

Juin 2010

CRISP



Coral Reef InitiativeS for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique

MÉMOIRE DE MASTER

Étude du recrutement et des populations en place d'anguilles polynésiennes



UPVD
Université de Perpignan Via Domitia

Auteur : Julie Grousseau

CRISP



Coral Reef Initiatives for the Pacific
Initiatives Corail pour le Pacifique



La cellule de coordination du CRISP a été intégrée au Secrétariat de la Communauté du Pacifique en 2008 afin d'assurer une coordination et synergie maximales des actions touchant à la gestion des écosystèmes coralliens dans le Pacifique.

Le CRISP est un programme mis en œuvre dans le cadre de la politique développée par le Programme régional océanique de l'Environnement afin de contribuer à la protection et la gestion durable des récifs coralliens des pays du Pacifique.

L'initiative pour la protection et la gestion des récifs coralliens dans le Pacifique (CRISP), portée par la France et préparée par l'AFD dans un cadre interministériel depuis 2002, a pour but de développer une vision pour l'avenir de ces milieux uniques et des peuples qui en dépendent. Elle vise à mettre en place des stratégies et des projets visant à préserver leur biodiversité et à développer dans le futur les services économiques et environnementaux qu'ils apportent tant au niveau local que global. Elle est conçue, en outre, comme un vecteur d'intégration entre états développés (Australie, Nouvelle-Zélande, Japon, USA), collectivités françaises de l'outre-mer et pays en développement du Pacifique.

Pour ce faire, l'initiative développe une approche spécifique qui vise à :

- associer activités de réseau et projets de terrain ;
- articuler recherche, aménagement et développement ;
- combiner les apports de disciplines scientifiques diverses, incluant la biologie, l'écologie, l'économie, la sociologie, le droit et les sciences humaines ;
- intervenir sur l'ensemble des thèmes - terrestres et marins - intéressant les récifs (y compris l'assainissement et la gestion des bassins versants) ;
- ne pas créer de structure nouvelle, mais apporter des ressources financières à des partenaires déjà opérationnels et souhaitant développer leurs activités dans un esprit de coopération régionale. C'est la raison pour laquelle l'initiative a été préparée sur la base d'un appel à propositions auprès de l'ensemble des institutions et réseaux.

Cellule de Coordination CRISP (CCU)
Chef de programme **Éric CLUA**
CPS - BP D5
98848 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie
Tél./Fax : (687) 26 54 71
E-mail : ericc@spc.int
www.crisponline.net

Cette approche se décline sur une série d'objectifs thématiques qui sont :

Objectif 1 : Meilleure connaissance de la biodiversité, de l'état et du fonctionnement des écosystèmes coralliens.

Objectif 2 : Réalisation d'opérations de protection et de gestion des écosystèmes coralliens à une échelle significative.

Objectif 3 : Valorisation du potentiel économique reposant sur les valeurs d'usage et la biodiversité des écosystèmes coralliens.

Objectif 4 : Diffusion de l'information et des savoirs ; renforcement des capacités et animation des réseaux locaux, nationaux et internationaux.

Le dispositif d'intervention du CRISP se structure en trois composantes majeures :

Composante 1A : AMP et bassins versants

- 1A1 : Planification de la conservation de la biodiversité marine
- 1A2 : Aires marines protégées (AMP)
- 1A3 : Renforcement institutionnel et mise en réseau
- 1A4 : Gestion intégrée des zones côtières récifales et des bassins versants

Composante 2 : Développement des écosystèmes coralliens

- 2A : Connaissance, valorisation et gestion des écosystèmes coralliens
- 2B : Restauration récifale
- 2C : Valorisation des Substances actives marines (SAM)
- 2D : Mise en place d'une base de données régionale (ReefBase Pacifique)

Composante 3 : Coordination et valorisation du programme

- 3A : Capitalisation, valorisation et vulgarisation des acquis du programme CRISP
- 3B : Coordination, promotion et développement du Programme CRISP
- 3C : Appui aux filières économiques alternatives et durables
- 3D : Vulnérabilité des écosystèmes et des espèces
- 3E : Cellule économique

Le Programme CRISP est financé par les organisations suivantes :





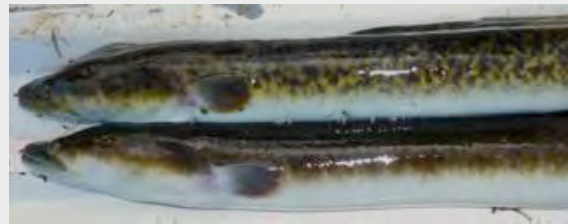
UNIVERSITE DE PERPIGNAN VIA DOMITIA

MASTER 1 IERE ANNEE « BIOLOGIE CHIMIE ENVIRONNEMENT »

SPECIALITE PROFESSIONNELLE « BIODIVERSITE ET DEVELOPPEMENT DURABLE »



Estuaire de l'Opunohu



Baie d'Opunohu

ETUDE DU RECRUTEMENT ET DES POPULATIONS EN PLACE D'ANGUILLES POLYNESEIENNES

GROUSSEAU Julie

Sous la tutelle de **Pierre SASAL**

Année universitaire 2009 - 2010

Cette étude a été soutenue financièrement par les partenaires suivants



STRUCTURE D'ACCUEIL : le CRIOBE

En 1987, Claude Combes et Bernard Salvat, respectivement directeurs du Laboratoire de Biologie Animale de l'Université de Perpignan et du Laboratoire de Biologie Marine et Malacologie de l'École Pratique des Hautes études (EPHE) à Paris, ont créés le Centre de Biologie et d'Ecologie Tropicale et Méditerranéenne (CBETM). Le CBETM accueille actuellement l'Unité Mixte de Recherche (UMR) 5244 CNRS-UPVD-EPHE « Biologie et Ecologie Tropicale Méditerranéenne » dirigé par André Théron et la partie métropolitaine de l'Unité mixte de Services et de Recherche 3278 CRIOBE. Cette USR a une double implantation : une implantation principale en Polynésie Française à Moorea et une implantation secondaire au CBETM de l'Université de Perpignan. Serge Planes est le directeur de l'USR et René Galzin est l'Administrateur du CRIOBE.

L'implantation de l'EPHE à Moorea a eu lieu en 1971, la station était alors située sur le site de Tiahura sur la côte Nord de Moorea. Suite à un accord avec le territoire de la Polynésie française, elle a été délocalisée au fond de la baie d'Opunohu pour devenir le CRIOBE en 1981. Les missions principales du CRIOBE suivent 3 axes:

- Le suivi à long terme de l'écosystème corallien du Pacifique Sud principalement dans un contexte de résilience face aux impacts naturels (le récent cyclone OLI en est un exemple) et anthropiques.
- L'accueil et l'accompagnement de la recherche sur les milieux terrestres et marins et des programmes de recherche nationaux et internationaux tels que BIOCOTE.
- L'éducation et la vulgarisation autour des écosystèmes coralliens, en agissant en tant qu'expert sur les questions environnementales.

Le CRIOBE accueille de nombreux chercheurs et étudiants français et étrangers (environ 200 par ans). Les différents travaux réalisés par ceux-ci ont permis la reconnaissance du CRIOBE par le CNRS en 2006 en devenant l'Unité Mixte de Service (UMS) 2978 sous la cotutelle EPHE-CNRS puis en 2010 URS 3278 EPHE-CNRS.

SOMMAIRE

Introduction	1
1) Contexte de l'étude	1
2) Objectifs de l'étude	3
I) Matériel et méthode	
1) Les populations en place.....	3
<i>a) Sites d'étude et protocole d'échantillonnage</i>	3
<i>b) Logiciels utilisés</i>	4
<i>c) Traitement des données des populations en place</i>	4
2) Le recrutement	5
<i>a) Sites d'étude et matériel utilisé</i>	5
<i>b) Identification moléculaire des espèces</i>	7
II) Résultats	
1) Les populations en place.....	8
2) Le recrutement	14
III) Discussion	
1) Les populations en place.....	16
2) Le recrutement	19
Conclusion	22

INTRODUCTION

1) Contexte de l'étude

En un demi-siècle, la quantité de poissons pêchée dans le monde chaque année est passée de 20 à 92 millions de tonnes, une consommation qui devrait encore croître avec une population humaine en constante augmentation. Faciles à capturer et fortement demandées sur le marché, les anguilles du genre *Anguilla* Schrank, 1798 - sont couramment pêchées à travers le monde. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), les prises d'anguilles diminuent dans le monde entier, passant de 18 600 tonnes en 1994 à 12 700 tonnes en 2000, cette diminution pouvant être liée à un déclin des populations d'anguilles.

La gestion intégrée et durable des différentes espèces d'anguilles est d'autant plus délicate que leur cycle de vie est l'un des plus complexes parmi les organismes migrateurs. En effet, les anguilles naissent dans l'océan sous forme de larves planctoniques leptocéphales¹. Ces larves doivent migrer depuis l'aire de ponte située souvent à plusieurs milliers de kilomètres jusqu'au talus continental où elles se métamorphosent sous forme de civelles transparentes qui passent par différents stades avant de se pigmenter totalement. C'est le plus souvent au stade civelle transparente que le recrutement a lieu et qu'une migration anadrome (des eaux salées vers les eaux douces) commence. Par la suite, l'anguille se pigmente et est alors appelée anguille jaune, elle est en cours de maturation, enfin elle devient argentée au bout de 3 à 15 ans (en moyenne 10 ans pour l'anguille européenne), elle a alors atteint le stade adulte mature. Les adultes retournent en mer se reproduire : c'est la dévalaison ou migration catadrome.

L'aquaculture de l'anguille a commencé en Asie en 1879 à Tokyo par l'élevage des anguillettes (FAO). Toutefois, tant que tous les stades de la reproduction évoqués précédemment ne sont pas maîtrisés, l'anguilliculture dépendra des populations naturelles et des captures d'anguilles à différents stades de développement resteront nécessaires.

Ainsi, l'anguille européenne (*Anguilla anguilla* Linnaeus 1758) par exemple, a fort intérêt économique notamment pour les côtes ouest européenne d'atlantique et de méditerranée (MORIARTY et DEKKER, 1997) est à présent une espèce menacée, placée sur la liste rouge mondiale de L'IUCN (2008), cela suite à la surexploitation des populations

¹ Leptocéphale : dont la tête présente une forme aplatie.

naturelles pour la pêche ainsi qu'à d'autres facteurs anthropiques tel que la perte d'habitats ou encore la contamination par des parasites (HUERTAS, 2006). De plus l'espèce japonaise (*Anguilla japonica*, Temminck & Schlegel 1846) tout comme l'espèce américaine (*Anguilla rostrata*) ont également des populations en déclin (HARO et al, 2000).

En Polynésie Française il existe 3 espèces d'anguilles - *Anguilla marmorata* (Quoy & Gaimard, 1824), *Anguilla megastoma* (Kaup 1856) et *Anguilla obscura* (Günther 1872) – qui sont sous exploitées et très peu consommées par les polynésiens du fait de l'existence entre autre, d'anciennes légendes liant étroitement l'anguille soit aux ancêtres de la population humaine actuelle, soit à la genèse du végétal le plus précieux dans l'économie de ces îles : le cocotier (LE BELLE et al, 1987)

Sur ces 3 espèces, *Anguilla marmorata* à la plus vaste aire de répartition, elle est présente dans toute la zone Indo-Pacifique. *Anguilla megastoma* quant à elle a une répartition pacifique s'étendant des îles Salomon jusqu'à Pitcairn. Enfin *Anguilla obscura* a une répartition Pacifique s'étendant de l'Australie, la Nouvelle Calédonie et de la Nouvelle-Guinée jusqu'en Polynésie Française (KEITH et al, 2004).

