



CONVENTION N° 271-09

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

Rapport Final

vendredi 8 avril 2011

Xavier Bonnet & Thomas Fauvel

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 d'examiner et de tester les possibilités d'en extraire des outils gestionnaires pratiques et utilisables à large échelle. Le rapport final propose effectivement une méthode simple ainsi qu'un plan d'échantillonnage à long terme qui permettent de surveiller l'état trophique, et donc l'état de santé, des composantes biologiques visées dans les écosystèmes du lagon de Nouvelle Calédonie. Les résultats préliminaires sur les contaminants sont par ailleurs très encourageants pour utiliser les proies des serpents comme témoins des taux de contamination du milieu.

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 depuis 2002, intensifiées ces dernières années et qui se poursuivent actuellement ont permis de couvrir la presque totalité du lagon géré par la Province Sud et d'inclure d'autres zones (Province Nord et Iles Loyautés). Le nombre de sites prospectés ($N > 30$) et la diversité des situations (îlots fréquentés par le public *versus* réserve intégrale) ont permis de faire des comparaisons et donc d'examiner le potentiel en termes d'outil de gestion des impacts anthropiques. Au total plus de 12.000 individus ont été capturés et marqués, plus de 7.000 ont été recapturés. La base de données de suivi de population est en fait de très loin la plus riche pour la Nouvelle Calédonie. Nous avons également prélevé les proies de plus de 2.000 animaux afin d'étudier la biodiversité des poissons Anguilliformes de Nouvelle Calédonie et d'étudier leur biologie. Les premiers dosages des contaminants ont été réalisés avec succès par P. Bustamante du laboratoire UMR-LIENSs de la Rochelle. Les profils obtenus sont cohérents : les signatures potentielles de l'activité minière d'une part et urbaine d'autre part se distinguent clairement. Certains individus

présentent de très forts taux de contaminants, ce qui suggèrent de phénomènes de bio-accumulation et nécessite des investigations supplémentaires. 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, les objectifs initiaux n'ont pas dévié en cours de route. Des éléments généraux sur les travaux sont synthétisés et des fiches pratiques sont proposées.

Le lagon sud de Nouvelle Calédonie est inscrit sur la liste du patrimoine mondial de l'UNESCO. Mais 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'usagers 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 pour la biodiversité. Un rapport publié début 2011 livre des informations catastrophiques pour l'avenir à court terme des récifs coralliens dans le monde, et ceux de Nouvelle Calédonie sont concernés bien qu'à un degré relativement plus faible que presque partout ailleurs (Reefs at Risk Revisited, WRI 2011, <http://www.wri.org/publication/reefs-at-risk-revisited>). Il est indispensable de suivre l'état de santé des récifs coralliens sur de grandes échelles spatiales et temporelles.

Mais le lagon Calédonien est immense, plus de 1.5 millions d'hectares sont classés, et il est extrêmement complexe ; ce qui rend la tâche de surveillance systématique totalement impossible. 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 visés. 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).

Sur le long 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*, et d'environ 50 espèces de poissons - proies. Dans le cadre de la convention d'étude il s'agissait 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 contaminants 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 février 2011 un travail considérable a été effectué (cf. détails ci-dessous), les objectifs ont globalement été atteints. C'est notamment le cas pour l'élargissement considérable des zones prospectées, de la collecte de proies, des dosages de contaminants ou pour la démonstration de l'aisance avec laquelle les tricots rayés peuvent être comptés par exemple. C'est surtout le cas pour la mise en œuvre d'une méthode simple d'échantillonnage, outil pratique de suivi de l'état des communautés bio-indicatrices visées. Toutefois, certaines complications sont aussi apparues ; et notre effort de terrain devra être poursuivi.

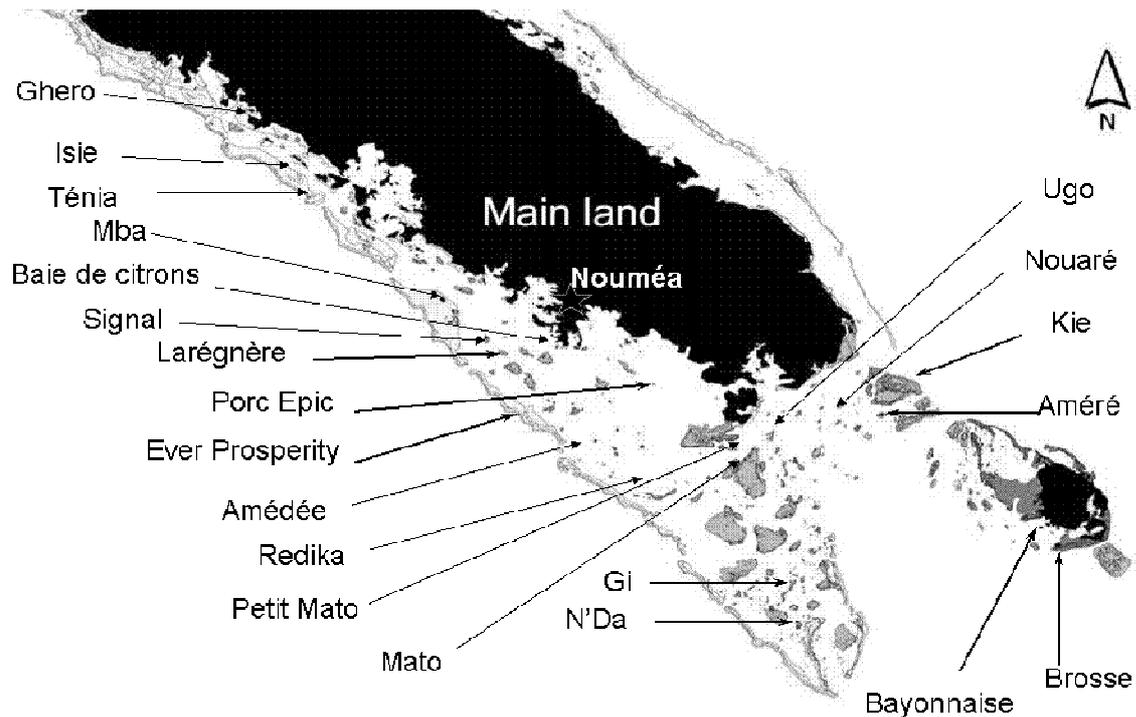
En pratique, cette étude s'appuie sur le travail de thèse de Thomas Fauvel (2009-2012) dont le financement sur trois ans a été obtenu par Xavier Bonnet (CEBC-

CNRS), sur le travail d'échantillonnage d'Antoine Riou financé par le programme Zonéco (responsable scientifique Xavier Bonnet), et sur les missions régulières organisées par l'équipe d'écophysiologie évolutive (responsable Xavier Bonnet) du CEBC en partenariat avec le Province Sud et avec la participation de l'Aquarium des lagons. Le rapport final présente l'effort de terrain qui a été déployé, donne les conclusions des analyses statistiquement robustes, fournit les fiches techniques pour les questionnaires et explique les raisons pour lesquelles un des objectifs a été incomplètement réalisé.

Matériel et méthode

Extension des sites d'études

Au cours des missions réalisées entre novembre 2009 et février 2011, 31 sites ont été échantillonnés en Province Sud (28 îlots, l'île Ouen, la Baie des Citrons et le Kuendu Beach à Nouméa). Parmi ces sites, 15 étaient visités pour la première fois pour l'étude des tricots rayés (les îlots Ghero, Gi, Isie, Kie, N'Da, Petit Mato, Redika, Baie des Citrons, Kuendu Beach, Atire, Petit Tenia, Mbo, Ile Verte, Eori, Contrariété). Avec les sites échantillonnés avant le début de cette étude, notre prospection couvre désormais le Grand Nouméa, la Zone Côtière Ouest et le Grand Lagon Sud (fig. 1) et permet de comparer des situations contrastées. Les sites ont été sélectionnés pour 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).



Calendrier des missions

Les 25 sites échantillonnés au cours des missions spécifiquement programmées dans le cadre de la convention d'étude l'ont été entre une et 11 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 encadrées selon les missions par Xavier Bonnet (CNRS), Thomas Fauvel (thésard CNRS / Université Paris 6), Antoine Riou (contractuel Zonéco) et François Brischoux (Post-doctorat Université de Sydney et Université de Floride). De nombreux volontaires ont aussi participé, Jean Marie Ballouard (thésard CNRS / Université de Poitiers), Dave Pearson (chercheur au DEC Western Australia), Marine Briand (thésarde UNC), Constant Bonnet, Christophe Bonnet (vétérinaire qui a opéré les serpents), Luc Fougeirol, Eliot, Tyffen Read, Thibault Guillemain, Pauline Chauvin, Vivi Neumann, Pierre Maroni, Susie Suptille, Jeremy Simonnot, Claire Joseph, Anna Deschamps, Marion Michel, Benjamin Ramirez, Clément Ramirez, Amélie Ramirez, Jean-Baptiste Marre, Tony Rey, Marion, Antoine Kiffer, Odile Costille, Caroline Lapaire, Tifaine Beuf. Au total, plus de 6000 serpents ont été capturés au cours de ces sessions. Le tableau synthétique ci-dessous présente

les sessions de terrain et les personnes impliquées et indique le nombre de serpents capturés (N=6037).

| 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 |
| 20/07/2010 | Signal | XB, AR | 111 |
| 22/07/2010 | Ouen | XB, AR | 151 |

| | | | |
|-------------------------|--------|------------------------------------|----------|
| 24/07/2010 | Améré | XB, BR, CR | 59 + 968 |
| 18/11/2010 → 20/11/2010 | Signal | XB, CB, MB, JB | 134 |
| 21/11/2010 | Mbo | XB, CB, MB, JB | 63 |
| 29/11/2010 → 02/12/2010 | Améré | XB, TF, Thibault | 151 |
| 03/12/2010 → 06/12/2010 | Kié | XB, TF, CB, MB, JB | 61 |
| 06/12/2020 | Ouen | XB, TF, CB, MB, BR | 51 |
| 07/12/2010 | Signal | XB, TF | 29 |
| 14/12/2010 → 16/12/2010 | Atiré | TF, Jean Baptiste, Tony | 50 |
| 18/12/2010 → 19/12/2010 | Ouen | TF, Jean Baptiste | 46 |
| 19/01/2011 → 23/01/2011 | Nda | TF, Marine, Marion | 158 |
| 25/01/2010 → 26/01/2010 | Signal | TF, Marine, Antoine K | 73 |
| 6/02/2011 → 8/02/2011 | Mato | TF, Marine, Odile, Caroline | 123 |
| 12/02/2011 → 15/02/2011 | Amedée | TF, Marine, Jean Baptiste, Marion | 196 |
| 17/02/2011 → 18/02/2011 | Améré | TF, Jean Baptiste, Marion, Tifaine | 100 |
| 25/02/2011 | Signal | TF, Marine, Marion | 73 |

Mesures biométriques réalisées sur les serpents

Chaque serpent capturé est identifié, l'espèce, le sexe, l'âge et le 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 et/ou d'œufs chez les femelles reproductives. Le cas échéant, ces contenus peuvent être mesurés à travers les fines parois abdominales de l'animal. Enfin d'autres paramètres sont mesurés pour faciliter l'identification des individus et/ou pour étudier la biologie des deux espèces. Notre base de données comporte donc de nombreux détails individuels. Par exemple le nombre d'anneaux, la présence de cicatrices, la coloration, la présence de taches, de cicatrices, de blessures, de nombreuses mesures biométriques (longueur des mâchoires, largeur du crâne, diamètre de la proie, etc.). Ces données sont importantes pour faire des analyses et pour mieux comprendre la biologie et l'écologie des espèces étudiées. Mais sur le plan gestionnaire pratique, elles sont inutiles et leur récolte réclamerait beaucoup trop d'effort. C'est pourquoi ces informations ne sont pas utilisées pour ce rapport.

Marquage des individus

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. 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 13000.

Prélèvements de proies

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 stables du carbone et de l'azote. Les métaux ciblés sont des éléments relâchés par l'activité minière (Co, Cr, Ni, Mn) ou par l'activité urbaine (e.g.

Ag, Cd, Cu, Pb, Zn). Les taux de métaux lourds présents dans les échantillons sont déterminés par ICP et spectrométrie : à l'aide d'une torche à plasma (on parle d'IPC pour Inductively Coupled Plasma), par spectrométrie optique (ICP-AES pour atomic emission spectrometry) ou par spectrométrie de masse (ICP-MS pour mass spectrometry).

