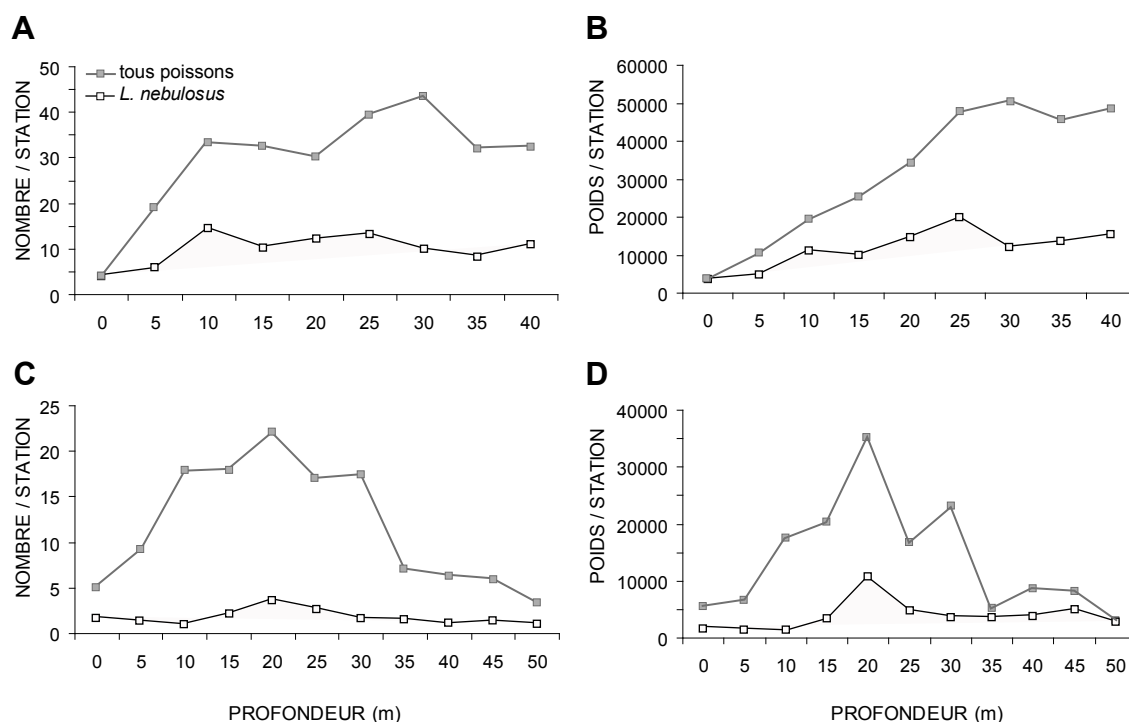


FIG. 31. - *Lethrinus nebulosus*. Captures à la ligne (lignes à main) en fonction de la profondeur, comparées aux captures totales (*tous poissons*). A, B Lagon d'Ouvéa ; C, D Lagon N

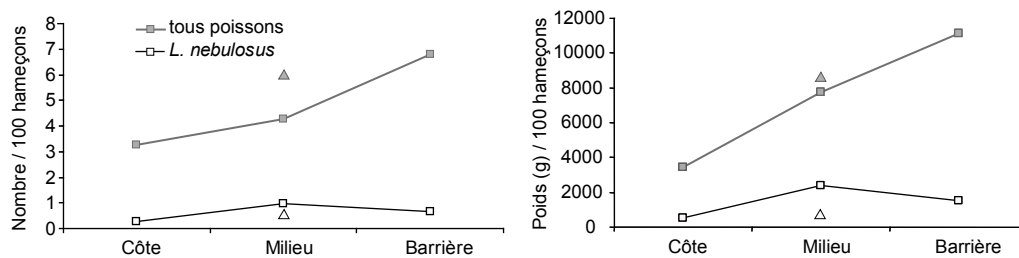


FIG. 32. - *Lethrinus nebulosus*. Captures en fonction du biotope, comparées aux captures totales. (□) Lagon SW ; (△) lagon N

Palangres – Les pêches à la palangre concernaient essentiellement le lagon SW et le lagon N, les quelques poses faites à Ouvéa ne permettant pas une comparaison avec les deux autres régions. Dans le lagon N les poses de palangre ont toutes été faites en milieu de lagon alors que dans le lagon SW, les trois biotopes (côte, milieu de lagon et barrière) ont été échantillonnés. Dans le lagon SW, les captures globales à la palangre augmentaient avec l'éloignement à la côte, mais les becs de cane montraient un maximum en milieu de lagon, de façon similaire à ce qui avait été observé avec les lignes à main dans le lagon nord (Fig. 32). Dans le lagon N, les captures globales à la palangre en milieu de lagon étaient plus importantes en nombre ou poids que dans le lagon SW, cependant la proportion de becs de cane y était moindre (Fig. 32).

Le poids moyen des becs de cane capturés à la palangre était plus important que celui des lignes à main (Fig. 33) ; dans le lagon nord, en milieu de lagon le poids des poissons était en moyenne de 2460 g alors que dans la même zone le poids moyen des poissons capturés à la ligne était seulement de 1450 g. Le poids moyen n'augmentait pas systématiquement de la côte vers le large, contrairement à ce qui était observé pour la ligne. La profondeur joue un rôle important dans les captures à la palangre, les prises maximales en nombre se situant au-delà de 25 m et celles en poids, entre 50 m et 65 m (Fig. 34).

Kulbicki et al. (2000) indiquent qu'il est possible d'obtenir une estimation approximative de la biomasse à partir des captures à la palangre d'après l'équation [2]

$$\text{Biomasse (g.m}^{-2}\text{)} = 0.95 \cdot \text{PUE (kg/100 hameçons)} \quad [2]$$

En se basant sur l'ensemble des palangres, la biomasse moyenne était 1.6 g.m⁻² pour les zones prospectées.

Chaluts – Cent quarante et un *L. nebulosus* ont été capturés au chalut, ce qui représente 0.71% du total des captures en poids et 0.03% en nombre. Cette espèce était ainsi relativement rare dans les chaluts. La plupart des captures ont été faites en baie de Saint-Vincent. Elles concernaient surtout des petits individus (<1 kg) dont 30% d'individus de moins de 100 g, ce qui atteste la présence de jeunes poissons dans des fonds >10 m. Aucun *L. nebulosus* n'a été capturé au chalut dans moins de 10 m et la quasi-totalité des gros individus (>1 kg) ont été capturés au-delà de 15 m. Les chaluts n'ont cependant pas capturé d'individus de moins de 20 g, ce qui suggère que les fonds meubles ne sont pas fréquentés par les jeunes recrues. Une estimation des biomasses de *L. nebulosus* sur les zones chalutables donne 0.007 g.m⁻² en supposant une capturabilité de 1. Cependant, Kulbicki & Wantiez (1990) ont montré chez d'autres Lethrinidae que la capturabilité était bien inférieure (10%) ce qui implique une biomasse réelle probablement bien supérieure

Roténone – *Lethrinus nebulosus* représentait 0.66% des captures en poids et 0.012% des captures en nombre à la roténone. Cette technique de capture ayant été appliquée surtout dans des fonds <10 m et en milieu récifal, ceci montre la faible importance de cette espèce dans ces habitats. Un seul des poissons capturé à la roténone était >1 kg, la plupart des prises portant sur deux classes d'âge, soit des jeunes recrues (<1 an, <30 g) soit des recrues de 1 an (200-500 g). La biomasse estimée pour l'ensemble des stations de roténone était 0.60 g.m⁻².

3.4 Observations in situ

Un total de 7 787 transects de 250 m² chacun ont été effectués dans les lagons de Nouvelle-Calédonie. Des becs de cane ont été observés sur 450 d'entre eux, soit 5.8 % des transects. Ceci montre que ces poissons étaient rarement observés sur des transects en plongée. Une comparaison des caractéristiques des transects où le bec de cane était présent avec l'ensemble des transects (Figs. 35 à 38) fait ressortir un certain nombre de traits de cette espèce.

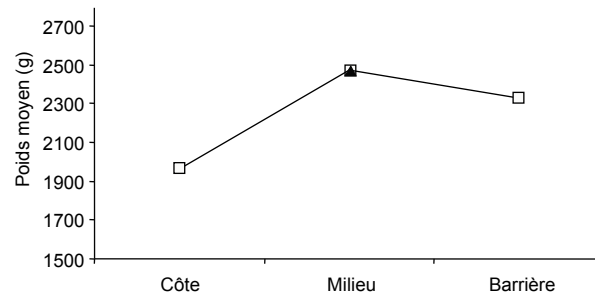


FIG. 33. – *Letbrinus nebulosus*. Poids moyen des individus dans les captures à la ligne en fonction du biotope et de la région. (□) Lagon SW ; (▲) lagon N

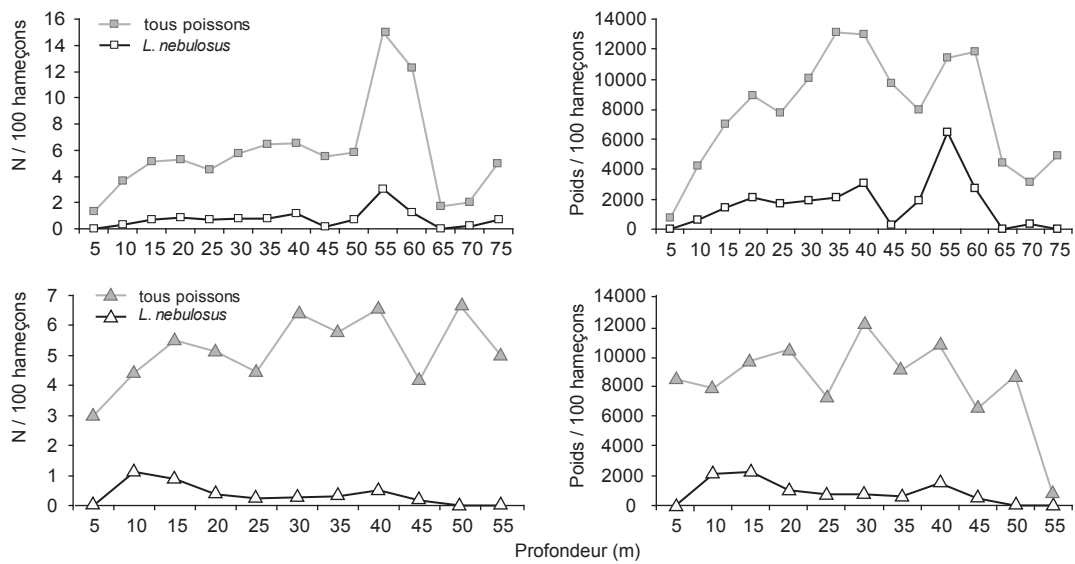


FIG. 34. – *Letbrinus nebulosus*. Captures à la palangre (en nombre d'individus et en poids pour 100 hameçons) dans le lagon SW (□) et le lagon N (△) en fonction de la profondeur, comparées aux captures totales

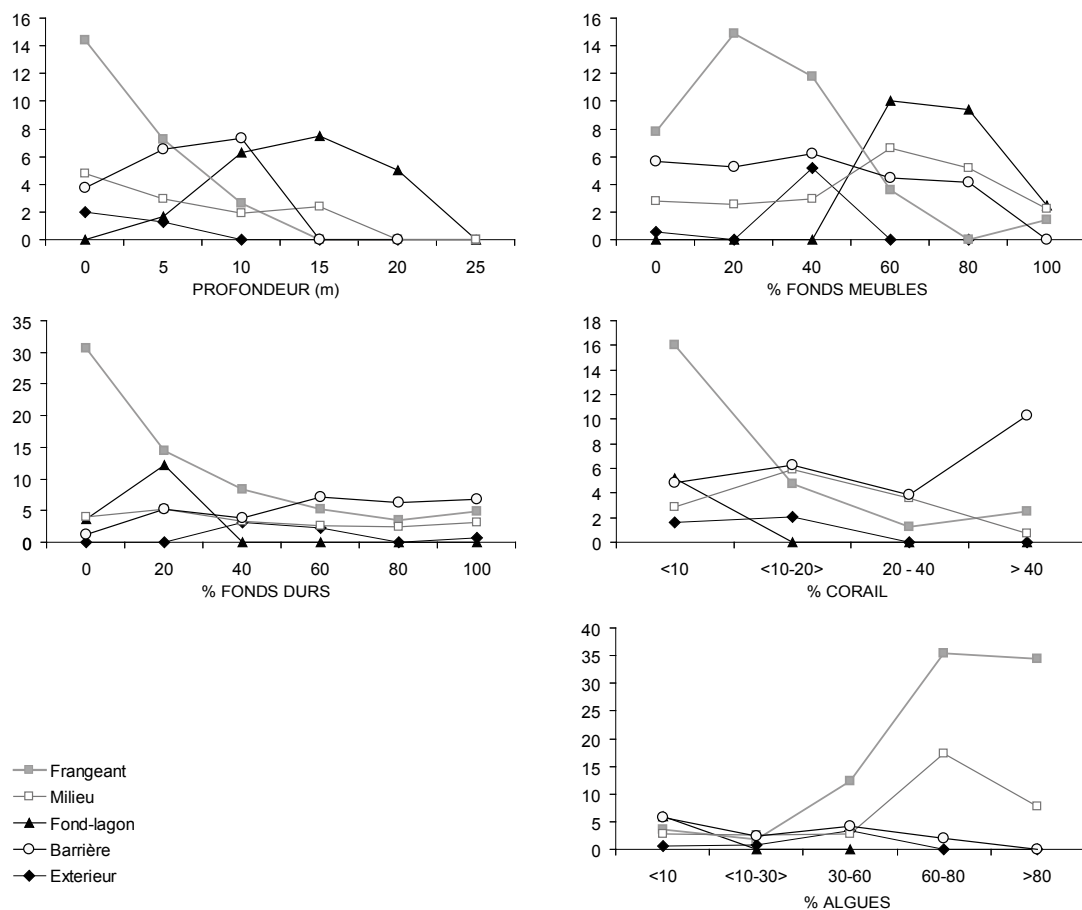


FIG. 35. – *Lethrinus nebulosus*. Fréquence (% des présences-absences) des transects où des individus ont été observés, selon l'habitat (*Frangeant* récif littoral ; *Milieu* récifs de milieu de lagon ; *Fond-lagon* récifs de fond de lagon ; *Barrière* récif-barrière ; *Extérieur* extérieur du récif), en fonction de la profondeur et de la nature du fond [proportion surfacique (%) de fonds meubles, de fonds durs, de couverture corallienne et de couverture algale]

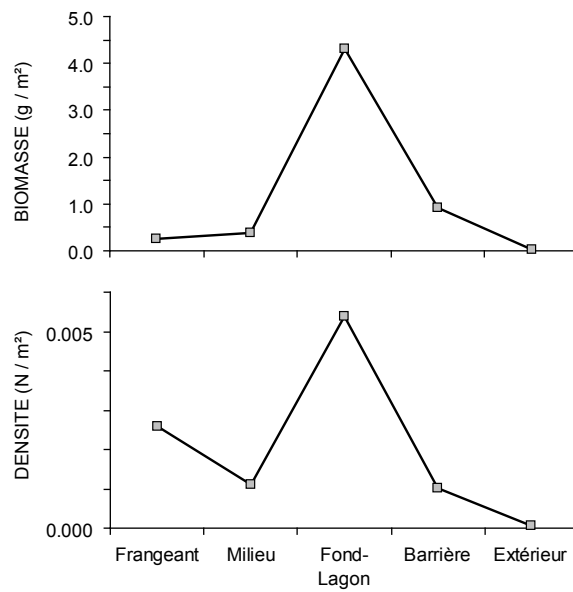


FIG. 36. – *Lethrinus nebulosus*. Biomasse par unité de surface (g / m²) et densité (nombre d'individus / m²) moyennes obtenues par census visuel le long de transects, selon un gradient côte-large (en abscisse, de gauche à droite)

