



CONVENTION N° 271-09

**Amélioration des connaissances sur les
tricots rayés en province Sud et leur
utilisation en tant que bio-indicateurs**

Rapport intermédiaire

Etat de l'avancement des travaux

mardi 22 juin 2010

Thomas Fauvel & Xavier Bonnet

Résumé

La convention d'étude 271-09 est basée sur l'utilisation des tricots rayés comme indicateurs de l'état de composantes essentielles des écosystèmes du lagon calédonien. Sur le plan scientifique, l'importance de l'ensemble fonctionnel tricots rayés – proies anguilliformes a été solidement établie. Un des objectifs majeurs des travaux prévus dans cette convention était de d'examiner et de tester les possibilités d'en extraire des outils gestionnaires pratiques utilisables à large échelle. Ce rapport intermédiaire montre que cet objectif est réaliste.

Deux espèces de serpents marins amphibies (*Laticauda laticaudata* et *L. saintgironsi*) sont présentes en très grand nombre dans le lagon néo-calédonien. Le suivi de ces populations, mené sur une sélection de sites montrait un fort potentiel de bio-indication facilement utilisable par les gestionnaires. Les missions de terrains menées de novembre 2009 à juin 2010 ont permis d'étendre la zone d'étude. Cet échantillonnage plus vaste sur des sites contrastés a permis de tester le potentiel de cet outil de gestion et d'étudier le fonctionnement des populations de tricots rayés à une large échelle. Au total 16 sites ont été visités entre 1 et 7 fois en Province Sud au cours de ces missions, ce qui a permis de marquer plus de 2000 individus supplémentaires et de mesurer près de 1000 animaux déjà capturés au cours des études précédentes – ce qui représente plus de 3000 individus examinés. La base de données de suivi de population comporte désormais plus de 10000 individus marqués, ce qui en fait de très loin la plus riche pour la Nouvelle Calédonie. Nous avons également prélevé les proies de plus de 300 animaux afin d'estimer la biodiversité des poissons Anguilliformes de Nouvelle Calédonie et d'étudier leur biologie. Les premiers dosages des polluants ont été réalisés avec succès par P. Bustamante du laboratoire UMR-LIENSs de la Rochelle. Enfin, des tests avec des enregistreurs automatiques (Time Depth Recorders) afin de mieux connaître les efforts de prospection alimentaire ont donné des résultats très encourageants mais insatisfaisants pour les animaux (blessures...) : des améliorations techniques sont nécessaires.

Introduction

L'introduction de ce rapport rappelle tout d'abord exactement les termes de la convention, en effet les objectifs initiaux n'ont pas dévié en cours de route. Ensuite, des éléments généraux sur l'état d'avancement des travaux sont synthétisés.

Le lagon sud de Nouvelle Calédonie est désormais inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Une grande partie des îlots du lagon est soumise à une pression anthropique grandissante générée par la croissance démographique que connaît le territoire ces dernières années. L'augmentation du nombre d'utilisateurs du lagon et des activités touristiques, le taux d'urbanisation grandissante, les usines d'exploitation de nickel, sont autant de facteurs constituant un accroissement global des risques.

Afin de suivre l'état des écosystèmes du lagon et de mettre en place des mesures de gestion efficaces et adaptées, il est aujourd'hui urgent d'identifier et d'utiliser les bio-indicateurs pertinents qui permettent de sonder le statut des écosystèmes. Cette nécessité s'applique particulièrement aux récifs coralliens qui subissent une crise mondiale très préoccupante. Les serpents marins du genre *Laticauda* (communément nommés tricots rayés) sont des prédateurs supérieurs se nourrissant de poissons eux-mêmes prédateurs (murènes, congres...). Ces organismes se trouvent au sommet des réseaux trophiques et l'état de leurs populations intègre automatiquement celui des niveaux trophiques sous-jacents. Le système tricots rayés – poissons anguilliformes peut donc s'avérer être un excellent bio-indicateur de l'écosystème lagunaire et récifal (Brischoux et al. 2009, Are sea snakes pertinent bio-indicators for coral reefs? A comparison between species and sites, *Marine Biology*, 156: 1985-1992).

A terme, ce projet a pour objectif l'étude des habitats, de l'écologie alimentaire et des principaux aspects de la dynamique de population de deux espèces de serpents marins, *Laticauda laticaudata* et *L. saintgironsi*, ainsi qu'environ de 50 espèces de poissons – proies. Il s'agira principalement :

- De suivre des communautés importantes de reptiles et de leurs proies (extension des recherches de terrain entreprise depuis 2002 à de nouveaux îlots

de la province Sud) par capture-marquage-recapture et analyse des contenus stomacaux ;

- De récolter et comparer des données spatiales sur la dégradation de l'habitat des tricots rayés (perturbation des populations sur certains îlots suite à des constructions ou dérangements trop fréquents) et sur des polluants éventuels accumulés dans leurs tissus (dosages de métaux tels que Co, Cr, Ni, Mn) ;
- De produire une méthode simple d'utilisation des tricots rayés comme bio-indicateurs des écosystèmes lagunaires (zones de prélèvements les plus pertinentes, surface couverte par ces zones, données à relever et correspondance informationnelle, etc.). Cette méthode devra pouvoir être mise en œuvre par les gestionnaires pour suivre sur le long terme, et à moindre coût, l'état de santé du lagon en y intégrant cet indicateur.

Entre novembre 2009 et mai 2010 un travail considérable a été effectué (cf. détails ci-dessous), et une bonne partie des objectifs est d'ores et déjà atteinte. C'est notamment le cas pour l'élargissement considérable des zones prospectées, de la collecte de proies, ou pour la démonstration de l'aisance avec laquelle les tricots rayés peuvent comptés par exemple. Toutefois, certaines complications sont aussi apparues ; et notre effort de terrain doit être poursuivi.