Comportements de plongée, équipement avec des enregistreurs automatiques

Afin d'améliorer les connaissances sur la vie aquatique 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.

Notion d'indicateur trophique

Un des objectifs majeurs de cette étude était de mettre au point une mesure simple capable de renseigner sur l'état des populations suivies. XB a proposé d'utiliser un **indicateur trophique**. Cet indice calculé pour chaque individu, puis présenté sous la forme de valeurs moyennes, est censé renseigner sur le succès alimentaire des serpents. Plus le nombre de proies ingurgitées est élevé et/ou l'effort de prospection faible, plus les valeurs de l'indicateur seront élevées. Ce principe est très simple, mais il est nécessaire de le valider sur la base des observations de terrain.

Sur le plan fondamental, cet indicateur est basé sur la relation entre la longueur et la masse corporelle globale de l'individu prélevé sur le terrain. Il inclut l'embonpoint de l'animal ainsi que la masse éventuelle des proies et celle des œufs contenus dans l'abdomen. Cet indicateur se distingue donc de la condition corporelle qui nécessite de connaître et de soustraire la masse de ces éléments qui ne font pas directement partie de l'individu afin d'estimer ses réserves corporelles. Or, il est

beaucoup plus complexe sur le terrain et au cours des analyses d'étudier séparément condition corporelle, masse des proies et masse des œufs plutôt que de se fier à une mesure globale qui englobe tous ces éléments. L'idée était que cette mesure simplifiée nous apporterait un signal de qualité suffisante pour discriminer les sites et pour réaliser des suivis temporels. Sur le plan analytique, la technique consiste à utiliser les résidus de la régression qui lie masse corporelle globale et longueur de l'animal. Pour cela, les données (longueur et masse) sont transformées en logarithmes, ce qui permet de linéariser la relation. Une droite de régression est calculée (par les moindres carrés). Les individus se répartissent autour de cette droite. L'écart entre les valeurs individuelles et la moyenne caractérisée par la droite s'appelle un résidu. Les résidus représentent donc des valeurs précises. En conservant des références stables (les mêmes droites de régression) il est alors possible de comparer et d'éventuellement classer les sites les uns par rapport aux autres. Il est aussi possible de faire des suivis temporels.

Les deux principaux écueils potentiels sont premièrement d'attribuer une signification aux valeurs obtenues. Dans quelle mesure une valeur moyenne nous renseigne-t-elle sur l'état de santé moyen des individus et donc de la population ? Deuxièmement, quel effort d'échantillonnage faut-il fournir pour obtenir des valeurs pertinentes. Idéalement, un effort de prospection faible associé à un fort pouvoir discriminant minimisera les coûts.

Notre jeu de données est assez riche pour tester ces deux problèmes. En effet, les détails enregistrés sur chaque serpent nous permettent d'extraire de la base de données des individus mal en point. Amaigris pour une raison ou une autre, ces individus particuliers nous apportent la valeur critique, sorte de zone rouge, qui signifierait que la population est affectée. Si c'est le cas, nous pourrions facilement examiner les premiers niveaux de perturbation, dégradation du succès de prospection alimentaire (nous pouvons calculer les proportions de serpents revenant d'une pêche réussie, etc.), taux de contaminants anormalement élevés (les dosages fonctionnent...). Nous pouvons aussi extraire de façon aléatoire des sous-échantillons par site et comparer la robustesse des valeurs obtenues. Il est alors possible de déterminer quel est le nombre minimal d'individus à mesurer pour

obtenir une valeur pertinente. Ainsi, les deux principaux critères utiles au gestionnaire sont théoriquement accessibles : « température » du site et protocole de terrain pour l'obtenir.

Utilisation pratique des connaissances : fiche de terrain

La rédaction des fiches se base sur notre expérience de terrain qui inclue notamment la formation de volontaires et des agents de la Province Sud, ainsi que sur les analyses des sources d'erreurs potentielles dans la prise des mesures.

L'esprit de la rédaction a été d'éviter totalement les termes techniques et de fournir uniquement les éléments pratiques indispensables. Par ailleurs, une fiche est centrale : celle qui permet d'obtenir la condition trophique des sites. Mais les autres fiches encore à l'état d'ébauche sont proposées comme des moyens d'investigation des causes des perturbations. C'est-à-dire qu'en routine la fiche condition trophique est suffisante pour prendre « la température » des sites en routine. En cas de détection d'un problème (« fièvre »), les autres fiches permettent un diagnostic (« analyses suite à une prise de sang pour un patient »).

Proposition d'un plan d'échantillonnage

Les analyses pour connaître la taille d'échantillon qu'il est nécessaire de collecter sur chaque site permettent de proposer un protocole de suivi de routine à long terme.

Résultats et discussion

La première partie (A) de cette section du rapport est focalisée sur des résultats généraux qui confirment ou montrent l'importance d'étudier la biologie et l'écologie des tricots rayés. Elle sert de base pour développer la seconde partie (B, page 20) qui donne des informations immédiatement utiles en termes de gestion. Notamment au sujet de l'indicateur trophique (+ fiches technique présentées plus loin) et des dosages des contaminants. Cette seconde partie est donc la plus importante vis-à-vis des objectifs de l'étude.

A) 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 (4220), Amédée (2117) et Améré (1395), mais pour la plupart des îlots visités le nombre d'individus est supérieur à 100. La précision des estimations que nous pourrons 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 9 ans la durée du suivi des populations de certains îlots (Signal, Larégnère, Amédée...), d'autres sites sont bien suivis depuis 2007 (e.g. Améré). Nos données fournissent des séries temporelles suffisamment longues pour s'intéresser aux patterns temporels des populations. Par ailleurs, les recherches réalisées sur l'écologie alimentaire et générale des serpents marins (cf. liste des publications) ont apporté des bases biologiques et écologiques importantes. 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 potentiellement grave puisqu'il n'existe presque pas de compensation grâce à des échanges inter sites. 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 ont permis de mettre en évidence des déplacements de plusieurs individus d'un îlot à un autre. Nous avons observé des migrations 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.

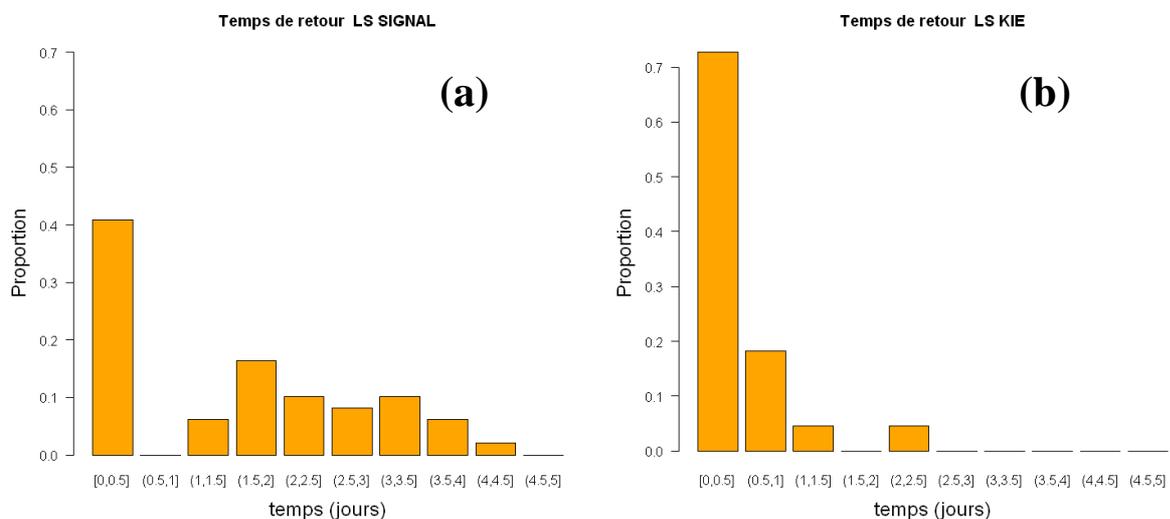
Comparaison des populations entre les sites

Au cours de nos missions, nous avons échantillonné une grande variété de sites ayant chacun ses caractéristiques propres 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. Cette variété permet d'examiner l'impact de différents facteurs sur la biologie des tricots rayés (e.g. structure et taille des populations, condition corporelle et taux de croissance des animaux...) et sur celle de leurs proies. Dans le cadre du rapport, quelques analyses sont présentées. Les observations sur le terrain montrent un impact du statut de protection et de la fréquentation touristique. Par exemple la population de tricots rayés de Larégnère, îlot 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. Par exemple, en juillet 2010 près de 1000 individus ont été comptabilisé au cours en une heure. Par ailleurs les tricots rayés bleus privilégient les zones de beach-rock, qui sont bien représentées sur Signal ou Gi par exemple tandis que les tricots rayés jaunes exploitent une plus grande diversité d'habitats (plages sableuses,

rocheuses..). Cependant nous en avons trouvé une petite population de tricots rayés bleus sur l'îlot Rédika dont la côte est sableuse ; dans ce cas les tricots rayés bleus se tenaient dans les grosses racines des arbres en formation forestière assez dense. Nous avons donc détecté des effets inter îlots (c'est-à-dire des différences entre sites) très nets, base essentielle dont il faut tenir compte pour mettre au point des outils de terrain.

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. Le degré de digestion des proies des serpents capturés au cours de leur retour à terre (serpents qui arrivent sur la plage) renseigne sur la distance à laquelle la proie a été pêchée : une proie intacte a été prise à proximité tandis qu'une proie très digérée peut avoir été prise à plus de 15km de distance. L'analyse des taux de digestion des proies montre des résultats contrastés entre les îlots (figure ci-dessous), ce qui suggère que dans certaines zones les proies sont plus accessibles. La figure ci-dessous par exemple suggère que les serpents de l'îlot Kié ont plus de facilité pour trouver des proies proches de leur îlot que ceux de l'îlot Signal. Ce type d'information peut servir à mettre au point des indicateurs particuliers, reflets de la disponibilité des poissons anguilliformes autour d'un site donné. Ce qui sera utile pour les suivis en cas d'anomalie par exemple.



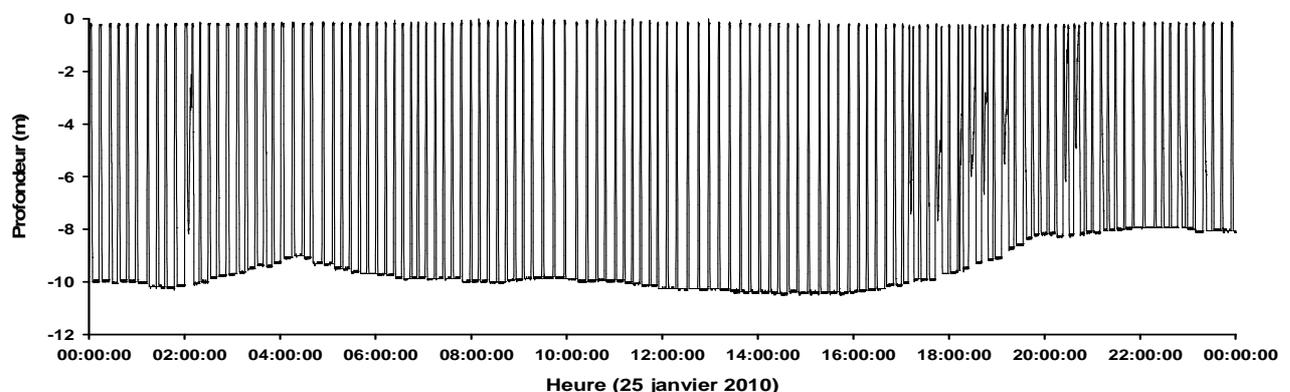
Distribution des temps de retour estimé pour les tricots rayés jaune (L. saintgironsi) sur les îlots Signal (a) et Kie (b).