Une première étude a été réalisée par Le BELLE et al en 1987 portant sur le caractère exploitable des espèces polynésiennes : *Anguilla marmorata* et *obscura*. Cette étude dont la conclusion était positive quant à cette exploitation, ne portait en fait que sur la valeur alimentaire des anguilles. Par ailleurs, Marquet (1992) lors de sa thèse a permis d'obtenir certains résultats sur les populations en place et la dynamique du recrutement² principalement sur Moorea et Tahiti. Néanmoins ces études préliminaires ont laissé de grandes zones d'ombres. Face à une demande d'éventuelle exploitation de cette ressource, les services locaux de gestion (Service de la Pêche) ont demandé des compléments d'information sur la biologie et l'écologie des espèces d'anguilles de Polynésie Française. C'est dans ce contexte que se situe cette étude.

2) Objectifs de l'étude

Cette étude a 2 objectifs principaux qui permettront à la fois de compléter les données sur la biologie des espèces d'anguilles présentes en Polynésie, et d'apporter des éléments susceptibles d'aider à une gestion raisonnée des populations. Il s'agit :

² Processus par lequel la fraction la plus jeune de la population s'intègre pour la première fois à l'ensemble des poissons accessibles.

- d'une part, d'étudier la structure des populations en place dans 3 archipels de la Polynésie Française,
- d'autre part, d'étudier la dynamique du recrutement de 3 espèces d'anguilles présentes en Polynésie.

I. MATERIEL ET METHODES

1) Les populations en place

a) Sites d'études et protocole d'échantillonnage

La Polynésie Française se compose de 118 îles et îlots d'origine volcanique ou corallienne, couvrant une superficie émergée de 4.200 km² dispersée sur 2 500 000 km² (soit pour une surface équivalente à celle de l'Europe, moins de 0,2% de terres émergées), le territoire est composé de cinq archipels : îles de la Société, des Marquises, des Gambiers, des Tuamotu et des Australes (MARQUET, 1992b).

Sept îles ont été échantillonnées lors des campagnes de pêche (désignées en noir sur la figure 1) : Rurutu et Tubuai pour l'archipel des Australes, Moorea, Tahiti et Raiatea pour celui de la Société, Hiva oa et Nuku hiva pour les Marquises. L'archipel des Tuamotu, constitué d'atolls n'a pas été échantillonné, la présence d'anguilles y est anecdotique du fait de la quasi-absence d'eau douce. Dans ces îles, ont été échantillonnées 40 rivières différentes et 68 stations (cartes en Annexe 1), avec une moyenne de 3 rivières par île et dans la mesure du possible une station en amont, une station au niveau du cours moyen et une en aval. Cette zonation écologique adaptée par Starmülner aux zones tropicales (MARQUET, 1988) définit ces 3 stations comme suit :

- amont ou cours supérieurs : au-delà de 700m d'altitude avec différentes sous parties selon la vitesse du courant
- cours moyen : entre 200 et 700m d'altitude
- aval ou cours inférieur : altitude inférieure à 200m

Le choix des îles s'est fait pour des raisons pratiques mais aussi de manière à réaliser un transect Nord-Est/Sud-Ouest au travers de la Polynésie (Figure 1).



— : transect

Figure 1 : Localisation de la Polynésie, de ses 5 archipels et des îles échantillonnées pendant les campagnes de 2007 et 2009.

Les campagnes de recensements des espèces ont eu lieu du 24 juin au 13 juillet 2007 pour les Australes et la Société et du 3 au 12 mai 2009 pour l’archipel des Marquises. Ces périodes correspondant à l’étiage en saison sèche, et ont été choisies pour obtenir une meilleure efficacité de la pêche électrique (POLLABAUER, 2007). Ce recensement consiste en une pêche grâce à un appareil à électrochoc portable, les poissons sont tétanisés par les impulsions électriques et portés par le courant jusque dans l’épuisette posée en aval des électrodes. La technique d’échantillonnage ponctuel d’abondance (EPA) a été appliquée, c'est-à-dire que les pêches étaient effectuées sur une surface déterminée correspondant à un nombre d’EPA (ici 1 EPA=20m² et un minimum de 10 EPA a été appliqué par station). Toutes les anguilles capturées étaient comptabilisées, anesthésiées avec de l’eugénol faiblement concentré pour effectuer les mesures morphométriques au millimètre près pour la taille totale et celle des nageoires et au gramme près pour le poids. Les autres poissons capturés étaient identifiés, mesurés et pesés mais ne seront pas considérés dans cette étude..

L’identification des espèces est effectuée grâce la clé proposée par Ege en 1939 ainsi que grâce à la coloration de la peau. Une vérification par méthode moléculaire a été menée pour certains individus des Marquises à l’occasion de l’identification des civelles.

b) Logiciels

Les logiciels principalement utilisés pour le traitement des données ont été Excel 2007 et SPSS version 10.

c) Traitement des données des populations en place

Détermination des classes de taille :

La détermination de l'âge est un élément clé pour comprendre la dynamique d'une population de poisson. En effet lorsque l'on échantillonne sur le terrain, on est en présence de k cohortes (les générations sont mélangées) distribuées selon k distributions approximativement normales de moyennes et variances différentes. Pour une interprétation cohérente, une recherche de classes de tailles correspondant à des âges différents a été effectuée. Aucune clé âge/taille pré-établie pour ces espèces n'étant disponible dans la bibliographie, et n'ayant pas d'informations sur l'âge des individus collectés (habituellement étudié grâce aux otolithes³ GASCUEL, 1994), le choix s'est donc porté sur la méthode de décomposition polymodale (Annexe 2) pour déterminer les classes d'âge.

Estimation de la qualité des populations en place :

Proportion relative et fréquence d'occurrence : le nombre d'individus de chaque espèce et la présence ou non de chacune des espèces par île a été calculée.

Rythme d'extinction : le rythme d'extinction (z) des différentes espèces pour chaque archipel a été calculé selon la méthode proposée par ROBINET et al, 2007 afin de comparer nos données à celle précédemment obtenues par Robinet sur les Marquises mais également car cet indice permet de vérifier si les populations échantillonnées ont bien une structure représentative d'une espèce non exploitée.

Biomasse : La somme des poids mesurés lors des recensements a été calculée et divisée par le nombre d'EPA par station.

2) *Le recrutement*

a) Sites d'études et matériel utilisé

L'île choisie pour étudier le recrutement est Moorea où est basé le CRIOBE, elle est située dans l'archipel de la Société, à 25 km au N/ N-W de Tahiti (Latitude : 17°30 S et 149°50' de longitude), sa surface est de 132 km², avec un sommet qui culmine à 1207m (Mont Tohivea).

Les îles du Vent dont fait parti Moorea sont des îles volcaniques ou îles hautes. Les deux principales rivières de l'île sont l'Opunohu et la Paopao qui débouchent dans les 2 baies respectivement d'Opunohu et de Cook.

³ Concrétion minérale trouvée dans le système vestibulaire de l'oreille interne des vertébrés.

Le climat de la Société est un climat de type tropical humide. Le cycle annuel est bien marqué, caractérisé par des pluies fortes en saison chaude (de novembre à avril), devenant souvent faibles en saison fraîche, les mois de décembre et janvier sont les plus arrosés. Les côtes exposées à l'alizé et surtout les hauteurs sont beaucoup plus arrosées. Les températures sont chaudes mais pas excessives (moyennes annuelle de 26°C à Faaa). On notera qu'une période cyclonique et de dépression tropicale a eu lieu au moment du stage, entraînant de nombreuses modifications de la configuration de l'estuaire étudié (l'Opunohu) et de l'organisation de la pose du filet. Les données météorologiques nécessaires à l'étude sur l'Opunohu, ont été obtenues grâce à la station météorologique du CRIOBE, et donc à proximité du site de récolte, permettant ainsi d'éviter les biais liés à la variabilité importante du climat observée d'un versant à l'autre de l'île.

Le filet a été placé dans l'estuaire de l'Opunohu (Figure 2), il couvre environ la moitié du cours d'eau pour laisser circuler les bateaux (kayak, pirogue) (Cf photo de couverture).

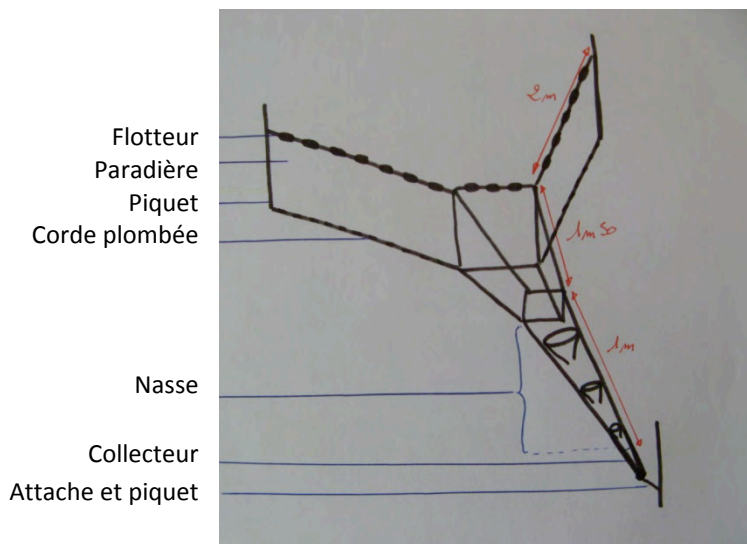


Figure 2 : Schéma du filet utilisé pour la capture des civelles.

La paradière citée dans la figure 2 est constituée d'une toile rigide de maille 2mm. Le même dispositif a également été placé sur l'île de Tubuai et Nuku Hiva pour un mois lunaire. Le filet est retiré de l'eau et lavé une fois par semaine environ. La relève du collecteur est effectuée tous les jours à heures plus ou moins fixes le matin. L'ensemble des poissons et crustacés est recensé, les civelles triées, mesurées et fixées dans l'éthanol à 75%. Les mesures effectuées sur les individus sont les suivantes : longueur totale (LT) (Figure 3), longueur entre l'extrémité de la tête et le début de la nageoire dorsale (LD) et longueur entre l'extrémité de la

tête et le début de la nageoire anale (LA). Ces mesures permettent une identification de l'espèce grâce au calcul du ratio que l'on nommera A ($A = \left(\frac{LA-LD}{LT} \right) \times 100$).

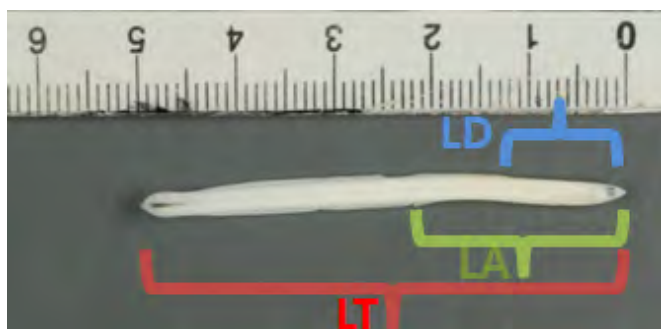


Figure 3 : Mesures effectuées sur les individus, exemple d'*Anguilla marmorata*

Des mesures ont également été effectuées sur des civelles déjà fixées, il a donc été nécessaire de corriger le biais des mesures prises suite à la rétraction des tissus dans l'alcool (KUROKI, 2008). Pour cela un échantillon de 42 civelles déjà mesurées sur le frais, a été mesuré de nouveau après fixation. Un test de Wilcoxon révèle une différence significative pour chacune des 3 mesures LT, LA, LD (pvalue ≤ 0.001 et $Z=-4,842$; $Z=-3,551$; $Z=-4,041$ respectivement pour les 3 mesures). A partir de cette conclusion, les ratios des moyennes frais/fixé ont été calculés et un coefficient de correction a été appliqué à toutes les mesures qui n'avaient pas pu être effectuées sur le frais (1,06 pour LT, 1,09 pour LD et 1,08 pour LA).