En pratique, cette étude s'appuie sur le travail de thèse de Thomas Fauvel (2009-2011) dont le financement sur trois ans a été obtenu par Xavier Bonnet (CEBC-CNRS), sur le travail d'échantillonnage d'Antoine Riou financé par le programme Zonéco (responsable scientifique Xavier Bonnet), et les missions régulières organisées par l'équipe d'écophysiologie évolutive (responsable Xavier Bonnet) du CEBC en partenariat avec le Province Sud.

Le rapport intermédiaire présente l'effort de terrain qui a été déployé et donne aussi les conclusions d'analyses préliminaires, mais statistiquement robustes.

Matériel et méthode

Extension des sites d'études

Au cours des missions réalisées entre novembre 2009 et juin 2010, 16 sites ont été échantillonnés en Province Sud (15 îlots plus la Baie des Citrons à Nouméa avec la participation de l'Aquarium des lagons). Parmi ces sites, 8 étaient visités pour la première fois pour l'étude des tricots rayés (les îlots Ghero, Gi, Isie, Kie, N'Da, Petit Mato, Redika et la Baie des Citrons). Avec les 12 sites déjà présents sur notre zone d'étude, notre échantillonnage couvre le Grand Nouméa, la Zone Côtière Ouest et le Grand Lagon Sud (fig. 1) et permet de comparer des situations contrastées. En effet nos sites ont été sélectionnés afin de tester l'impact de différents niveaux de perturbation humaine (fréquentation touristique, pollution urbaine ou minière), de statuts de protection (absence, réserve naturelle, réserve intégrale), et de paramètres environnementaux (distance à la côte ou à la barrière, végétation, surface du platier et des récifs environnants). Par ailleurs le suivi de populations a été maintenu sur certains sites de référence (Signal, Amédée, Améré).

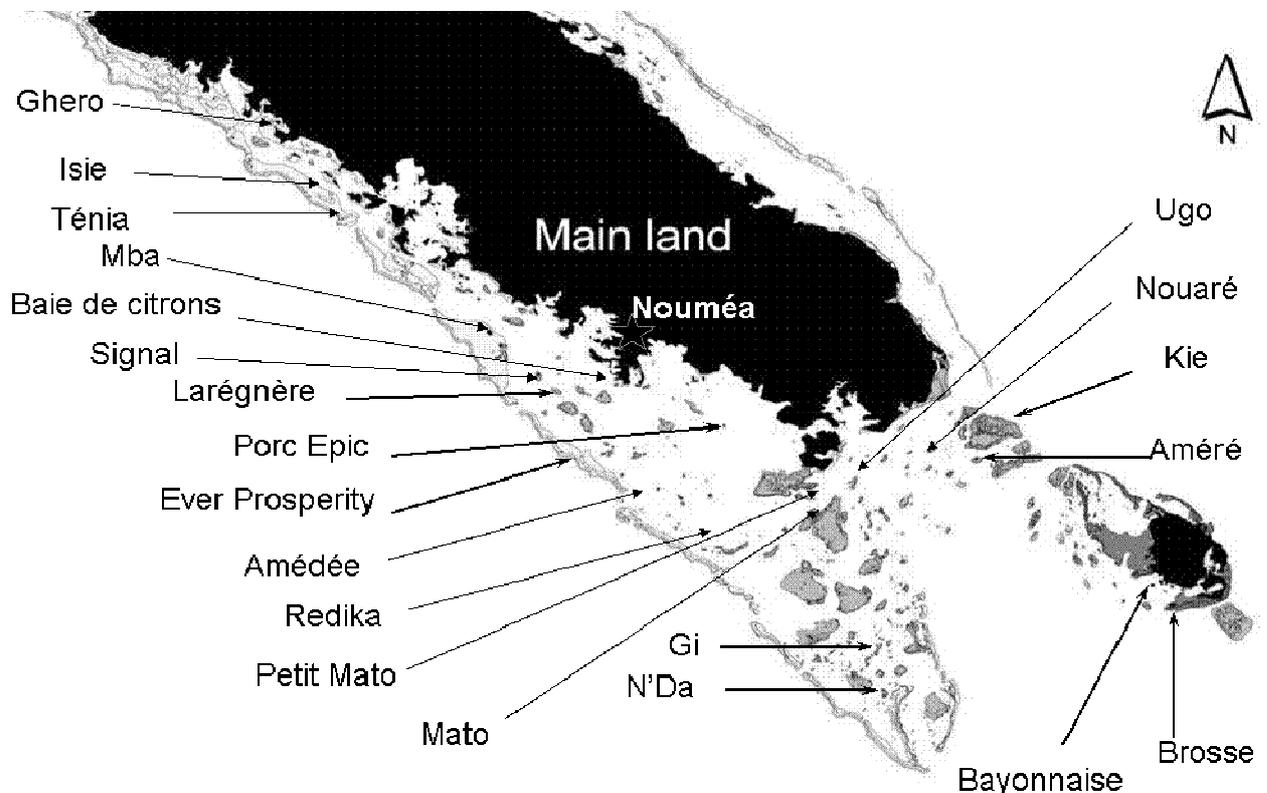


Figure 1 : Carte représentant les sites échantillonnés entre 2002 et 2010.