Les graphes ci-dessus rappellent les deux types de distribution déjà observés: une structure bimodale comme à l'îlot Signal, 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 Kié, la très grande majorité des proies sont capturées à proximité de l'îlot, les serpents ne semblent pas devoir s'éloigner de leur site à terre pour trouver leurs proies. Les serpents de Kié 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 différentielle en proies des zones de chasse. Apparemment le statut de réserve intégrale (Améré et Kié) serait associé à une plus grande disponibilité 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 (cf. résultats sur l'indicateur trophique). Ces résultats sont cohérents et ils appuient l'idée selon laquelle les tricots rayés sont des bio indicateurs du lagon : leur condition corporelle et leur effort 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 6 des 12 serpents ont été retrouvés et déséquipés. Tous avaient maigri depuis la première opération et ils présentaient des blessures internes au niveau de l'émetteur et le long de l'antenne, à tel point que seuls 3 animaux ont survécu à l'opération ont pu être relâchés. Nous avons donc au moins 3 morts avérées, et de sérieux doutes pour les 6 restants, 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 correctement. 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, 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. En fait, les taux de survie annuelle que nous avons estimés (60% à 80% selon le site, l'espèce et le sexe) indiquent que sur chaque îlot plusieurs centaines de serpents disparaissent de façon naturelle.

La seule sonde qui était encore en marche et a cependant fourni des données dont une petite partie est montrée dans la figure ci-dessous. 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. 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. Le tracé permet de reconstituer la bathymétrie de la zone prospectée, cette information sera essentielle dans les analyses futures.

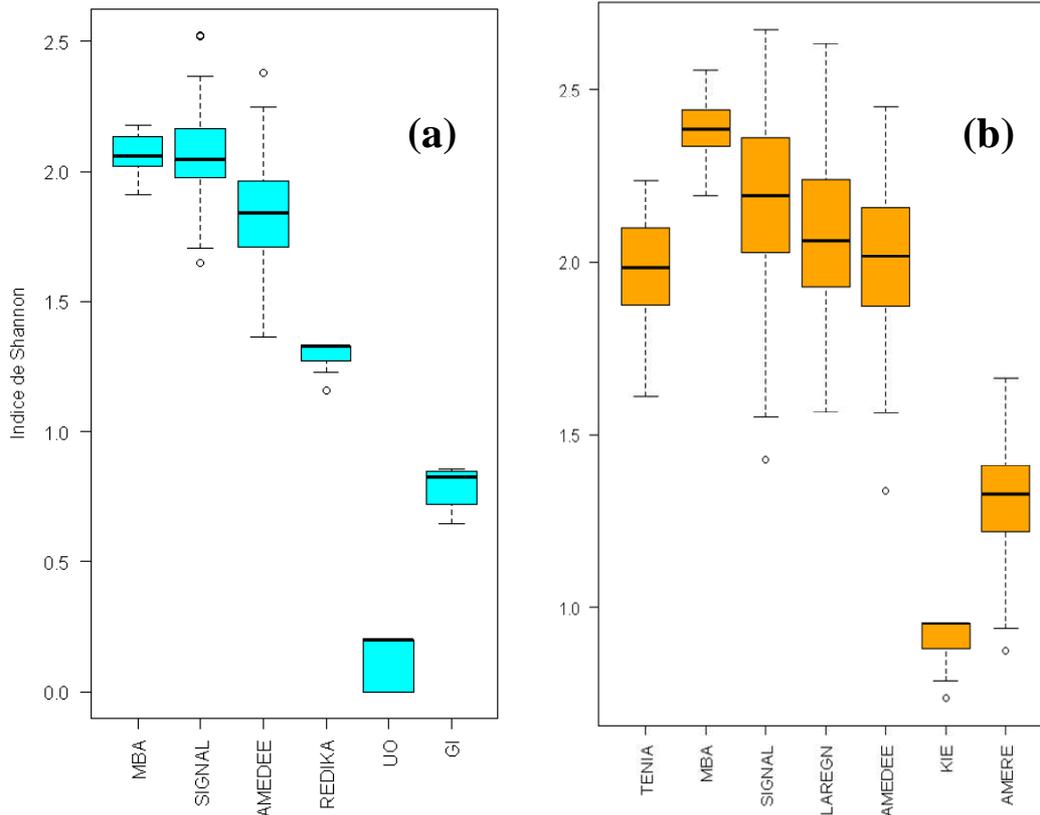


Extrait du profil de plongée d'un tricot rayé Laticauda laticaudata.

Biodiversité des Anguilliformes

Les nouveaux sites prospectés complètent les travaux précédents. L'identification des proies collectées confirme les différences dans l'écologie alimentaire des deux espèces de tricots rayés, les tricots rayés bleus chassant sur fond meuble des congres, poissons serpents et certaines murènes (en particulier *Gymnothorax moluccensis* et *Gymnothorax albimarginatus*), les tricots rayés jaunes préférant capturer des murènes sur fonds durs (surtout *Gymnothorax chilospilus* et *Gymnothorax eurostus*). Les analyses de diversité, partiellement présentées dans la figure ci-dessous, montrent aussi qu'il existe des différences entre les îlots. 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).



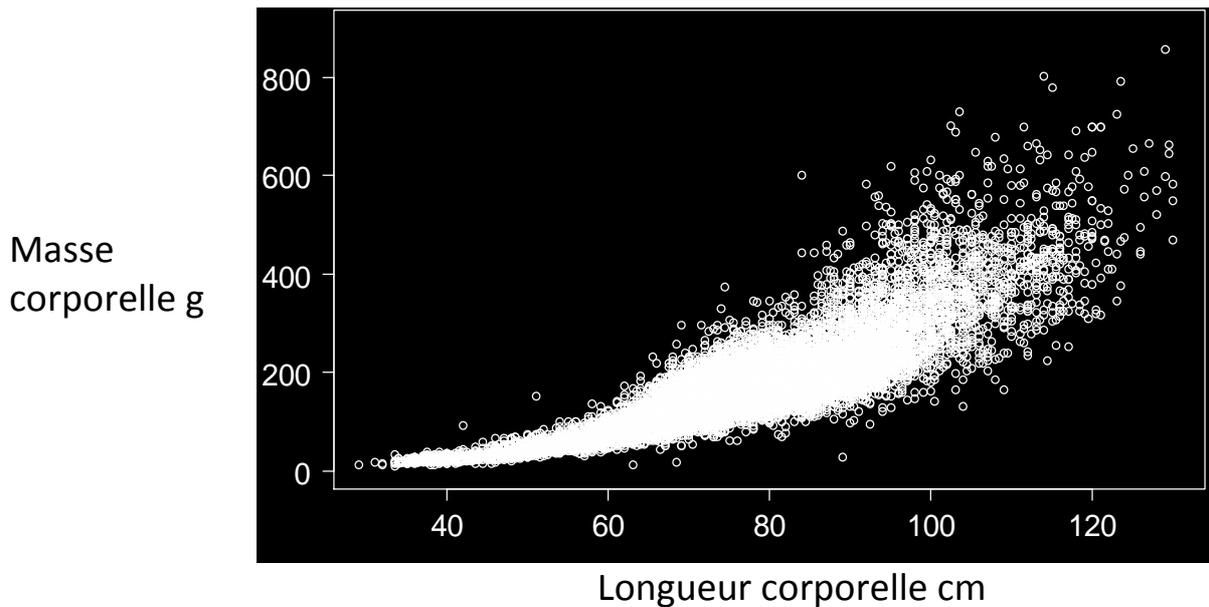
Indice Shannon de biodiversité des Anguilliformes prélevées par régurgitation des tricots rayés bleus (a) et jaunes (b).

B) Résultats utiles et outils pour la gestion

Indicateur trophique

Il s'agit probablement du résultat principal de ce rapport, tout au moins en fonction des objectifs initiaux. La validation de l'utilisation d'un indice très simple, donc peu exigeant sur le plan logistique, est en effet fondamentale pour mettre en place des suivis de terrain à long terme. C'est pourquoi cette section est la mieux développée.

En groupant l'ensemble des données de longueur et de masse corporelle des tricots rayés (plus de 12,000 valeurs) il est possible de décrire de façon fiable la relation entre ces deux paramètres. La figure ci-dessous illustre cette relation. La masse corporelle (poids) des individus augmente avec leur taille.



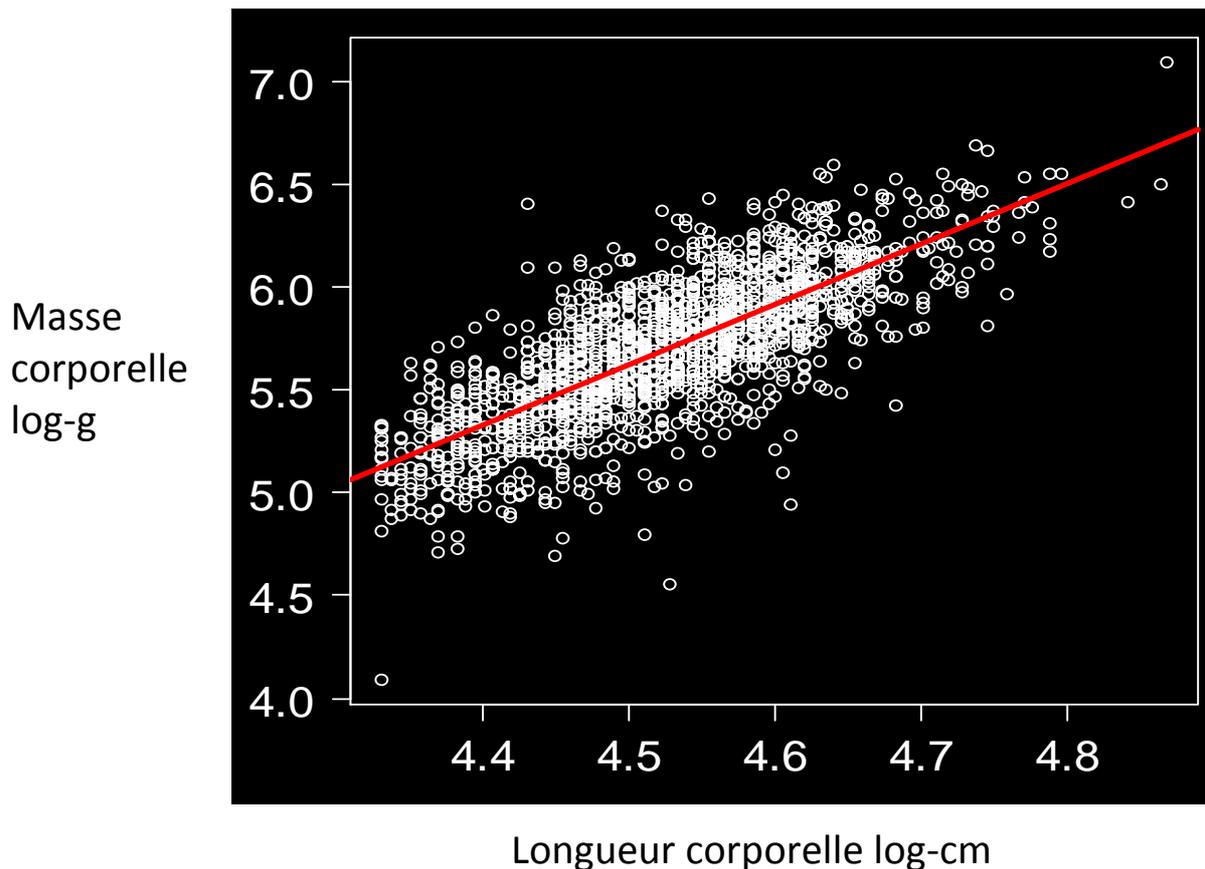
Par souci de simplicité maximale, aucun tri n'a été effectué (les valeurs aberrantes, comme un serpent pesant un quintal par exemple, ont toutefois été éliminées). Les valeurs les plus décalées vers le haut (par exemple les quelques points nettement visibles au dessus du nuage principal) représentent des individus ayant de très grosses proies dans l'estomac. Les quelques valeurs isolées en dessous du nuage principal représentent des individus très maigres, quasi-mourants. Les femelles gravides sont aussi incorporées sans les distinguer du reste.