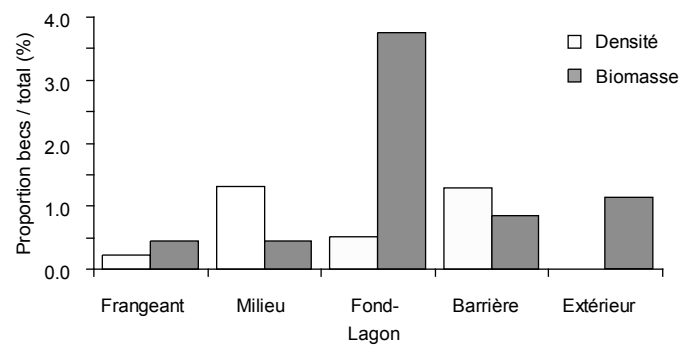


FIG. 37. – Proportion de *Lethrinus nebulosus* en densité et en biomasse, obtenues par census visuel le long de transects, selon un gradient côte-large (en abscisse, de gauche à droite)

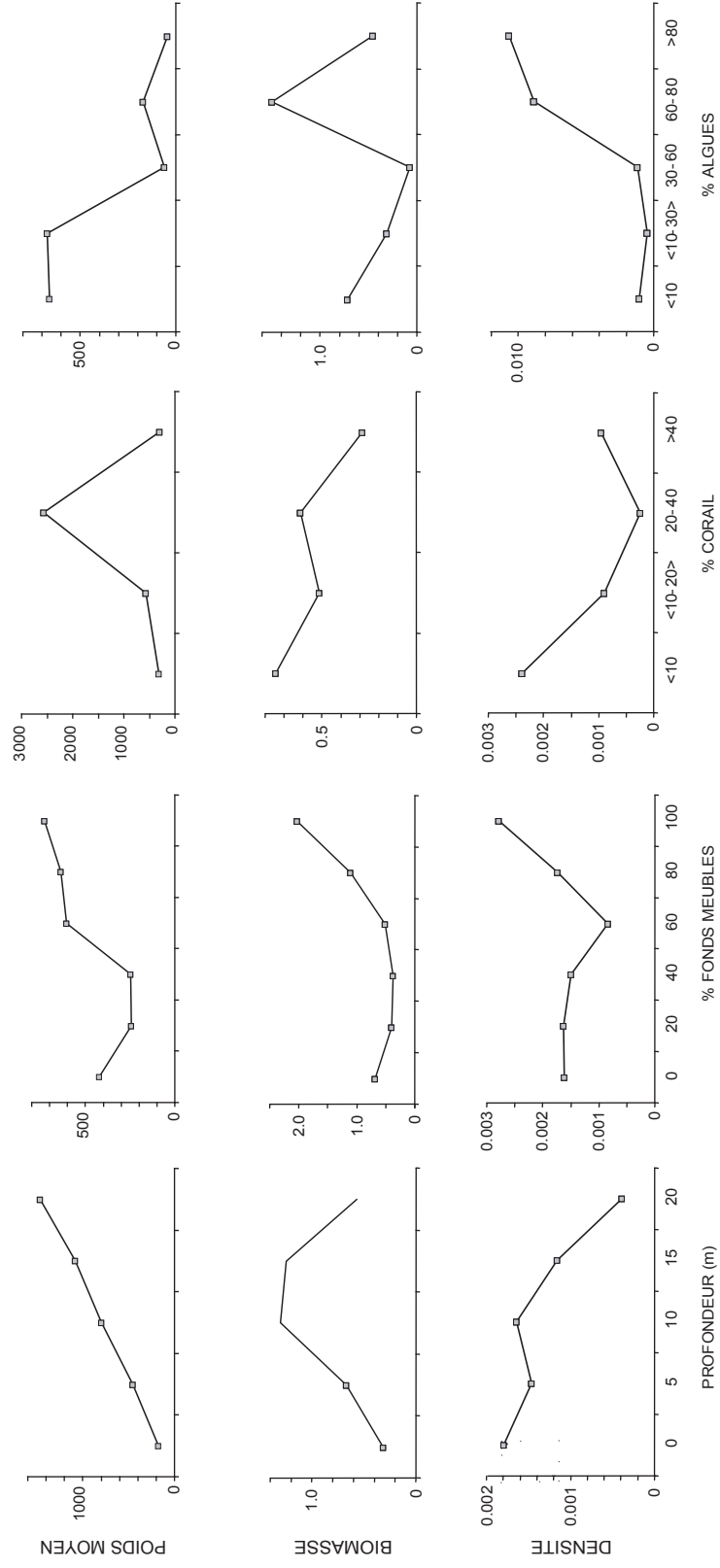


FIG. 38. *Leluthrinus nebulosus*. Densité (individus / m²), biomasse (g / m²) et poids individuel moyen (g) sur les transects en fonction de la profondeur (m), de la proportion surfacique (%) de fonds meubles, de la couverture corallienne (%) et de la couverture algale (%)

Les observations en plongée ont été faites entre les profondeurs 0 et 25 m, la majeure partie des transects ayant été effectués entre 0 et 15 m. Les becs de cane étaient observés à des profondeurs différentes en fonction du biotope. Ainsi, dans les zones côtières ils étaient surtout observés entre 0 et 10 m, alors que sur le récif barrière ils étaient en majorité entre 5 et 15 m et sur les fonds de lagon le pic des observations se situait vers 15-20 m (Fig. 35). Dans les zones côtières, les becs de cane étaient observés de préférence sur des fonds détritiques (comportant à la fois peu de sables et peu de substrat rocheux), alors que sur les récifs de milieu de lagon et le récif barrière la proportion de sable ou de substrat rocheux ne semblait pas jouer un rôle important dans la fréquence des observations (Fig. 35). Sur les fonds de lagon les becs de cane étaient observés de préférence sur les fonds comportant une forte proportion de sable (Fig. 35). En zone côtière, les becs de cane fréquentaient des zones avec beaucoup d'algues et peu de corail (Fig. 35).

Le comportement des poissons est une composante importante dans les estimations de densités et de biomasse (Kulbicki 1998). En particulier la plupart des espèces ne sont pas neutres vis-à-vis de l'observateur, pouvant être soit attirées, soit au contraire effrayées par la présence d'un plongeur. Ce comportement peut changer avec de nombreux paramètres, dont la pression de la pêche sous-marine, la taille du poisson et la profondeur (Kulbicki 1998). Sans entrer dans une analyse détaillée du comportement de *L. nebulosus* vis-à-vis des plongeurs, la Fig. 39 montre que la distance à laquelle cette espèce est observée augmente avec la taille. En particulier, les plus petits individus étaient observés très près du plongeur et les poissons de plus de 35 cm étaient en majorité observés à plus de 5 m.

La densité et la biomasse des becs de cane observés en plongée étaient maximales sur les fonds de lagon (Figs. 36, 37), les valeurs déclinant de part et d'autre sur un axe côte-large. Les valeurs restaient cependant peu élevées avec 4.5 g/m² et 0.0055 poissons/m². Comparées aux densités et biomasses globales (tous poissons) les becs de cane représentaient en général moins de 0.5% de la densité ou de la biomasse à l'exception des fonds de lagon où ils représentaient 3.5% de la biomasse observée (Figs. 36, 37).

Les densités et biomasses des becs de cane observés sur les transects étaient fonction de plusieurs facteurs (Fig. 38). La profondeur jouait un rôle important sur les caractéristiques des populations de becs de cane observés en plongée (Figs. 38, 39). La densité décroissait avec la profondeur alors que le poids moyen augmentait de façon linéaire, la biomasse montrant un pic entre 10 m et 15 m. Densité, biomasse et poids moyens montraient la même tendance avec la proportion de sable et vase, leurs valeurs étant minimales entre 20 et 60% de fonds meubles et maximales sur les fonds les plus sablonneux. Le rôle du corail est plus difficile à définir. De façon générale la densité et la biomasse diminuaient avec la couverture corallienne, cependant les plus gros individus étaient vus dans les zones assez riches en coraux (20-40%), mais leur densité y était très faible. À l'inverse dans les zones comportant peu de coraux les densités et biomasses étaient élevées, mais il s'agissait de petits poissons. Les algues avaient un rôle à peu près opposé à celui des coraux avec les plus fortes densités et dans une certaine mesure de fortes biomasses dans les zones à forte couverture algale. En revanche, les becs-de-cane observés sur les herbiers et algueraies étaient de petite taille.

4 Discussion

4.1 Adéquation des méthodes d'échantillonnage

L'effort d'échantillonnage déployé est très important, puisqu'aucun autre pays de l'Indo-Pacifique ne semble avoir été aussi complètement échantillonné que les lagons de la Nouvelle-Calédonie, avec un tel arsenal de méthodes. Il faut cependant remarquer que toutes les méthodes utilisées présentent des biais et qu'en conséquence les résultats ne reflètent pas nécessairement de façon fidèle la répartition spatiale et temporelle du bec-de-cane. Une analyse rapide des quatre principales méthodes utilisées permettra de mieux situer les problèmes.

Les chaluts ont permis la prospection des fonds meubles peu encombrés. Ces engins sont limités par la profondeur (pas de chalutage à moins de 5 m de fond) et par la nature du fond. En effet, la présence d'obstacles tels que des petits pâtés coralliens ou des enrochements empêche l'utilisation de chalut. Pour cette raison, les seules zones bien prospectées ont été la baie de Saint-Vincent et le lagon nord. Des essais dans le chenal de l'îlot Maître ou à proximité de l'île Ouen ont montré que même des obstacles de petite taille pouvaient être rédhibitoires. Un second problème avec les chaluts provient de la vitesse de pêche. Celle-ci ne dépassait pas 3 nœuds, ce qui permet à la plupart des plus grands poissons d'échapper au chalut. Ceci est avéré par la capture de nombreux grands *L. nebulosus* par palangre ou ligne à main dans des zones (lagon nord) où seuls 4 spécimens de poids >1 kg ont pu être capturés au chalut. La capturabilité de cette espèce n'est pas connue, mais elle diminue manifestement avec la taille, bien que les chaluts utilisés permettent de capturer toutes les tailles, puisque le poids des poissons capturés au chalut était compris entre 3 g et 3.4 kg.

Les lignes (palangres et lignes à main) sélectionnent les gros individus. Les plus petits poissons capturés avec ces engins étaient respectivement 80 g à la ligne à main et 270 g à la palangre. Ces engins ne permettent donc pas de connaître la distribution spatiale des juvéniles. En revanche, ces engins permettent de prospecter des zones inaccessibles aux autres méthodes, en particulier les fonds meubles parsemés de pâtés coralliens isolés. Bien qu'il soit possible d'estimer des biomasses à partir des captures de ces engins, ces estimations sont très approximatives et doivent donc être considérées avec prudence. Les chiffres obtenus permettent, cependant, des comparaisons avec d'autres méthodes sur des habitats ayant des caractéristiques communes.

La roténone n'est pas vraiment adaptée à la capture de spécimens de grande taille de cette espèce car les poissons peuvent fuir la zone empoisonnée avant que le filet de contention ne soit refermé. En revanche il est probable que les petits individus soient relativement bien échantillonnés par cette méthode. La mise en œuvre de stations de pêche à la roténone étant particulièrement longue, il n'a pas été possible de réaliser un grand nombre de stations. D'autre part, cette méthode est adaptée à des petits fonds et ne peut être utilisée qu'en eau claire.

Les comptages en plongée sont probablement la meilleure méthode pour estimer les densités et biomasses de cette espèce, pour les petits individus et dans les petits fonds. En toute autre circonstance, les biais peuvent être importants. Les grands individus sont en général méfiants et restent donc à distance de l'observateur (Fig. 39), cette distance augmentant si la pêche sous-marine est importante (Kulbicki 1998). Il en résulte que si la largeur des transects est trop étroite, un nombre important de poissons ne sont pas comptés, ce qui aboutit à une sous-estimation des densités. Jennings et al. (1995) ont d'ailleurs montré que les estimations d'abondance obtenues par comptage pour les Lethrinidae étaient en général des sous-estimations, conséquence du comportement de ces poissons. Par ailleurs, cette méthode est limitée à des petits fonds (<20 m) et aux eaux claires.

La longueur maximale observée, au cours de la présente étude, parmi les animaux capturés (LF = 0.695 m) était sensiblement inférieure à la longueur maximale indiquée dans la littérature, qui est de 0.870 m en Australie et en Nouvelle-Calédonie (Tableau 9).

4.2 Populations et stocks

Lors des campagnes de suivi des communautés de poissons lagunaires faites par l'IRD au cours des deux dernières décennies, nous avons noté, concernant *L. nebulosus* : (1) taille moyenne plus faible dans le lagon d'Ouvéa qu'autour de la Grande Terre, y compris dans le lagon sud, où l'habitat est pourtant considéré comme similaire à celui du lagon d'Ouvéa ; (2) taille à maturité sexuelle bien moindre dans le lagon d'Ouvéa ; (3) vitesse de croissance inférée comme étant plus faible dans le lagon d'Ouvéa ; (4) comportement d'alimentation différent : les becs de cane du pourtour de la Grande Terre semblaient actifs de jour alors que ceux du lagon d'Ouvéa le semblaient la nuit.

Deux hypothèses – pas nécessairement exclusives l'une de l'autre – avaient été émises pour expliquer ces différences (Borsa & Kulbicki 2004) : (1) les différences d'habitat entre Ouvéa et le pourtour de la Grande Terre feraient que les poissons ajustent leur comportement d'alimentation

à la disponibilité des proies ; de plus, la plasticité phénotypique serait élevée ; (2) les populations d'Ouvéa et de la Grande Terre seraient isolées géographiquement ; leur composition génétique serait différente, notamment pour les gènes liés à la croissance, à la maturation des gonades, ainsi qu'au comportement alimentaire.

Deux problèmes méritaient d'être mentionnés. Si l'hypothèse (1) était vraie, on devait s'attendre à des différences phénotypiques encore plus élevées entre deux habitats très différents sur le pourtour de la Grande Terre, comme par exemple le lagon sud et la côte est. Or, ceci n'a pas été observé (M. Kulbicki, obs. pers.). L'hypothèse (2) selon laquelle le flux génique entre populations géographiquement proches serait restreint semblait a priori peu compatible avec la durée du développement larvaire chez cette espèce (≥ 37 jours ; Brothers et al. 1983), ainsi qu'avec la très large répartition de *L. nebulosus* dans l'Indo-Pacifique (Carpenter & Allen 1989). Ces réflexions nous avaient conduit à une troisième hypothèse : (3) le bec de cane d'Ouvéa serait d'une espèce différente du bec de cane du pourtour de la Grande Terre, adaptée à l'environnement lagunaire d'Ouvéa et écologiquement suffisamment proche de *L. nebulosus* pour que cette dernière espèce en ait été exclue.

Les trois hypothèses ci-dessus menaient à des prédictions testables : selon l'hypothèse (1) on s'attendait à n'observer aucune différence génétique entre la population de *L. nebulosus* d'Ouvéa et celles du pourtour de la Grande Terre ; selon l'hypothèse (2), on s'attendait à des différences génétiques marquées entre les deux populations (et à des différences encore plus marquées avec des populations géographiquement encore plus éloignées, d'où la nécessité de se procurer des échantillons de *L. nebulosus* à l'extérieur de l'archipel néo-calédonien) ; selon l'hypothèse (3) on s'attendait à un flux génique restreint entre Ouvéa et la Grande Terre, à une absence de corrélation entre distance génétique et distance géographique entre populations (là encore il était nécessaire d'obtenir au moins un échantillon extérieur), et à une corrélation entre allèles à des locus différents.

Au cours du présent travail, ces trois hypothèses ont été testées à l'aide de marqueurs génétiques. Les données permettent de rejeter les hypothèses (2) et (3), mais sont compatibles avec l'hypothèse (1). En conséquence, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse de plasticité phénotypique élevée chez le bec de cane, associée à des différences d'habitat d'un lagon à l'autre. Si nous pouvons admettre l'existence de trois stocks, nous ne pouvons pas rejeter l'hypothèse d'une seule population au sens génétique pour toute la région échantillonnée. En d'autres termes, l'homogénéité génétique observée ici est nécessairement la conséquence d'échanges, même occasionnels, entre stocks.