Calendrier des missions

Les 16 sites échantillonnés au cours de ces dernières missions l'ont été entre une et 7 fois (cas de l'îlot Signal, site de référence pour l'étude des tricots rayés en Nouvelle Calédonie). Le transport en mer a été assuré par les équipes du service de la mer de la DENV, ainsi qu'occasionnellement par l'Aquarium des lagons et la compagnie Mary D.

Les équipes étaient composées selon les missions de Xavier Bonnet (CNRS), Thomas Fauvel (CNRS / Université Paris 6), Antoine Riou (contractuel Zonéco), Jean Marie Ballouard (CNRS / Université de Poitiers), François Brischoux (Post-doctorat Université de Sydney), Dave Pearson (DEC Western Australia) et de volontaires (Constant Bonnet, Luc Fougeirol, Eliot, Tyffen Read, Thibault Guillemain, Pauline Chauvin, Vivi Neumann, Pierre Maroni, Susie Suptille, Jeremy Simonnot, Claire Joseph, Anna Deschamps, Marion Michel). Au total, plus de 3000 serpents ont été capturés au cours de ces sessions. Le tableau synthétique ci-dessous présente les sessions de terrain et les personnes impliquées.

| Dates | Site | Membres de l'équipe | Captures |
|-------------------------|-----------------|--|-----------------|
| 17/11/2009 → 21/11/2009 | Signal | XB, TF, JMB, Constant, Luc, Eliot | 135 |
| 23/11/2009 → 27/11/2009 | Améré | XB, TF, JMB, Constant, Luc, Dave Pearson | 220 |
| 29/11/2009 → 30/11/2009 | Amédée | XB, TF, JMB, Constant, Luc | 154 |
| 04/12/2009 → 06/12/2009 | Signal | XB, TF, JMB, Constant, Luc | 193 |
| 10/12/2009 → 11/12/2009 | Gi | XB, TF, Constant | 80 |
| 12/12/2009 → 13/12/2009 | Redika | XB, TF, Constant | 104 |
| 14/12/2009 → 15/12/2009 | Petit Mato (Uo) | XB, TF, Constant, Tyffen | 101 |
| 19/12/2009 → 22/12/2009 | Signal | XB, TF | 96 |
| 22/12/2009 → 22/12/2009 | Maître | XB | 2 |
| 24/12/2009 → 26/12/2009 | Larégnère | TF | 34 |
| 28/12/2009 → 31/12/2009 | Porc Epic | TF | 47 |
| 19/01/2010 → 24/01/2010 | Signal | TF, FB | 290 |
| 27/01/2010 → 31/01/2010 | Amédée | TF, Thibault, Pauline, Vivi | 235 |
| 02/02/2010 → 04/02/2010 | N'Da | TF, Thibault, Pauline | 139 |
| 05/02/2010 → 09/02/2010 | Améré | TF, Thibault, Pauline | 191 |
| 15/02/2010 → 17/02/2010 | Ugo | TF, Thibault | 42 |

| | | | |
|-------------------------|-----------------|------------------------------------|----------|
| 18/02/2010 → 22/02/2010 | Kie | TF, Thibault | 275 |
| 27/02/2010 → 03/03/2010 | Redika | TF, Thibault, Pierre | 215 |
| 04/03/2010 | Signal | TF, Thibault, Pierre | Tracking |
| 08/03/2010 → 11/03/2010 | Signal | TF, AR, Thibault | 134 |
| 20/03/2010 → 24/03/2010 | Tenia | TF, AR | 33 |
| 25/03/2010 | Isie | TF, AR | 6 |
| 26/03/2010 → 27/03/2010 | Ghero | TF, AR | 15 |
| 03/04/2010 → 05/04/2010 | Signal | TF, AR, Thibault | 111 |
| 12/04/2010 → 16/04/2010 | Améré | TF, AR, Susie | 167 |
| 21/04/2010 → 22/04/2010 | Larégnère | TF, AR, Jeremy | 22 |
| 23/12/2010 → 24/12/2010 | Signal | TF, AR, Jeremy | 54 |
| 26/12/2010 → 30/12/2010 | Petit Mato (Uo) | TF, AR | 94 |
| 03/05/2010 → 13/05/2010 | Lifou (zonéco) | TF, AR | 2 |
| 25/05/2010 → 29/05/2010 | Mba | TF, Thibault, Anna, Claire, Marion | 17 |

Mesures biométriques

Chaque serpent capturé est identifié, espèce, sexe, âge et marquage éventuel sont notés. Les mesures prises doivent permettre d'estimer la condition corporelle de chaque animal : longueur de la tête au cloaque, longueur totale, masse. La palpation des serpents permet de déterminer la présence de proies dans l'estomac ou d'œufs chez les femelles reproductives. Le cas échéants, ces contenus peuvent aisément être mesurés à travers l'animal.

Enfin d'autres paramètres sont mesurés pour faciliter l'identification des individus et/ou pour étudier la biologie des deux espèces : nombre d'anneaux, couleur, anomalies, cicatrices et blessures, parasites et taille des mâchoires.

Marquage

Chaque animal est identifié par un numéro qui lui est propre. Ce numéro est inscrit de manière permanente sur le corps du serpent par découpage et brûlure superficielle de certaines écailles. En effet chaque écaille compté à partir du cloaque correspond à un numéro : les 9 premières donnent les unités (de 1 à 9), les 9 suivantes aux dizaines (de 10 à 90), les 9 suivantes aux centaines (de 100 à 900), les 9 suivantes aux milliers (de 1000 à 9000). Par exemple, pour l'individu 5831, nous

avons marqué les écailles « 5000 », « 800 », « 30 » et « 1 ». Ces écailles sont découpées à l'aide de ciseaux fins, puis superficiellement brûlées au fer à souder. Elles repousseront plus sombres et légèrement déformées. Le marquage de la quasi-totalité des animaux capturés et mesurés permet un suivi des individus toute leur vie. De plus, la proportion d'individus marqués dans une population renseigne sur la taille de cette population. Le nombre total de serpents marqués depuis le début de l'étude dépasse les 10000.