A partir de toutes les mesures obtenues sur le frais ou corrigés, les espèces ont été classées comme présenté dans le tableau 1.

Ratio A (%)	Espèce
0-6	<i>Anguilla obscura</i>
7-8	<i>Anguilla sp</i>
9-11	<i>Anguilla megastoma</i>
12-13	<i>Anguilla sp</i>
>14	<i>Anguilla marmorata</i>

Tableau 1 : Valeurs de A considérée pour chaque espèce

b) Identification moléculaire

Les valeurs de A présentant des distributions chevauchantes, l'identification des espèces n'est pas certaine (WATANABE et al, 2004), Il s'est donc avéré nécessaire pour certains individus (*Anguilla sp* dans le tableau n°1) d'identifier moléculairement l'espèce par la méthode de PCR⁴ multiplex. Cette méthode de PCR multiplex permet une identification

⁴ Polymerase Chain Reaction

facile des 5 espèces de l’Océan Pacifique avec une efficacité égale quelque soit le stade de développement d’un individu (GAGNAIRE, 2009).

Cette technique de PCR, dite semi-multiplexe, est basée sur l’amplification différentielle de fragments du gène codant l’ARNr 16S mitochondrial. Les longueurs de ces fragments sont différentes chez chacune des 5 espèces d’anguilles présentes dans l’Océan Pacifique Sud. L’amorce forward «anguille-spécifique» L1854’ (5’ - AAAACTCGTACCTTTTGCAT - 3’), commune à toutes les espèces, est utilisée conjointement avec 3 différentes amorces reverses « espèce-spécifiques » (annexe 3), dans le même mélange PCR. L’extraction de l’ADN est faite selon le protocole du kit DNeasy blood and tissue. Cependant, suite à un problème dans la réception en Polynésie des amorces spécifiques, les PCR n’ont pu être effectuées dans les délais du stage. Les résultats partiels ainsi que le détail du volume réactionnel sont également présentés en annexe 3. L’analyse des résultats obtenus des tests sera donnée lors de la présentation orale.

II. RESULTATS

1) Population en place

Composition spécifique des communautés d’anguilles :

Sur un total de 812 individus échantillonnés, *Anguilla marmorata* est l’espèce la plus représentée que ce soit en termes de proportion (Tableau 2) ou d’occurrence (Tableau 3). On notera cependant une exception à cette domination : l’Archipel des Australes ou *Anguilla obscura* est majoritaire, en proportion et en occurrence même si *Anguilla marmorata* y est très fréquemment rencontrée (Tableau 3).

Archipels	Iles	A.marmorata (N=653)	A.obscura (N=64)	A.megastoma (N=5)	A.sp (N=90)
Société	Tahiti	94.7	0	0	5.3
	Moorea	96.6	0	0	3.4
	Raiatea	96.1	0	1.0	2.9
Australes	Rurutu	38.1	53.6	0	8.3
	Tubuai	21.2	72.7	6.1	0
Marquises	Hiva oa	98.2	0.6	0.6	0.6
	Nukuhiva	98.8	0	0.6	0.6

Tableau 2 : Proportion relative des 3 espèces pour N=114, 148, 105, 84, 33, 156, 172 respectivement pour chaque île.

Archipel	Ile Esp	A marmorata	A obscura	A megastoma
Société	Tahiti	100	0	0
	Moorea	100	0	0
	Raiatea	89	0	11
Australes	Rurutu	89	100	0
	Tubuai	50	100	17
Marquises	Hiva oa	100	10	10
	Nuku hiva	100	0	10

Tableau 3 : Fréquences d'occurrences des différentes espèces par île

Détermination des classes de taille :

La méthode de décomposition polymodale a permis de distinguer seulement 2 cohortes chez *Anguilla marmorata* dans les stades les plus jeunes mais elle n'a pas permis de discerner les autres cohortes. Une première classe d'âge des « 0+ » correspondant à une taille de 50mm (taille lors du recrutement) à 350mm environ (taille donnée également par MARQUET, 1987) et une seconde classe d'âge des « 1+ » correspondant à une taille de 350mm à 500mm environ. Une 3^{ème} classe d'âge « 2+ » non visible avec la décomposition polymodale peut être éventuellement distinguée autour de 80 cm grâce au graphique suivant :

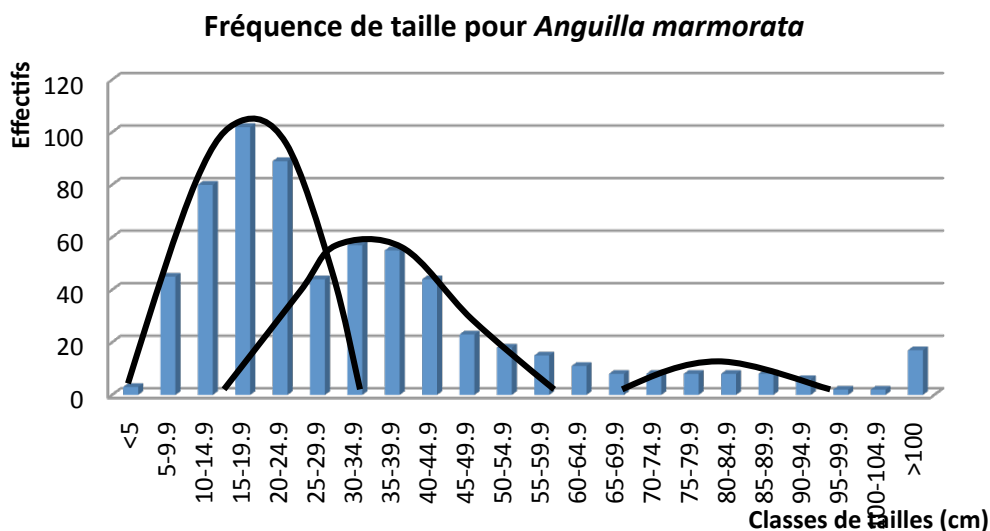


Figure 4 : Histogramme des fréquences de taille d'*Anguilla marmorata* (N=653) sur l'ensemble des îles de Polynésie échantillonnées, toutes stations confondues

Le nombre de cohortes n'étant pas satisfaisant et parfois non soutenu par la décomposition polymodale, le découpage des classes pour la suite des traitements statistiques

est finalement resté arbitraire. Afin de pouvoir comparer certaines données historiques, nous avons opté pour le découpage en classes issu de la thèse de MARQUET, 1987.

Etant donné le faible nombre d'individus pour les 2 autres espèces (69 au total), les mêmes classes de tailles ont été utilisées. Le traitement des données a été effectué par île et non par fleuve, les échantillons étant généralement inférieurs à 20 individus et donc trop faibles pour obtenir un traitement statistique fiable et des résultats lisibles.

Structure de taille des populations :

Pour *Anguilla marmorata*, l'espèce la mieux représentée dans les échantillonnages, le graphique (Figure 5) montre un nombre d'individus supérieur à 100cm assez important (moyenne=31,1cm \pm 20,3) et des cohortes assez distinctes. La structure de taille d'*Anguilla megastoma* (moyenne=72,8cm \pm 25,6) n'est pas analysable, cependant la figure 5 montre que de petits individus comme des grands sont présents. Enfin *Anguilla obscura* a une taille inférieure au 2 espèces précédentes (moyenne=21,7cm \pm 20,2), les 3 cohortes semblent présentes mais de taille inférieure à *Anguilla marmorata* et *Anguilla megastoma*.

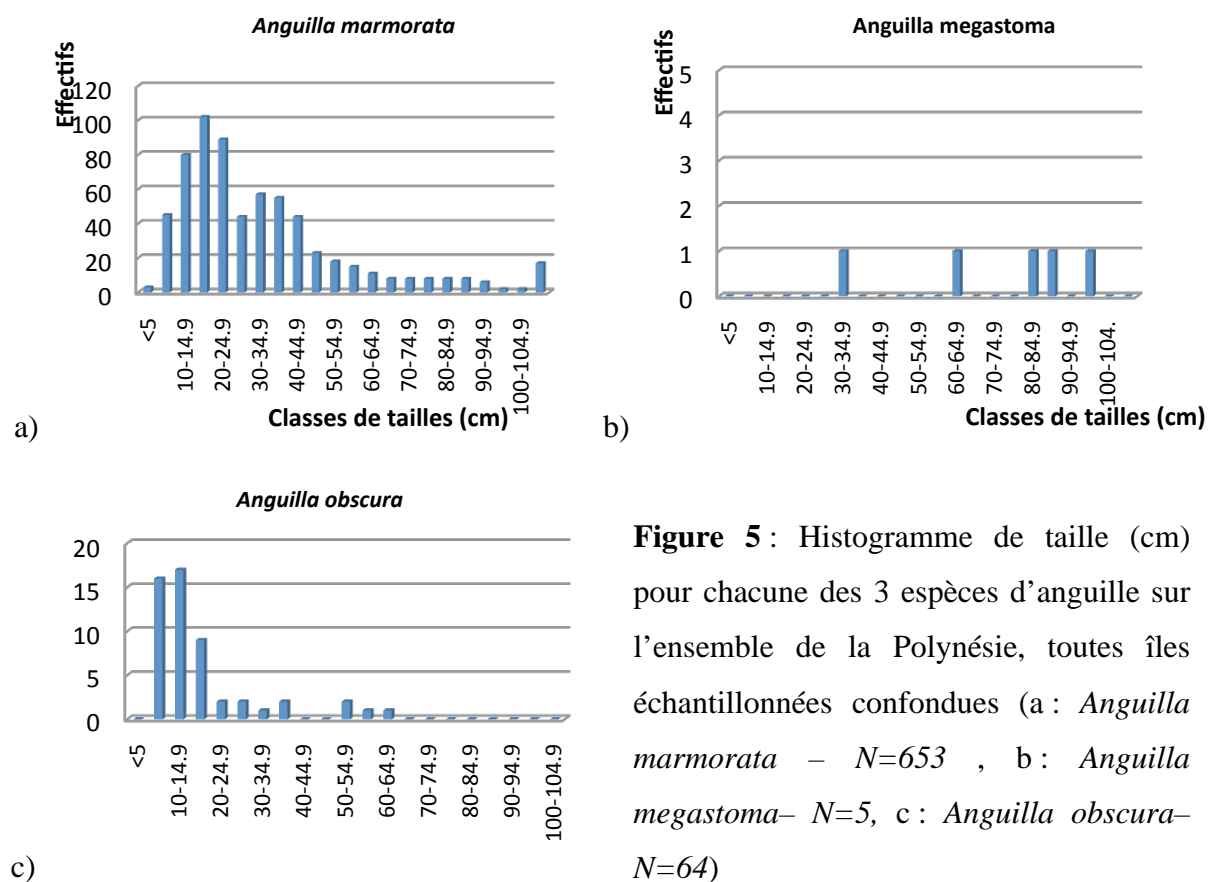


Figure 5 : Histogramme de taille (cm) pour chacune des 3 espèces d'anguille sur l'ensemble de la Polynésie, toutes îles échantillonnées confondues (a : *Anguilla marmorata* – N=653 , b : *Anguilla megastoma*– N=5, c : *Anguilla obscura*– N=64)

La distribution de taille d'*Anguilla marmorata* au niveau de la Polynésie ne suit pas une loi Normale (Kolmogorov smirnov pour un échantillon : $Z=1,129$ et $pvalue= 0,156$ pour $\alpha=0,05$; $N=22$), un test non paramétrique a donc été utilisé pour comparer les distributions de taille entre les stations. Cette comparaison entre stations n'a été possible pour les autres espèces vu les faibles effectifs échantillonnés.