Il est cependant important de séparer dans les calculs suivants les deux espèces de serpents et les sexes (les différences qui les distinguent sont suffisamment fortes pour ne pas être négligées). Ce qui donne 4 grandes classes d'individus représentées en gris dans le tableau ci-dessous. Ces 4 classes de serpents devront être prises en compte sur le terrain, comme cela est clairement indiqué sur la fiche pratique.

| | Tricot rayé jaune | Tricot rayé bleu |
|---------|---------------------------|--------------------------|
| Femelle | Tricot rayé jaune femelle | Tricot rayé bleu femelle |
| Mâle | Tricot rayé jaune mâle | Tricot rayé bleu mâle |

Ensuite, la transformation logarithmique des valeurs permet de linéariser cette relation, et de la rendre plus facile à manipuler. Ceci est illustré ci-dessous avec le cas des femelles adultes de tricots rayés jaunes. La ligne rouge indique la droite de

régression obtenue par la méthode des moindres carrés. Les résidus sont simplement l'écart de chaque valeur de la masse (g en log, axe des Y) par rapport à la droite. Ces valeurs résiduelles sont par nature indépendantes de la longueur de l'individu, elles donnent la condition trophique de chaque serpent. La moyenne est centrée sur zéro, les valeurs sont positives (au dessus de la droite), nulles (sur la droite), ou négatives (sous la droite).



La **condition trophique** (CT) est donc fonction de la **masse du serpent**
+ la masse de ses **proies*** + la masse des **œufs***

(* = éventuellement)

Afin de tenir compte des différences morphologiques, elle est exprimée par rapport à la moyenne de chacune des 4 grandes classes retenues. Quatre régressions linéaires (du type $Y=aX+b$) ont donc été calculées pour permettre d'ensuite calculer les valeurs

individuelles de condition trophique (CT). Afin de les rendre comparables, les valeurs au sein de chacune des classes sont divisées par leur écart type.

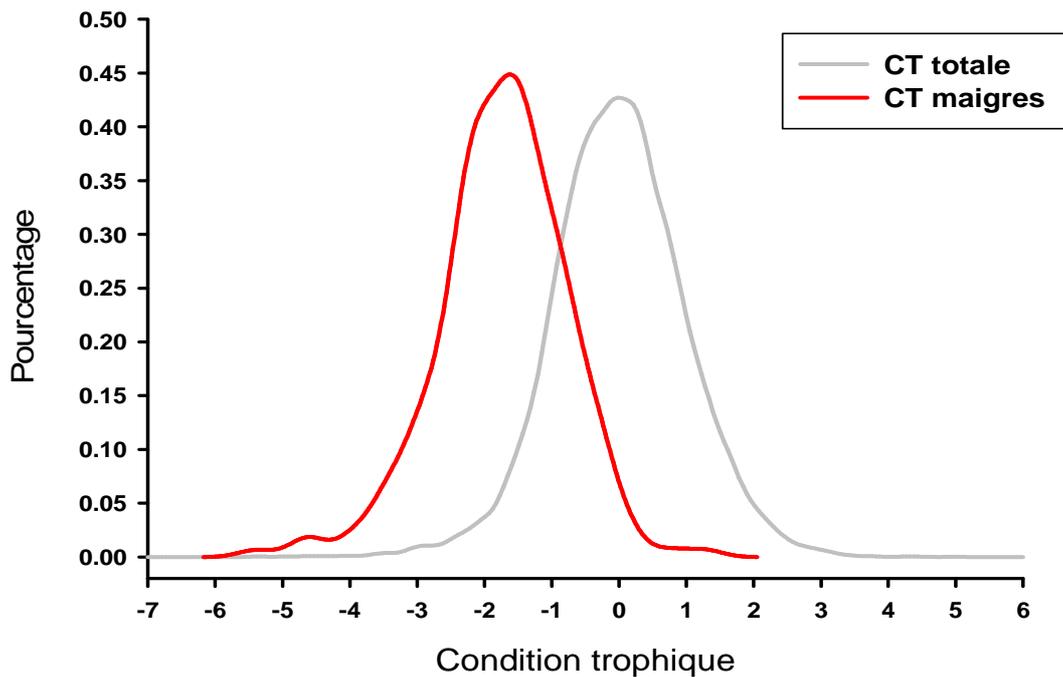
| | Tricot rayé jaune | Tricot rayé bleu |
|---------|--|---|
| Femelle | Tricot rayé jaune femelle CT= $(\log(\text{BM}) - (2.92 * \log(\text{SVL}) - 7.53)) / 0.230$ | Tricot rayé bleu femelle CT= $(\log(\text{BM}) - (1.53 * \log(\text{SVL}) - 1.39)) / 0.273$ |
| Mâle | Tricot rayé jaune mâle CT= $(\log(\text{BM}) - (2.53 * \log(\text{SVL}) - 5.77)) / 0.166$ | Tricot rayé bleu mâle CT= $(\log(\text{BM}) - (2.56 * \log(\text{SVL}) - 6.62)) / 0.152$ |

En pratique, il suffit d'implémenter des équations dans un tableur (type Excel) pour calculer automatiquement la CT de chaque serpent capturé et mesuré (cf. fiche pratique).

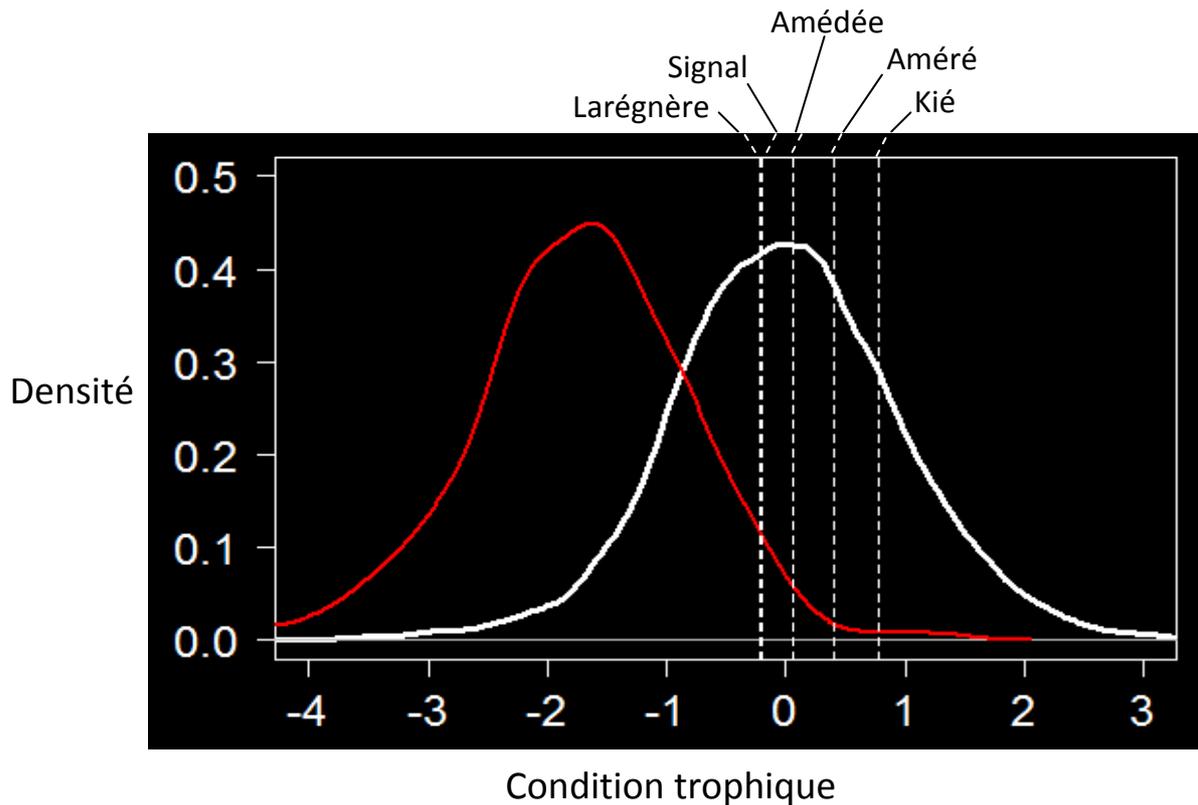
Un des points importants est qu'il est possible d'obtenir des distributions relatives des valeurs pour chaque site et/ou pour chaque période d'échantillonnage : la valeur moyenne obtenue à un endroit donné (e.g. îlot Signal) une année donnée (e.g. 2011) en regroupant les CT calculées chez tous les serpents collectés renseignera sur l'état trophique général de la population des serpents résidants. Pour cela, il suffit d'utiliser systématiquement les équations ci-dessus. Cette démarche est illustrée plus loin. Toutefois, à ce stade les valeurs moyennes obtenues sont relativement abstraites - ce qui est particulièrement problématique.

Il est indispensable de disposer de références pour interpréter les valeurs instantanées ainsi que les tendances à long terme. Dans ce but, nous avons sélectionné les individus pour lesquels les observations indiquaient des problèmes de santé. Typiquement les individus caractérisés comme très faibles, très maigres, etc. Il s'agit donc d'une sélection sur des critères enregistrés indépendamment de l'objectif présent, ce qui est à l'opposé d'un arrangement commode. La CT moyenne obtenu nous indique la zone rouge, elle sert donc de référence majeure.

Le graphe ci-dessous montre justement la distribution moyenne de l'ensemble des valeurs de CT (courbe grise) et celle des individus affaiblis (courbe rouge). De façon attendue, la courbe rouge est fortement décalée vers les valeurs négatives tandis que la courbe grise est centrée sur zéro. A ce stade il est possible de placer les valeurs des sites entre ces deux repères majeurs.



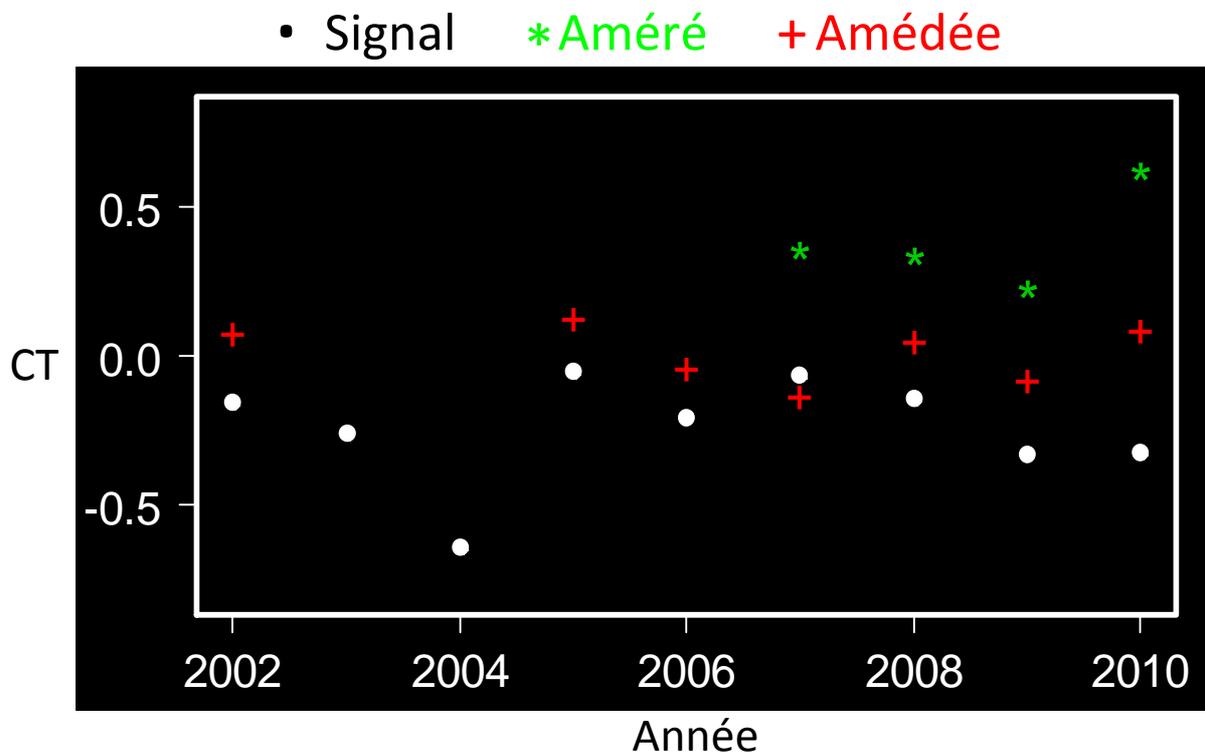
Plutôt que de superposer un ensemble rapidement illisible de courbes de distribution compte tenu du nombre de sites échantillonnés, il est plus clair de n'utiliser que les valeurs moyennes représentées par des barres verticales. Le graphe ci-dessous donne une illustration de sites représentatifs et répartis sur l'axe de CT.