Un résultat fortuit de notre étude est celui de la forte divergence constatée entre individus de becs-de-cane malabar (*L. olivaceus*) choisis comme groupe externe. Les différences entre les haplotypes échantillonnés en Nouvelle-Calédonie et ceux de Bali étaient du même ordre que celles observées entre *L. lentjan* et *L. nebulosus*, ce qui, incidemment, suggère que *L. olivaceus* consiste en deux espèces cryptiques. L'espèce fréquentant les eaux calédoniennes pourrait alors être *L. waigiensis* Valenciennes et non pas *L. olivaceus*, dès lors restreint à l'océan Indien, mais ceci reste à vérifier. Bien que ceci soit hors-sujet par rapport aux objectifs du présent travail, la mise en évidence d'espèces cryptiques chez un poisson aussi abondant et recherché pour sa chair illustre à quel point nos connaissances sur les Lethrinidae restent rudimentaires.

4.3 Traits de vie

L. nebulosus étant une des espèces de Lethrinidae les plus pêchées et ayant une vaste répartition géographique, il existe des informations concernant les traits de vie de cette espèce en provenance de plusieurs régions.

Carpenter (2001) et Randall (2005) donnent, respectivement, 80 cm TL soit 700 mm LF et 86 cm (LT) soit 750 mm LF, comme tailles maximales de *L. nebulosus*, mais ces auteurs n'indiquent pas l'origine géographique des échantillons qu'ils ont analysés. Un examen de la littérature (Tableau 9) montre que les valeurs rapportées sont toutes inférieures à celles de Carpenter (2001) et Randall (2005), à l'exception du Queensland. Les valeurs pour les échantillons de Nouvelle-Calédonie se situent dans la partie supérieure de la distribution.

TABLEAU 7. – *Lethrinus nebulosus*. Longueur à la fourche (LF, en cm), âge (ans) et mois de reproduction selon les régions. *M* mâle ; *F* femelle ; * estimation

Région	LF à la première reproduction	Age de 1 ^e reproduction	Mois de reproduction	Référence
Golfe d'Aden	-	-	III	Aldonov & Druzhinin 1979
Queensland	-	-	VI, VII	Walker 1975
Golfe Persique	28.6 (M) ; 27.6 (F)	3 (M) ; 3 (F)	IV, V	Grandcourt et al. 2006
Australie NW	30 (F)	4-5 (F)	VIII-XI	Kuo 1989
Japon	40 (M) ; 40 (F)	4* (M) ; 4* (F)	III-VI	Ebisawa 1990
Afrique de l'est (2-10°S)	-	-	III, IV ; X, XI	Nzioka, in Ebisawa 1990
NC	42 (M) ; 45 (F)	4 (M) ; 4 (F)	VII-X	Loubens 1980b
NC	35-40 (M) ; 40-45 (F)	4 (M) ; 4 (F)	VII-X	Présente étude

TABLEAU 8.- *Lethrinus nebulosus*. Fréquences alléliques en Nouvelle-Calédonie (incluant les lagons nord et SW de la Grande Terre) et à Bali. *N*, taille d'échantillon

Echantillon	Locus, allèle											
	<i>ARN 16S</i>					<i>Aldo-B 1</i>		<i>Aldo-B 2</i>			<i>GnRH-3 1</i>	
	<i>E'</i>	<i>E'2*</i>	<i>E'3*</i>	<i>E'4*</i>	(<i>N</i>)	<i>1010</i>	(<i>N</i>)	<i>900</i>	<i>0^a</i>	(<i>N</i>)	<i>984</i>	(<i>N</i>)
Nlle Calédonie	0.96	0.02	0.01	0.01	(100)	1.00	(79)	0.63	0.37	(79)	1.00	(99)
Lagoon SW	0.96	0.03	-	0.01	(72)	1.00	(64)	0.60	0.40	(64)	1.00	(72)
Lagon nord	1.00	-	-	-	(13)	1.00	(11)	0.70	0.30	(11)	1.00	(13)
Bali	1.00	-	-	-	(1)	1.00	(1)	-	1.00	(1)	1.00	(1)

^a fréquence de l'allèle nul (*0*) estimée comme la racine carrée de la fréquence des homozygotes nuls, en supposant que la population est à l'équilibre de Hardy-Weinberg

TABLEAU 9. - Longueur maximale observée chez *Lethrinus nebulosus* dans plusieurs régions. *LF* longueur à la fourche ; *LS* longueur standard ; *LT* longueur totale

Région (sexe)	Longueur (mm)		Référence
	indiquée	LF estimée*	
Nouvelle-Calédonie	870 (LT présumée)	760	Fourmanoir & Laboute (1976)
Nouvelle-Calédonie (mâles)	680 (LF)	680	présente étude
Nouvelle-Calédonie (femelles)	695 (LF)	695	présente étude
Nouvelle-Calédonie (mâles)	555 (LS)	631	Loubens (1980b)
Nouvelle-Calédonie (femelles)	620 (LS)	705	Loubens (1980b)
Queensland	870 (LT présumée)	760	Grant (1978)
Queensland	860 (LT)	755	Williams & Russ (1991)
Golfe Persique	550 (LS)	625	Grandcourt et al. (2006)
Golfe Persique	610 (LT)	540	Baddar (1987)
Australie nord	550 (LF)	550	Kuo (1989)
Japon	600 (LF)	600	Ebisawa (1990)
Golfe d'Aden	680 (LT)	600	Aldonov & Druzhinin (1979)

* obtenue en utilisant les formules données par Loubens (1980b)

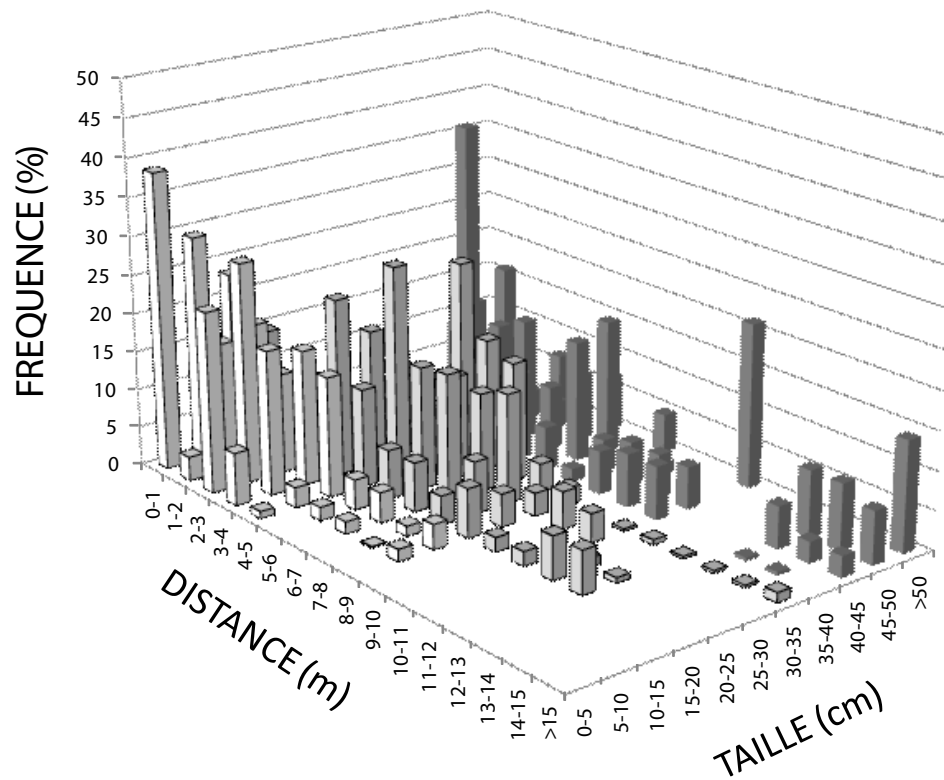


FIG. 39. *Lethrinus nebulosus*. Distribution des observations lors des comptages en plongée. La distance est celle séparant les poissons du transect. La taille est celle des poissons observés.

Les relations longueur-poids obtenues par nous sont proches de celles fournies par Loubens (1980b) sur des spécimens capturés entre 1976 et 1978 dans le lagon SW (Tableau 10). Les valeurs observées en Nouvelle Calédonie sont semblables à celle de la plupart des autres études disponibles dans le monde, à l'exception de poissons observés dans le golf d'Aden ou en Mer Rouge (Aldonov & Druzhinin 1979 ; Al Sakka & Esseen 1999), lesquels présentent une meilleure condition.

Les estimations de la croissance de *L. nebulosus* sont très variables suivant les études (Tableau 6). Il y a essentiellement deux raisons à ces différences : d'une part, les méthodes ne sont pas les mêmes d'une étude à l'autre ; d'autre part, il peut exister d'importantes différences inter-régionales. De nos jours, seules les estimations basées sur les lectures d'otolithes sont jugées fiables. Les résultats d'autres méthodes sont données à seul titre indicatif dans le Tableau 6. Plusieurs auteurs ont validé la périodicité des stries saisonnières de croissance observées sur les otolithes de *L. nebulosus* (Loubens 1980a ; Morales-Nin 1988 ; Grandcourt et al. 2006) et il est maintenant admis que les individus avant première reproduction présentent une marque saisonnière par an. Après la première reproduction, il reste à confirmer la périodicité des marques sur les otolithes, car plusieurs auteurs notent que celles-ci se resserrent au point qu'elles sont difficilement lisibles sur le bord des otolithes des poissons les plus âgés. Les trois études faites sur les becs-de-cane de Nouvelle-Calédonie (Loubens 1980b ; Baillon 1990 ; Morales-Nin 1988) donnent des résultats différents. Loubens (1980b) estime que la croissance est lente, son modèle indiquant qu'à 7 ans la longueur serait de 56 cm. Baillon (1990) obtient une croissance identique à celle de Loubens jusqu'à 5 ans, mais ses estimations de croissance donnent 70.8 cm à 7 ans. Morales-Nin (1988) obtient des tailles initiales anormalement élevées, mais à 7 ans les tailles estimées sont proches de celles obtenues par Baillon (1990). En l'absence d'étude de marquage en milieu naturel, il est difficile de choisir entre ces trois estimations. Quoiqu'il en soit, les analyses obtenues en Nouvelle-Calédonie indiquent toutes des croissances supérieures à ce qui est observé ailleurs, que ce soit dans la région (Fiji, Queensland) ou au Moyen-Orient, où la croissance est la plus faible (Tableau 7). Il apparaît donc que, malgré l'incertitude existant sur ces estimations de croissance, *L. nebulosus* ait une croissance plus rapide en Nouvelle-Calédonie. Ceci peut être le fait soit d'une meilleure alimentation (en qualité et/ou quantité), soit de conditions environnementales particulièrement favorables, soit de performances métaboliques différentes, liées à différences génétiques, soit d'une combinaison de ces différents facteurs.

La reproduction de *L. nebulosus* a lieu entre juillet et octobre en Nouvelle-Calédonie (Loubens 1980b ; présente étude). Dans l'hémisphère sud, les rares informations disponibles indiquent également une reproduction au cours du second semestre, alors que dans l'hémisphère nord celle-ci a lieu au cours du premier semestre (Tableau 7). Ebisawa (1990) a émis l'hypothèse que la reproduction de cette espèce était probablement davantage liée à la température de l'eau qu'à la photopériode. La taille à première reproduction est difficile à estimer, mais elle change en fonction de la région, les poissons en Nouvelle-Calédonie étant plus grands qu'ailleurs pour leur première reproduction (Tableau 7). Des différences de taille à maturité sexuelle sont observées en Nouvelle-Calédonie, mais pas ailleurs. L'âge de première reproduction se situe entre 3 et 4 ans (âges estimés) dans toutes les études. Ceci suggère que la maturité sexuelle chez cette espèce serait davantage liée à l'âge qu'à la taille. Il n'y a pas d'étude indiquant le comportement ou les lieux de ponte de *L. nebulosus*. En Nouvelle-Calédonie, les pêcheurs signalent que ces poissons se regroupent sur les herbiers sous le vent des îlots en période de reproduction, souvent sur des fonds <5 m.

Il y a peu de données sur la période de recrutement de *L. nebulosus*. La durée de vie larvaire moyenne a été estimée à 37 jours au Queensland (Brothers et al. 1983). La période de recrutement n'est pas connue. Dans les captures au chalut, la majorité des individus de moins de 50 g ont été pêchés entre juillet et septembre alors que sur les herbiers et algueraies les petits individus (< 7 cm) sont observés de façon quasi-exclusive en mars et avril. Blaber (1980) signale que dans un estuaire du Queensland, *L. nebulosus* n'était représenté que par des juvéniles (70-80 mm) entre février et mai, périodes durant lesquelles il avait effectué son échantillonnage. Nous ignorons où vivent ces poissons entre le moment de leur recrutement (entre octobre et décembre) et les premières observations dans les herbiers et algueraies. Il est possible que ces poissons se cachent dans les herbiers qui sont, à cette période-là, à leur extension maximale.

Ainsi, au Japon, les herbiers à zostères servent de nourriceries à cette espèce, les juvéniles y arrivant essentiellement entre mai et juin, soit un à deux mois après la reproduction (Ebisawa 1990 ; Arvedlung & Takemura 2006).

L. nebulosus est hermaphrodite (Ebisawa 1990), tout comme d'autres *Lethrinus* (Ebisawa 1997, 1999, 2006 ; Sadovy & Liu 2008). Des études d'histologie montrent que les femelles de *L. nebulosus* sont d'abord mâles (Ebisawa 1990), ce qui se traduit par une variation de la sex-ratio avec la taille (Young et Martin, 1982 ; Loubens 1980b ; Kuo et Lee 1986 ; Ebisawa 1990 ; présente étude). Dans la présente étude, la proportion de femelles était toujours >50% et augmentait avec la taille, dépassant les 60% pour les poissons de LF >550 mm. Loubens (1980b) a également observé davantage de femelles que de mâles, en particulier chez les poissons d'environ 625 mm LF. Kuo & Lee (1986) et Ebisawa (1990) ont également noté une augmentation de la proportion de femelles avec la taille en Australie du nord et au Japon mais cette tendance était légère et le ratio entre 50 et 60%, alors que Grandcourt et al. (2006) indiquent une proportion de femelles plus importante (71-75%) mais qui ne change guère avec l'âge (le ratio n'est pas indiqué en fonction de la taille). Les conséquences de cet hermaphrodisme et de la sex-ratio déséquilibrée sur l'exploitation de cette espèce ne sont pas connues. En particulier, nous ne savons pas si l'espèce peut moduler la sex-ratio en fonction de la démographie ou si cette proportion reste constante. Dans notre étude, cette proportion ne changeait pas en fonction des facteurs environnementaux testés.

A notre connaissance, peu d'informations existent sur l'alimentation de cette espèce, en dehors de la présente étude (voir Tableau 11). En particulier, les facteurs de variation de l'alimentation de cette espèce sont mal connus. Parmi les quelques données disponibles, de fortes variations sont observées d'une étude à l'autre. En particulier, le poisson varie dans de très fortes proportions dans l'alimentation du bec-de-cane. Il est difficile de savoir à quel facteur attribuer de telles variations. Nous avons trouvé relativement peu de différences entre régions, mais en revanche, la taille, la profondeur et le type d'habitat ont un effet sur le régime alimentaire. Les plus grands poissons ont tendance à consommer davantage de poissons, crustacés et échinodermes et moins de mollusques et vers, que les autres, ce qui est à relier d'une part à leur plus grande vitesse de nage (pour capturer des poissons) et à leurs mâchoires plus puissantes (leur permettant briser la carapace des crustacés et les coquilles des mollusques). En l'absence d'information sur l'abondance des proies dans les différents habitats et en fonction de la profondeur, il est difficile de savoir quel est le niveau d'opportunisme de cette espèce dans son alimentation.

4.4 Abondance, biomasse

A notre connaissance, il n'existe pas d'estimations de densité ou de biomasse pour cette espèce en dehors de travaux antérieurs en Nouvelle-Calédonie (ex. Kulbicki et al. 2000 ; Letourneur et al. 2000 ; Labrosse et al. 2000 ; Kulbicki 1995 ; Wantiez 1992).