Un test de KS révèle qu'il existe une différence significative entre stations suivant leur étagement sur les fleuves (Figure 6), il montre une différence significative seulement entre amont et aval des cours d'eau pour l'ensemble des stations échantillonnées ($pvalue=0,008$ donc inférieur à $\alpha=0,01$ et $Z=1,658$). Par contre, il ne montre pas de différence significative entre aval et cours moyen, et cours moyen et amont. On précisera que le nombre d'individus échantillonnés en amont est faible.

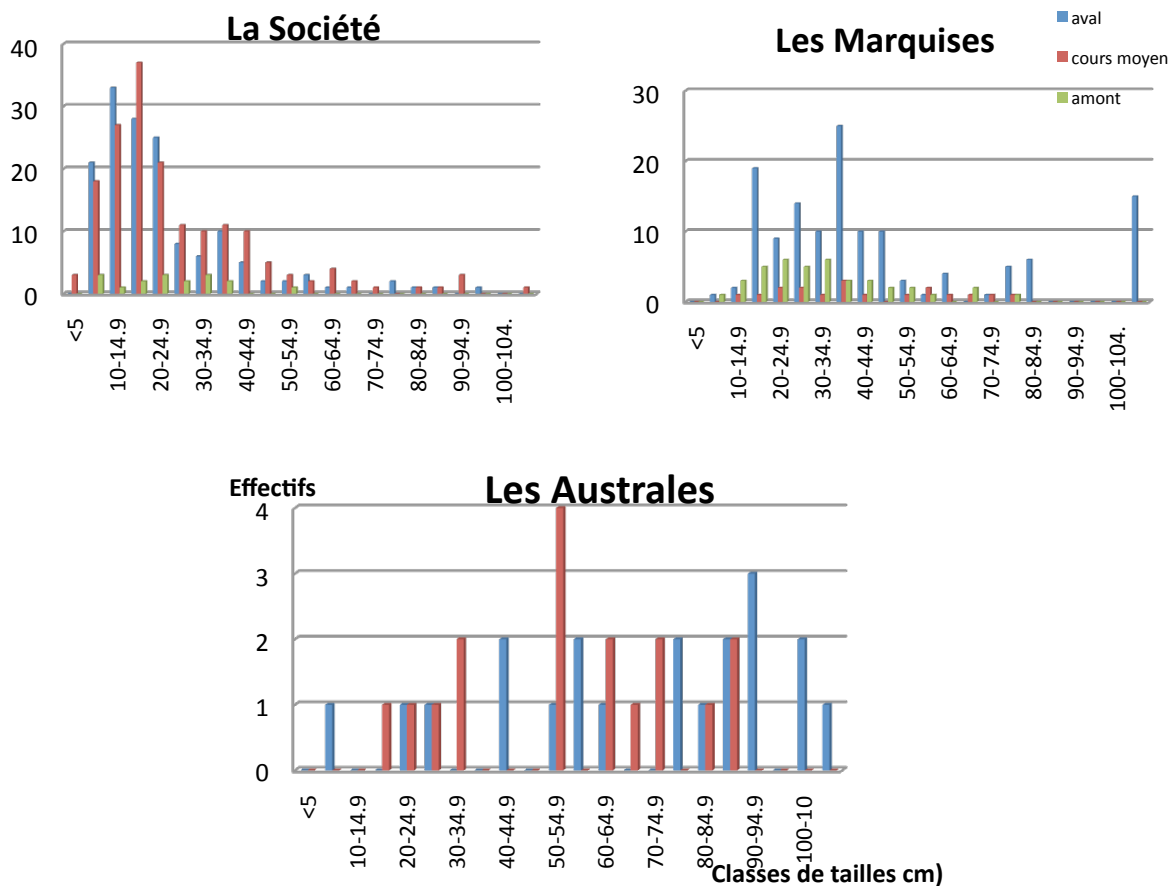


Figure 6 : Histogramme de taille pour *Anguilla marmorata* sur chaque archipel en fonction de la station (amont, cours moyen, aval)

Une différence significative de distribution de taille est observée entre les Australes et les 2 autres archipels, mais pas entre l'archipel des Marquises et de la Société.

Aucune différence significative n'est observée entre les îles des archipels de la Société et des Marquises (ex entre Nuku hiva et Hiva oa: $Z=0,452$ pour $\alpha=0,05$ et $\text{sig}=0,987$). Par contre, il existe une différence significative entre les îles des Australes (Rurutu et Tubuai) ($\alpha=0,05$; $Z=1,508$ et $\text{sig}=0,021$). Toutefois, cette différence provient probablement du trop faible nombre d'individus échantillonnés, notamment à Tubuai ($N=7$). L'absence relative de différence de distribution des tailles des anguilles au sein des archipels nous amène à traiter les données par archipel.

Enfin, les données d'*Anguilla marmorata* qui ont pu être comparées avec celle de Marquet en 1987 au niveau de la vallée de l'Opunohu ne sont pas significativement différentes ($Z=0,905$; $\text{sig}=0,387$ et $\alpha=0,05$).

Rythme d'extinction des populations:

Le Rythme d'extinction a été calculé pour *Anguilla marmorata* pour les 3 archipels (tableau 4 ci-dessous) et *Anguilla obscura* seulement pour l'archipel des Australes où la valeur obtenue est de 1,10.

Archipel	Société	Australes	Marquises
z	1.54	1.48	1.14

Tableau 4 : Rythme d'extinction d'*Anguilla marmorata* dans l'archipel des Australes avec z désignant la pente de la droite de régression

Biomasses des populations :

Les biomasses des différentes îles sont présentées dans le tableau 5 (en annexe 4, elles sont présentées par fleuve), Pour les 3 espèces d'anguilles, les biomasses les plus importantes sont observées aux Australes, puis dans les Marquises et la Société. La biomasse moyenne de la Polynésie est de 80,43 kg/ha.

	Société		Australes			Marquises	
<i>Anguilla marmorata</i>	36.87 ±16.51		138.96 ±180.70			65.45 ±49.08	
<i>Anguilla obscura</i>	18.9 ±12.59						
	Tahiti	Moorea	Raiatea	Rurutu	Tubuai	Hiva oa	Nuku hiva
<i>Anguilla marmorata</i>	53.39 ±28.19	36.84 ±15.81	20.38 ±15.41	266.73 ±496.43	11.18 ±7.29	30.74 ±26.70	100.16 ±45.62

<i>Anguilla obscura</i>	27.8 ±43.18	10 ±18.64	
<i>Anguilla Megastoma</i>	6.12	39.43	9.17

Tableau 5: Biomasses des anguilles de Polynésie Française par île et par archipel en kg/ha

La répartition de ces biomasses sur les cours d'eau a été représenté dans le tableau 6 suivant. Pour *Anguilla marmorata*, les biomasses semblent plus faibles en amont qu'en aval ou qu'en cours moyen, mais il n'existe en réalité pas de différence significative (test de Kruskal wallis : pvalue=0,127 ; ddl=2 ; $\alpha=0,05$).

Sur les 3 biomasses mesurées chez *Anguilla megastoma*, 2 sont mesurées en amont des cours d'eau.

Archipel	Station	Moyenne ± écart type	Ile	Station	Poids (Kg/ha)
Société	Amont	17.53 ±17.97	Tahiti	Amont	3.23
				Cours moyen	43.67
				Aval	50.57
	Cours moyen	31.40 ±7.39	Moorea	Amont	11.67
				Cours moyen	47.03
				Aval	29.78
	Aval	29.68 ±20.95	Raiatea	Amont	37.70 6.12
				Cours moyen	32.89
				Aval	8.68
Australes	Cours moyen	51.65 ±54.8 7.38 ±1.10	Rurutu	Amont	116.00
				Cours moyen	90.40 8.16
				Aval	352.07 21.63
	Aval	352.07	Tubuai	Cours moyen	12.90 6.6 39.43
Marquises	Amont	22.87	Hiva oa	Cours moyen	33.73
	Cours moyen	33.73	Hiva oa	Aval	49.32
	Aval	108.55 ±83.76	Nuku Hiva	Amont	22.87 9.17
			Nuku Hiva	Aval	167.78

Tableau 6 : Biomasse des 3 espèces d'anguille par archipel et par île en fonction de la position de la station sur les fleuves. (En noir pour *Anguilla marmorata*, en rouge pour *Anguilla obscura* et vert pour *Anguilla megastoma*).

2) Le recrutement

Caractéristiques générales des données récoltées

Sur 669 individus capturés, *Anguilla marmorata* est l'espèce majoritairement représentée avec 90,8% du total des civelles capturées durant la période de pose du filet : 121 jours de pêche d'avril 2009 à avril 2010 à Moorea. *Anguilla megastoma* est présente à 2% et *Anguilla obscura* à 3,2%. Les 4,1% restant étant des individus dont l'espèce n'a pas été déterminée.

Les caractéristiques morphométriques des 669 individus récoltés sont présentées par espèce dans le tableau 7. Sur ce total de 669 civelles, le nombre maximum d'individus collectés en une journée a été de 174 pendant la lune de décembre.

Espèce	N	LT minimum (mm)	LT maximum (mm)	Moyenne \pm écart type (mm)
<i>Anguilla marmorata</i>	600	42	55	50,2 \pm 1,9
<i>Anguilla obscura</i>	21	43	53	47,6 \pm 2,3
<i>Anguilla megastoma</i>	14	44	53	50 \pm 2,7
<i>Anguilla sp</i>	34	43	55	50,5 \pm 2,8

Tableau 7: caractéristiques des individus capturés durant la période étudiée à Moorea

Un test du Chi 2 a été réalisé entre les proportions des 3 espèces dans les populations en place (Tableau 2) et les proportions du recrutement. Il n'y a pas de différence significative à Moorea entre les populations en place et le recrutement en terme de composition spécifique (Chi 2 calculé = 5,57 et Chi 2 théorique = 9,49 ddl = 4 pour $\alpha=0,05$). La même conclusion apparaît lorsque l'on enlève le pourcentage d'*Anguilla obscura* des données (Chi 2 calculé = 3,61, Chi 2 théorique = 0,0039 et ddl = 1)

De même, les données obtenues grâce au filet posé à Tubuai ont montré la présence de civelles appartenant uniquement à l'espèce *Anguilla obscura* avec toutefois un nombre de civelles capturées très faible (seulement 7). La pose du filet à Tubuai a malheureusement eu lieu pendant la lune où le cyclone OLI est arrivé en Polynésie française (27 février 2010). La taille moyenne des individus est de 47,3 mm \pm 2,2. Une différence significative existe entre les populations en place et le recrutement (Chi 2 calculé = 37,55 Chi 2 théorique = 9,49 pour ddl = 4 et $\alpha=0,05$).