Premièrement, les différents sites sont tous éloignés de la zone rouge. Ce qui est à la fois logique et rassurant, autrement les serpents disparaîtraient rapidement ce qui n'est pas encore le cas. Deuxièmement, les sites se répartissent de façon attendue sur l'axe des CT. Les deux îlots de la zone a priori la mieux protégée du lagon sud ouest sont situés dans la réserve intégrale Merlet. Il s'agit de l'îlot Améré et de l'îlot Kié. Les valeurs de CT calculées sur ces deux îlots sont les plus élevées obtenues – signature d'un bon état des très nombreux serpents qui y vivent (leur densité ne génère donc pas d'amaigrissement). Ce résultat est en très bon accord avec le fait que les voyages alimentaires des serpents de ces îlots sont relativement courts. Les indices convergent vers une meilleure qualité de l'écosystème bénéficiant d'un statut de protection efficace. Inversement, les îlots très fréquentés, notamment le soir et la nuit lorsque les tricots rayés sont les plus actifs et relativement plus proches de Nouméa (donc de sources potentielles de pollution) présentent les valeurs de CT les plus faibles – ce qui suggère qu'un impact anthropique négatif s'imprime dans l'état trophique des serpents. Le dernier exemple présenté est celui d'un îlot intermédiaire, l'îlot Amédée. La fréquentation des touristes, bien qu'importante y est fortement

encadrée et elle est nulle la nuit. Cet îlot est éloigné de Nouméa. Les valeurs de CT sont justement intermédiaires. Les autres sites se positionnent logiquement, par exemple les tricots rayés capturés à Nouméa (Baie des citrons...) présentent les valeurs de CT les plus faibles, ceux des îlots du grand sud (e.g. Gi) ont des valeurs élevées.

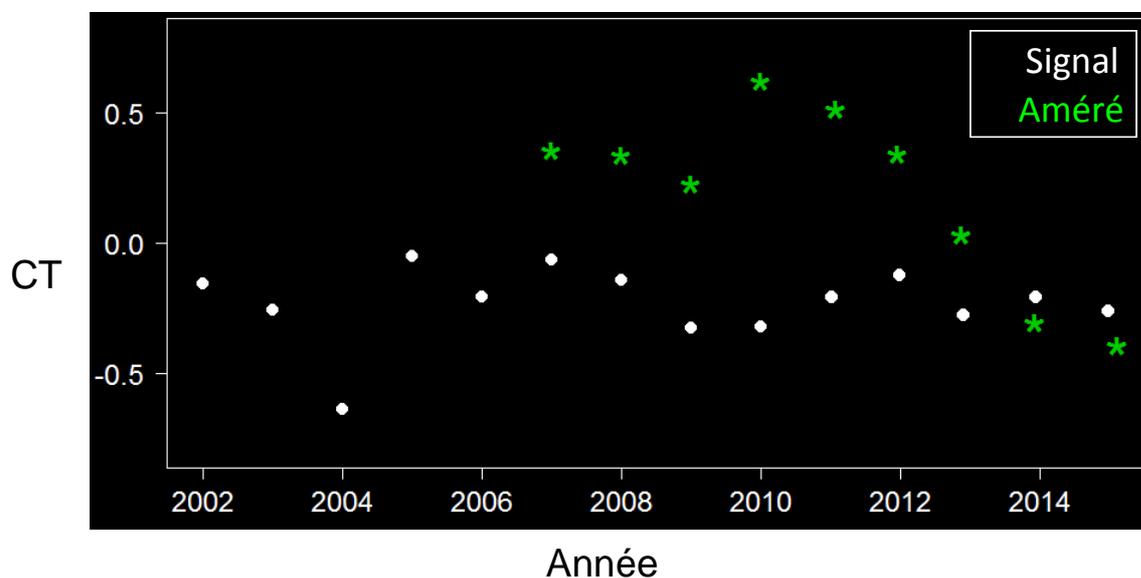
Nous avons ensuite examiné les tendances au cours du temps. Trois îlots relativement bien suivis au cours du temps sont présentés ci-dessous. Il existe des fluctuations interannuelles, ce qui suggère que certaines années sont plus favorables en termes de disponibilité alimentaire. Toutefois, les positions respectives des îlots se maintiennent au cours des années. Cela signifie que des phénomènes de grande ampleur touchent l'ensemble du Lagon Sud Ouest et impactent les écosystèmes de façon synchrone. Mais les meilleures zones (e.g. Améré) se maintiennent toujours mieux que les autres (e.g. Signal). Par ailleurs, en dépit de variations, depuis 2002, on ne constate pas de déclin ou d'augmentation de la CT. Cette observation plutôt rassurante est cependant encore préliminaire et elle est à considérer avec précaution.



Le point capital est que l'indicateur trophique est effectivement opérationnel pour suivre les tendances relatives des ilots au cours du temps. Ce résultat est très important car il donne une information basique pour exercer une surveillance des différents sites.

L'illustration ci-dessous représente un scénario imaginé à partir de 2011. Signal se maintient tandis qu'Améré plonge. Grâce à l'indicateur trophique – tricots rayés, un problème grave est révélé, et des investigations complémentaires doivent être mise en place. Par exemple pour traquer une éventuelle pollution de la réserve Merlet. Un autre scénario possible (non représenté) serait une baisse généralisé de la CT dans tous les sites. Dans ce cas le problème toucherait l'ensemble du lagon. Ces exemples imaginés montrent comment l'indicateur trophique peut être utilisé par les gestionnaires.

Scénario catastrophe à Améré...

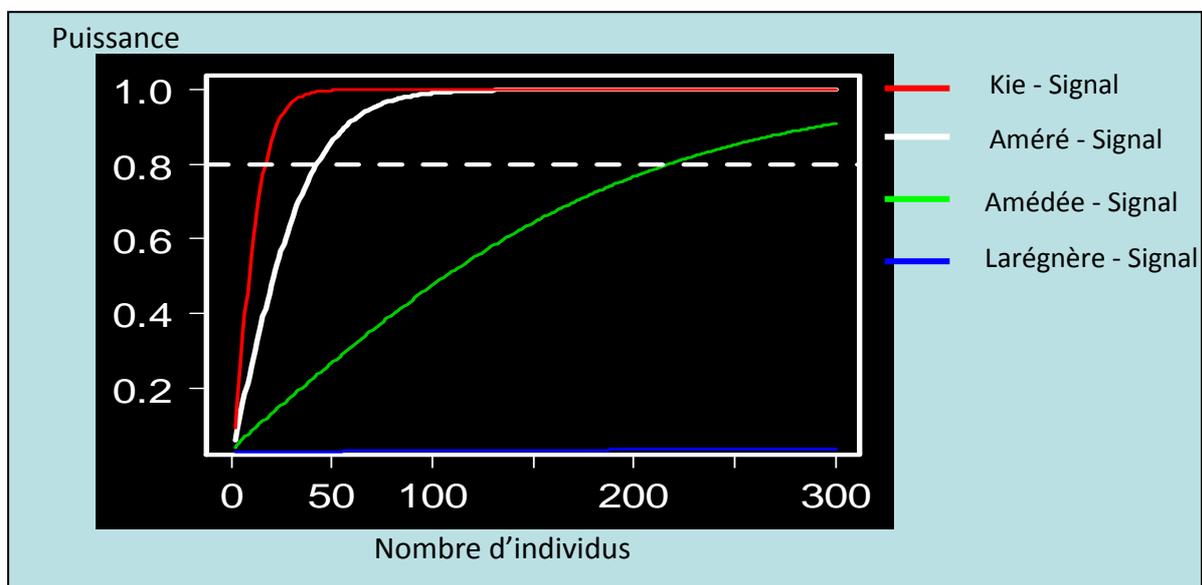


La fiche indicateur trophique qui accompagne ce rapport donne les consignes pour obtenir les données de base sur le terrain. Une fois ces données récoltées, les calculs basés sur les équations fournies ci-dessus sont élémentaires. L'étape suivante consiste

donc à organiser les campagnes de terrain et à proposer un protocole d'échantillonnage ou proposition d'un plan d'échantillonnage.

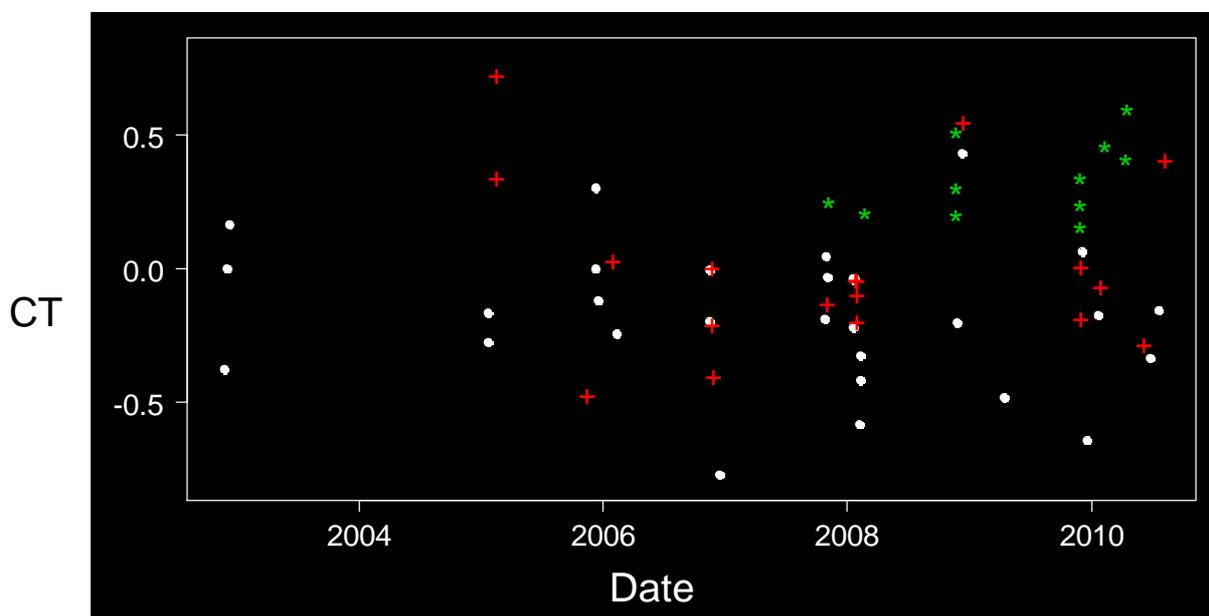
Plan d'échantillonnage.

La première question est de savoir combien de serpents il faut capturer et mesurer par site. Des tests de puissance permettent d'y répondre. Le graphique ci-dessous donne la capacité à distinguer la CT moyenne de deux sites (par exemple Kié de Signal) en fonction de la taille d'échantillon. Pour un nombre donné de serpents et pour une différence minimale que l'on souhaite pouvoir détecter entre deux sites, une valeur de puissance de 0.8 signifie qu'on est capable de détecter cette différence de manière assez sûre. Des sites très différents sont faciles à distinguer avec un petit nombre de serpents, moins de 50 avec la courbe rouge par exemple. En revanche, des sites proches sont impossibles à séparer sur la base de la CT (e.g. Signal *versus* Larégnère). Les sites intermédiaires se situent dans des zones elles aussi intermédiaires. Sur le plan pratique, il suffit donc de mesurer environ 50 serpents par site. Ce qui est relativement facile à faire : il faut environ 2 heures pour deux personnes formées.



La question suivante est celle de la fréquence d'échantillonnage. Globalement il suffit d'obtenir une valeur par site et par an. Il faut noter que par simplicité nous nous sommes basé sur des années civiles, mais il serait plus pertinent de se baser sur des

années biologiques, c'est-à-dire sur les grandes saisons qui rythment les cycles de vie des tricots rayés et très probablement de leurs proies. Ce raffinement fera l'objet d'analyses supplémentaires à la fois sur des plans fondamentaux et pratiques. En attendant le calage année civile fonctionne. Reste donc le problème de déterminer le nombre de visite par site. Pour y répondre nous avons examiné des séries de journées au cours desquelles plus de 50 serpents ont été mesurés. Les résultats sont présentés ci-dessous (les codes de couleur sont les mêmes que pour les graphiques précédents).