Comme indiqué précédemment, chacune des méthodes utilisées présente des biais pour les estimations d'abondance et de biomasse, mais ces biais sont très difficiles à estimer. Dans la très grande majorité des cas, les méthodes utilisées vont sous-estimer, parfois fortement, les densités et en conséquence les biomasses de cette espèce. Les résultats obtenus sont probablement très conservateurs. A ce jour, nous n'avons pas d'estimations fiables des surfaces pour l'ensemble des habitats occupés par *L. nebulosus* : il serait prématuré de faire des estimations de stocks. Il est cependant possible de combiner les différentes méthodes d'estimations, pêches et observations en plongée, pour obtenir une première estimation des biomasses pour cette espèce (Tableaux 12 et 13). Les estimations données par la combinaison des lignes à main et des palangres (Tableau 12) portent sur les fonds meubles non chalutables, c'est-à-dire des fonds parsemés de blocs coralliens plus ou moins espacés. Les variations observées en fonction de la région, de la profondeur et de l'habitat reflètent les résultats déjà présentés pour les PUE. Les surfaces de ces biotopes ne sont pas bien connues, mais de façon conservatrice il est possible de les estimer à 2000 km² pour le lagon SW, à 700 km² à Ouvéa et à 5000 km² en Province Nord. Ceci permet d'estimer à 3000 tonnes le stock de bec de cane fréquentant ces types de fonds dans le lagon SW,

à environ 2000 tonnes celui d'Ouvéa et à 5000 tonnes celui de la Province Nord. Il convient d'y ajouter les stocks provenant des fonds récifaux, estimés à partir des biomasses du Tableau 13. Evaluant la surface des fonds récifaux convenant à cette espèce à 500 km² dans le lagon SW, 100 km² à Ouvéa et à 1500 km² dans le lagon nord, cela constitue un supplément de stock d'environ 150 tonnes dans le lagon SW, 250 tonnes à Ouvéa et 1200 tonnes dans le lagon nord. Les stocks sur les fonds meubles chalutables sont négligeables dans le lagon SW (<100 t) et dans le lagon nord (<300 t), malgré les très grandes surfaces de ce type de fonds en Province Nord(>7000 km²). Ces estimations, bien que très grossières, indiquent néanmoins :

a – les stocks sur l'ensemble de la Nouvelle Calédonie avoisinent 10 000 tonnes

b- les stocks sont inégalement répartis, l'essentiel étant en Province Nord où les biomasses par unité de surface sont cependant moindres, ce qui en rend l'exploitation moins intéressante

c- l'essentiel des stocks se situent sur les fonds meubles et non aux abords des récifs (dont herbier et algueraies)

d- les fonds meubles chalutables, malgré les très grandes surfaces qu'ils représentent, ne contiennent qu'une très faible partie du stock et ne peuvent donc servir de réservoir

Ces constats amènent quelques commentaires. A l'heure actuelle, nous ne connaissons pas les quantités de becs-de-cane extraites sur l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie. Cette espèce est cependant l'une des plus pêchées au vu des quantités vendues au marché de Nouméa ou d'après les chiffres disponibles à partir d'enquêtes de consommation menées auprès des populations (Labrosse et al. 2000 ; Poignonec, 2007 ; données non publiées de la CPS, comm. pers. de M. Kronen). Il est possible que jusqu'à 1000 à 2000 tonnes de cette espèce sont capturées chaque année, mais il est bien entendu nécessaire de confirmer ces chiffres par des études spécifiques. Au vu des caractéristiques biologiques et écologiques de cette espèce hermaphrodite qui se reproduit relativement tard, à la croissance moyennement rapide, et qui présente une grande longévité, on peut considérer qu'un tel niveau d'exploitation est proche de son maximum dans plusieurs régions de Nouvelle-Calédonie. Labrosse et al. (2000) ont même montré que *L. nebulosus* était sur-exploitée dans la région de Voh-Koné-Pouembout. Il en est probablement de même dans la plupart des zones à forte densité humaine (environs de Nouméa, Mont Dore) ou dans les zones où l'habitat du bec-de-cane est limité et la population humaine est moyennement dense (ex. La Foa, Moindou, Yaté). A l'opposé, certaines zones comme Ouvéa et les zones les moins peuplées de la Province Nord abritent encore des ressources relativement importantes de cette espèce. Bien que l'essentiel des stocks se situent sur les fonds de lagon, les fonds situés à proximité des récifs, en particulier les herbiers et algueraies, jouent probablement un rôle essentiel dans le cycle vital de cette espèce, car la plupart des jeunes y séjournent. Il est donc important de préserver ce type de fonds, et dans le cadre d'une gestion de cette espèce (ainsi que d'autres Lethrinidae dont *Lethrinus lentjan*, *L. atkinsoni*, *L. harak*, *L. obsoletus*) il faudrait inclure ces biotopes dans les périmètres de protection.

4.5 Distributions spatiale et temporelle

En Nouvelle Calédonie, *L. nebulosus* fréquente la plupart des habitats côtiers, à l'exception des mangroves et des estuaires, les densités étant cependant très faibles sur les fonds meubles sans abris (fonds chalutables). Il existe peu d'informations sur les habitats fréquentés par cette espèce dans d'autres régions du monde, exception faite des travaux de Nakamura & Tsuchiya (2008) au Japon. Ces auteurs indiquent que *L. nebulosus*, essentiellement comme juvénile, fréquente les herbiers, les individus les plus grands dans leur échantillonnage étant observés sur le tombant et l'arrière-récif. Mangi & Roberts (2006) montrent que *L. nebulosus* est essentiellement présent comme juvénile dans les captures des pêche à la senne de plage au Kenya. Des juvéniles (<80 mm LS) ont été observés en faibles densités dans un estuaire au Queensland par Blaber (1980). Cette espèce est la plus fréquente des espèces commerciales sur les fonds meubles détritiques à proximité des récifs sur la Grande Barrière (Westera et al. 2003). Dans le nord de l'Australie, cette espèce a fait l'objet d'une pêche à la ligne sur les fonds meubles au large (Stehouwer 1981 ; Williams & Russ, 1991) et à l'heure actuelle elle constitue l'une des principales espèces-cibles (12% des captures) d'une pêcherie au casier dans le NW de l'Australie, sur des fonds non chalu-

TABEAU 10. - Relations longueur-poids pour *L. nebulosus* de différentes localités. $W = a L^b$ avec W poids (g) et L longueur à la fourche. Pour estimer le poids pour des poissons de 30 cm et 50 cm LF pour les équations basées sur des LS ou LT les équations de conversion de Loubens (1980b) ont été utilisées : $LF = 1.121 LS + 8.4$; $LT = 1.281 LS + 6.3$, avec LF, LS, LT en mm. P30 (P50) : poids à 30 cm (50 cm) LF (g).

Région	Coeff a	Coeff. b	Longueur	P30	P50	Référence
Golfe d'Aden	0.0432	2.798	LF (cm)	586	2449	Aldonov & Druzhinin 1979
Golfe d'Aden	0.0350	2.81	LF (cm)	495	2081	Edwards et al. 1985
Golfe Persique	0.0173	3.01	LF (cm)	484	2253	Baddar 1987
Golfe Persique	0.0300	2.88	LF (cm)	539	2345	Grandcourt et al. 2006
Japon	0.0252	2.913	LF (cm)	507	2243	Ebisawa 1990
Mer Rouge et Aden	0.0950	2.615	LF femelles (cm)	692	2633	Al Sakaff & Esseen 1999
Mer Rouge et Aden	0.0670	2.708	LF mâles (cm)	670	2672	Al Sakaff & Esseen 1999
Nouv. Cal.	0.0293	2.875	LF (cm)	517	2246	Présente étude
Nouv. Cal.	$5.64 \cdot 10^{-5}$	2.88	LS (mm)	509	2292	Loubens 1980b
Nouv. Cal.	$5.98 \cdot 10^{-5}$	2.87	LS mâles (mm)	511	2286	Loubens 1980b
Nouv. Cal.	$5.96 \cdot 10^{-5}$	2.87	LS femelles (mm)	509	2279	Loubens 1980b

TABEAU 11. – Proportions des principales proies identifiées chez *L. nebulosus*

Région	Poisson	Crustacé	Crabe	Mollusque	Bivalves	Gastéropodes	Vers	Echinodermes	Divers	Référence
Australie nord	50.0	25.1	4.6	11.4	NA	NA	11.4	0	15.9	Salini et al. 1994
Queensland	2.4	0.5	9.9	2.4	22.2	13.2	5.1	27.0	19.7	Walker, 1978
Golfe d'Aden	34.5	27.4	8.3	8.8	6.0	0	15.5	1.2		Aldonov & Druzhinin, 1979
New Caledonia	3.9	4.5	11.8	7.7	49.0	10.7	4.3	6.3	1.8	Présente étude

TABLEAU 12. – Estimation de biomasses de *L. nebulosus* à partir des pêches expérimentales à la ligne à main et à la palangre en fonction de la région, de la profondeur et de l'habitat lagonaire.

Région,	Profondeur					Total
Biotope	0-10m	10-20m	20-30m	30-40m	>40m	
Lagon SW						
Côte	0.2	0.7	0.5	0.7	0.0	0.5
Milieu	0.9	1.9	3.1	2.6	1.5	2.3
Barrière	0.4	0.9	2.0	2.3	1.7	1.5
Fonds meubles	-	-	-	-	-	0.2*
<i>Total Lagon SW</i>	<i>0.4</i>	<i>1.2</i>	<i>2.0</i>	<i>2.1</i>	<i>1.2</i>	<i>1.5</i>
Ouvea						
Côte	3.0	3.6	-	-	-	3.1
Milieu	2.4	2.9	4.2	3.3		3.1
Barrière	2.5	1.1	2.7	1.8	4.2	1.9
<i>Total Ouvea</i>	<i>2.8</i>	<i>2.6</i>	<i>3.8</i>	<i>2.2</i>	<i>4.2</i>	<i>2.8</i>
Province-Nord						
Côte	0.8	0.7	-	-	-	0.7
Milieu	1.3	1.5	1.0	0.8	0.9	1.2
Barrière	0.3	1.0	2.1	2.9	-	0.8
Fonds meubles	-	-	-	-	-	0.02*
<i>Total Province N</i>	<i>0.8</i>	<i>1.2</i>	<i>1.1</i>	<i>0.9</i>	<i>0.9</i>	<i>1.0</i>

* Fonds meubles : estimations obtenues par les pêches au chalut avec une capturabilité estimée à 0.1

TABLEAU 13. – Estimation de biomasses de *L. nebulosus* à partir des comptages visuels en plongée en fonction de la région, de la profondeur et de l'habitat récifal

Région, Biotope	Profondeur						Total
	0-5m	5-10m	10-15m	15-20m	20-25m	> 25m	
<i>Lagon SW</i>							
Frangeant	0.13	0.26	0.00	-	-	-	0.18
Fond-Lagon	0.00	0.00	-	-	-	-	0.00
Milieu	0.24	0.30	0.06	0.88	-	0.00	0.29
Barrière	0.33	0.44	3.04	-	0.00	-	0.61
Extérieur	-	0.00	0.00	-	-	-	0.00
<i>Total Lagon SW</i>	<i>0.21</i>	<i>0.30</i>	<i>0.76</i>	<i>0.88</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>0.32</i>
<i>Ouvéa</i>							
Frangeant	0.27	0.21	-	-	-	-	0.23
Fond-Lagon	-	0.00	24.08	2.69	0.73	0.00	5.40
Milieu	-	-	0.00	-	-	-	0.00
Barrière	0.27	0.00	1.98	-	-	-	0.15
<i>Total Ouvéa</i>	<i>0.27</i>	<i>0.03</i>	<i>17.87</i>	<i>2.69</i>	<i>0.73</i>	<i>0.00</i>	<i>2.51</i>
<i>P. Nord</i>							
Frangeant	0.32	0.51	0.79	0.00	-	-	0.48
Milieu	0.09	1.16	0.01	0.00	-	-	0.78
Barrière	1.52	2.87	0.97	0.00	0.00	-	2.25
Extérieur	0.06	0.02	0.00	-	-	-	0.04
<i>Total P. Nord</i>	<i>0.70</i>	<i>1.48</i>	<i>0.64</i>	<i>0.00</i>	<i>0.00</i>	<i>-</i>	<i>1.15</i>
Grand total	0.38	0.81	2.11	1.63	0.61	0.00	0.79

tables entre 30 m et 240 m (Anonyme 2004a). Elle a également fait partie des principales espèces ciblées par les chalutiers taiwanais dans les années 1970-1980 (Kuo 1989) dans le nord de l'Australie ; toutefois, des pêches expérimentales dans le golfe de Carpentarie indiquent que cette espèce n'est pas parmi les plus abondantes (biomasse $<0.1 \text{ g/m}^2$), bien que relativement fréquente (présente dans 8.4% des traits de chaluts) (Blaber et al. 1994). Dalzell et al. (1992) indiquent que cette espèce est une des principales cibles de la pêche à la ligne à Fidji, mais ils ne précisent pas dans quels biotopes elle est capturée. *L. nebulosus* est également la principale espèce de la pêcherie à la ligne dans l'atoll de Tarawa (Beets 2000). Cette espèce est l'une des principales capturée au chalut dans le golfe d'Aden (Aldonov et Druzhinin 1979) et elle constitue l'une des espèces principales des pêcheries démersales dans le golfe Persique (Grandcourt et al. 2006). *L. nebulosus* est une espèce commerciale importante aux Seychelles et s'y rencontre surtout sur les fonds détritiques Pittman (1997). Une étude menée par la CPS et l'IRD portant sur 6 sites à Fidji et à Tonga n'a pas observé de *L. nebulosus* dans les eaux peu profondes ($<15 \text{ m}$) à proximité des récifs, bien que cette espèce soit commune dans les captures à la ligne dans ces sites (Anonyme 2004b). Il existe donc, dans la littérature, très peu d'information détaillée sur les habitats de ces poissons. Les données du présent rapport permettent donc d'établir une première vue d'ensemble de l'écologie de ce poisson.

Les jeunes se rencontrent sur les petits fonds, de préférence les herbiers et dans une moindre mesure les algueraies où ils bénéficient d'un refuge important, leur présence dans ces habitats coïncidant avec le pic de taille maximale des algues et phanérogames qui a lieu durant la saison chaude, juste après le recrutement de cette espèce entre novembre et janvier si on se réfère à ce qu'on connaît des périodes de ponte et de la durée de vie larvaire. Quelques juvéniles se rencontrent également sur les fonds détritiques mais en nombres beaucoup plus faibles que sur les herbiers ou algueraies. A mesure que ces poissons grandissent, ils quittent ces habitats peu profonds et côtiers pour des zones plus profondes et plus au large. Il existe en effet une corrélation entre taille et profondeur ainsi qu'une évolution de l'abondance en fonction de l'habitat. Aucune migration n'est connue, mais il est probable que cette espèce vient pondre dans des zones peu profondes à proximité des îlots, de préférence dans les zones présentant un peu de courant. A notre connaissance il n'y a pas de rassemblement pour le frai dans les passes ou à l'extérieur des passes, mais il est probable que de tels rassemblements puissent avoir lieu car ces zones présentent des conditions favorables à la dispersion des œufs. Egretaud (1992) avait suggéré qu'à Ouvéa les *L. nebulosus* se déplaçaient à la nuit pour aller se nourrir et que les plus grands individus étaient ceux qui parcouraient les plus grandes distances et bénéficiaient en conséquence des densités de proies les plus élevées, cette densité étant inversement proportionnelle à la distance aux récifs qui constituent des refuges durant la journée pour cette espèce. Cette hypothèse n'a pu être vérifiée mais elle est vraisemblable au vu des analyses des contenus stomacaux réalisés lors de cette étude.

Il existe des différences dans la distribution de ce poisson d'une province à l'autre, mais les patterns généraux restent les mêmes. En particulier, la distribution côte-large et en fonction de la profondeur est la même. En revanche les abondances et biomasses sont différentes d'une province à l'autre, avec Ouvéa montrant les plus fortes concentrations de cette espèce.