Prélèvements

Nous avons forcé la régurgitation de certains serpents capturés avec des proies dans l'estomac. La régurgitation est un comportement naturel chez de nombreuses espèces de serpents qui leur permet de se décharger de l'encombrement de leur proie et ainsi d'échapper plus facilement à un prédateur. Forcer ce comportement n'est donc pas exagérément traumatique chez des animaux en bonne condition et permet d'accéder à l'échantillonnage d'une communauté de plus de 50 espèces de poissons Anguilliformes mal connus car très cryptiques. Les proies ainsi prélevées sont congelées sur place (grâce au matériel acquis dans le cadre de la convention : glacière 12V, panneaux solaires et batteries) puis stockées à l'Université de Nouvelle Calédonie où nous les avons identifiées, mesurées et disséquées afin de prélever éventuellement leurs œufs et leur propre contenu stomacal. Nous avons également prélevé des fragments de tissus pour analyses génétique, ainsi que du muscle et le foie que nous avons lyophilisés en vue d'y doser les contaminants de type métaux lourds et les isotopes carbone et azote.

Équipement avec des appareils de mesure

Afin d'améliorer les connaissances sur la vie aquatiques des tricots rayés, 12 serpents de l'îlot Signal ont été équipés de sondes TDR et d'émetteurs radio. Ces sondes ont été programmées pour enregistrer la profondeur de l'animal toutes les 5 secondes et sa température corporelle toutes les minutes pendant 72 jours. L'émetteur devait permettre de retrouver les animaux équipés plus facilement à l'aide d'un récepteur. Les appareils ont été placés par chirurgie dans la cavité intra-péritonéale. Ce travail a

été effectué par trois vétérinaires volontaires de Nouméa. Les animaux retrouvés ont été déséquipés par chirurgie afin de récupérer les appareils et d'en analyser les données.

Résultats et discussion

Amélioration des connaissances sur le fonctionnement des populations

La recapture d'animaux préalablement marqués dans une population est une méthode couramment utilisée en écologie et qui permet d'estimer les paramètres démographiques principaux. Le marquage d'une part importante d'une population permet de donner plus de précision et de certitude à ces estimations. A ce jour, 3 de nos sites d'étude comptent plus de 1000 serpents marqués : Signal (3836), Amédée (1738) et Améré (1206). La bonne précision des estimations que nous pourrions faire sur ces trois sites permettra une meilleure connaissance du fonctionnement des populations de tricots rayés ainsi que des comparaisons entre îlots.

Depuis le début de l'étude en 2002, ces nouvelles missions portent à 8 ans la durée du suivi des populations de certains îlots (Signal, Larégnère, Amédée...). Nos données fournissent maintenant une série temporelle suffisamment longue pour commencer à s'intéresser aux évolutions dans le temps des individus marqués et des populations.

Nous pouvons affirmer que les tricots rayés se caractérisent par une forte sédentarité. La vaste majorité des individus reste très fidèle à un seul îlot. La conséquence immédiate de ce fait est que chaque îlot représente une zone d'échantillonnage précise ; ce qui offre une opportunité logique essentielle dans le cadre de la bio-indication. Une autre conséquence est que la dégradation d'un îlot est très grave puisqu'il n'existe presque pas de compensation grâce à des échanges forts. Cela ne signifie pas que les populations sont totalement isolées. En effet, les suivis à long terme et l'extension de notre zone d'étude a permis de mettre en évidence des déplacements de plusieurs individus d'un îlot à un autre (fig. 2). Ces migrations sont relativement spectaculaires, par exemple entre des sites très distants (Signal - Gi :

plus de 75km en ligne droite, Signal – Améré : environ 85km). De nombreux animaux ont été marqués dans le Grand Nouméa, c'est donc ceux là qu'on recapture dans les îlots du Grand Lagon Sud. Mais il est possible que des déplacements se fassent dans l'autre sens, il est possible que le nombre d'animaux marqués dans le sud, pourtant élevé était insuffisant pour les mettre en évidence.

La figure page suivante illustre les principaux déplacements inter îlots observés.

Comparaison des populations entre les sites

Au cours de nos missions, nous avons échantillonné une grande variété de sites ayant chacun ses caractéristiques propres et souvent uniques en terme de physionomie (cote rocheuse ou sableuse, type de végétation, terriers de puffins), de distance à la côte ou a la barrière, de zone de chasse disponible (surface des récifs environnants), de fréquentation touristique, et de statut de protection.

A terme, cette variété permettra de tester l'impact de chacun de ces facteurs sur les tricots rayés (structure et taille des populations, condition corporelle et taux de croissance des animaux...) et leurs proies. Dans le cadre du rapport intermédiaire, des analyses préliminaires sont présentées. Les observations sur le terrain et les premières analyses semblent montrer un fort impact du statut de protection et de la fréquentation touristique. Par exemple la population de Larégnère, îlot très (trop ?) fréquenté, est très faible et par rapport à ce qu'on pourrait y attendre. Le nombre de serpents observé diminue régulièrement depuis 2002. A l'inverse, les animaux de la réserve intégrale Merlet sont nombreux et en très bonne condition corporelle. Comme attendu d'après les campagnes de terrain précédentes, les tricots rayés bleus privilégient les zones de beach-rock, qui sont bien représentées sur Signal ou Gi par exemple. Cependant nous en avons trouvé une petite population sur l'îlot Redika dont la côte est sableuse ; dans ce cas les tricots rayés bleus se tenaient dans les grosses racines de la forêt assez dense de cet îlot. Nous avons donc détecté des effets inter îlots très nets, base essentielle dont il faut tenir compte pour mettre au point des outils de terrain.