Ce graphe montre qu'il existe une forte instabilité entre les journées successives. Globalement les positions respectives de chaque îlot est respectée, mais certaines journées les valeurs obtenues sont très peu discriminantes, et donc difficiles à utiliser. Par exemple une série de points successifs blancs (Signal) se répartie sur large gamme de valeurs de CT qui déborde largement sur celle de l'îlot Amédée, voire sur l'îlot Améré dans de rares cas. En fait, les serpents mesurés certains jours sont représentés en grande proportion par des individus capturés au cours d'un événement particulier, lié aux conditions météorologiques ou à l'heure et à la méthode employée lors des captures. Par exemple, l'incorporation de nombreux individus de retour de pêche augmente fortement les valeurs de CT. Les individus

trouvés immobiles sous les pierres sont différents de ceux trouvés en déplacement un jour de pluie, etc.

En pratique, il suffit de trois prélèvements par an et par site et d'en calculer une moyenne pour obtenir une valeur assez stable. En cas d'anomalie, il faudra répéter le prélèvement une ou deux fois. Si l'anomalie persiste, il est très probable qu'un problème local aura été détecté. Si le problème est général, il sera plus facile à capter.

Le choix des sites est une question qui incombe au gestionnaire. Mais nous pouvons recommander de conserver dans le plan d'échantillonnage les îlots les mieux suivis ainsi qu'un certain nombre plus récemment incorporés dans nos travaux. Cette gamme intègre les gradients majeurs depuis les zones bien ou mal protégées, proches ou éloignées de la côte, et plus ou moins exposées aux perturbations anthropiques représentées par la zone urbaine de Nouméa, les mines, et la fréquentation touristique. Nous proposons ainsi une liste d'îlots ainsi que des critères justifiant cette proposition.

Liste des 10 îlots les plus importants : en termes de gestion et de surveillance, 5 semblent prioritaires, 2 sont importants et 3 restent très intéressants.

| Nom | Priorité | Raison(s) principale(s) | Récolte |
|-------------|-----------------|--|----------------|
| Amédée | Forte | Deux espèces de tricots, suivi à long terme | Facile |
| Améré | Forte | Suivi à long terme, réserve intégrale | Facile |
| Gi | Forte | Deux espèces de tricots, gradient côtier | Facile |
| Nouaré | Forte | Proximité de l'émissaire | Moyenne |
| Signal | Forte | Deux espèces de tricots, suivi à long terme, fréquentation | Facile |
| Ténia | Elevée | Intermédiaire nord/sud, deux espèces de tricots, | Moyenne |
| Verte (île) | Elevée | Extension vers le nord | Facile |
| Grand Mato | Moyenne | Deux espèces de tricots, gradient côtier | Moyenne |
| Larégnère | Moyenne | Populations en déclin | Difficile |
| N'Da | Moyenne | Gradient côtier (très au large) | Facile |

D'autres ilots pourraient facilement être incorporés à cette liste afin d'obtenir une image plus fine de l'état de santé du lagon Sud Ouest. Notamment pour mieux intégrer les effets des gradients nord-Sud, côte-large, statut de protection et fréquentation. Il s'agit principalement des ilots M'bo, M'ba, Rédika, N'Gé, Kié, Porc Epic, les ilots Tioaé, Ugo et la baie des citrons (+ rocher à la voile).

L'équipe de recherche dirigée par XB et soutenue logistiquement par la Province Sud assure actuellement le suivi des presque tous ces ilots, ainsi que celui d'autres sites. Il semble cependant important de confier le suivi de quelques sites aux agents de la Province pour tester le fonctionnement du système. Deux agents formés (1 journée de formation au moins, 2 à 3 jours idéalement) pourraient suivre 1 ou 2 sites en consacrant environ 3 demi-journées par site de leur travail sur les ilots à cette tâche. Au total, entre 4 et 6 sites pourraient être suivis au cours d'une année de test. Idéalement des recoupements devraient être faits, par exemple sur Signal, Améré et l'île verte afin de tester trois zones et les équipes de trois antennes différentes.

Le dernier aspect pratique est celui de la formation des personnes. Nous avons examiné qu'elle est l'influence des différentes personnes qui mesurent les serpents sur les valeurs moyennes de CT. Nous n'avons pas détecté de problème qui gênerait l'utilisation de la CT. Donc, avec une formation de terrain simple, d'environ une journée, des agents peuvent être opérationnels. Il sera cependant indispensable de caler les personnes à travers une brève formation annuelle de rappel afin d'éviter des dérives au cours du temps. Cette question spécifique doit encore être évaluée.

Les contaminations liées aux perturbations anthropiques représentent un problème potentiel majeur sur le long terme. Les résultats préliminaires ci-dessous montrent que le système tricot rayés - proies anguilliforme est un très bon candidat pour examiner cette problématique.

Suivis des effectifs de tricots rayés

Les observations de tricots rayés sur le terrain constituent des informations très importantes. Il peut s'agir d'observations anecdotiques (e.g. un individu vu en mer, sur un bateau) ou de comptages. A condition d'être fiables (biais observateur) et d'être accompagnées d'un lieu et d'une date, elles sont précieuses. Les cyber-trackers sont les outils appropriés pour enregistrer ce type d'information.

Les comptages standardisés sur les ilots apporteraient une information très complémentaire des mesures de condition trophique. Par exemple, sur l'îlot Larégnère, la très forte fréquentation par les plaisanciers a largement éliminé la litière et crée un dérangement constant. Le résultat est une chute catastrophique du nombre de tricots rayés observés, encore nombreux jusqu'en 2005, ils sont aujourd'hui beaucoup plus rares. De même, sur l'îlot Maître, la destruction de la quasi-totalité des habitats terrestres en 2003 s'est soldée par la disparition presque totale des tricots rayés. Inversement, il a été possible de compter près de 1000 individus en une heure sur l'îlot Améré.

Il est donc fortement recommandé de réaliser de comptages standardisés. Pour cela il faut cibler les périodes favorables. En hiver, les tricots rayés jaunes s'exposent au soleil, il est possible de les compter lorsqu'ils sont en bord de mer (dans les pourpiers notamment). Les épisodes de pluie qui font suite à une période sans précipitation (1 semaine ou plus) sont très favorables pendant 1 à 2 heures. Le reste du temps, il faut prospecter les plages avant la tombée de la nuit (1h avant le coucher du soleil) pour intercepter les tricots rayés jaunes qui vont en mer ou qui en reviennent, ou durant les 3 premières heures après le coucher du soleil pour voir les tricots rayés bleus. L'aube est aussi une période favorable. Il est inutile de prospecter au cours des périodes chaudes, les serpents se cachent. Un comptage d'une heure permettra de faire le tour de chaque îlot.

Ce type de comptage très simple à mettre en œuvre est très sensible aux variations saisonnières (période de reproduction de chaque espèce), météorologique (pluie, température, vent), aux horaires et aux perturbations (présence de plaisanciers). La seule technique efficace pour prendre en compte ces paramètres est la CMR (capture-marquage-recapture) qui en pratique n'est pas applicable pour des

suivis de routine. Toutefois, pratiqués de façon régulière, les comptages apporteront une information capitale qui pourra être mise en relation avec les autres paramètres. Par exemple, si une série temporelle de comptages montre un fort déclin dans un secteur donné, comme celui que nous avons enregistré sur l'îlot Larégnère, cette information devra être considérée comme fiable et très importante en termes de gestion du milieu.

Les comptages pourront être faits en même temps que les mesures de condition trophique, mais l'extrême facilité de leur mise en œuvre suggère de les étendre davantage. Les autres missions de surveillance du lagon ne seront que très faiblement impactées par les comptages. La qualité des données augmentera avec le nombre de comptages réalisés.

Contaminants – résultats préliminaires

Dans le cadre de l'étude, il a été prévu de réaliser quelques tests préliminaires sur les principaux contaminants métalliques potentiels. Nous avons adopté une démarche très prudente en suivant trois options principales :

- 1) Les dosages ont été réalisés sur les proies des serpents et non pas sur les serpents eux-mêmes. Si une variabilité des concentrations des contaminants métalliques est détectés chez les premières, l'effet de bioaccumulation liée à l'exposition par la voie trophique, voie principale chez les serpents, pourrait montrer aussi des valeurs contrastées chez les seconds. Mais il existe à la fois des phénomènes de bioaccumulation et de bio-réduction le long des chaînes trophiques. De plus, le fait de viser directement les proies offre la possibilité d'établir des liens avec l'environnement puisque les différentes espèces de proies ont des habitats spécifiques tandis que les serpents en consommant différentes espèces de proies brouillent un peu les cartes.
- 2) Les dosages ont été réalisés sur des individus considérés *in toto*. Or les contaminants ne s'accumulent pas de la même façon dans les différents tissus. Les dosages se focalisent généralement sur les organes qui les concentrent comme le foie. En employant une approche simple qui a évité les dissections

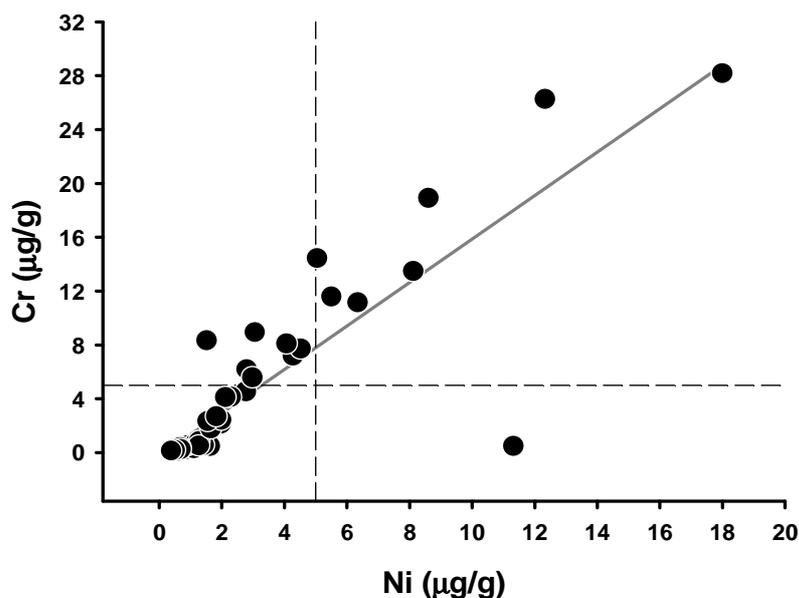
nous avons donc lissé les valeurs. Des résultats avec des valeurs élevés indiqueront donc *a fortiori* des phénomènes nets.

- 3) Les échantillons n'ont pas été conservés dans le but de dosages de contaminants, ils ont été transférés dans différents liquides et stockés dans de l'alcool (congélation et lyophilisation sont largement préférables). A nouveau, la détection de valeurs fortes et de variations interindividuelles pourra être interprétée comme la signature de phénomènes nets de contamination.

Pour ce test, nous avons sélectionné les principales espèces proies consommées par les deux espèces de tricots rayés. Au total 50 proies ont été testées. Un des intérêts est que les proies des tricots rayés jaunes vivent plutôt dans les substrats durs (matrice corallienne...) tandis que celles des tricots rayés bleus vivent dans des substrats meubles (fonds sableux et vaseux). Trois familles, trois genres et cinq espèces de proies sont considérées (cf. tableau ci-dessous). Quatre individus n'ont pas été ni identifiés ni localisés. Les serpents prélevés étaient originaires des îlots Signal (N=24), Larégnère (N=3), Amédée (N=12), Porc Epic (N=1) et Mba (N=6).

| Famille | Nombre | Genre | Espèce | Tricot jaune | Tricot bleu |
|----------------|---------------|--------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|
| Congridae | 9 | <i>Conger</i> | <i>sp</i> | 3 | 6 |
| Muraenidae | 9 | <i>Gymnothorax</i> | <i>albimarginatus</i> | 0 | 9 |
| Muraenidae | 10 | <i>Gymnothorax</i> | <i>margaritoforus</i> | 10 | 0 |
| Muraenidae | 8 | <i>Gymnothorax</i> | <i>fimbriatus</i> | 8 | 0 |
| Ophichtidae | 10 | <i>Myrophis</i> | <i>microchir</i> | 0 | 10 |
| Non identifiée | 4 | | | | |

Treize contaminants ont été étudiés : Mn, Co, Ni, Ag, Cd, Pb, As, Cr, Cu, Fe, Se, V et Zn. Les résultats des dosages montrent qu'il existe de fortes variations interindividuelles entre les proies, que de nombreuses valeurs sont fortes, une bonne cohérence vis-à-vis de l'origine potentielle des groupes de contaminants (mine *versus* ville) et des différences entre les deux espèces de serpents. Les graphiques ci-dessous illustrent ces notions.