5 Conclusion

Cette étude a permis de faire le point sur les connaissances acquises sur une des espèces emblématiques de la pêche lagunaire en Nouvelle Calédonie, le bec de cane (*Lethrinus nebulosus*). Cette espèce a besoin d'un ensemble d'habitats pour compléter son cycle, étant d'abord rencontrée comme juvénile sur les petits fonds côtiers, de préférence des herbiers ou algueraies comportant peu de corail ou de fonds durs. A mesure de sa croissance ce poisson va vivre dans des fonds plus profonds et éloignés de la côte, de préférence les fonds de milieu de lagon dans le lagon SW et la Province Nord, et la proximité du récif barrière à Ouvéa. Ce poisson a une vitesse de croissance moyenne mais une reproduction relativement tardive à l'âge de 4-5 ans pour une taille variant de 350 mm à 450 mm LF. Il est hermaphrodite protandre ce qui engendre une sex-

ratio biaisée en faveur des femelles aux tailles les plus importantes. Nous ne savons pas si cette sex-ratio varie en fonction de la densité de population (par exemple si la proportion de femelles diminue, est-ce qu'un nombre plus important de mâles va se transformer en femelles). La saison de reproduction s'étale sur environ 3 mois (juillet à septembre) et les juvéniles sont détectables dans les biotopes côtiers à partir de mars. Il est possible qu'il y ait des rassemblements pour la ponte mais ces derniers n'ont pas été documentés. Les analyses génétiques ne permettent pas de distinguer différentes populations à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie et des îles Loyauté, ce qui est à mettre en rapport avec la longue phase larvaire pélagique de cette espèce, facteur probable de maintien de l'homogénéité génétique à cette échelle géographique. Les différences biologiques et écologiques observées entre les trois zones étudiées relèveraient donc de la plasticité phénotypique, mais elles permettent néanmoins de distinguer trois stocks (au sens d'unités de gestion). Nous ne disposons pas de chiffres précis pour les stocks actuels mais il est probable que ces derniers sont à la limite de la surexploitation dans certaines zones de Nouvelle-Calédonie, en particulier dans les zones les plus peuplées où les surfaces lagonaires sont faibles. Il faudrait d'une part disposer de données fiables sur les surfaces des différents biotopes mais aussi et surtout d'information sur les quantités capturées, ces dernières pouvant être estimées à partir d'enquête de consommation et des ventes sur le marché de Nouméa, principal point de vente sur le Territoire.

Remerciements

Les échantillons de becs-de-cane d'Ouvéa destinés aux analyses génétiques nous ont été fournis par M. Léopold (IRD, UR 128). Les échantillons de Bali ont été exportés d'Indonésie sous le couvert d'une autorisation délivrée le 11 déc. 2006 par le Dr M. Suharsono, directeur du LIPI / Pusat Penelitian Oseanografi, Jakarta. Les échantillons des lagons sud et nord viennent du marché aux poissons de Nouméa. Contributions des co-auteurs : P.B. a obtenu des échantillons de Nouvelle-Calédonie et de Bali, dirigé les analyses moléculaires au laboratoire de génétique des populations de l'IRD Nouméa, préparé les spécimens déposés au MNHN et réalisé les analyses de données génétiques. M.K. a extrait et analysé les données sur la biologie du bec de cane à partir de la base de données sur les poissons récifo-lagonaires de Nouvelle-Calédonie et des Loyauté, qu'il a compilée de 1986 à 2004. A.C. (VCAT, IRD –UR081) a obtenu plusieurs spécimens de Nouvelle-Calédonie au marché de Nouméa, effectué les extractions d'ADN et réalisé les amplifications et les électrophorèses des fragments d'introns, ainsi que les amplifications et SSCP des ADNr 16S. S.L. (contrat ZoNéCo) a effectué les extractions d'ADN et réalisé les amplifications de la région de contrôle de l'ADN mitochondrial. Toutes deux ont participé aux premières étapes de la mise en forme et de l'analyse des données. M.K. et G.M.-T. ont réalisé les campagnes d'échantillonnage des poissons récifo-lagonaires de Nouvelle-Calédonie et des Loyauté dans le cadre des recherches faites par l'ORSTOM et l'IRD de 1988 à 2004. Le présent rapport a été rédigé par P.B. et M.K. Ceci est une contribution de l'unité « Biocomplexité des écosystèmes récifaux » (UR 128 – IRD ; dirigée par J. Ferraris).

Références bibliographiques

- Aldonov V.K., Druzhinin A.D. 1979. Some data on scavengers (family Lethrinidae) from the Gulf of Aden region. J. Ichthyol. 18, 527-535.
- Agresti A. 1996. - An introduction to categorical data analysis, 2nd edn. Wiley, New York, 290 p.
- Allen G. 1997.- Marine fishes of tropical Australia and Southeast Asia, 3rd revised edn. Western Australian Museum, Perth, 292 pp.
- Al Sakaff H., Esseen M. 1999.- Length-weight relationship of fishes from Yemen waters (Gulf of Aden and Red Sea). Naga 22, 41-42.
- Anonyme 2004a.- Assessment of the ecological sustainability of management arrangements for the Pilbara Trap. ISBN: 0642550980. Australian Government. Department of Environment and Heritage. Technical Report. 38p.
- Anonyme 2004b.- Demecofish. MacArthur Foundation grant no. 00-65436. SPC Technical Report. SQuoth Pacific Commission, Noumea, 133 pp.
- Arvedlung M., Takemura A., 2006. The importance of chemical environmental cues for juvenile *Lethrinus nebulosus* Forsskal (Lethrinidae, Teleostei) when settling into their first benthic habitat. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 338, 112-122

- Azemia R., Easey M., Mees C.C., Millner R.S., Pilling G.M., Rathacharen S. 2000 Validation of annual growth increments in the otoliths of the lethrinid *Lethrinus mahsena* and the lutjanid *Aprion virescens* from sites in the tropical Indian ocean, with notes on the nature of growth increments in *Pristipomoides filamentosus*. Fishery Bull. US 98(3): 600-611
- Baddar M.K. 1987.- A preliminary study of the population dynamics of sheiry, the starry pigface bream, *Lethrinus nebulosus*. Kuwait Bull. Mar. Sci. 9, 215-220.
- Baillon N. 1990.- Otolithométrie en milieu tropical : application à trois espèces du lagon de Nouvelle-Calédonie. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II, Marseille, 363 pp.
- Bandelt H.J., Forster P., Röhl A. 1999.- Median-joining networks for inferring intraspecific phylogenies. Molecular Biology and Evolution 16, 37-48.
- Beets J. 2000.- Declines in finfish resources in Tarawa lagoon, Kiribati, emphasize the need for increased conservation effort. Atoll Research Bulletin 490, 1-14.
- Belkhir K., Borsa P., Chikhi L., Raufaste N., Bonhomme F., 2000. GENETIX 4.02, logiciel sous WINDOWS™ pour la génétique des populations. Laboratoire 'Génome, populations, interactions', CNRS UMR 5000, Université Montpellier-2, Montpellier.
- Blaber S.J.M. 1980.- Fish of the Trinity inlet system of north Queensland with notes on the ecology of the fish faunas of tropical Indo-Pacific estuaries. Aust. J. Mar. Freshw. Res. 31, 137-146.
- Blaber S.J.M., Brewer D.T., Harris A.N. 1994. - Distribution, biomass and community structure of demersal fishes of the Gulf of Carpentaria, Australia Australian Journal of Marine and Freshwater Research 45(3) 375 – 396.
- Bolger T., Connolly P.L. 1989.- The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. J. Fish Biol. 34, 171-182.
- Borsa P. 2003.- Genetic structure of round scad mackerel *Decapterus macrosoma* (Carangidae) in the Indo-Malay archipelago. Marine Biology 142, 575-581.
- Borsa P., Carassou L., Collet A., Ponton D. 2005. - Les premiers stades de vie des poissons de Nouvelle-Calédonie : diversité des espèces et rôle des zones côtières pour leur croissance et leur survie. Rapport de fin de contrat, Zonéco 2004. IRD, Nouméa, 116 pp.
- Borsa P., Kulbicki M. 2004.- Distinction des populations de becs de cane à l'échelle de l'archipel Calédonie - Loyauté. Fiche d'opération Zonéco. IRD, Nouméa, 6 pp.
- Borsa P., Quignard J.-P. 2001.- Systematics of the Atlantic-Mediterranean soles *Pegusa impar*, *P. lascaris*, *Solea aegyptiaca*, *S. senegalensis* and *S. solea* (Pleuronectiformes: Soleidae). Canadian Journal of Zoology 79, 2297-2302.
- Brothers EB, Williams DMcB, Sale PF 1983.- Length of larval life in twelve families of fishes at 'One Tree Lagoon', Great Barrier Reef, Australia. Marine Biology 76, 319-324.
- Brown I.W., Sumpton W.D. 1998.- Growth and mortality of redthroat emperor *Lethrinus miniatus* (Pisces: Lethrinidae) from the southern Great Barrier Reef, Queensland, Australia. Bull. Mar. Sci. 62, 905-917
- Carpenter K.E. 2001.- Lethrinidae. In Carpenter K.E., Niem V.H. (Eds.) The living marine resources of the Western Central Pacific. FAO species identification guide for fisheries purposes, FAO, Rome, Vol. 1-6, pp. 3004-3050.
- Carpenter K.E., Allen G.R. 1989. - FAO Species Catalogue. Vol. 9. Emperor fishes and large-eye breams of the world (family Lethrinidae). An annotated and illustrated catalogue of lethrinid species known to date. FAO Species Synopsis 125, 118 pp.
- Dalzell P., Sharma S., Nath G. 1992. Estimation of exploitation rates in a multispecies emperor (Pisces: Lethrinidae) fishery in Fiji, based on length frequency data. p. 43-50. In P. Dalzell (ed.) Papers on fisheries science from the Pacific Islands. Tech. Doc. Inshore Fish. Res. Proj. S. Pac. Comm. 1. South Pacific Commission, Noumea.
- Desmarais E., Vigneron S., Buresi C., Roizes G. 1995 Détection du polymorphisme dans l'ADN, applications en biologie et médecine diagnostique, épidémiologique et pronostique. INSERM, Paris, 185 pp.
- Ebisawa A. 1990.- Reproductive biology of *Lethrinus nebulosus* (pisces: Lethrinidae) around the Okinawan waters. Nippon Suisan Gakkaishi 56, 1941-1954.
- Ebisawa A. 1997. - Some aspects of reproduction and sexuality in the spotcheek emperor, *Lethrinus rubrioperculatus*, in waters off the Ryukyu Islands. Ichthyol.Res. 44, 201-212.
- Ebisawa A. 1999. - Reproductive and sexual characteristics in the Pacific yeltowtail emperor, *Lethrinus atkinsoni*, in waters off the Ryukyu Islands. Ichthyol. Res. 46, 341-358.
- Ebisawa A. 2006.- Reproductive and sexual characteristics in five *Lethrinus* species in waters off the Ryukyu islands. Ichthyological Research 53, 269-280.
- Edwards R.R.C., Bakhader A., Shafer S. 1985.- Growth, mortality, age composition and fishery yields of fish from the Gulf of Aden. Journal of Fish Biology 27, 13-21.
- Edwards R.R.C., Ghaddaf A., Shafer S. 1991.- The demersal fish stocks and the biometrics of fish on the P.D.R. Yemen shelf of the Gulf of Aden. UNESCO Project 703/PDY/40.

- Efron B. 1982.- The jackknife, the bootstrap and other resampling plans. CBMS-NSF Regional Conference Series in Applied Mathematics, Monograph 38, SIAM, Philadelphia.
- Egretaud C. 1992.- Etude de la biologie générale, et plus particulièrement du régime alimentaire de *Lethrinus nebulosus* du lagon d'Ouvéa (Nouvelle-Calédonie) Rapp. Sci. Mer Biol. ORSTOM Nouméa 45 pp.
- Felsenstein J. 1985.- Confidence limits on phylogenies : an approach using the bootstrap. *Evolution* 39, 783-791.
- Fitch W.M. 1971. – Towards defining the course of evolution: minimum change for a specific tree topology. *Systematic Zoology* 20, 406-416.
- Flynn A., Kulbicki M., Sarra mé gna S. 2006.- Coral reef fish spawning periodicity and habitat in New Caledonia: a multi-faceted approach in a data-deficient environment. Proc. 10th Int. Coral Reef Symp., Okinawa (June 2004) 4, 1295-1305
- Fourmanoir P., Laboute P. 1976. – Poissons de Nouvelle-calédonie et des Nouvelles Hébrides. Editions du Pacifique, Papeete, 376 p.
- Froese R., Pauly D. 2007.- FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (07/2007).
- Grandcourt E.M., Al Abdessalaam T.Z., Al Shamsi A.T., Francis F. 2006 Biology and assessment of the painted sweetlips (*Diagramma pictum* (Thunberg, 1792)) and the spangled emperor (*Lethrinus nebulosus* (Forsskal, 1775)) in the southern Arabian gulf *Fishery Bull. US* 104:75–88.
- Grant E.M. 1978. – Guide to fishes. Queensland Department of Harbours and Marine, Brisbane, 767 pp.
- Hall T.A. 1999.- BioEdit: a user friendly biological sequence alignment editor and analysis program for windows 95/98/NT. *Nucleic Acids Symposium Series* 41, 95-98.
- Harris A.N., Blaber S.J.M., Brewer D.T., Milton D.A. 1994. Distribution, biomass and community structure of demersal fishes of the Gulf of Carpentaria. *Aust. J. Mar. Freshwat. Res.* 45, 375-396.
- Harvey E., Fletcher D., Shortis M.R. 2001.- A comparison of the precision and accuracy of estimates of reef fish length made by divers and a stereo-video system. *Fishery Bull. US* 99, 63-71.
- Harvey E., Fletcher D., Shortis M.R. 2002.- Estimation of reef fish length by divers and by stereo-video. A first comparison of the accuracy and precision in the field on living fish under operational conditions. *Fisheries Res.* 57, 255-265.
- Hassan M., Lemaire C., Fauvelot C., Bonhomme F. 2002. Seventeen new exon-primed intron-crossing polymerase chain reaction amplifiable introns in fish. *Molecular Ecology Notes* 2, 334-340.
- Hoarau G, Borsa P 2000. Extensive gene flow within sibling species in the deep-sea fish *Beryx splendens*. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série III* 323, 315-325.
- Ibrahim M.A., El-Bary K.A., Al - Khayat J.A. 1988. – Age determination and growth studies of *Lethrinus nebulosus* (Family: Lethrinidae) for Qatar waters, Arabian Gulf. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and Fisheries* 14, 87-98.
- Jakob E.M., Marshall S.D., Uetz G.W. 1996.– Estimating fitness: a comparison of body condition indices. *Oikos* 77, 61-67
- Jennings S., Grandcourt E.M., Polunin N.V.C. 1995. – The effects of fishing on the diversity, biomass and trophic structure of Seychelles' reef fish communities. *Coral Reefs* 14: 225-235
- Kulbicki M. 1995.- The marine resources of Ouvéa Atoll (New Caledonia), a summary of the work performed by ORSTOM from 1991 to 1994. Joint FFA/SPC workshop on the management of South Pacific inshore fisheries. South Pacific Commission Integrated Coastal Fisheries Management Project, Noumea. Technical Document 12 (BP 71), 569-652
- Kulbicki M. 1998. – How acquired behaviour of commercial reef fish may influence results obtained from visual censuses. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 222, 11-30
- Kulbicki M. 2006.- Ecologie des poissons lagunaires de Nouvelle.-Calédonie. Thèse EPHE-Université de Perpignan, Perpignan, 194 pp. + annexes 501 pp.
- Kulbicki M., Audran N., Boblin P., Labrosse P., Letourneur Y. 1996– Evaluation des ressources en poissons démersaux commerciaux des lagons de la Province Nord de la Nouvelle Calédonie. Résultats des campagnes d'échantillonnage de la zone nord. *Conventions Sciences de la Mer ORSTOM Nouméa* 16, 118 p.
- Kulbicki M., Bargibant G., Menou J.L., Mou Tham G., Thollot P., Wantiez L., Williams J.T. 1994. – Evaluations des ressources en poissons du lagon d'Ouvéa. *Conv. Sci. Mer ORSTOM Nouméa* 11, 1-448.
- Kulbicki M., Guillemot N., Amand M. 2005. - A general approach to length-weight relationships for Pacific lagoon fishes. *Cybio* 29, 235-252.
- Kulbicki M., Labrosse P., Letourneur Y. 2000.- Stock assessment of commercial fishes in the northern New Caledonian lagoon . 2 - lagoon bottom and near reef fishes. *Aquatic Living Resources* 13, 77-90.
- Kulbicki M., MouTham G. 2006.– Résultats des campagnes de pêches expérimentales à la palangre dans le lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie. *Rapport Zonéco -IRD Nouméa*, 68 pp.