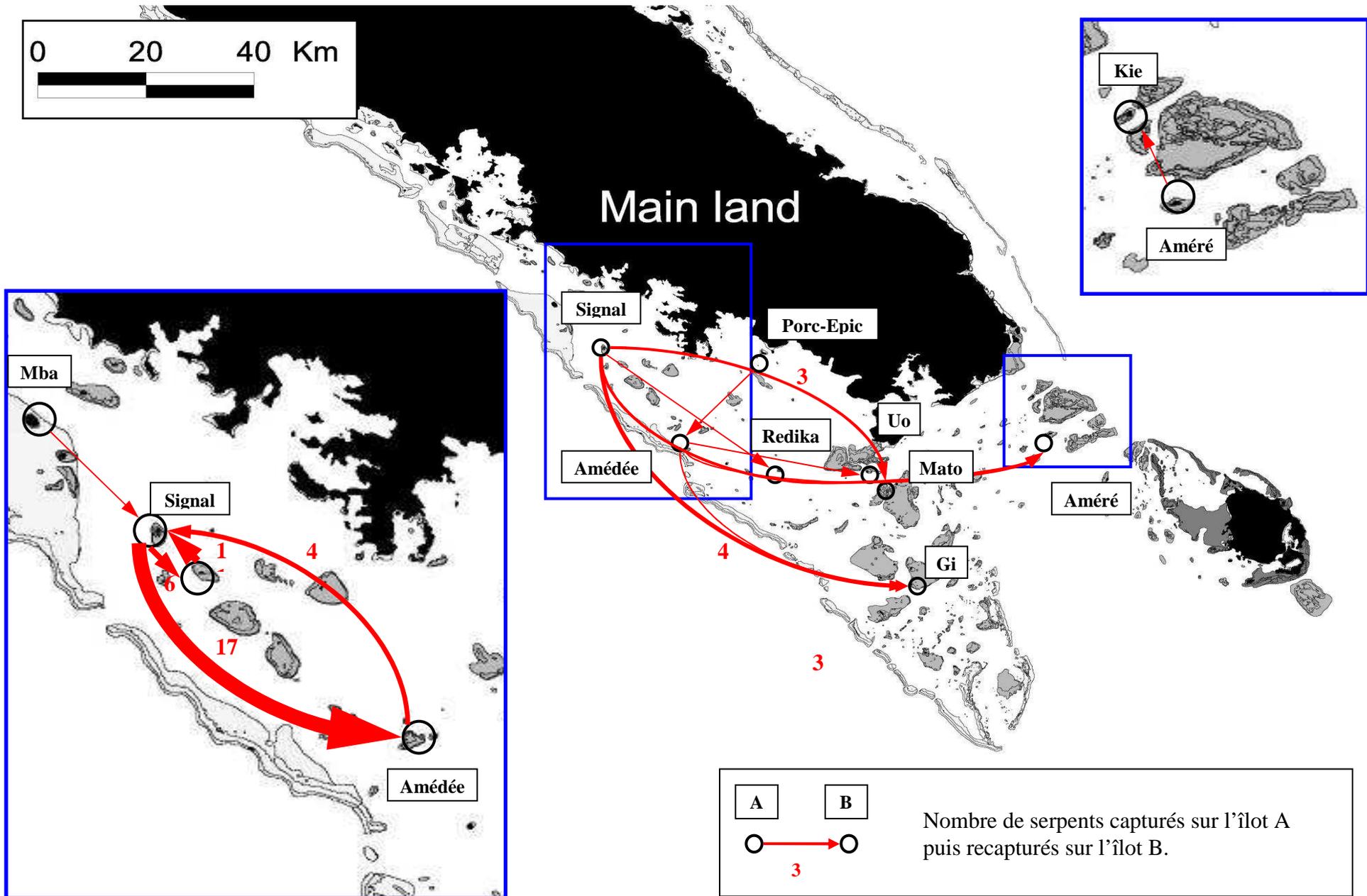


Figure 2 : Carte représentant les recaptures inter îlots.

Ecologie alimentaire des tricots rayés

En utilisant la technique basée sur les relations qui existent entre les taux de digestion des proies et la durée des voyages alimentaires, nous avons pu comparer les îlots. L'analyse des taux de digestion des proies montre des résultats contrastés entre îlots (fig. 3).