Recrutement dans le temps et facteurs environnementaux :

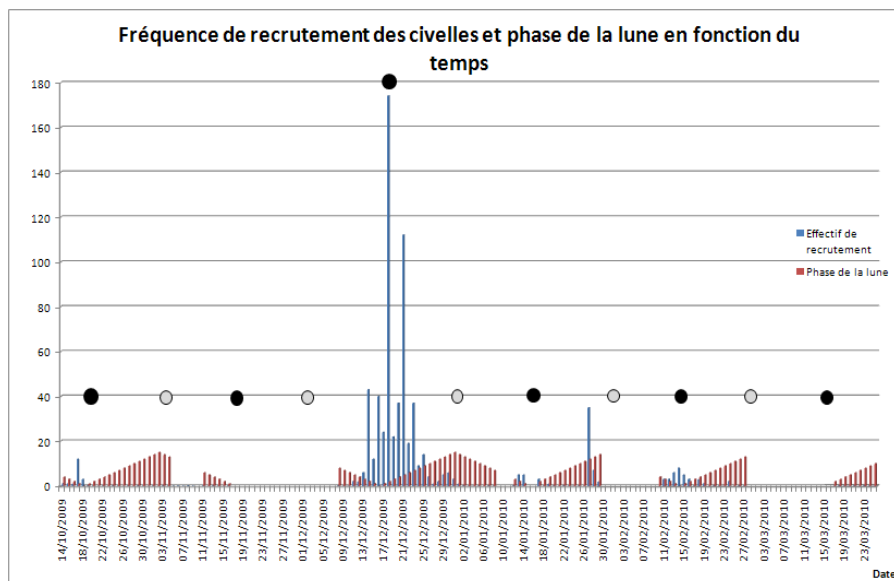


Figure 7: Effectifs recrutés à Moorea et phase de la lune en fonction de la date (les relevés n'ont pu être effectués lorsque la phase de la lune en rouge est absente).

Le recrutement n'est pas également réparti dans le temps, il se concentre entre décembre et février pour la période étudiée. Un recrutement particulièrement important a eu lieu en décembre (Figure 7). Il existe une corrélation significative entre le recrutement et la phase lunaire (Spearman, $p=0.015$ avec $\alpha=0,05$ et un coefficient de corrélation de $-0,235$ avec la pleine lune).

De même, nous avons comparé les valeurs obtenues sur un mois lunaire : celui de décembre (Annexe 3). Un test du Chi 2 révèle une différence significative entre les phases de la lune (Chi 2 calculé = 555,12 et Chi 2 théorique = 16,27 pour $\alpha=0,001$ et ddl= 3)

A une échelle plus fine, lors des jours de recrutement particulièrement importants, le filet a été relevé toutes les deux heures permettant ainsi d'étudier la dynamique du recrutement au cours d'une journée et notamment savoir si celui-ci s'effectuait la nuit uniquement (GASCUEL, 1986) ou bien également en journée. Les résultats obtenus montrent qu'il y a eu une entrée de civelles dans l'estuaire tout au long de la journée (Tableau 8).

	18 décembre	22 décembre
Heure de pose du collecteur : 10h-8h	122	11
Heure de pose du collecteur : 8h-18h	52	8

Tableau 8: Effectifs recrutés en fonction de l'heure de collecte pour le 18 décembre et le 22 décembre 2009 à Moorea

Un test de corrélation de spearman a été réalisé entre les données de recrutement et les données de précipitation afin de tester si un apport d'eau douce dans la baie pouvait influencer le recrutement des civelles. Nous n'avons pas mis en évidence de relation significative entre les précipitation et le recrutement ($p=0,362$ pour $\alpha=0,05$ et coefficient de corrélation de $-0,087$).

Caractéristiques morphologique des civelles en fonction du temps

La différence de taille des civelles d'*Anguilla marmorata* a été testée entre la nouvelle lune de décembre 2009 et celle de février 2010 grâce à un test de Mann Withney. La différence est significative entre les 2 échantillons ($p=0,001$ pour $\alpha=0,05$ et $U=1816$ Ndécembre=423 et Nfévrier=26) et la somme des rangs est supérieure pour décembre, les civelles recrutées en février ont donc une taille significativement inférieure à celle de décembre.

III) DISCUSSION

1) *Les populations en place*

La comparaison des données de distribution des espèces obtenues en 2007 (Tableau 3) à celle de KEITH et al, 2004, permet de faire 2 nouveaux signalements : *Anguilla obscura* sur Hiva oa et *Anguilla megastoma* sur les 2 îles des Marquises. Cela devrait être confirmé par les analyses génétiques pour les Marquises. Par contre certaines stations où ces espèces avait été signalées comme présentes, n'ont pas été retrouvées lors de la campagne de 2007 (ex : *Anguilla obscura* dans la Société). Ces différences peuvent s'expliquer d'une part, par le peu de prospections réalisées précédemment dans ces îles, en effet la faune des milieux récifaux et océaniques y est particulièrement bien étudiée et connue contrairement à la faune ichtyologique d'eau douce, plutôt négligée des publications (MARQUET, 1992b). D'autre part, lors des campagnes de 2007 un seul passage sur chaque station à été appliqué contrairement à MARQUET, 1991 par exemple où la méthode de De Lury a été appliquée.

Les résultats obtenus montrent une domination nette d'*Anguilla marmorata* dans 2 des archipels étudiés. Ce résultat est toutefois à relativiser du fait que les eaux stagnantes n'ont pas ou peu été prospectées lors des pêches électriques, il est donc très probable que la

population d'*Anguilla obscura* inféodée à ces milieux lenticules aient été sous estimée ici. Par ailleurs, *Anguilla megastoma*, présente dans les eaux courantes des 3 archipels de manière sporadique, est rare ; cela peut s'expliquer par le fait qu'elle est en limite de son aire de répartition.

Malgré ce biais dans les proportions d'*Anguilla obscura*, la différence entre archipels reste néanmoins sans appel et est plutôt étonnante. La distance entre l'archipel des Australes et de la Société est 2,7 fois inférieur à la distance entre les Marquises et la Société, on s'attendrait alors à avoir des compositions spécifiques plus proches entre la Société et les Australes. Les résultats indiquent l'inverse, l'hypothèse suivante peut être émise : l'archipel des Australes situé le plus au sud fait que le cycle saisonnier est bien marqué avec une amplitude de la variation annuelle de température de l'ordre de 6,3°C, soit la plus forte de la Polynésie Française alors qu'elle n'est que de 1,3 à 2,8°C seulement pour la Société et 1,5°C pour les Marquises. L'existence de cette saison plus fraîche, dépasse peut-être la limite physiologique d'*Anguilla marmorata* contrairement à *Anguilla obscura* par exemple. Cette différence étant retrouvé au niveau du recrutement elle sera discuté à nouveau.

Un autre point important de l'étude de ces populations en place est la question de la structure en taille des différentes populations. Au vu de la large gamme de taille présente dans les populations, on aurait pu s'attendre à trouver un nombre de cohortes important. 2 cohortes seulement ont été trouvées. Certaines critiques sur la méthode de décomposition polymodale peuvent expliquer ce faible nombre de cohortes trouvées : les anguilles ont certes, un recrutement plus ou moins concentré dans le temps (octobre à avril) mais le taux de croissance d'une anguille peut varier à plusieurs reprises au cours de la vie de celle-ci, ce qui fait en sorte que pour une même cohorte, on trouve une gamme de tailles assez grande de plus mâle et femelle ne sont pas distingués dans l'échantillonnage alors qu'un certain dimorphisme sexuel existe (KEITH et al, 2004).

Les classes de taille arbitraire finalement choisit suite à cela ont permis la comparaison avec les données de MARQUET, 1987. Concernant *Anguilla marmorata*, le test nous indique qu'à priori les populations, en l'absence de prélèvements importants, se maintiennent. Il est vrai que les 2 études ont été faites à plus de 20 ans d'intervalles et des données intermédiaires auraient pu infirmer ou confirmer ce maintien des populations ou mettre en évidence des variations au cours du temps. Des suivis plus réguliers sont à encourager surtout dans une optique d'exploitation de la ressource.

Les structures de taille comme pour la composition spécifique, distinguent les Australes des autres archipels pour *Anguilla marmorata* (effectif total de 37 individus seulement). On observe sur les autres structures de taille de cette espèce, une dominance des individus de la première cohorte d'âge 0+ c'est-à-dire inférieurs à 25 cm pour la Société, ce qui n'est pas le cas pour les Marquises. Nous pouvons penser que l'échantillonnage ayant été fait plus tôt dans la saison aux Marquises, les individus 0+ étaient de plus petite taille et ont donc pu passer au travers de l'échantillonnage. Il est tout de même intéressant de noter que s'ils ne sont pas majoritaires ces petits individus sont néanmoins présents dans les stations d'amont. Il y a donc une colonisation rapide de ces zones lors de la migration anadrome, les jeunes recrues colonisant l'ensemble du cours d'eau dès leur première année de vie. Cela étant peu être aussi lié à des cours d'eau de longueur peu importante dans ces îles de faible surface. Concernant *Anguilla obscura* aux Australes, là aussi les petits individus inférieurs à 20 cm dominant, cela nous mène aux mêmes conclusions que précédemment sur la colonisation des cours d'eau.

Il y a néanmoins un nombre d'individus de grande taille assez conséquent dans les différents archipels, puisque les rythmes d'extinction sont proches de 1,5 en comparaison d'îles exploitées de La Réunion par exemple, où cette valeur est beaucoup plus élevée (ROBINET et al, 2007). Là encore les Australes se démarquent avec un rythme d'extinction plus faible mais l'échantillonnage est trop petit pour vraiment conclure sur cet archipel. Ces populations d'*Anguilla marmorata* sont donc en bon état en l'absence de prélèvement pour l'archipel de la Société et des Marquises. Une telle conclusion demanderait plus d'investigations pour l'archipel des Australes afin d'obtenir des rythmes d'extinction statistiquement robustes.

La valeur de z obtenue pour *Anguilla obscura* servira de données de départ pour les prochaines campagnes de recensement, puisqu'il n'existait aucune donnée comparable jusqu'à présent. Cependant, l'absence de données précédentes ne nous permet pas de donner avec certitude un état de santé de la population de cette espèce.

La biomasse moyenne de la Polynésie pour *Anguilla marmorata* (80,43 kg/ha), est largement supérieure aux îles exploitées telle que l'île Maurice (11,6 kg/ha) ou La Réunion (6,1 kg/ha) (ROBINET, 2007). La ressource est donc présente.

La différence la plus importante est observée entre Rurutu et les autres îles. Celle-ci est lié à la zone d'aval de la rivière Vaipapa (Annexe 5) et est probablement due à la présence

d'embrochements côtiers, se révélant être un habitat favorable pour des individus peu nombreux mais de poids importants. Ces embrochements ont été réalisés sous les ponts de la route de ceinture, il est donc possible que cet aménagement ait modifié la structure de la population sur cette rivière en fournissant des habitats supplémentaires. Une gestion particulière pour l'archipel des Australes est donc à prévoir et l'aménagement de telle zone d'embrochement devra être prise en compte tout au long de la gestion de la ressource.