- Kulbicki M., Sarraména S. 1999.- Adequacy of several density estimates obtained from underwater visual censuses: a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. *Aquatic Living Resources* 12, 315-325.
- Kulbicki M., Wantiez L. 1990.- Comparison between fish bycatch from shrimp trawlnet and visual censuses in St. Vincent Bay, New Caledonia. *Fishery Bulletin* 88, 667-675.
- Kumar S., Tamura K., Nei M. 2004.- Mega 3: Integrated software for molecular evolutionary genetics analysis and sequence alignment. *Briefings in Bioinformatics* 5, 150-163.
- Kuo C.-L. 1989. – Estimation of mortality rates of common porgy, *Lethrinus nebulosus* (Forsskal), in the Northwest shelf of Australia. *Journal of the Fisheries Society of Taiwan* 15, 32-44..
- Kuo C.-L., Lee S.-S. 1986.- Age and growth of common porgy, *Lethrinus nebulosus* (Forsskal) in shelf waters off northwest Australia. *J. Fish. Soc. Taiwan* 3, 39-57.
- Kuo C.-L., Lee S.-S. 1990. Maturation and spawning of common porgy *Lethrinus nebulosus* (Forsskal) in the northwestern shelf of Australia. *Journal of the Marine Biological Association of India. Cochin. Vol. 32, no. 1-2, pp. 201-207*
- Laboute P., Grandperrin R. 2000.- Poissons de Nouvelle-Calédonie. IRD / Catherine Ledru, Nouméa, 520 pp.
- Labrosse P., Letourneur Y., Audran N., Boblin P., Malestroit P., Paddon J. 1997.- Evaluation des ressources en poissons démersaux commerciaux des lagons de la Province Nord de la Nouvelle-Calédonie : résultats des campagnes d'échantillonnage de la zone ouest. (coordinateur scientifique M. Kulbicki). *Conventions Sciences de la Mer ORSTOM, Nouméa* 17, 110 pp.
- Labrosse P., Letourneur Y., Kulbicki M., Paddon J. 2000.- Commercial demersal fish stock assessment of the Northern New Caledonian Lagoon: 3 - Links between field data and socio-economic aspects *Aquatic Living Resources* 13, 91- 98.
- Lemaire C. 2001.- Flux génique et adaptations locales: étude de la divergence génétique en milieu marin chez *Dicentrarchus labrax* (Linné, 1758). Thèse de doctorat, Institut national agronomique Paris-Grignon, Paris.
- Léopold M., Ferraris J., Labrosse P. 2004.- Assessment of the reliability of fish consumption as an indicator of reef fish catches in small Pacific islands: The example of Ouvéa Island in New Caledonia. *Aquatic Living Resources* 17, 119-127.
- Letourneur Y., Labrosse P., Audran N., Boblin P., Paddon J. 1997.- Evaluation des ressources en poissons démersaux commerciaux des lagons de la Province Nord de la Nouvelle Calédonie. Résultats des campagnes d'échantillonnage de la zone Est. (coordinateur scientifique Kulbicki M.) *Conventions Sciences de la Mer ORSTOM Nouméa* 20, 130 pp.
- Letourneur Y., Kulbicki M., Labrosse P., 2000 Commercial demersal fish stock assessment of the Northern New Caledonian Lagoon: 1 - coral reef fish communities *Aquatic Living Resources* 13 : 65-76.
- LoGalbo A., Carpenter K.E., Reed D.L. 2002.- Evolution of trophic types in emperor snappers (*Lethrinus*, *Lethrinidae*, *Percoidei*) based on cytochrome b gene sequence variation. *Journal of Molecular Evolution* 54, 754-762.
- Loubens G. 1978.- Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. I Détermination de l'âge. *Cah. ORSTOM sér. Océanogr.* 16, 263-284.
- Loubens G. 1980a Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. II Sexualité et reproduction *Cahiers de l'Indo-Pacifique* 2, 41-72.
- Loubens G. 1980b.- Biologie de quelques espèces de poissons du lagon néo-calédonien. III Croissance. *Cahiers de l'Indo-Pacifique* 2, 101-153.
- Mangi S.C., Roberts C.M. 2006.- Quantifying the environmental impacts of artisanal fishing gear on Kenya's coral reef ecosystems. *Marine Pollution Bulletin* 52, 1646-1660.
- Mathews C.P., Samuel M. 1991.- Growth, mortality and length-weight parameters for some Kuwaiti fish and shrimp. *Fishbyte* 9, 30-33.
- McPherson G.R., Squire L., O'Brien J., Goeden G.B. 1985 Great Barrier Reef demersal fish research. SPC-Fisheries, 17th regional technical meeting. South Pacific Commission, Noumea WP23, 21pp.
- Meyer A., Kocher T.D., Basasibwaki P., Wilson A.C. 1990.- Monophyletic origin of Lake Victoria cichlid fishes suggested by mitochondrial DNA sequences. *Nature* 347, 550-553.
- Meyer A., Morrissey J.M., Schartl A. 1994.- Recurrent origin of a sexually selected trait in *Xiphophorus* fishes inferred from a molecular phylogeny. *Nature* 368, 539-542.
- Morales-Nin B. 1988. Age determination in a tropical fish, *Lethrinus nebulosus* (Forsskal, 1775) (Teleostei : Lethrinidae) by means of otolith interpretation. *Investigacion Pesquera* 52 (2), 237-244.
- Moran M., Jenke J., Burton C., Clarke D. 1988. The Western Australian trap and line fishery on the Northwest Shelf. Western Australian Marine Research Laboratories. FIRTA Project 86/28, Final Report, 79 pp.
- Nakamura Y., Tsuchiya M. 2008. Spatial and temporal patterns of seagrass habitat use by fishes at the RyuKyu Islands, Japan. *Estuarine and Coastal Shelf Science* 76, 345-356.

- Orita M., Iwahana H., Kanazawa H., Hayashi K., Sekiya T. 1989. Detection of polymorphisms of human DNA by gel electrophoresis as single-strand conformation polymorphisms, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86, 2766–2770.
- Perrin C., Borsa P. 2001. Mitochondrial DNA analysis of the geographic structure of Indian scad mackerel in the Indo-Malay archipelago. *Journal of Fish Biology* 59, 1421-1426.
- Pittman S.J. 1997. Distribution of commercially important fish species of Curieuse Marine National Park. Seychelles Marine Conservation Expedition, Nov-Dec, 1996, Unpublished report, 7 pp.
- Poignonec D. 2007. Apport de la combinaison cartographie cognitive/ontologie dans la compréhension de la perception du fonctionnement d'un écosystème récifo-lagonaire de Nouvelle-Calédonie par les acteurs locaux. Thèse Docteur-ingénieur. ENSA Rennes
- Pothoven S.A., Nalepa T.F., Schneeberger P.J., Brandt S.B. 2001. Changes in diet and body condition of Lake whitefish in southern lake Michigan, associated with changes in benthos. *North American Journal of Fisheries Management* 21, 876-883.
- Randall J.E. 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific: New Caledonia to Tahiti and the Pitcairn Islands. University of Hawai'i Press, Honolulu, 707 pp.
- Rohfritsch A., Borsa P. 2005. Genetic structure of Indian scad mackerel *Decapterus russelli*: Pleistocene vicariance and secondary contact in the central Indo-West Pacific seas. *Heredity* 95, 315-322.
- Sadovy Y., Liu M. 2008. Functional hermaphroditism in teleosts. *Fish and Fisheries* 9: 1-43
- Sainsbury K.J. 1987. Assessment and management of the demersal fishery on the continental shelf of northwestern Australia.. In Polovina J.J., Ralston S. (eds.) *Tropical snappers and groupers: biology and fisheries management*. Westview Press, Boulder, pp. 465-503.
- Saitou N., Nei M. 1987. The neighbor-joining method: a new method for reconstructing phylogenetic trees. *Molecular Biology and Evolution* 4, 406-425.
- Salini J.P., Blaber S.J.M., Brewer D.T. 1994. Diets of trawled predatory fish of the Gulf of Carpentaria, Australia, with particular reference to predation on proawns. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 45, 387-411.
- Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T. 1989. *Molecular cloning: a laboratory manual*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor.
- Sanders M.J., Morgan G.R. 1989. Review of the fisheries resources of the Red Sea and Gulf of Aden. *FAO Fish. Tech. Rep.* 304, 138 pp.
- Sanders, M.J., S.M. Kedidi and M.R. Hegazy, 1984. Stock assessment for the spangled emperor (*Lethrinus nebulosus*) caught by small scale fishermen along the Egyptian Red Sea coast. Project for the development of fisheries in the areas of the Red Sea and Gulf of Aden, *FAO/UNDP RAB/83/023/01*. Cairo. 41 p.
- Stehouwer P.J. 1981. Report on a dropline fishing operation. Northern Territory Dpt of Primary Production, Australia, *Fishery Report* 6, 28 p.
- Thollot P. 1992. Les poissons de mangrove du lagon sud-ouest de Nouvelle Calédonie : écologie des peuplements. Relations avec les communautés ichtyologiques côtières. Thèse de doctorat, Univ. Aix-Marseille II, Marseille, 406 pp.
- Trexler J.C., Travis J. 1993. Nontraditional regression analyses. *Ecology* 74, 1629-1637.
- Walker M.H. 1975. Aspects of the biology of emperor fishes, family Lethrinidae, in North Queensland Barrier Reef waters. Ph. D. Thesis. James Cook University, Townsville, 242 pp.
- Walker, M.H. 1978. Food and feeding habits of *Lethrinus chrysostomus* Richardson (pisces : perciformes) and other lethrinids on the great barrier reef. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 29, 623-630.
- Wantiez L. 1992. Les poissons des fonds meubles du lagon nord et de la Baie de St Vincent de Nouvelle Calédonie. Description des peuplements. Structure et fonctionnement des communautés. Thèse de doctorat, Université Aix-Marseille II, Marseille, 444 pp.
- Westera M., Lavery P., Hyndes G. 2003. Differences in recreationally targeted fishes between protected and fished areas of a coral reef marine park *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 294, 145–168
- Williams D.McB, Russ G. 1991. Review of data on fishes of commercial and recreational fishing interest on the Great Barrier Reef. *GBRMPA Technical Report*. Townsville Australia. 114pp.
- Young P.C., Martin R.B. 1982. Evidence for protogynous hermaphroditism in some lethrinid fishes. *J. Fish Biol.* 21, 475-484.

Annexes A-O



TITRE : Distinction des populations de becs de canes à l'échelle de l'archipel Calédonie – Loyauté

RESUME : Proposée par l'IRD, cette opération a pour objectif de comparer génétiquement les populations becs de canes, *Lethrinus nebulosus*, du lagon entourant la Grande Terre et du lagon d'Ouvéa. Cette opération se base sur l'observation de différences marquées dans (1) la taille maximale des individus, (2) la taille à maturité sexuelle, (3) les taux de croissance inférés, entre populations de becs de cane du lagon de l'île d'Ouvéa et du lagon sud de la Grande Terre. Ces observations seront précisées, dans un premier temps, à partir d'une compilation des données phénotypiques existantes. Les hypothèses qui en découlent quant à la structure géographique des populations seront ensuite testées à l'aide de marqueurs génétiques. Un autre Lethrinidae d'importance commerciale, l'empereur (*Lethrinus miniatus*) sera analysé en parallèle en tant que témoin non différencié morphologiquement.

RESPONSABLE DE L'OPERATION : Philippe BORSA, chercheur, IRD

Avec la participation de : Adeline COLLET, VCAT IRD ; Michel KULBICKI, chercheur, IRD ; Gérard MOU THAM, technicien, IRD

PLANIFICATION : IRD, Laboratoire de génétique des populations, UR 128, Nouméa. Opération s'étendant sur toute l'année 2005.

CONTENU DU PROJET : Les becs de cane fréquentent les grandes étendues sédimentaires du lagon avec une préférence pour les fonds sableux immédiatement en arrière du récif-barrière où ils se nourrissent de mollusques, crustacés et oursins. Les jeunes se rencontrent autour des récifs coralliens côtiers. Les becs de cane sont abondants dans le lagon et leur chair, très prisée, en fait une espèce de première importance commerciale en Calédonie et ailleurs dans l'Indo-Pacifique (ALLEN 1997 ; LABOUTE & GRANDPERRIN 2000). Leur potentiel aquacole est, par ailleurs, avéré (CARPENTER & ALLEN 1989). Lors des campagnes de suivi des communautés de poissons lagunaires faites par l'IRD au cours des deux dernières décennies, il a été noté les faits suivants concernant *L. nebulosus* (D. KONGHOULEUX, M. KULBICKI, G. MOU THAM, observations personnelles) :

- Taille moyenne plus faible dans le lagon d'Ouvéa qu'autour de la Grande Terre, y compris dans le lagon sud, où l'habitat est pourtant considéré comme similaire à celui du lagon d'Ouvéa
- Taille à maturité sexuelle bien moindre dans le lagon d'Ouvéa
- Vitesse de croissance inférée comme étant plus faible dans le lagon d'Ouvéa
- Comportement d'alimentation différent : les becs de cane du pourtour de la Grande Terre seraient actifs de jour alors que ceux du lagon d'Ouvéa le seraient la nuit.

Deux hypothèses – pas nécessairement exclusives l'une de l'autre – peuvent être émises pour expliquer ces différences :

- (1) Les différences d'habitat sont marquées entre Ouvéa et le pourtour de la Grande Terre, les poissons ajustant leur comportement d'alimentation à la disponibilité des proies. De plus, la plasticité phénotypique serait élevée.
- (2) Les populations d'Ouvéa et de la Grande Terre seraient isolées géographiquement. Leur composition génétique serait différente, notamment pour les gènes liés à la croissance, à la maturation des gonades, ainsi qu'au comportement alimentaire.

Deux problèmes méritent d'être mentionnés ici. Si l'hypothèse (1) était vraie, on devrait s'attendre à des différences phénotypiques encore plus élevées entre deux habitats très différents sur le pourtour de la Grande Terre, comme par exemple le lagon sud et la côte est. Or, ceci n'a pas été observé (M. KULBICKI, obs. pers.). Si l'hypothèse (2) était vraie, cela signifierait que le flux génique entre populations géographiquement proches est restreint, ce qui semble a priori peu compatible avec la durée du développement larvaire chez cette espèce (≥ 37 jours ; BROTHERS *et al*, 1983). Ceci paraîtrait aussi, a priori, contradictoire avec la très large répartition de *L. nebulosus* dans l'Indo-Pacifique (CARPENTER & ALLEN 1989).

Ces réflexions nous conduisent à une troisième hypothèse :

- (3) Le bec de cane d'Ouvéa serait d'une espèce différente du bec de cane du pourtour de la Grande Terre, adaptée à l'environnement lagunaire d'Ouvéa et écologiquement suffisamment proche de *L. nebulosus* pour que cette dernière espèce en ait été exclue.

Tester ces trois hypothèses est important, car les conséquences seront très différentes pour notre compréhension des mécanismes des assemblages de poissons lagunaires, ainsi qu'en matière de gestion de la pêche. Dans le cas où les becs de cane d'Ouvéa seraient identifiés comme appartenant à une espèce différente, il conviendrait de vérifier son absence (ou sa présence) ailleurs dans l'archipel. Si les deux espèces coexistent en un même site, il sera même possible de tester leur degré d'isolement reproducteur, à l'instar de ce qui a été fait chez le beryx, p. ex. (HOARAU & BORSA 2000 ; P. BORSA, G. HOARAU, manuscrit en préparation).

Ces trois hypothèses peuvent être testées à l'aide de marqueurs génétiques. En effet, des prédictions différentes quant à la composition génétique des échantillons peuvent être formulées. Selon l'hypothèse (1) on s'attend à n'observer aucune différence génétique entre la population de *L. nebulosus* d'Ouvéa et celles du pourtour de la Grande Terre. Selon l'hypothèse (2), on s'attend à des différences génétiques marquées entre les deux populations (et à des différences encore plus marquées avec des populations géographiquement encore plus éloignées, d'où la nécessité de se procurer des échantillons de *L. nebulosus* à l'extérieur de l'archipel calédonien). Selon l'hypothèse (3) on s'attend à un flux génique restreint entre Ouvéa et la Grande Terre, à une absence de corrélation entre distance génétique et distance géographique entre populations (là encore il est nécessaire d'obtenir au moins un échantillon extérieur), et à une corrélation entre allèles à des locus différents.