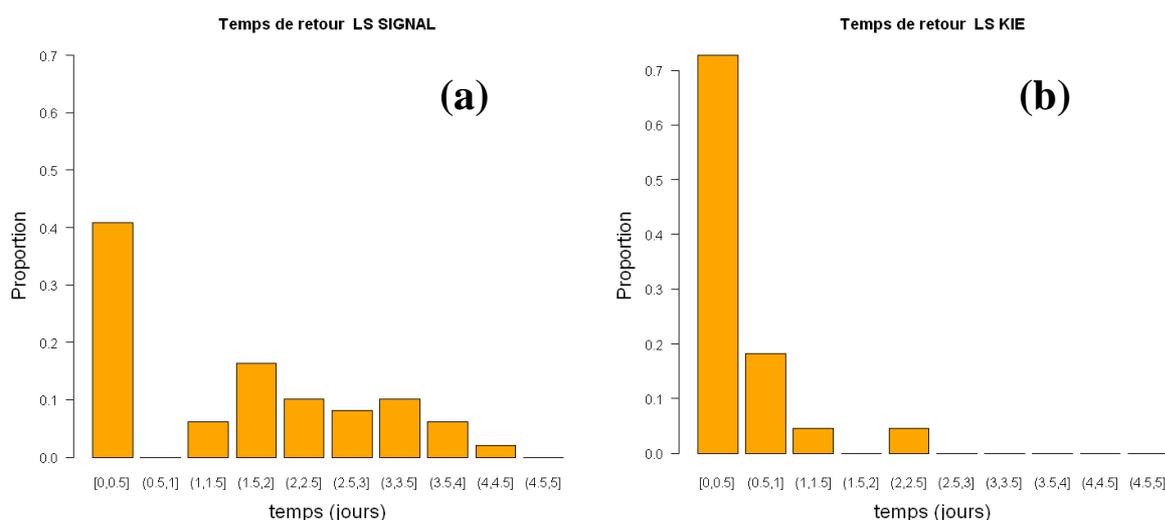


Figure 3 : Distribution des temps de retour estimé pour les tricots rayés jaune (*L. saintgironsi*) sur les îlots Signal (a) et Kie (b).

On retrouve deux types de distributions : une structure bimodale comme à l'îlot Signal (comme cela avait déjà été observé), où une partie des proies sont capturées à proximité immédiate de l'îlot, probablement sur le récif frangeant, et une autre partie sur des récifs plus éloignés. En revanche sur d'autres îlots, comme Kie, la très grande majorité des proies sont capturés très proches de l'îlot, les serpents ne semblent pas devoir s'éloigner de leur site à terre pour trouver leurs proies. Les serpents de Kie auraient donc à fournir un effort moins important pour se nourrir que ceux de Signal.

Les mêmes résultats sont obtenus en comparant Améré avec Signal par exemple. Ces différences pourraient s'expliquer par la surface de platier corallien disponible à proximité de l'îlot, mais peut être aussi par la richesse en proies de ces zones de chasse, peut être liée à l'intensité des perturbations humaines. En d'autres

termes, le statut de réserve intégrale de Kié serait associé à une plus grande richesse en proies (poissons anguilliformes eux-mêmes prédateurs) des tricots rayés, qui auraient donc plus de facilité à se nourrir ; ce qui expliquerait aussi leur meilleure condition corporelle. Ces résultats renforcent notre intérêt pour les tricots rayés en tant que bio indicateurs du lagon : leur condition corporelle et leur efforts de pêche dépendraient de la qualité de l'environnement.

L'implantation des sondes et des émetteurs dans 12 tricots rayés n'a pas apporté les résultats espérés car le matériel s'est avéré défectueux et a été mal supporté par les animaux pour des raisons encore mal comprises (peut être que les émetteurs miniatures se sont avérés partiellement toxiques ? peut être que la nouvelle technique d'attachement des TDR aux côtes a créé des traumatismes ?). Les émetteurs ont cessé de fonctionner et seulement 5 des 12 serpents ont été retrouvés et déséquipés. Tous avaient maigri depuis la première opération et étaient très blessés et infectés au niveau de l'émetteur et le long de l'antenne, à tel point que seuls 2 animaux ont survécu à l'opération ont pu être relâchés. Nous avons donc au moins 3 morts avérées, ce qui est beaucoup trop. Or, des tests préliminaires avec d'autres émetteurs n'avaient pas posé de problème. Les nouveaux émetteurs seraient donc en cause pour une raison que nous ignorons, de plus ils n'ont pas fonctionné. Les prochaines tentatives devront se faire sur des animaux plus gros, et surtout il faudra renoncer à implanter des émetteurs en plus des enregistreurs. En somme, dans le futur nous utiliserons uniquement des TDR libres, et nous ne devrions plus avoir de problème de tolérance. Ces difficultés, bien regrettables illustrent les problèmes des études pionnières. Les quelques animaux perdus (trois, voire un peu plus), malgré le caractère navrant de ce fait, n'impacteront nullement les populations. En effet, nous trouvons régulièrement des cadavres sur le terrain et les populations sont souvent très grandes.

Une seule des 5 sondes était encore en marche et a fourni des données dont une petite partie est montrée en figure 4. Le tracé est remarquable par sa qualité, ce qui nous encourage à poursuivre dans cette direction. La précision de ces données apporte de nouvelles informations par rapport aux études précédentes : La durée des

plongées serait plus courte que ce qui avait été estimé, tout au moins pour de faibles profondeurs. En effet pour les plongées profondes les animaux resteront probablement beaucoup plus longtemps sous l'eau. La structure du profil montre que le serpent prospecte le fond du lagon et ne reste jamais longtemps dans la colonne d'eau. Le tracé permet de reconstituer la bathymétrie de la zone prospectée, cette information sera essentielle dans les analyses futures.