Comme cela vient d'être présenté, il existe une répartition des espèces sur les cours d'eaux, ainsi *Anguilla marmorata* a une préférence pour l'aval des cours d'eau, de l'embouchure jusqu'aux premières cascades (KEITH et al, 2004) comme le confirme les biomasses mesurées pour cette espèce, elle est donc l'espèce la plus susceptible d'être impactée par les pollutions d'origine humaine. Toutefois, la biomasse est importante pour le fleuve Fataua qui est probablement le cours d'eau le plus pollué des îles de Polynésie. Mais s'agissant notamment de rejets de matière organique, ces eaux sont également riches en nutriments et susceptibles de produire des biomasses importantes. Il est aussi important de relever que les zones anthropisées constituent aussi des zones de nourrissage de certains individus considérés alors comme « sacrés ».

Anguilla obscura a également une biomasse plus importante à Rurutu qu'à Tubuai mais l'écart entre les 2 îles est faible. L'explication est la même que pour celle d'*Anguilla marmorata* concernant les embrochements. Cette espèce a cependant des biomasses non comparables à *Anguilla marmorata* (bien plus faible), cela est lié à une taille moyenne inférieure de l'espèce.

Les biomasses d'*Anguilla megastoma* restent faibles par rapport aux autres espèces. Du fait de sa rareté en Polynésie Française, cette espèce est donc à exclure d'emblée d'une exploitation éventuelle.

2) *Le recrutement*

Plusieurs comparaisons avec l'anguille européenne nous apportent des informations : en premier lieu, les effectifs de recrutement de 600 individus de l'espèce *Anguilla marmorata* de l'Oponohu n'ont rien de comparable avec ceux observés chez *Anguilla anguilla*. Pour exemple, dans l'étude menée par ZOMPOLA et al, 2008, 1725 civelles ont été capturées en 40 jours de pêche sur 2 rivières. Il apparaît donc que le recrutement sur la rivière Oponohu est relativement modeste. Il serait intéressant de faire un suivi du recrutement sur une rivière plus

conséquente à Tahiti pour estimer si le flux entrant est compatible avec une exploitation raisonnée.

Par ailleurs, la taille des espèces polynésiennes au moment du recrutement, est bien inférieure à celle de l'espèce européenne : de 10 à 20 mm en moins pour *Anguilla marmorata* et *Anguilla mégastoma* par rapport à l'espèce européenne, différence plus importante encore avec l'espèce à nageoire courte (*Anguilla obscura*). Or la longueur des civelles est proportionnelle à la distance entre la zone de recrutement et l'aire de ponte, ce qui est pour l'instant en accord avec les écrits : la zone de ponte serait plus proche pour les espèces de Tahiti (MARQUET, 1992a, MINEGESHI, 2008) que l'espèce européenne.

Au vu des résultats, il semblerait que la composition spécifique du recrutement soit conforme à celle des populations en place à Moorea. Ainsi on peut confirmer la domination d'*Anguilla marmorata*, la rareté d'*Anguilla mégastoma* et la sous-estimation des populations d'*Anguilla obscura* lors des pêches électriques. On remarquera cependant que malgré cette sous estimation, le pourcentage de recrutement d'*Anguilla obscura* est faible (3,2%).

A Tubuai, les populations en place ne sont pas conformes aux données de recrutement qui, bien que très partielles, révèlent une grande majorité d'*Anguilla obscura*. Une hypothèse sur cette particularité, serait le déséquilibre créé par *Anguilla obscura* (majoritaire dans les Australes) et donc ici, une sous estimation importante de cette espèce dans les populations en place du fait de la non prospection des eaux stagnantes, les proportions trouvées sur les populations en place surestimant la proportion d'*Anguilla marmorata* plus fréquente de façon générale dans les milieux courants prospectés lors des pêches électriques. Des campagnes de piégeage avec des nasses par exemple dans des eaux stagnantes pourraient permettre de vérifier cette hypothèse.

En dehors de ces informations qui seront utiles pour la gestion des stocks, la différence de composition spécifique des 2 archipels permet de faire l'hypothèse suivante : les différents archipels ne se trouvent pas sur les mêmes chemins de migration depuis l'aire de ponte (ROBINET, 2007), si celle-ci est unique comme le propose MARQUET, 1992a ou MINEGESHI, 2008 concernant *Anguilla marmorata*. Dans le cas contraire nous aurions une composition spécifique identique entre les archipels.

La variation du recrutement dans le temps peut constituer un autre problème en terme de gestion durable des stocks. Ainsi la dynamique du recrutement semble influencée par la

lumière, le taux de recrutement a été mis en relation avec les cycles lunaires. D'après certains auteurs, ces deux éléments sont liés (DE CASAMAJOR et al, 2000) chez *Anguilla anguilla*. Suite aux données récoltées, c'est ce que l'on conclut également pour les espèces tropicales, la lune noire favorise la migration des civelles dans l'estuaire. De plus, une seule grosse période de recrutement a été observée en décembre et de manière générale le recrutement s'est fait de décembre à février. Cela peut paraître étonnant quand l'on sait qu'*Anguilla anguilla* présente environ le même motif de recrutement (pic de migration en janvier et de manière générale migration de novembre à mars (DE CASAMAJOR, 2001)) alors qu'*Anguilla marmorata* dans certaine région du monde tel que sur l'île Sulawesi, pond et a un recrutement quasi-homogène tout au long de l'année (BUDIMAWAN et al, 2005). Donc un recrutement très différent. Le fait qu'il s'agisse de populations différentes de la même espèce peu expliquer cette différence (MINEGESHI, 2008).

Ces motifs irréguliers forcent à la prudence quant aux prélèvements qui pourraient être effectués, d'autant plus que les conditions environnementales rencontrées au cours des différentes phases de la migration des larves conditionnent leur croissance entre la zone d'éclosion et de capture en estuaire (DE CASAMAJOR, 2006), entraînant ainsi une forte variabilité interannuelle. Cette variabilité ne pourra être confirmée que par une poursuite de la pose des filets.

Qu'il s'agisse de l'espèce européenne ou d'*Anguilla marmorata* en Sulawesi par exemple, la migration à travers l'estuaire, à lieu de nuit et plus particulièrement entre 02.00 et 04.00h et entre 18.00 et 20.00h (BUDIMAWAN et al, 2008, SUGEHA et al, 2001). Dans notre étude, lors des relevés toutes les 2 heures, les jours de fort recrutement, une migration anadrome à toutes heures de la journée à été remarquée, même si elle est de faible importance. Cette migration diurne des civelles est probablement favorisée par la turbidité des eaux de l'estuaire d'Opunohu, la lumière reçue par les civelles étant faible même en journée, ce qui autorise la migration particulièrement près du fond (BARDONNET et al, 2005).

Selon Marquet en 1987, le recrutement semble peu lié aux crues des rivières sur Tahiti. En effet il n'y aurait pas de lien entre les précipitations et le recrutement des anguilles donc entre les crues et le recrutement. Les précipitations sont corrélées négativement avec le recrutement d'après les tests mais cette corrélation étant non significative, aucune conclusion ne peut être proposée même si l'on sait que chez certaines espèces un blocage hydrologique de la migration peu avoir lieu au niveau de l'estuaire si les conditions ne sont pas favorables à

la migration (DE CASAMAJOR, 2006). Cette hypothèse peut-être appuyée par les données qui ont été récoltées sur les différents stades présents lors du recrutement (civelle transparente, en cours de pigmentation ou bien en fin de pigmentation, les autres stades étant trop complexes à identifier et sans doute peu fiable). Le 12 février par exemple, les 3 stades ont été trouvés simultanément, ce qui plaide pour une accumulation des civelles dans l'embouchure de l'estuaire (BUDIMAWAN, 2005), pourtant aucun épisode de pluies important n'est à signaler dans les jours précédents. L'hypothèse inverse est donc tout aussi plausible, d'autant plus qu'à la période du recrutement maximum (lune de décembre), la Polynésie se trouve en pleine saison des pluies, l'apport important et régulier d'eau douce dans les baies et dans le lagon peut donc influencer le recrutement.

Les civelles en fin de métamorphose ne s'alimentent plus depuis le stade leptocéphale, elles ont donc tendance à stagner voir diminuer de taille. Cette conclusion concernant l'espèce européenne (TESH 2003) est retrouvée dans nos résultats. D'après MARQUET, 1992a, cette variation serait moins importante que pour l'espèce européenne car la température (autour de 20°C) serait constamment favorable à la croissance des civelles en Polynésie.

CONCLUSION

Les résultats obtenus montrent que parmi les espèces présentes en Polynésie Française, seule *Anguilla marmorata* peut être considérée comme suffisamment abondante pour éventuellement envisager un prélèvement. Cette espèce montre des populations en place en bonne santé avec des biomasses élevées et une structure de population équilibrée (coefficient d'extinction faible). Le recrutement de cette espèce est cependant faible, probablement du fait que l'on se trouve en limite de son aire de répartition, une exploitation de cette espèce à grande échelle n'est donc pas envisageable. A une échelle locale, il pourra être mis en place avec un certain nombre de conditions, notamment en terme de réglementation aujourd'hui inexistante. Cette réglementation devra concerner entre autres, la quantité et la localisation des prélèvements mais également la taille minimale des individus prélevés. Une gestion particulière est à prévoir sur l'archipel des Australes où l'on note la présence particulière d'*Anguilla obscura* pour laquelle une nouvelle étude devra évaluer avec plus de détails l'état des populations. En terme d'étude restant à mener, un fleuve plus important que l'Opunohu devrait être suivi afin d'y évaluer le recrutement et la possibilité de prélèvements de civelles.

En admettant que des prélèvements soient possibles, une question importante subsiste : comment distinguer dans ces prélèvements *Anguilla megastoma* d'*Anguilla marmorata* notamment si l'on veut prélever cette espèce au stade civelles. Les civelles de ces 2 espèces ont des caractéristiques morphologiques très proches : une taille moyenne quasi identique et un ratio A qui n'est pas toujours suffisant pour les distinguer, de plus, elles arrivent simultanément dans les estuaires et vivent en sympatrie. Il est donc important de pouvoir développer une méthode fiable d'identification pour prélever l'espèce abondante et relâcher les espèces plus rares. En attendant cette clé de détermination morphologique fiable, simple et utilisable sur le terrain sans sacrifice des individus (GAGNAIRE, 2009), en développement actuellement, il est primordial de prévoir un grossissement en bassins par exemple de tous les individus et relâcher une fois l'identification certifiée, les individus appartenant à *Anguilla megastoma*.

Un dernier point indispensable à une exploitation durable sera de connaître la zone de ponte des espèces avec certitude.

Enfin le caractère sacré de l'anguille en Polynésie peut constituer un obstacle culturel à l'exploitation de l'espèce, qu'il convient aussi d'évaluer.

« On a coutume de qualifier de gestion durable la prise en compte des facteurs environnementaux dans le développement des activités humaines. Il est beaucoup moins coûteux de préserver par une gestion appropriée un milieu en bon état que de tenter de le réhabiliter après dégradation et tenter d'effacer les cicatrices des erreurs passées » (KEITH et al, 2004)

BIBLIOGRAPHIE :

BARDONNET A., BOLLIET V., BELON V., (2005). Recruitment abundance estimation: Role of glass eel (*Anguilla anguilla* L.) response to light. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 321(2), 181-190.

BUDIMAWAN, LECOMTE-FINIGER R., (2005). Inshore migration of the tropical glass eels *Anguilla marmorata* recruiting to Poso estuary, Sulawesi Island, Indonesia. *Vie et milieu*, 55(1), 7-14.