Dans la pratique, nous testerons d'emblée l'hypothèse (3) à l'aide des marqueurs ADN-nucléaires et mitochondriaux disponibles au laboratoire de génétique des populations de l'IRD Nouméa, ainsi que ceux du laboratoire de B. SINCLAIR à Rockhampton, où des études similaires sont faites sur le gueule rouge, *L. miniatus* (B. SINCLAIR, comm. pers.). Les tailles d'échantillon requises pour le test de l'hypothèse (3) sont de l'ordre de quelques dizaines d'individus pour chacun des quatre sites suivants : deux sites d'habitat contrasté sur le pourtour de la Grande Terre (p. ex. zone sableuse proche de Nouméa vs extérieur du récif-barrière) ; lagon d'Ouvéa ; récif de la Grande Barrière (échantillons capturés par notre collègue B. SINCLAIR). Pour le test de l'hypothèse (2), il conviendrait d'ajouter un cinquième site d'échantillonnage à l'extérieur de la mer de Corail, p. ex. l'archipel Indo-Malais ou l'archipel Japonais ou Taiwan. Ces échantillons seront effectués à l'occasion de missions prévues par ailleurs par P. BORSA (Japon en octobre 2004 ; Indonésie en novembre 2004) et M. KULBICKI (Taiwan en mai 2005). Ce cinquième site est nécessaire pour tester une éventuelle corrélation entre distance génétique et distance géographique. Pour le test de l'hypothèse (1), il suffira de deux sites d'échantillonnage (Ouvéa et un autre site où la croissance de *L. nebulosus* est différente) mais avec des tailles d'échantillon bien plus élevées (de l'ordre de la centaine). En effet, s'il est facile de voir des différences génétiques entre populations lorsqu'elles sont marquées, l'absence de différences significatives ne permet généralement pas de conclure. Il convient alors d'analyser des échantillons de grande taille et d'utiliser les marqueurs les plus variables possibles, c.-à d. a priori le plus susceptibles de montrer des différences génétiques.

Des spécimens de chaque population échantillonnée seront photographiés, préservés entiers et déposés au Muséum national d'histoire naturelle. Des fragments de muscle de chacun des individus échantillonnés, y compris les spécimens, seront préservés, dans l'alcool, dans les collections de tissus de poissons de l'IRD Nouméa.

ALLEN GR 1997. Marine fishes of tropical Australia and South-East Asia. Western Australian Museum, Perth.

BROTHERS EB, WILLIAMS DMCB, SALE PF 1983. Length of larval life in twelve families of fishes at 'One Tree Lagoon', Great Barrier Reef, Australia. Mar Biol 76:319-324.

CARPENTER KE, ALLEN GR 1989. FAO Species Catalogue. Vol. 9. Emperor fishes and large-eye breams of the world (family Lethrinidae). An annotated and illustrated catalogue of lethrinid species known to date. FAO Species Synop 125:118 p.

HOARAU G, BORSA P 2000. Extensive gene flow within sibling species in the deep-sea fish *Beryx splendens*. C-r Acad Sci Paris Sér III 323, 315-325.

LABOUTE P, GRANDPERRIN R 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie. Ed. Catherine Ledru, Nouméa.

RATTACHEMENT A D'AUTRES PROGRAMMES : (nationaux et/ou internationaux)

Une collaboration est en cours de formalisation avec le laboratoire de Billy SINCLAIR à la CQU, Rockhampton en Australie. Celle-ci aura pour objet l'étude conjointe de la structure génétique des populations de *L. nebulosus* (partie assurée par l'IRD Nouméa et pour laquelle un financement est demandé à Zonéco, avec le concours de la CQU pour l'échantillonnage et les analyses en Australie) et de *L. miniatus* (partie assurée par la CQU avec la collaboration symétrique de l'IRD Nouméa), à partir d'échantillons prélevés autant que possible sur les mêmes sites.

Dr Billy SINCLAIR, Lecturer in Molecular Biology
School of Biological and Environmental Sciences
Central Queensland University, Rockhampton, QUEENSLAND 4702

RATTACHEMENT A ZONECO : Les becs de canes et bossus sont parmi les poissons les plus prisés par la pêche professionnelle et plaisancière. Il s'agit d'une ressource importante pour l'économie de la pêche locale. Leur potentiel aquacole est avéré. Leur rôle dans l'écosystème du lagon est sans doute très important. Savoir si les becs de cane d'Ouvéa et du pourtour de la Grande Terre constituent un seul stock ou bien deux stocks différenciés a des conséquences évidentes sur la gestion de leur pêcherie. L'hypothèse extrême où deux espèces de becs de cane coexisteraient en Calédonie mérite d'être testée.

BESOINS : besoins en personnel (à recruter), profil des personnels à recruter, durée
Néant

FINANCEMENT : estimatif budgétaire ; part de financement fourni par le proposant; part de financement demandé à ZONECO

Les salaires des personnels engagés dans cette action de recherche sont payés par l'IRD. L'équipement pour les analyses génétiques est fourni par l'IRD. Seules, une part de l'échantillonnage et une part de fonctionnement, y compris une contribution aux frais de publication dans une revue scientifique, seront demandées à ZoNéCo. Autant que possible, des poissons seront capturés dans le lagon sud lors de sorties en mer prévues par ailleurs par l'IRD. Un complément d'échantillonnage sera fait auprès de pêcheurs professionnels.

Poste	Budget global		Participation ZoNéCo	
	Ecfp	Euros	Ecfp	Euros
Echantillonnage				
AR Nouméa – Ouvéa	11 933	100	11 933	100
Per diem Ouvéa (deux personnes)	47 732	400	47 732	400
Location d'une plate. Ouvéa	35 799	300	35 799	300
Achat de poissons	23 866	200	11 933	100
Flacons, alcool	59 666	500	29 833	250
Fonctionnement				
Kits d'extraction d'ADN	119 332	1 000	59 666	500
Réactifs pour la PCR	357 995	3 000	178 998	1 500
Amorces spécifiques des Lethrinidae	35 800	300	17 900	150
Supports de migration (agarose, acrylamide)	119 332	1 000	59 666	500
Réactifs pour la coloration des ADN (Bet. AcNO3)	238 664	2 000	119 332	1 000
Frais de publication	59 666	500	29 833	250
Sous-total pour les trois postes (Ech., Fonc., Publ.)	1 109 788	9 300	614 560	5 150
Équipement *	2 983 300	25 000		--
Salaires et charges **	2 028 644	17 000		--
Total (en surplément de ce qui est demandé à ZoNéCo)	6 121 732	51 300	614 560	5 150

* Equipements principaux mis à disposition par l'IRD Nouméa : Thermocycleur, centrifugeuse, réfrigérateurs et congélateurs, agitateurs, redresseurs de courant alternatif, cuves à électrophorèse

** Assurés par l'IRD : un chercheur à 20%x12 mois (P. BORSA) + un chercheur à 20%x6mois (M. KULBICKI) + une VCAT à 30%x12 mois (A. COLLET) + un technicien à 100% pendant deux semaines (G. MOU THAM)

RESULTATS ATTENDUS : (1) Retombées pour le programme ZONECO ; (2) Retombées scientifiques

1- Compilation et mise à disposition des données acquises sur les becs de cane depuis le début des campagnes de l'IRD sur les pêcheries lagonaires. Conclusions sur l'origine des différences phénotypiques (taille à maturité sexuelle, taille maximale, croissance inférée) observées entre sites, notamment entre Ouvéa et le pourtour de la Grande Terre. Remise d'un rapport écrit.

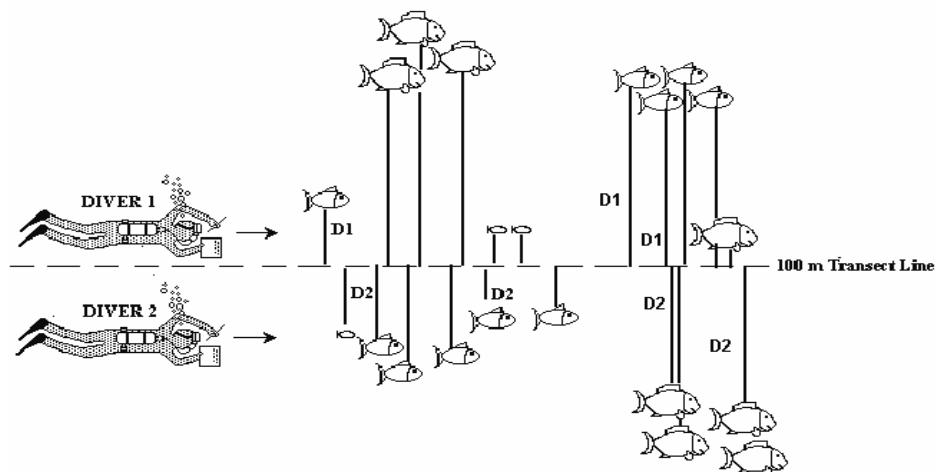
2- Article dans une revue internationale, basé sur l'observation de différences morphologiques, de croissance et de comportement entre Ouvéa et le pourtour de la Grande Terre (M. KULBICKI et UR Coreus, données non publiées) et où les trois hypothèses décrites ci-dessus seront testées à l'aide de marqueurs génétiques. Cet article sera rédigé à l'issue de l'action de recherche, soit fin 2005.

LISTE D'EXPERTS CAPABLES D'EVALUER LE PROJET :

Didier AURELLE, Marseille (aurelle@com.univ-mrs.fr) ; John A.H. BENZIE, Sydney (j.benzie@unsw.edu.au) ; François BONHOMME, Sète (bonhomme@crit.univ-montp2.fr) ; Anne CHENUIL, Marseille (chenuil@com.univ-mrs.fr) ; Claude CHAUVET, Nouméa (chauvet@univ-nc.nc) ; Jean-Pierre FERAL, Marseille (feral@sme.com.univ-mrs.fr) ; Serge PLANES, Perpignan (planes@gala.univ-perp.fr) ; Michel RAYMOND, Montpellier (raymond@isem.univ-montp2.fr) ; Myriam VALERO, Roscoff (valero@sb-roscoff.fr)

ANNEXE B. – Comptages de poissons sur transect.

Le transect est déroulé parallèlement à la ligne de pente et subdivisé en 10 secteurs de 10 m de longueur. Deux plongeurs suivent le transect, un de chaque côté, notant dans leur progression tous les poissons qu'ils peuvent détecter sans quitter le transect. Pour chaque observation le plongeur note l'espèce, la taille, le nombre de poissons observés et leur distance au transect. Dans le cas d'un banc, le plongeur note la distance du poisson le plus proche et du poisson le plus éloigné. Si nécessaire, le banc est subdivisé en catégories de taille. Les tailles sont estimées par classes de 1 cm pour les poissons de moins de 10 cm, de 2 cm pour les poissons de 10 à 30 cm, de 5 cm pour les poissons de 30 à 60 cm et en classes de 10 cm au-delà. Les distances sont notées par classes de 1 m jusqu'à 4 m, en classes de 2 m entre 4 et 10 m puis en classes de 5 m. En général les poissons ne sont pas notés au-delà de 20 m. Le transect peut avoir 100 m ou 50 m de long et porter soit sur tous les poissons que les plongeurs peuvent détecter, soit sur les seules espèces d'intérêt commercial ou écologique. Dans certains cas un seul plongeur compte l'ensemble des poissons.



ANNEXE C. – Relevé du substrat sur les transects.

Le transect est subdivisé en secteurs de 10 m par des marques. Le plongeur partitionne chaque secteur en quatre sous-secteurs de 5 m x 5 m, deux de part et d'autre du transect. Pour chaque secteur, il évalue le substrat dominant (suivant les catégories indiquées au Tableau C1) et fait la moyenne du recouvrement en organismes benthiques pour les quatre sous-secteurs (Tableau C2). En plus du substrat, le plongeur note la visibilité (distance horizontale à laquelle disparaît une feuille de format A4) et le courant (0 absent ; 1 moyen ; 2 fort). Les profondeurs minimale et maximale sont notées tous les 10 m. Ces relevés de substrat sont réalisés sur 100 m ou sur 50 m.

TABLEAU C1. - Types de substrats relevés

Nom	Descriptif
Sable très fin	Particules de 0.063 à 0.125 mm
Sable fin	Particules de 0.125 à 0.250 mm
Sable moyen	Particules de 0.250 à 0.5 mm
Sable gros	Particules de 0.5 mm à 2 mm
Graviers	Particules de 2 mm à 1 cm de diamètre
Débris	Fragments coralliens de 1 à 5 cm de diamètre
Petits blocs	Blocs de 5 à 30 cm de diamètre
Gros blocs	Blocs de 30 à 100 cm de diamètre
Rocher	Roche massive d'origine organique ou non
Pâté corallien	Bloc de plus de 1 m de diamètre de nature corallienne
Dalle	Couche horizontale indurée

TABLEAU C2. - Organismes recouvrants recensés en plongée

Phanérogames	Coraux à grandes branches
Algues brunes	Coraux massifs ou encroûtants
Algues vertes	Coraux <i>Millepora</i>
Alcyonaires	Éponges
Coraux à petites branches	

ANNEXE D. – Estimation du benthos sur transect.

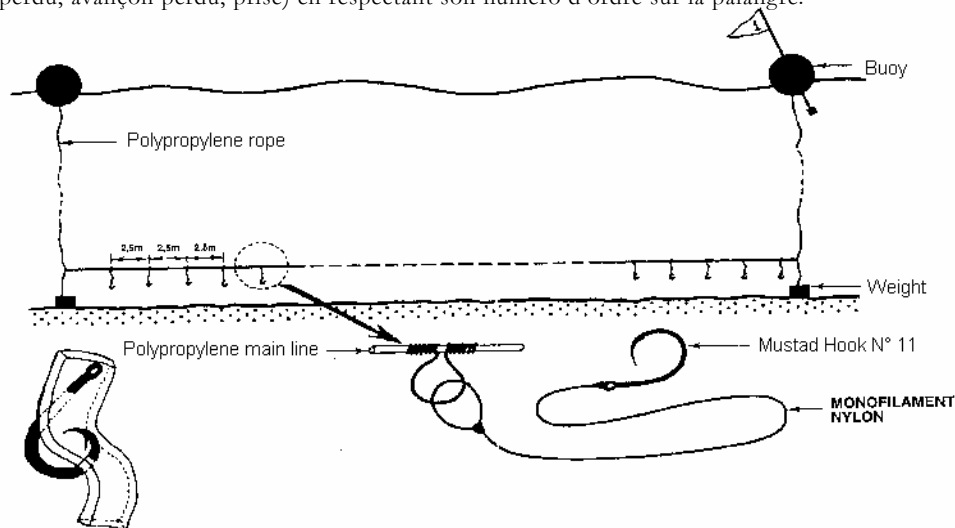
Un plongeur suit le transect et note sur une bande de 2 m de part et d'autre du transect les organismes benthiques (identifiés à l'espèce si possible, sinon au genre) suivant la codification suivante : 1 rare ; 2 peu abondant ; 3 moyennement abondant ; 4 abondant ; 5 très abondant. Les organismes recensés appartiennent aux groupes suivants : végétaux (algues et phanérogames) ; holothuries ; astéries ; oursins ; ophiures ; crinoïdes ; alcyonaires ; gorgones ; bryozoaires ; stylaster ; hydraires ; antipathaires ; actiniaires ; méduses ; spongiaires ; ascidies ; coraux ; coraux libres ; mollusques ; vers. Ces relevés de benthos peuvent avoir lieu sur des transects de 100 m ou 50 m.

ANNEXE E. – Pose de casiers.

Chaque casier est appâté avec du poisson maintenu au milieu de la nasse. Les nasses sont immergées de 9 à 12 heures durant. Au relevage, tous les poissons présents sont identifiés, dénombrés et pesés. Les poissons capturés sont préservés en vue d'analyses biologiques (voir Annexe L).

ANNEXE F. – Pose d'une palangre.

Les palangres sont constituées d'une ligne mère en Kuralon de 8 mm de diamètre. Sur cette ligne mère sont frappés des avançons en nylon monofilament de 80/100 mm terminés par des hameçons « Mustad » #3997L ou 39960 de taille 7 à 9. Chaque avançon fait 80 cm et l'appât est constitué de calmars. La palangre est immergée une heure. Au relevage, tous les poissons présents sont identifiés, dénombrés et pesés. Les poissons capturés sont préservés en vue d'analyses biologiques (voir Annexe L). L'état de chaque hameçon est noté (appât en place, appât perdu, avançon perdu, prise) en respectant son numéro d'ordre sur la palangre.