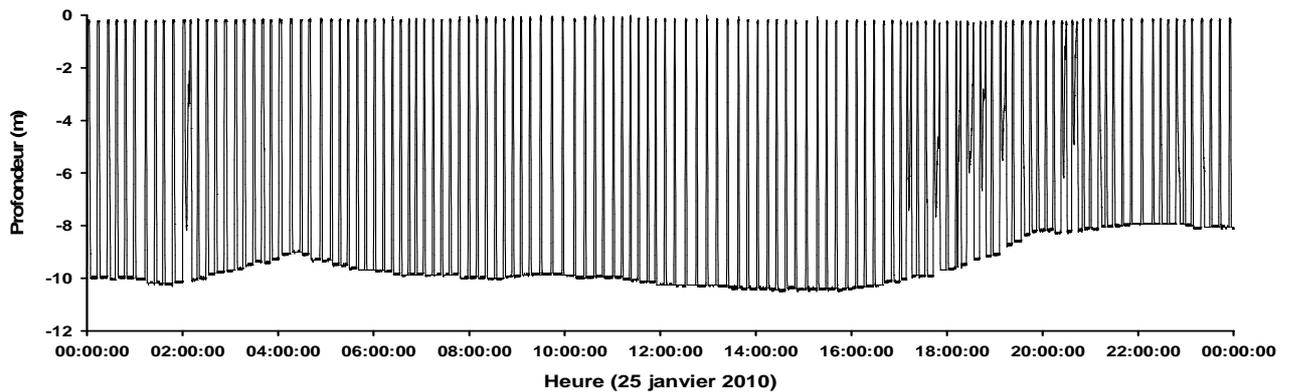


Figure 4 : Extrait du profil de plongée d'un tricot rayé *Laticauda laticaudata*.

Biodiversité des Anguilliformes

Les nouveaux sites prospectés confirment les travaux précédents. L'identification des proies collectées confirme les différences dans l'écologie alimentaire des deux espèces de tricots rayés, les bleus chassant sur fond meuble des congrès, poissons serpents et certaines murènes (en particulier *Gymnothorax moluccensis* et *Gymnothorax albimarginatus*), les jaunes préférant capturer des murènes sur fonds durs (surtout *Gymnothorax chilospilus* et *Gymnothorax eurostus*), ainsi que les différences précédemment observées dans la diversité des proies entre îlots (fig 5). Ce résultat est important car il permettra d'utiliser des méthodes standards et de mettre au point un guide d'identification.

Plus précisément, les indices de Shannon (indice de mesure de la biodiversité) sont très proches entre les îlots du Grand Nouméa, ils sont en revanche significativement plus faibles dans les îlots du Grand Lagon Sud, en particulier dans la réserve intégrale si on s'intéresse aux proies des tricots rayés jaunes. Ces résultats

apparaissent paradoxaux et doivent être interprétés en considérant que les serpents privilégient sans doute la capture de certaines espèces, faisant baisser la diversité observé là où les proies favorites sont abondantes. Pour estimer la biodiversité réelle des Anguilliforme, il faudra pondérer les observations en prenant en compte l'effort de chasse réalisé par les serpents sur chaque îlot (par exemple en s'appuyant sur la distance à laquelle sont capturées les proies, ou encore en regardant les cicatrices et blessures causées par les murènes aux tricots).

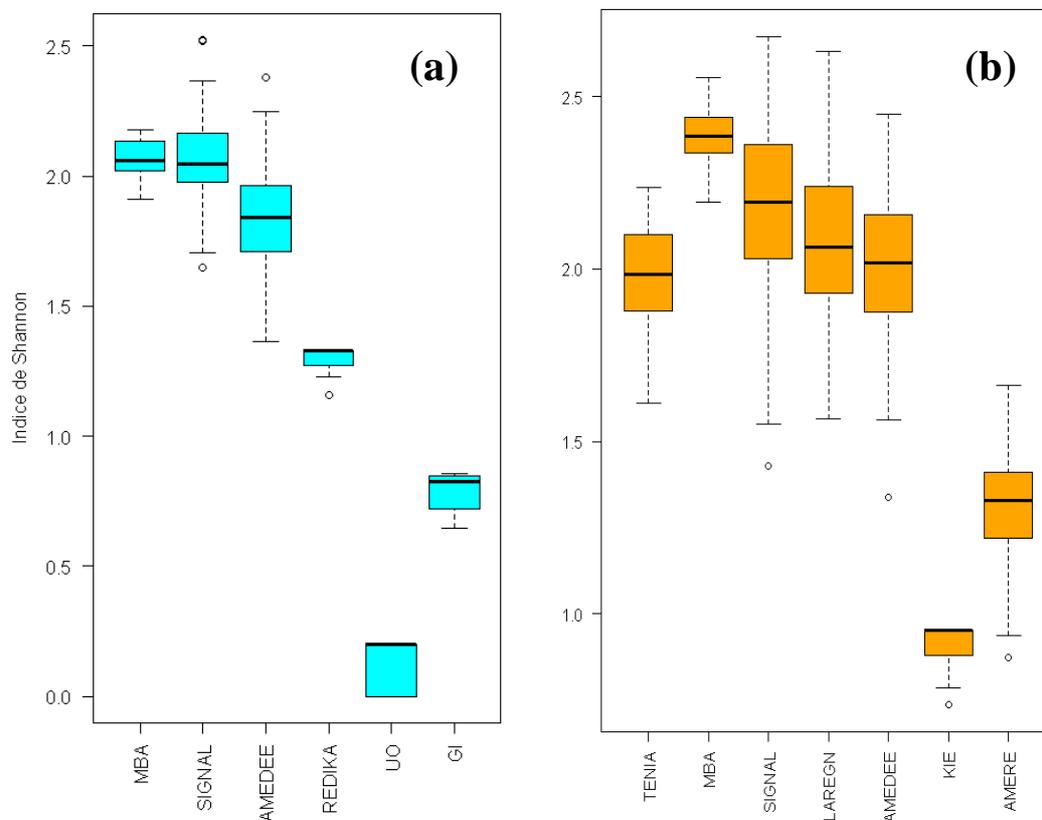


Figure 5 : Indice Shannon de biodiversité des Anguilliformes prélevées par régurgitation des tricots rayés bleus (a) et jaunes (b).