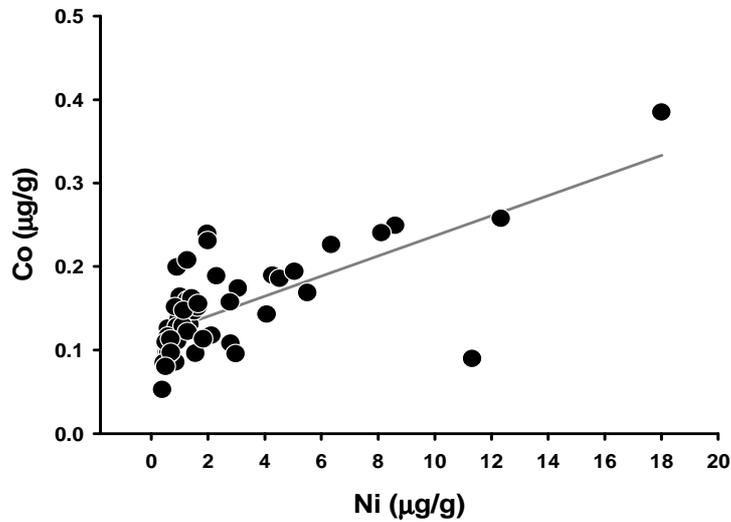


Relation entre les teneurs de chrome et de nickel (μg de contaminant par g de proie sèche) observées chez les proies des tricots rayés.

Pour deux indicateurs potentiels de l'activité minière (Ni et Cr), les données se répartissent sur une gamme étendue valeurs, et les taux sont fortement corrélés entre eux ($r_s=0.9$, $P<0.01$, ligne grise) malgré la présence d'un point exotique (un dosage pourrait être refait pour vérifier). Il est généralement considéré que des valeurs supérieures à $5 \mu\text{g/g}$ sont assez fortes, par exemple chez les poissons. Les résultats montrent que les valeurs dépassent ce seuil régulièrement, parfois plus de quatre fois (lignes hachurées ci-dessus). Un phénomène de bioaccumulation est mis en évidence chez les proies des tricots rayés. Il est possible que cette bioaccumulation soit indépendante de l'activité anthropique, naturelle en quelque sorte (bruit de fond géochimique, érosion), mais il est aussi possible qu'elle résulte de l'activité minière sur la contamination du lagon. Quoi qu'il en soit, les tricots rayés et leurs proies permettent effectivement d'obtenir des valeurs parfaitement lisibles alors même que le protocole de départ n'était pas optimal. Ce système est assez sensible pour être déployé à plus grande échelle et sur le long terme. Ces résultats sont encourageants et les dosages devront être poursuivis. Nous avons d'ores et déjà plus de 1000 proies stockées, dont plusieurs centaines congelées ou lyophilisées.

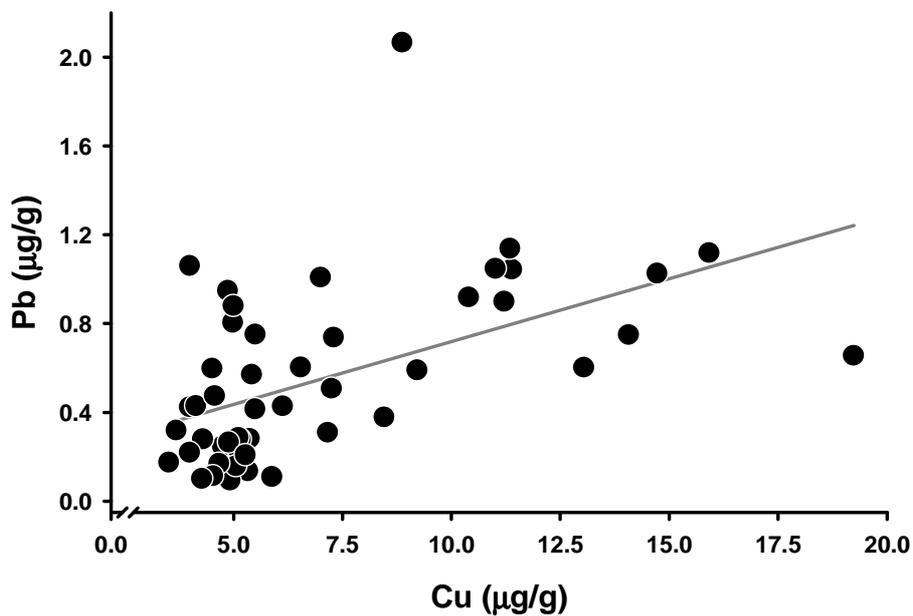
Les résultats suivants renforcent ces conclusions préliminaires. Nous avons par exemple observé des corrélations significatives entre des contaminants plutôt

d'origine urbaine mais aucune entre des contaminants « miniers » et « urbains ». Par exemple, la relation entre nickel et cobalt présentée ci-dessous est forte.

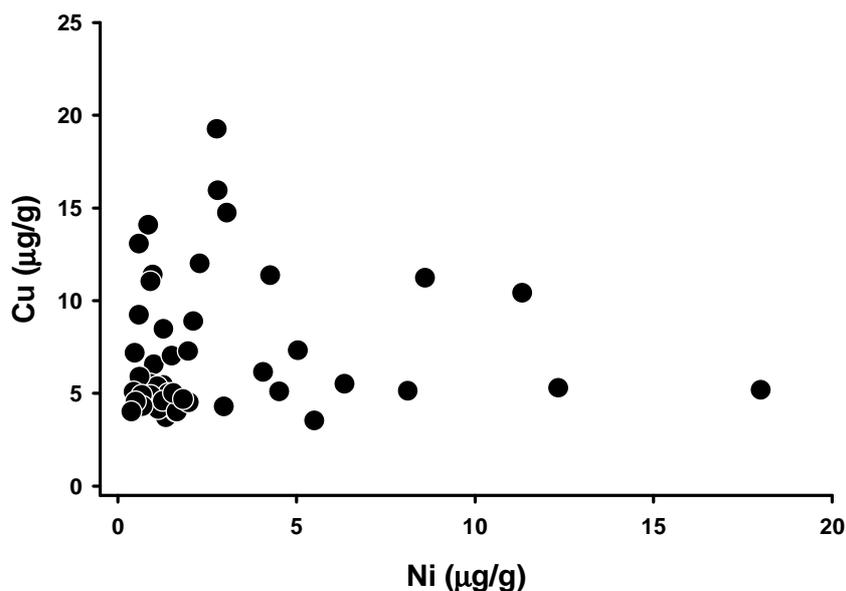


Relation entre les teneurs de cobalt et de nickel (μg de contaminant par g de proie sèche) observées chez les proies des tricots rayés.

De même teneurs en cuivre et plomb sont corrélées, tandis que celles entre nickel et cuivre (ou plomb) ne le sont pas (Cf. ci-dessous).



Relation entre les teneurs de plomb et de cuivre (μg de contaminant par g de proie sèche) observées chez les proies des tricots rayés.



Relation entre les teneurs de nickel et de cuivre (μg de contaminant par g de proie sèche) observées chez les proies des tricots rayés.

Les proies des deux espèces de tricots rayés diffèrent parfois par leur taux de contaminants. De façon intéressante, ces différences concernent notamment les grandes classes de contaminants, comme l'indique les résultats ci-dessous. Les taux les plus forts sont enregistrés chez les tricots rayés bleus, qui prospectent dans les fonds sédimentaires, et les contaminants sont supposés s'accumuler davantage dans les sédiments que dans la matrice corallienne. Pour l'arsenic, les résultats sont inverse (l'explication du piégeage par le sédiment ne fonctionne pas), mais l'élément en question est effectivement particulier sur le plan biogéochimique.

| Contaminant | Espèce | Moyenne \pm ET (N) | Probabilité |
|-------------|--------------|----------------------|-------------|
| Nickel | Tricot jaune | 1.5 ± 0.7 (21) | 0.027 |
| | Tricot bleu | 3.7 ± 0.6 (25) | |
| Chrome | Tricot jaune | 1.8 ± 1.2 (21) | 0.024 |
| | Tricot bleu | 5.7 ± 1.1 (25) | |
| Plomb | Tricot jaune | 0.42 ± 0.08 (21) | 0.041 |
| | Tricot bleu | 0.67 ± 0.08 (25) | |
| Fer | Tricot jaune | 50.5 ± 10.1 (21) | 0.026 |

| | | | |
|---------|--------------|-----------------|-------|
| | Tricot bleu | 82.1 ± 9.3 (25) | |
| Arsenic | Tricot jaune | 2.6 ± 0.3 (21) | 0.025 |
| | Tricot bleu | 1.6 ± 0.3 (25) | |

Bien que préliminaires, ces résultats sont déjà en grande partie significatif sur le plan statistique et surtout ils sont cohérents. Ils correspondent bien à l'écologie alimentaire des deux espèces de tricots rayés, et les gammes de variations sont très larges.

Nous poursuivons les investigations sur les contaminants en tenant compte des gradients cote - large, nord - sud, de la proximité des zones urbaines ou minières, et des zones protégées. Nous allons ensuite examiner les relations entre les taux de contaminants des proies et ceux des serpents, celles entre la biologie des serpents et les taux de contaminants. Pour cela, nous utiliseront les données issues de l'étude démographique, de celle des voyages en mer, et la technique des isotopes stables. Ces trois approches sont en cours actuellement. Un des objectifs pratiques sera de mettre au point des protocoles pratiques très simples du même type que celui présenté ci-dessus au sujet de la condition trophique CT.

Pour atteindre ces objectifs sur les contaminants, une thésarde (Marine Briand) a été recrutée à l'Université de Nouvelle Calédonie. Elle réalise son travail de thèse (2011-2014) sur la biologie des proies des tricots rayés, et elle est encadrée par Yves Letourneur (Pr UNC) et Xavier Bonnet (CNRS). Elle va notamment étudier les relations trophiques des poissons anguilliformes (e.g. isotopes stables...) ainsi que les taux de contaminants des proies (collaboration avec P. Bustamante).

Précautions au cours des campagnes d'échantillonnage

Une question majeure est de savoir si l'utilisation des tricots rayés comme bio-indicateurs ainsi que le suivi de leurs populations ne risque pas de créer des perturbations. Le dérangement fréquent des suivis pourrait-il avoir un impact significatif sur la population d'un îlot à force de manipuler les individus sur

plusieurs années? Notamment si dans une deuxième phase des proies sont prélevées et des prises de sang réalisées ?

Les comptages faits par les agents officiels ne produiront pratiquement aucun problème. Les serpents fuient doucement, ou ignore les observateurs. En revanche les captures et les manipulations sont une source majeure de stress. De rares cas de mortalité liée à des erreurs de manipulation ont été enregistrés. Donc, comme toute étude de terrain, plus on collecte d'information sur les individus, et plus on les perturbe. Le point crucial est toutefois d'en estimer l'impact. Sur le plan des populations, nos travaux montrent que des campagnes de mesures intensives ne s'accompagnent pas d'effet négatif détectable. Par exemple, les serpents manipulés depuis des années sont indistinguables de ceux qui rentrent dans le jeu de données par la suite. Nous avons réalisé différentes expériences susceptibles de déranger les animaux, y compris de translocation. Les individus sont retournés très précisément sur le lieu de capture initial, ce qui indique que capture et manipulations n'entraînent pas d'abandon du domaine vital terrestre. Par ailleurs, comme nous avons choisi de ne prélever qu'une proie par individu, l'impact qui est réel au moment des manipulations, est indétectable par la suite : les serpents prélevés ne sont pas différents de ce qui ne l'ont pas été. D'une façon générale, nos suivis de populations les plus intenses, comme sur les îlots Signal, Amédé ou Améré ne génèrent pas de baisse des effectifs, de problème de capturabilité ou de condition trophique. L'impact des manipulations est donc transitoire sur les individus et apparemment très fiable voire nul sur les populations.