ANNEXE G. – Trait de chalut.

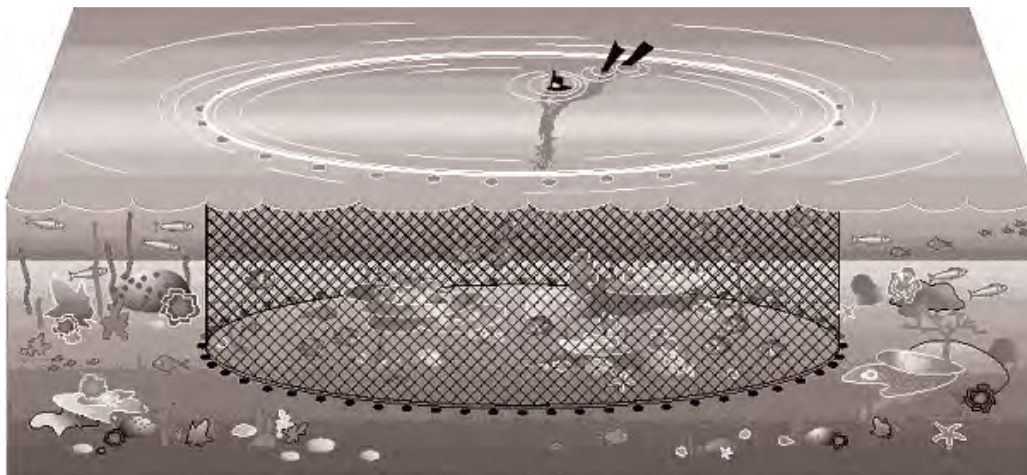
Le chalut est traîné sur une distance de 1 mille. Pour les chaluts à crevette et les chaluts à perche, la vitesse de traîne est de 2 nœuds, pour les chaluts à poisson, la vitesse est de 3 nœuds. Cette vitesse peut varier en fonction des conditions de mer (houle, vent, courant). Les plans des chaluts utilisés sont disponibles dans Wantiez (1992). A la fin du trait, les poissons sont triés par espèce. Chaque espèce est ensuite dénombrée et pesée. Dans le cas où le nombre des poissons d'une espèce dépasse 200, un sous-échantillonnage est réalisé. Les fréquences de longueur sont notées. Un échantillon provenant de cette mesure de fréquence est mis de côté pour analyse biologique (voir Annexe L).

ANNEXE H. – Filets maillants.

Sur une station on pose trois ou quatre nappes de filets de maille croissante. Les nappes sont posées parallèlement au rivage pour les mangroves et perpendiculairement au rivage dans les zones sans palétuviers. La pose se fait normalement en fin de marée montante et la relève en fin de marée descendante. Pour chaque nappe, les captures sont identifiées, dénombrées et pesées. Les poissons les plus abondants font l'objet d'un relevé des fréquences de longueur et d'un sous-échantillonnage pour les analyses biologiques. Tous les autres poissons sont préservés pour analyse biologique (voir Annexe L). La longueur des nappes est soit de 70 m soit de 50 m et la chute en est soit de 3 m soit de 1.2 m.

ANNEXE I. – Empoisonnement d'un récif à la roténone.

Un emplacement, préalablement choisi par repérage en apnée, est encerclé par une senne droite de 50 m de long, 3 m de chute et une maille étirée de 15 mm. La roténone en poudre, d'un titre d'au moins 7% de substance active, est mélangée à de la lessive concentrée (1 vol. lessive / 30 vol. poudre) et de l'eau de mer est ajoutée de façon à former une pâte fluide. Dix litres de poudre sont utilisés pour une station (ce qui donne environ 6 litres de pâte). La pâte, conditionnée dans des sacs plastiques, est libérée en plongée sur l'ensemble de la surface délimitée par le filet. Les poissons intoxiqués sont alors recueillis, soit en plongée, soit en surface. Dans le cas de massifs coralliens importants, une suceuse fonctionnant à l'air comprimé (Kulbicki et al. 1990) est utilisée pour retirer les poissons des crevasses. Tous les poissons capturés sont identifiés, dénombrés et pesés. Un sous-échantillon des espèces les plus abondantes est mesuré pour les fréquences de longueur. Les poissons sont ensuite préservés pour analyse biologique (voir Annexe L).

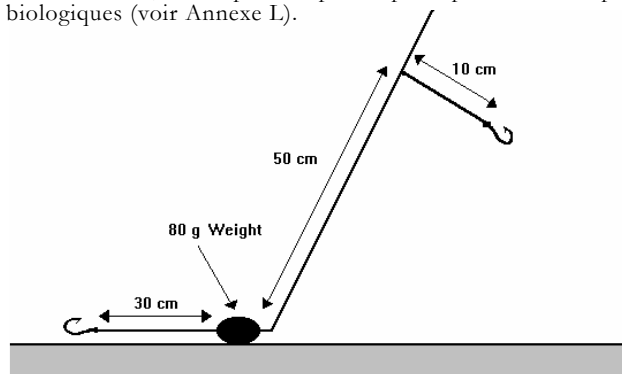


ANNEXE J. - Lignes à main.

Une ligne à main est constituée d'une ligne principale en nylon de 80/100mm. Sur cette ligne sont frappés 2 avançons, le premier de 20 cm est situé à 70 cm au-dessus d'un plomb de 80g, le second de 40 cm est situé en dessous de ce plomb. L'appât utilisé est le calmar (*Loligo spp.*). Deux tactiques de pêches ont été utilisées :

- Dérive : le bateau sur le quel se trouve le(s) pêcheur(s) dérive avec le vent et le courant au dessus de la zone de pêche. Le temps de pêche pour chaque dérive est noté et par la suite standardisé en heure de pêche par pêcheur.
- En poste : 2 pêcheurs sont à bord de l'embarcation. Cette dernière est sur les lieux de pêche 30mn avant le coucher « légal » du soleil. Les pêcheurs ancrent l'embarcation et pêchent 30mn, puis déplacent leur embarcation d'environ 150m et ancrent de nouveau pour 30mn. L'opération est répétée 4 fois, soit 2 heures de pêche, les points de pêche étant disposés autour d'un point central qui matérialise la station.

Toutes les captures sont identifiées, décomptées et pesées par espèce. Tous les poissons sont préservés en vue des analyses biologiques (voir Annexe L).



ANNEXE K. - Relevés du substrat et du benthos recouvrant;

Sous chaque marque métrique du ruban du transect, le plongeur note d'une part la nature du substrat (Tableau B1) mais aussi la nature du benthos recouvrant dans la mesure où il y existe des organismes benthiques « recouvrants » (algues, phanérogames, coraux, alcyonaires, éponges ...). On obtient donc 50 « points » de relevé de substrat par transect. Les points sont regroupés par secteur. Les profondeurs minimale et maximale sont également notées pour chaque secteur. La visibilité et le courant sont notés pour l'ensemble du transect. Cette méthode a été ensuite affinée en réalisant ces relevés non seulement sur le transect le long duquel le plongeur compte les poissons, mais aussi sur deux transects parallèles, placés à 3 m de part et d'autre du transect de comptage des poissons. On obtient ainsi 150 « points » de relevé du substrat. Des comptages d'échinodermes peuvent être faits : il s'agit de dénombrer, sur chaque secteur, les échinodermes présents sur une bande de 1 m de large centrée sur le transect. Les échinodermes sont regroupés en « oursins *Diadema* », « autres oursins » et « holothuries ».

ANNEXE L. - Relevé du paysage benthique.

De façon à mieux décrire le paysage des stations de comptage des poissons, un relevé des principales caractéristiques de la station (type d'île, biotope, paramètres physiques de la station) ainsi qu'un relevé du substrat et du benthos (par 20 quadrats de 5 m de côté) sont réalisés. Les caractéristiques physiques comprennent : le courant, la profondeur, l'exposition au vent, la visibilité. Le substrat est enregistré selon 8 catégories. Le benthos est enregistré selon 7 catégories de coraux, 6 catégories de végétaux et 4 catégories de "divers". La surface de recouvrement de ces organismes, ainsi que celui du substrat, sont notées sur une échelle de 1 à 5. Les oursins, holothuries, bédouilles, acanthastères et trocas sont comptés individuellement. Par ailleurs, le relief est noté à l'échelle du transect et la rugosité est notée pour chaque quadrat.

ANNEXE M. - Biologie (procédure standard).

Chaque poisson examiné est mesuré (longueur à la fourche sauf pour les anguilliformes, les requins et les poissons à queue arrondie pour lesquels on prend la longueur totale ; pour les raies on retient la largeur maximale du disque). Si possible le poisson est pesé (sauf en mer quand il y a de la houle). Le contenu stomacal est ensuite examiné, les aliments étant estimés en % du volume total occupé. Le sexe et l'état sexuel sont ensuite examinés macroscopiquement, les indices utilisés étant donnés dans le tableau M1. L'origine des poissons (station, méthode, date, profondeur) sont notés.

TABLEAU M1. - Indices de l'état des gonades

Indice	Males	Femelles
0	Filet	Filet
1	Long et mince	Légèrement vascularisé
2	Ne coulant pas	Opaque ; œufs non visibles
3	Coulant légèrement après section	Aspect granuleux
4	Coulant après section	Oeufs commençant à se détacher
5	Coulant par simple pression	Oeufs sortant par simple pression

ANNEXE N. – Echantillons de *Lethrinus nebulosus* destinés aux analyses génétiques : Tableaux N1 et N2.

TABLEAU N1. – *Lethrinus* spp. Origine des individus séquencés pour un fragment de 423 pb de la région de contrôle. *N* taille de l'échantillon

Espèce, Numéro d'identification IRD	N	Origine	Date	Collecteur (lieu)
<i>Lethrinus nebulosus</i>				
z06 *	1	Nouvelle-Calédonie	mai 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z43-51, z53, z55-63, z65-71, z73-84	38	Moindou, lagon SW	oct. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z128, z130, z131, z133, z162 -166	9	Lagon Nord	déc. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z200	1	Bali	jan. 2005	P. Borsa (TPI Kedonganan)
z321-331	11	Lagon SW	avr. 2005	A. Collet (Marché de Nouméa)
Lneb 2-4, 6, 9, 11-12	7	Ouvéa	sep. 2005	M. Léopold (Ouvéa)
z382, 383, 393, 394 (Lneb 16, 17, 27, 28)	4	Ouvéa, lagon Sud	avr. 2006	M. Léopold (Ouvéa)
z433-441 (Lneb 60-68), z452 (Lneb 119)	10	Lagon d'Ouvéa	sep. 2006	M. Léopold (Ouvéa)
z454 (Lneb 121)	2	Bali	déc. 2006	P. Borsa (TPI Kedonganan)
z492-494 (Lneb 122-124)	3	Bali	fév. 2007	P. Borsa (TPI Kedonganan)
<i>Lethrinus lentjan</i>				
z251, z252	2	Nouvelle-Calédonie	jan. 2005	P. Borsa (Marché de Nouméa)
<i>Lethrinus olivaceus</i>				
z257, z258	2	Nouvelle-Calédonie	jan. 2005	A. Collet (Marché de Nouméa)
z504, 505 (Loli 28, 29)	2	Bali	fév. 2007	P. Borsa (TPI Kedonganan)

* Spécimen MNHN 2006-1293

TABLEAU N2. – *Lethrinus* spp. Origine des individus analysés sur gel de polyacrylamide (SSCP d'un fragment de l'ADNr 16S ; polymorphisme de longueur d'intron à trois locus nucléaires). *N* taille de l'échantillon

Numéro d'identification IRD	N	Origine	Date	Collecteur (lieu)
z06 *	1	Nouvelle-Calédonie	mai 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z43-85	43	Moindou, lagon SW	oct. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z122-124	3	Lagon SW	oct. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z182, z255	2	Nouvelle-Calédonie	oct. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z127-133, z162-166	12	Lagon Nord	déc. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z134-138	5	Moindou, lagon SW	déc. 2004	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z167-176	10	Nouvelle-Calédonie	déc. 2004	P. Borsa, A. Collet (Marché de Nouméa)
z197, 198	2	Lagon SW	jan. 2005	P. Borsa, A. Collet (Marché de Nouméa)
z200	1	Bali	jan. 2005	P. Borsa (TPI Kedonganan)
z227 **, z228	2	Nouvelle-Calédonie	jan. 2005	P. Borsa, A. Collet (Marché de Nouméa)
z230-238	9	Moindou, lagon SW	jan. 2005	P. Borsa (Marché de Nouméa)
z321-331	11	Lagon SW	avr. 2005	A. Collet (Marché de Nouméa)
z344	1	Lagon Nord	avr. 2005	A. Collet (Marché de Nouméa)

* Spécimen MNHN 2006-1293 ; ** spécimen MNHN 2007-1611

TABLEAU N3. – *Lethrinus nebulosus*. Phénotypes électrophorétiques (longueurs de fragment) individuels à trois locus nucléaires (*aldoB-1*, *aldoB-2*, *GnRH3-1*) et phénotypes SSCP au locus mitochondrial *ARN16S*. Les allèles nuls sont codés par 0. – locus non amplifié ou non testé. NC, Nouvelle-Calédonie, origine indéterminée

Individu			Locus			
no. IRD	no. MNHN	Origine	<i>ARN16S</i>	<i>aldoB-1</i>	<i>aldoB-2</i>	<i>GnRH3-1</i>
z 06	2006-1293	NC	E'	1010	900	984
z 43	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 44	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 45	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 46	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 47	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	0	984
z 48	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 49	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	0	984
z 50	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 51	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 52	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 53	–	Moindou, lagon SW	E'2*	1010	900	984
z 54	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 55	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 56	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	0	984
z 57	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 58	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 59	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 60	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 61	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 62	–	Moindou, lagon SW	E'4*	1010	0	984
z 63	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 64	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 65	–	Moindou, lagon SW	E'	–	–	984
z 66	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 67	–	Moindou, lagon SW	E'	–	–	984
z 68	–	Moindou, lagon SW	E'	–	–	984
z 69	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	0	984
z 70	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 71	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 72	–	Moindou, lagon SW	E'	–	–	984
z 73	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 74	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 75	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 76	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 77	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 78	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 79	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	0	984
z 80	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 81	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 82	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 83	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 84	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 85	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 122	–	lagon SW	E'	–	–	984
z 123	–	lagon SW	E'2*	–	–	984
z 124	–	lagon SW	E'	–	–	984
z 127	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 128	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 129	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 130	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 131	–	lagon N	E'	1010	0	984
z 132	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 133	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 134	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 135	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 136	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 137	–	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 138	–	Moindou, lagon SW	E'	–	–	984
z 162	–	lagon N	E'	–	–	984
z 163	–	lagon N	E'	1010	900	984
z 164	–	lagon N	E'	1010	900	984

z 165	—	lagon N	E'	—	—	984
z 166	—	lagon N	E'	1010	900	984
z 167	—	NC	E'	—	—	984
z 168	—	NC	E'3*	—	—	984
z 169	—	NC	E'	—	—	984
z 170	—	NC	E'	—	—	984
z 171	—	NC	E'	—	—	984
z 172	—	NC	E'	—	—	984
z 173	—	NC	E'	—	—	984
z 174	—	NC	E'	—	—	984
z 175	—	NC	E'	—	—	984
z 176	—	NC	E'	—	—	—
z 182	—	NC	E'	—	—	984
z 197	—	lagon SW	E'	1010	0	984
z 198	—	lagon SW	E'	1010	0	984
z 200	—	Bali	E'	1010	0	984
z 227	2007-1611	NC	E'	1010	900	984
z 228	—	NC	E'	1010	900	984
z 230	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 231	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 232	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 233	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 234	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 236	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 237	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 238	—	Moindou, lagon SW	E'	1010	900	984
z 255	—	NC	E'	1010	900	984
z 321	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 322	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 323	—	lagon SW	E'	1010	0	984
z 324	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 325	—	lagon SW	E'	1010	0	984
z 326	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 327	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 328	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 329	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 330	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 331	—	lagon SW	E'	1010	900	984
z 344	—	lagon N	E'	1010	900	984