Conclusion

Globalement, les objectifs initiaux devraient pouvoir être atteints sans problème majeur. En effet, les tricots sont présents sur de très nombreux îlots et ils sont faciles à échantillonner. Ils sont fidèles à chaque îlot et ils ont des régimes alimentaires comparables. Sur ces bases comparatives, les îlots diffèrent, très vraisemblablement

en fonction de la qualité des milieux. Par exemple élevée à Améré et faible à Laregnère. Les tricots semblent bien être des bio-indicateurs pertinent sur presque tous les sites visités.

L'agrandissement de notre zone d'étude par rapport aux années précédentes offre de nouvelles perspectives de travail intéressantes pour la connaissance des tricots rayés et de leurs proies, ainsi que pour l'utilisation de ces animaux comme bio indicateurs du milieu. Notre retour sur le terrain est prévu pour l'été 2010 après une période d'analyse plus approfondie des données. Ces analyses devront tenter de répondre aux questions soulevées dans ce document et avancer les idées proposées.

Au cours de nos prochaines missions sur le terrain, nos principaux objectifs seront :

- poursuivre les opérations de Capture Marquage Recapture, moteur principal de nos travaux,
- compléter l'échantillonnage des anguilliforme, encore insuffisant sur certains îlots,
- implanter des enregistreurs de plongée sur de nouveaux animaux avec un protocole revu.

A partir de ces analyses, la mise au point de méthode standard et simple de suivi devrait être réalisée. Cette méthode pourra être utilisée par des agents formés en quelques jours à peine.

Liste des articles publiés par notre équipe dans le cadre du travail en sur les serpents
de nouvelle Calédonie

1. Bonnet X., Brischoux F, and Lang R. (2010). Highly venomous sea kraits must fight to get their prey. **Coral Reefs**, in press.
2. Brischoux F., Bonnet X. and Shine R. (2009). Conflicts between feeding and reproduction in amphibious snakes (sea kraits, *Laticauda* spp.). **Austral Ecology**, in press.
3. Brischoux F., Bonnet X. and Shine R. (2009). Kleptothermy: an additional category of thermoregulation, and a possible example in sea kraits (*Laticauda laticaudata*, Serpentes). **Biology Letters**, 5: 729-731.
4. Brischoux F., Bonnet X. and Legagneux P. (2009). Are sea snakes pertinent bio-indicators for coral reefs? A comparison between species and sites. **Marine Biology**, 156: 1985-1992.
5. Brischoux F., Bonnet X. and Pinaud D. (2009). Fine scale site fidelity in sea kraits: implications for conservation. **Biodiversity and Conservation**, 18: 2473–2481.
6. Shine R. and Bonnet X (2009). Reproductive biology, population viability and options for field management. In *Snakes: Ecology and Conservation* (ed. S.J. Mullin and R.A. Seigel). Cornell University Press, Ithaca, New York. Pp: 172-200.
7. Brischoux F. and Bonnet X. (2009). Life history of sea kraits in New Caledonia. **Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle** 198: 133-147.
8. Bonnet X., Brischoux F., Pearson D. and Rivalan P. (2009). Beach-rock as a keystone habitat for sea kraits. **Environmental Conservation**, 36: 62–70.
9. Brischoux F., Bonnet X. and Shine R. (2009). Determinants of dietary specialization: a comparison of two sympatric species of sea snakes. **Oikos**, 118: 145-151.
10. Brischoux F, and Bonnet X. (2008). Estimating the impact of sea kraits on the anguilliform fish community of New Caledonia. **Aquatic Living Resources**, 21: 395-399.
11. Séret B., Brischoux F., Bonnet X. and Shine (2008). First record of *Cirrimaxilla formosa* (Teleostei: Muraenidae) from New Caledonia, found in sea snake stomach contents. **Cybium**, 32: 191-192.
12. Bonnet X and Brischoux F. (2008). Thirsty sea snakes forsake their shelter during rainfall. **Austral Ecology**, 33: 911-921.
13. Brischoux F, Bonnet X, Cook TR, and Shine R (2008). Allometry of diving capacities: ectothermy versus endothermy. **Journal of Evolutionary Biology**, 21: 324-329.
14. Lориoux S., Bonnet X., Brischoux F. and De Crignis M. (2008). Is melanism adaptive in sea kraits? **Amphibia Reptilia**, 29: 1-5.
15. Brischoux F, Bonnet X and Shine R (2007). Foraging ecology of sea kraits (*Laticauda* spp.) in the Neo-Caledonian Lagoon. **Marine Ecology Progress Series**, 350: 145-151.
16. Brischoux F., Bonnet X and De Crignis M. (2007). A method to reconstruct anguilliform fishes from partially digested items. **Marine Biology**, 151: 1893-1897.
17. Ineich I, Bonnet X, Brischoux F, Kulbicki M, Séret B, and Shine R (2007). Anguilliform fishes and sea-kraits: neglected predators in coral-reef ecosystems. **Marine Biology**, 151: 793-802.

18. Bonnet X., Ineich I. and Shine R. (2005). Terrestrial locomotion in sea snakes: effects of sex and species on cliff-climbing ability in sea kraits (Serpentes, Laticauda). **Biological Journal of the Linnean Society**, 85: 433-441.
19. Shine R., Bonnet X., Elphick M.J. and Barrott E.G. (2004). A novel foraging mode in snakes: browsing by the seasnake *Emydocephalus annulatus* (Serpentes, Hydrophiidae). **Functional Ecology** 18: 16-24.
20. Shine, R., Bonnet X., and Cogger HG. (2003). Antipredator tactics of amphibious sea-snakes (Serpentes, Laticaudidae). **Ethology**, 109: 533-542.