DE CASAMAJOR M.-N., PROUZET P., (2000). Identification of glass eels groups (*Anguilla anguilla*) from variability of allometry relations according to hydrodynamics conditions in the Adour estuary. *Aquatic Living Resources* 13(6), 411-420.

DE CASAMAJOR, M.-N., LECOMTE-FINIGER, R., PROUZET, P., (2001). Passé larvaire des civelles, *Anguilla anguilla* (Linné 1758) en migration en zones côtière et estuarienne (Adour, Golfe de Gascogne) à partir de l'examen des otolithes, *C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie*, 324, 1011-1019.

DE CASAMAJOR, M.-N., LECOMTE-FINIGER, R., PROUZET, P., (2006). Passé marin des civelles d'*Anguilla anguilla* en migration dans l'estuaire de l'Adour. *Vie et milieu*, 56(1), 1-8.

GAGNAIRE P.-A., (2009). Structuration génétique et spéciation chez les anguilles. Thèse de doctorat Université de Montpellier II, 248p.

GASCUEL D., (1986). Flow-carried and active swimming migration of the glass eel (*Anguilla anguilla*) in the tidal area of a small estuary on the French Atlantic coast. *Helgoland Marine Research*, 40(3), 321-326.

GASCUEL D., (1994). Une méthode simple d'ajustement des clés taille/âge : application aux captures d'albacores (*Thunnus albacares*) de l'Atlantique Est. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51, 723-733.

HARO A., RICHKUS W., WHALEN K., HOAR A., BUSH W.-D., LARY S., BRUSH T., DIXON D., (2000). Population decline of the American eel: implications for research and management. *Fisheries*, 25(9), 7-16.

HUERTAS M., CERDA J., (2006). Stocking density at early Developmental stages affects growth and sex ratio in european eel (*Anguilla anguilla*). *The Biological bulletin*, 211, 286-296.

KEITH P., VIGNEUX E., MARQUET G., (2004). Atlas des Poissons et des crustacés d'eau douce de Polynésie Française, *Museum Patrimoines naturels*, 55, 175p.

KUROKI M., KAWAI M., JONSSON B., AOYAMA J., MILLER M.-J., NOAKES D., TSUKAMOTO K., (2008). Inshore migration and otolith microstructure/microchemistry of anguillid glass eels recruited to Iceland. *Environmental Biology of Fishes*, 83, 309-325.

- LE BELLE N., MARQUET G., FONTAINE M., (1987). Peut-on envisager l'exploitation de certaines populations d'anguilles de Polynésie?. Bulletin de la société des études océaniques, 20, 51-56.
- MARQUET G., (1987). Périlogie des anguilles de Tahiti-Moorea en Polynésie Française. Thèse pour l'obtention du diplôme de L'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 149p.
- MARQUET G., (1988). Les eaux intérieures de la Polynésie Française. Principales caractéristiques physiques, chimiques et biologiques. Thèse de doctorat de l'Université Paris VI, 233p.
- MARQUET G., GALZIN R., (1991). The eels of French Polynesia: taxonomy, distribution and biomass. Bulletin de la société franco-japonnaise d'océanographie, 29, n°1.
- MARQUET G., (1992a). Etude du recrutement et de la physiologie des anguilles de Polynésie Française permet-elle de cerner leur aire de ponte. Bulletin de l'institut océanographique, n° spécial 10.
- MARQUET G., GALZIN R., (1992b). Systématique, répartition et biomasse des poissons d'eau douce de Polynésie Française. Cybium, 16(3), 245-259.
- MORIARTY C., DEKKER W., (1997). Management of European eel. Fishery Bulletin, 15, 1-110.
- MINEGISHI Y., AOYAMA J., TSUKAMOTO K., (2008). Multiple population structure of the giant mottled eel, *Anguilla marmorata*. Molecular Ecology, 17, 3109–3122.
- POLLABAUER C., (2007). Inventaire piscicole du Creek de la Baie Nord des rivières Kwé (principale), Wadjana et trou bleu. Etude et recherche biologique, 91p.
- ROBINET F., FEUNTEUN E., KEITH P., MARQUET G., OLIVIER J-M., REVEILLAC E., VALADE P., (2007). Eel community structure, fluvial recruitment of *Anguilla marmorata* and indication for a weak local production of spawners from rivers of Reunion and Mauritius islands. Environmental Biology of Fishes, 78, 93-105.
- SUGEHA H-Y., SHINODA A., MARUI M., ARAI T., TSUKAMOTO K., (2001). Validation of otolith daily increments in the tropical eel *Anguilla marmorata*. Marine ecology progress series, 220, 291–294.
- TESCH F-W., ROHLF N., (2003). Migration from continental waters to the spawning grounds, in eel biology. Springer, 223-234.
- WATANABE S., AOYAMA J., TSUKAMOTO K., (2004). Reexamination of Ege's (1939) use of taxonomic characters of the genus *Anguilla*. Bulletin of Marine Sciences, 74, 337–351.
- ZOMPOLA S., KATSELIS G., KOUTSIKOPOULOS C., CLADAS Y., (2008). Temporal patterns of glass eel migration (*Anguilla anguilla* L. 1758) in relation to environmental factors in the Western Greek inland waters. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 80, 330-338.

Archipel de la Société



1: Tahiti: (points: rivière, station)

- B: Papeno PF2, cours moyen
- C: Papeno PF3, cours inférieur
- D: Vahiria PF4, cours moyen
- E: Vahiria PF5, cours moyen
- F: Vahiria PF6, cours inférieur
- G: Vaitepiha PF7, cours inférieur
- H: Vaitepiha PF8, estuaire
- I: Fataua PF9, cours moyen
- J: Fataua PF10, cours inférieur

2: Moorea:

- 1: Opunohu PF1, cours inférieur
- 2: Opunohu PF27, cours supérieur
- 3: Opunohu PF28, cours moyen
- 4: Vaihana PF29, cours inférieur
- 5: Vaihana PF30, cours moyen
- 6: Vaipapa PF31, cours moyen- sup
- 7: Vaipapa PF32, cours moyen
- 8: Vaipapa PF33, estuaire
- 9: Paopao PF34, cours moyen
- 10: Paopao PF35, cours inférieur

3: Raiatea:

- 1: Vaiatarau PF36, cours inférieur
- 2: Vaiatarau PF37, cours moyen
- 3: Aoppomau PF38, cours supérieur
- 4: Aoppomau PF39, cours moyen
- 5: Aoppomau PF40, affluent
- 6: Aoppomau PF41, cours inférieur
- 7: Vaimariri PF42, cours inférieur
- 8: Vaitaratoa PF43, cours moyen
- 9: PK10 West PF44, cours moyen
- 10: Vaiapu PF45, cours inférieur

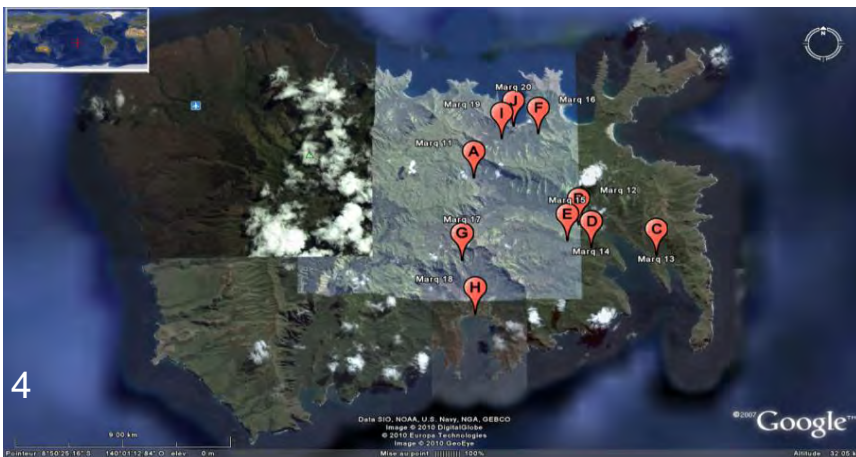
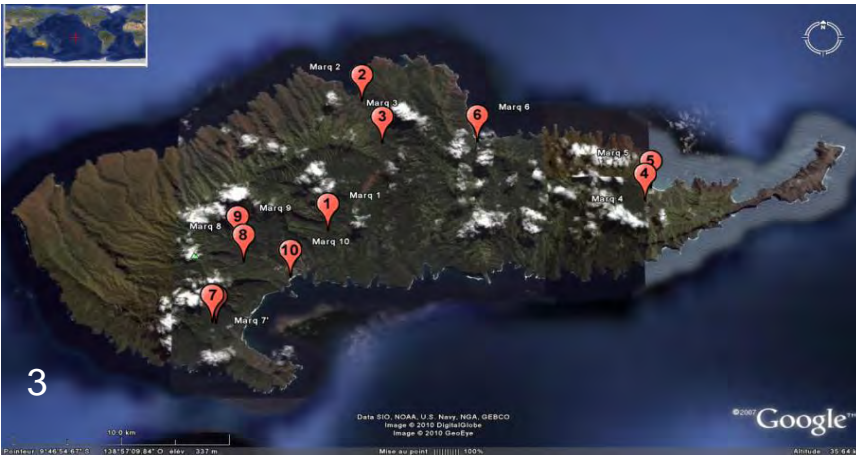
Archipel des Australes et des Marquises

1: Rurutu: (points: rivière, station)

- K: Vairee PF11, cours inférieur
- L: Oroavaru PF12, cours moyen
- M: Putae PF13, cours moyen
- N: TeVaavai PF14, cours supérieur
- O: Vaipapa PF15, cours moyen
- P: Vaipapa PF16, estuaire
- Q: Peva Iti PF17(1), cours moyen
- Q: Peva Iti PF17(2), cours moyen
- R: Te Vaipa PF18, estuaire
- S: Te Vaipa PF19, cours inférieur

2: Tubuai:

- T: Vaitoaha PF20, cours moyen
- U: Estuaire PF21, estuaire
- V: Maratau PF22, cours moyen
- W: PF23, cours moyen
- X: Hautara PF24, cours moyen
- A: Vaiapu PF24(2), estuaire
- Z: Taahuaia PF25, cours moyen
- Y: Vaiapu PF26, cours moyen

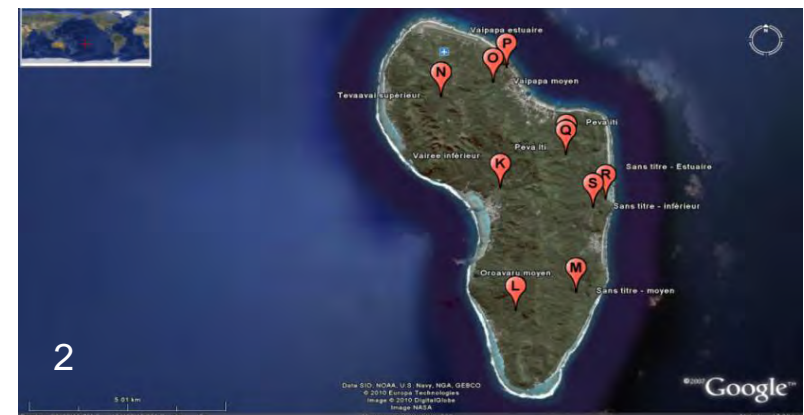


3: Hiva oa:

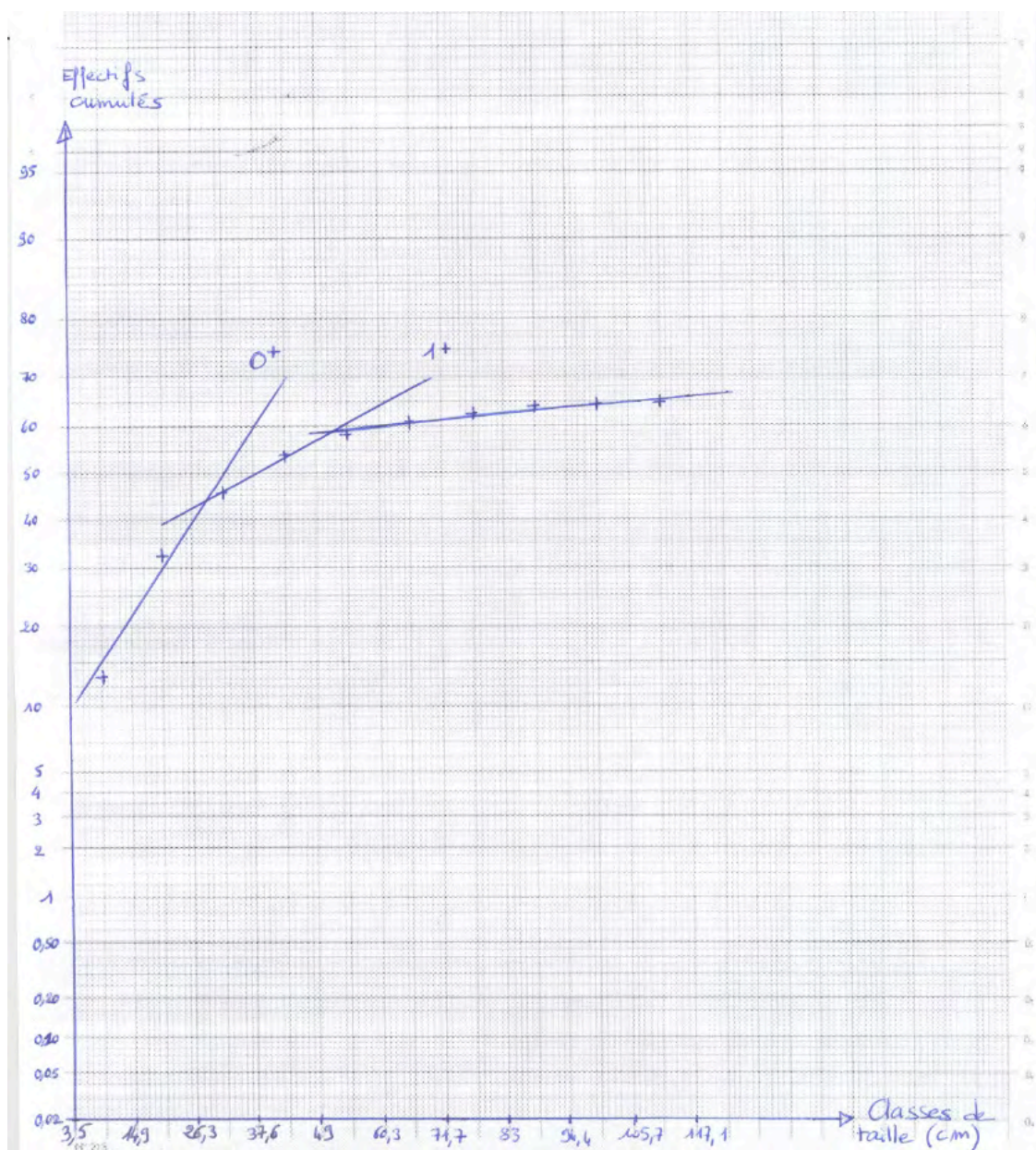
- 1: Faakua, cours supérieur
- 2: Teheitahi, estuaire
- 3: Hanaiapa, cours moyen
- 4: Puamau, cours moyen
- 5: Puamau, estuaire
- 6: Hanapaaoa, estuaire
- 7: Taaoa, cours moyen
- 7: Taaoa, cours moyen
- 8: Vaioa, cours moyen
- 9: Vaioa, cours moyen
- 10: Vaioa, estuaire

4: Nuku hiva:

- A: Taipivai, amont
- B: Taipivai, cours inférieur
- C: Puueti, cours inférieur
- D: Vaimahu, cours inférieur
- E: Vaimahu, cours moyen
- F: Hatiheu, cours moyen
- G: Koueva, amont
- H: Taiohae, estuaire
- I: Kahu Vai, cours moyen
- J: Kahu Vai, estuaire



ANNEXE 2: Décomposition polymodale des classes de taille d'*Anguilla marmorata*.



ANNEXE 3 : Séquence des amorces spécifiques et protocole utilisé lors de la PCR

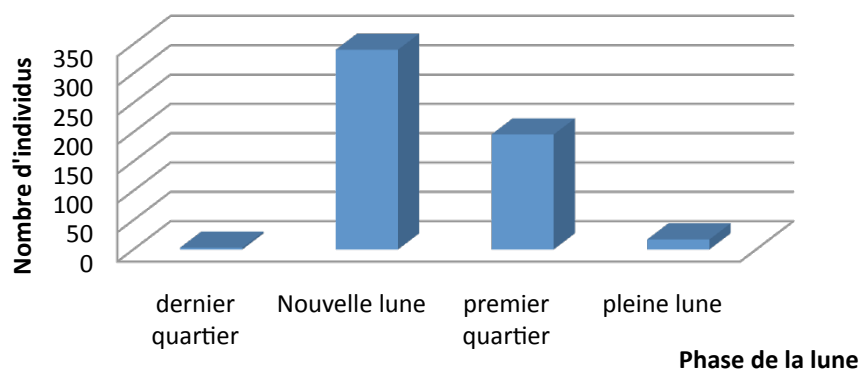
Espèce	Séquence de l'amorce 3' « espèce spécifique »	Taille du fragment généré
Amorce commune	L1854' (5' - AAAACTCGTACCTTTTGCAT - 3')	
<i>Anguilla marmorata</i>	R0439 (5' - GTTGTCTTTATTATTGGTCTGC- 3')	439 pb
<i>Anguilla megastoma</i>	R0493 (5' - TTTTCTCCTATGTGTGCATAGA- 3')	493 pb
<i>Anguilla obscura</i>	R0584 (5' - ATGGGTCCGTTGATTGC- 3')	583 pb

Séquences de l'amorce commune et des 3 amorces 3' « espèce spécifique » utilisées pour l'identification moléculaire par PCR semi-multiplexe.

La PCR est réalisé dans un volume réactionnel de 10 μ L contenant 0,3 μ L d'eau distillée stérile, 1 μ L de tampon PCR 10X, 0,6 μ L de $MgCl_2$ à 25mM, 1 μ L de dNTP à 2 mM, 1 μ L de chaque primer à 5 μ M, 0,1 μ L de *Taq* polymérase, et 1 μ L (50 à 1000 ng) d'ADN extrait. Les paramètres d'amplification sont les suivants : une étape de dénaturation initiale de 3 min à 94°C, 35 cycles de 30 s de dénaturation à 94°C, 1 min d'hybridation à 52°C, et 1 min d'élongation à 72°C, suivis d'une étape de 3 min d'élongation finale à 72°C. Les produits d'amplification sont identifiés par comparaison avec un marqueur de taille 100pb après migration sur gel d'agarose 1% marqué au BET.

ANNEXE 4 : Effectifs recrutés pendant 4 phases de la lune de novembre et décembre 2009 toutes espèces confondues.

Fréquence de recrutement selon la phase de la lune sur un cycle lunaire



ANNEXE 5 : Biomasses en kg par hectare des différentes rivières prospectées (En noire l'espèce *Anguilla marmorata*, en rouge : *Anguilla obscura* et en vert *Anguilla megastoma*)

Archipel	Moyenne ± écart type	ile	Moyenne ± écart type	rivière	Poids (kg/ha)		
Société	36.87 ±16.51	Tahiti	53.39 ±28.19	Fataua	86.18		
				Vahiria	18.67		
				Papenoo	47.25		
				Vaitepiha	61.49		
		Moorea	36.84 ±15.81	Opunohu	32.44		
				paopao	16.54		
				papetoai	51.82		
		Raiatea	20.38 ±15.41	vaipapa	46.55		
				derriere college	32.72		
				PK10W	26.52		
				Vaiatarau	34.78		
				vaimariri	1.45		
		Australes	138.96 ±180.70 18.90 ±12.59	Rurutu	266.73 ±496.43 27.80 ±43.18	vanille	6.43
						Apoomau	0.00 0.00 6.12
						Peva iti	51.69 2.99
Putae	125.00 0.10						
riviere sous bois	117.80 23.50						
Te Vaipa	29.75 50.78						
vaipapa	1275.17 0.81						
Tubuai	11.18 ±7.29 10.00 ±18.64			Vairee	1.00 0.44		
				Plateau	0.00 116.00		
				Hautara	6.03 0.07 39.43		
Marquises	65.45 ±49.08	Hiva oa	30.74 ±26.70	PF21	0.00 43.23		
				Vaiapu	16.34 0.18		
				Vaitoaha	0.00 3.13		
				marae cheval	0.00 3.39		
				Hanaiaapa	32.35		
				Puamau	80.17		
		Nuku Hiva	100.16 ±45.62	Hanapaaua/Vaitahe	16.62		
				Taaoa	3.05		
				Cocoma	18.64		
				Vaiao	33.62		
				Taipivai	14.21 9.17		
				Vaii	126.21		
		Hoomui	79.29				
		Vaimahu	115.41				
		Hatiheu	83.13				
		Koueva	146.71				
		Kahuvai	136.14				

Etude du recrutement et des populations en place d'anguilles polynésiennes.

Résumé : L'étude approfondie de la dynamique de population des anguilles polynésiennes (*Anguilla marmorata*, *megastoma* et *obscura*) est un préalable indispensable à toute exploitation durable. Celle-ci étant envisagée actuellement. D'une part, l'étude des populations en place a été réalisée via des campagnes de pêches électriques. D'autre part, la pose d'un filet dans l'estuaire de l'Opunohu a permis d'analyser le recrutement des 3 espèces. Les résultats montrent des populations d'*Anguilla marmorata* en bonne santé sur les îles étudiées, avec des biomasses importantes (80,43kg/ha pour la Polynésie Française) et des rythmes d'extinction faibles. *Anguilla megastoma* peut-être considérée comme rare suite aux faibles nombres d'observations de celle-ci pendant les recensements. De nouvelles études doivent être effectuées sur *Anguilla obscura*, le milieu de vie de celle-ci ne convenant pas pour la pratique de la pêche électrique. L'étude de recrutement confirme pour une bonne part les résultats de pêche électrique, mais montre également un recrutement faible comparé à celui de l'Anguille européenne. Le recrutement des anguilles de Polynésie est concentré dans le temps, particulièrement pendant la lune noire de décembre. L'exploitation d'*Anguilla marmorata* semble possible mais devra rester à une échelle locale, du fait du faible recrutement observé. *Anguilla megastoma* et *obscura* ne sont quant à elles pas exploitables. Les études sont à poursuivre, notamment celle du recrutement sur un estuaire plus important que celui de l'Opunohu.

Mots clés : Anguilles polynésiennes / exploitation durable / populations / recrutement / estuaire de l'Opunohu