Il est important de noter que nos suivis les plus intenses ne comprennent qu'un petit nombre de jours ou semaines par et par site, la fréquentation touristique intensive (e.g. îlot Maître) est immensément supérieure, voire permanente. Les méthodes employées (brefs passages sur les plages) n'entraînent pas de destruction des micro-habitats comme cela se produit avec les plaisanciers qui ramassent le bois et les pierres, barrent le passage entre mer et terre en occupant les plages sur de longues périodes, voire la nuit, etc. Les plans d'échantillonnage proposés dans ce rapport correspondent à quelques visites par an et par site, il n'y a donc pas de risque majeur identifié pour les tricots rayés.

Quelques précautions élémentaires sont précisées ci-dessous. Les animaux doivent être manipulés avec délicatesse. Ils doivent être maintenus captifs durant de courtes périodes (heures) dans des sacs secs en coton (l'humidité empêche l'air de passer à travers le tissu) qui doivent être lavés entre les missions. Il ne faut surtout pas exposer les individus à la chaleur, ni au soleil.

Conclusions générales

L'objectif principal de cette étude est de proposer aux gestionnaires de la Province Sud une méthode pratique de surveillance de composantes majeures des écosystèmes du lagon. Il n'existe évidemment aucune méthode permettant d'exercer une surveillance générale. En effet, les écosystèmes du lagon sont diversifiés, très complexes, et la quasi-totalité des espèces qui les composent et qui les font fonctionner ne sont jamais suivies, ni à large échelle ni sur le long terme. IL est alors nécessaire d'utiliser des bio-indicateurs. Ces indicateurs doivent fournir des renseignements pertinents et facilement mesurables de segments des écosystèmes. La combinaison de plusieurs bio-indicateurs permettant idéalement de couvrir une gamme importante d'organismes.

Le système tricots-rayés/proies anguilliformes est à notre connaissance le plus puissant jamais déployé en Nouvelle Calédonie. Aucun autre suivi de population n'est aussi étendu géographiquement ou aussi précis dans le temps et pour le nombre de paramètres mesurés. Le point le plus important est toutefois qu'il a été possible d'extraire de ce suivi une méthode très simple de suivi de sites centrés autour de quelques ilots. Globalement, en utilisant la **fiche de terrain condition trophique** (p 42-45) et en suivant le **plan d'échantillonnage** (p 29-32), il est possible d'exercer une surveillance d'éléments majeurs des réseaux trophiques du lagon, et ceci avec une très forte résolution spatiale grâce à la forte sédentarité des proies anguilliformes et des tricots rayés.

Les résultats préliminaires mais particulièrement encourageants obtenus avec les dosages de contaminants montrent que les tricots rayés pourront être utilisés comme de véritables sondes pour des suivis à large échelle spatiale et sur le long terme. Finalement, en poursuivant les travaux fondamentaux (écologie alimentaire...) les outils proposés dans ce rapport pourront être considérablement affinés. D'une part en améliorant encore la résolution spatiale et d'autre part en examinant les conséquences des perturbations anthropiques directes (contamination, pêche, tourisme...) et indirectes (changements climatiques...) sur les populations de prédateurs du lagon – reflets fidèles des niveaux trophiques sous-jacents.

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

1. Brischoux F, Gartner GEA, Garland Jr T, and Bonnet X. (2011). Does aquatic life require increased blood oxygen stores in snakes? **PLoS ONE**, 6:e17077.
2. Brischoux F., Bonnet X. and Shine R. (2011). Conflicts between feeding and reproduction in amphibious snakes (sea kraits, *Laticauda* spp.). **Austral Ecology** 36: 46–52. DOI: 10.1111/j.1442-9993.2010.02115.x.
3. Brischoux F, Bonnet X, Cherel Y, and Shine R. (2011). Isotopic signatures, foraging habitats and trophic relationships between fish and reptile, top-predators on the coral reefs of New Caledonia. **Coral Reefs**, 30: 155–165. DOI 10.1007/s00338-010-0680-8.
4. Bonnet X., Brischoux F, and Lang R. (2010). Highly venomous sea kraits must fight to get their prey. **Coral Reefs** 29: 379.
5. Brischoux F, Kato A, Ropert-Coudert Y, Shine R. (2010). Swimming speed variation in amphibious seasnakes (*Laticaudinae*): a search for underlying mechanisms. **Journal of Experimental Marine Biology and Ecology**, 394:116-122.
6. 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.
7. 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.
8. Brischoux F., Bonnet X. and Pinaud D. (2009). Fine scale site fidelity in sea kraits: implications for conservation. **Biodiversity and Conservation**, 18: 2473–2481.
9. 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.
10. Brischoux F. and Bonnet X. (2009). Life history of sea kraits in New Caledonia. **Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle** 198: 133-147.
11. Bonnet X., Brischoux F., Pearson D. and Rivalan P. (2009). Beach-rock as a keystone habitat for sea kraits. **Environmental Conservation**, 36: 62–70.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. Bonnet X and Brischoux F. (2008). Thirsty sea snakes forsake their shelter during rainfall. **Austral Ecology**, 33: 911-921.
16. Brischoux F, Bonnet X, Cook TR, and Shine R (2008). Allometry of diving capacities: ectothermy versus endothermy. **Journal of Evolutionary Biology**, 21: 324-329.

17. Lorigoux S., Bonnet X., Brischoux F. and De Crignis M. (2008). Is melanism adaptive in sea kraits? **Amphibia Reptilia**, 29: 1-5.
 18. 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.
 19. Brischoux F., Bonnet X and De Crignis M. (2007). A method to reconstruct anguilliform fishes from partially digested items. **Marine Biology**, 151: 1893-1897.
 20. 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.
 21. 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.
 22. 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.
 23. Shine, R., Bonnet X., and Cogger HG. (2003). Antipredator tactics of amphibious sea-snakes (*Serpentes*, *Laticaudidae*). **Ethology**, 109: 533-542.
-

Fiche de terrain Tricots rayés/bio-indicateurs

Cette fiche technique rappelle les principaux éléments nécessaires aux analyses de routine. Il s'agit d'une part de critères de reconnaissance des animaux, et d'autre part des mesures à prendre. Les pages suivantes donnent des exemples en illustration.

1. Critères de reconnaissance principaux. Le tableau ci-dessous résumé les critères clés. En pratique ils sont suffisants.

| | |
|------------------------------|--------------------|
| Tricot rayé bleu (B) | Mâle (M) |
| Tricot rayé jaune (J) | Femelle (F) |

2. Mesures et informations à prendre

| Longueur | Masse corporelle | Observation |
|---|---------------------|---|
| Pointe du museau à la fin de la queue (au moins deux mesures différentes par individus voir Longueur et Longueur BIS) | Attention à la tare | Queue coupée ? Proie dans le ventre ? Présence d'œufs ? |

3. Exemple de fiche remplie. Il faut entre **30 et 50 serpents par lieu et par an**. L'exemple ci-dessous est donc incomplet (16 serpents) pour les analyses.

| Date | Heure | Lieu | Espèce | Sexe | Longueur cm | Longueur BIS-cm | Masse g | Observation |
|----------|-------|--------|--------|------|-------------|-----------------|---------|--------------|
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 85 | 82 | 170 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 82 | 87 | 199 | Proie |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | M | 94 | 93 | 175 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | M | 97 | 100 | 188 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | F | 115 | 118 | 291 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | M | 92 | 98 | 159 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 45 | 43 | 34 | Proie |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 70 | 65 | 99 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | F | 100 | 101 | 282 | Queue coupée |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | F | 97 | 94 | 289 | Proie |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 80 | 75 | 136 | Blessé |
| 16/0//11 | 7h00 | Signal | J | M | 74 | 74 | 145 | - |
| 16/0//11 | 7h00 | Signal | J | M | 82 | 83 | 171 | - |
| 16/0//11 | 7h00 | Signal | B | M | 91 | 88 | 131 | - |
| 16/0//11 | 7h00 | Signal | J | M | 84 | 84 | 139 | - |
| 16/0//11 | 7h00 | Signal | B | M | 98 | 94 | 175 | - |
| Etc. | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

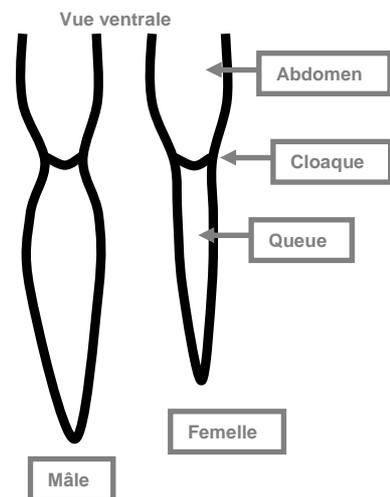
Différence tricot rayé jaune *versus* bleu

Bien que les deux espèces diffèrent par de nombreux critères, les **erreurs d'identification** sont tout à fait possibles, y compris **en considérant les couleurs**. En pratique, il suffit d'examiner la tête. Chez le tricot jaune (à gauche ci-dessous) la **lèvre supérieure est claire** tandis qu'elle est **noire**/brune chez le bleu (à droite ci-dessous). Ce seul critère permet de limiter les erreurs à très peu de cas. Les individus mélaniques (entièrement noirs) sont presque toujours des tricots bleus en fait.



Différence entre les sexes

Il faut examiner **la queue** des serpents. Celle des mâles est plus large à la base tandis que celle des femelles est aplatie. De ce fait, il existe un **rétrécissement** au niveau du cloaque uniquement chez les mâles. En pratique il est nécessaire de recevoir une petite formation. Le cloaque n'est pas toujours facile à localiser sans un apprentissage. La distinction entre les sexes est parfois un peu délicate à faire chez les jeunes. Heureusement, en termes d'analyses des erreurs faites chez les jeunes n'ont pas de conséquences. En revanche, il reste assez important de distinguer les sexes chez les adultes. Le schéma ci-contre aide à rappeler l'essentiel à ce sujet.



En cas de doute, il faut noter « ? » comme sexe.

Longueur

Il s'agit de la seule partie délicate dans le protocole. En effet il faut standardiser cette mesure le plus possible. Une courte formation est nécessaire. Par ailleurs, la fiche comporte deux mesures (longueur et longueur-bis). Deux mesures limitent l'erreur. Elles peuvent être faites soit par deux personnes différentes, soit par la même. En cas de fort désaccord (écart de plus de 10%) entre les deux mesures, une troisième est nécessaire.

Ci-dessous illustration de la mesure d'un tricot rayé bleu, le serpent n'est pas étiré mais il est allongé (pas de repli). La pointe du museau coïncide avec le début du mètre à ruban. Il faut souvent essayer plusieurs fois.



Masse (=Poids)

Cette mesure est très facile à prendre avec une balance électronique de terrain. Il faut une boîte en plastique dans laquelle sera placé le serpent.

1 : tarer la boîte, 2 : mettre le serpent dans la boîte, 3 : lire et reporter la valeur.

Attention ! Dans l'exemple ci-dessous il n'y a pas de couvercle. Si un couvercle est utilisé ne pas oublier de la tarer aussi, ou mieux utiliser une **boîte avec charnière**.



Observations

La présence d'une proie est parfois évidente. Par exemple si l'estomac est distendu ou bien si la proie est régurgitée. Avec une formation rapide, on peut apprendre à palper (très délicatement !) l'abdomen pour obtenir des résultats plus précis.

Les œufs bien formés sont relativement faciles à détecter.

Les autres observations intéressantes doivent être notées. Par exemple des blessures ou des cicatrices. Une couleur particulière. La présence de tiques, etc.

Amélioration possible

Il est préférable de mesurer la longueur museau-cloaque et la longueur totale (museau – extrémité de la queue). Si au cours de la formation des agents cette possibilité paraît facile à mettre en place, elle sera choisie. En pratique cela ne change presque rien et les données seront de meilleure qualité. La fiche de prise de note serait légèrement modifiée comme indiquée ci-dessous.

| Date | Heure | Lieu | Espèce | Sexe | Museau-cloaque (cm) | Museau-cloaque bis (cm) | Museau-queue (cm) | Masse g | Observation |
|----------|-------|--------|--------|------|---------------------|-------------------------|-------------------|---------|-------------|
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 85 | 82 | 95 | 170 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | J | M | 82 | 87 | 94 | 199 | Proie |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | M | 94 | 93 | 105 | 175 | - |
| 15/07/11 | 17h00 | Signal | B | M | 97 | 100 | 110 | 188 | - |
| | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | |