

PROGRAMME ZONECO
ASSEMBLÉE GÉNÉRALE ÉLARGIE
Du 05 septembre 2013



Proposition de programmation 2013



Elaboration de la programmation 2013-2014

Pour l'élaboration des programmes annuels, le Groupe de Projet ZoNéCo s'appuie depuis 2006, sur 2 comités consultatifs : le « Comité Technique Inter Collectivités » composé de représentants des partenaires institutionnels du programme et le « Comité Scientifique », composé de représentants de chacun des organismes scientifiques partenaires. Ces comités ont été créés afin d'une part, de permettre aux collectivités de mieux formaliser leurs besoins et, d'autre part, au niveau de l'expertise scientifique, de distinguer les fonctions de proposants et d'évaluateur, notamment par rapport aux propositions émanant des chercheurs locaux. Cette organisation a été reconnue comme un modèle de transparence et de bonne gouvernance.

Suite à la diffusion du bilan 2006-2010, et comme cela a pu être réalisé dans le cadre des précédentes programmations, un travail de consultation a été lancé auprès des partenaires institutionnels et a permis d'effectuer la synthèse des besoins et enjeux à moyen terme exprimés par les collectivités. C'est sur cette base que le CTI et le CS, qui se sont réunis respectivement le 19 juin et le 17 août 2012, ont sélectionné et priorisé les sujets à traiter pour permettre la définition des termes de référence du futur appel à projets.

La consultation à domicile a été privilégiée pour la phase de finalisation et de validation de l'appel à projets qui a été diffusé le 27 décembre avec une clôture du dépôt des propositions fixée au 15 février 2013.

Les propositions reçues se déclinent comme suit :

- a. 9 propositions en réponse à l'appel à projets recherche ;
- b. 1 lettre d'intention soumise dans le cadre de l'appel à projets recherche ;
- c. 6 propositions reçues en réponse à la consultation pour la réalisation d'études ;
- d. 1 proposition reçue sur la thématique « thon/environnement » ;
- e. 2 propositions reçues sur la thématique « ressources minérales ».

Conformément aux modalités d'évaluation et de sélection des propositions reçues, le CTI et le CS se sont réunis respectivement les 22 mars et 16 avril 2013. Ces comités ont émis un avis sur les 18 propositions reçues. Ces avis ont été assortis de demandes de précisions pour 3 propositions. Les deux comités ont été unanimes sur la nécessité de réunir un groupe de travail destiné à préciser plus finement les attentes des partenaires institutionnels du programme, notamment concernant les propositions répondant à la thématique du développement de la filière aquacole. Ce groupe de travail qui s'est réuni le 22 mai 2013, a rendu ses conclusions et formulé des demandes de précisions pour 3 opérations. L'ensemble des précisions reçues a été transmis aux membres du CTI, CS et Groupe de projet le 25 juin 2013.

Le Groupe de Projet s'est quant à lui réuni le 09 juillet 2013, et compte tenu des avis des Comités Scientifique et Inter Collectivités additionnés des avis formulés par le Groupe de Travail Aquaculture, et des précisions apportées a proposé que 6 opérations soient retenues pour un budget total de 47 368 062 XPF.

Evaluation des offres reçues : avis des comités scientifiques et intercollectivités

	Proposition	Proposant	Avis du Comité Scientifique	Avis du CTI	Avis du Groupe de travail aquaculture	Budget actualisé demandé à ZoNéCo
RECHERCHE	Zooplankton Ecology as New Objective Biological Indicators for lagoon Environments	IRD/CNRS/MOI	Favorable sous réserve de regroupement	Défavorable	S.O.	9 285 807
	Modélisation, Ressources, Développement, Images Couleurs et Usages	Ifremer		Défavorable	S.O.	17 050 000
	Variabilité temporelle des microalgues fertilisantes en NC et transfert de la chaîne alimentaire marine	IRD		Défavorable	S.O.	9 598 547
	Connectivité des bédiers en Nouvelle-Calédonie	IRD	Favorable	Réservé	Favorable	10 665 062
	Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel	Ifremer	Favorable	Réservé	Favorable sous conditions	6 135 000
	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes	Ifremer	Favorable sous réserve de précisions	Réservé	Favorable sous conditions	6 948 000
	Holothuries, liens entre performances de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne	UNC	Favorable	Favorable	S.O.	17 330 000
	Lettre d'intention relative à l'acquisition de connaissances sur les fonds de baie, estuaires et mangroves adossées	Ifremer/IRD / UNC	Favorable	Favorable	S.O.	S.O.
	Evaluation de l'efficacité du réensemencement de juvéniles de <i>Holothuria scabra</i> en milieu naturel en NC	IRD	Réservé	Réservé	Défavorable	14 232 400
	Modélisation du comportement d'enfouissement, optimisation de l'effort d'échantillonnage et réalisation/évaluation d'un repeuplement d' <i>Holothuria scabra</i>	SOPRONER	Réservé	Réservé	Défavorable	16 566 500
	Le thon germon en Nouvelle-Calédonie, son comportement et son environnement	IRD/CPS	Favorable pour le volet III	Favorable pour le volet III	S.O.	33 531 730
CONSULTANCE	Elaboration d'un guide méthodologique pour le suivi des prélèvements effectués par la pêche non professionnelle	N. Guillemot	Défavorable	Défavorable	S.O.	5 162 192
	Acquisition de connaissances biologiques, écologiques et environnementales sur l'huître de palétuvier	EMR	Défavorable	Défavorable	S.O.	8 207 640
	Recommandations technologiques pour améliorer la longévité des DCP	KHER Créocéan	Défavorable	Défavorable	S.O.	7 586 656
	Etude d'un outil de caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie		Défavorable	Défavorable	S.O.	5 282 739
	Outil méthodologique pour la caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie	Ifremer Melanopus	Défavorable	Défavorable	S.O.	8 168 505
	Méthodologie de caractérisation des sites aquacoles		Défavorable	Défavorable	S.O.	4 420 500
R.M.	Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie	ZoNéCo	Favorable	Favorable	S.O.	5 360 000
	Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie	Ifremer Dimenc	Favorable	Favorable	S.O.	930 000

Proposition de programme et ressources 2013-2014

	Proposition	Proposant	Proposition du GP pour 2013-2014	Proposition de l'AG de l'ADECAL
RECHERCHE	Connectivité des béditiers en Nouvelle-Calédonie	IRD	10 665 062	10 700 000
	Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel	Ifremer	6 135 000	6 150 000
	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes	Ifremer	6 948 000	7 000 000
	Holothuries, liens entre performances de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne	UNC	17 330 000	17 500 000
	Lettre d'intention relative à l'acquisition de connaissances sur les fonds de baie, estuaires et mangroves adossées	Ifremer/IRD / UNC	S.O.	S.O.
R.M.	Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie	ZoNéCo	5 360 000	5 350 000
	Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie	Ifremer Dimenc	930 000	950 000
	TOTAL OPERATIONS		47 368 062	47 650 000

Il est proposé que 6 opérations soient retenues pour un budget global de 47 650 000 XPF, auxquels il convient d'ajouter 22 000 000 XPF pour les opérations GP 2013, dont le budget a été voté lors de l'Assemblée Générale de l'ADECAL du 13 novembre 2012, **soit un total pour le programme 2013 de 69 650 000 XPF.**

Présentation synthétique des opérations 2013

Proposition: ZNC 2013-4

Connectivité des bénitiers de Nouvelle-Calédonie

----- BEN-Co

Résumé de la proposition :

En Nouvelle-Calédonie, l'état des lieux actuel de la ressource en bénitiers semble indiquer une diminution de l'abondance des bénitiers due à l'augmentation de la pression de pêche en lien avec le développement démographique de l'île. Sans une gestion durable de cette ressource, ce constat risque de s'aggraver. Dans un contexte de conservation et de gestion des populations de bénitiers, le projet BeN-Co a pour objectifs d'obtenir des données génétiques à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie pour deux espèces de bénitiers *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus*. Ces données obtenues par l'utilisation de marqueurs moléculaires spécifiques (microsatellites et séquences mitochondriales partielles) renseigneront précisément sur la dispersion des larves, la présence de stocks génétiquement différenciés, et l'exploitation des différentes espèces. Ces données permettront de proposer des plans de gestion durables spécifiques pour l'espèce *Tridacna maxima*. Ce projet de recherche sont un complément aux études doctorales menées par Josina Tiavouane (Université Paris VI / IRD) et Simon Van Wynsberge (Université de la Polynésie française/IRD). Plus généralement, ce projet permettra d'avoir une vue générale et complète de la structuration des populations de bénitiers en Nouvelle-Calédonie, de tester l'origine géographique des bénitiers en distinguant ceux de Nouvelle-Calédonie des autres populations du Pacifique et d'estimer ainsi la fragilité éventuelle de cette ressource.

A l'échelle de la Nouvelle-Calédonie, ce projet apportera des données nécessaires à la gestion à grande échelle de cette ressource, et mettra en lumière le fonctionnement des populations de bénitiers, fournissant des résultats exploitables par l'ensemble des pays du Pacifique désireux d'améliorer la gestion de cette ressource menacée bien que protégée par la convention CITES.

Organisme/institut/bureau d'étude		IRD	
Responsables du projet		Cécile FAUVELOT (IRD)	
Durée du projet en mois (max 36)		18	
Montant total de la proposition	62 807 862	Participation ZoNéCo	10 665 062 17 %
Date de démarrage du projet	Septembre 2013	Date de restitution des résultats	Février 2015

Proposition: ZNC 2013-7

Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel

SIGA-NC

Résumé de la proposition :

Il existe une trentaine d'espèces de Siganidae dans le monde vivant dans l'Indo-Pacifique ouest, des côtes est de l'Afrique à la Polynésie française. Les picots sont généralement classifiés comme des herbivores stricts, brouteurs d'algues ou de plantes aquatiques dans les mangroves, les herbiers ou les récifs. Toutefois, leurs premiers stades larvaires sont franchement carnivores (zooplancton). Certaines espèces adaptent leur alimentation et présentent un comportement opportuniste (omnivore) notamment en captivité. La période de reproduction intervient généralement en été de manière continue ou par pics d'importance inégale. Plusieurs scénarios existent en fonction de la latitude et de la compétition entre les espèces de picots qui cohabitent localement. Des facteurs déclenchants directs tels que la montée ou les variations de température ou indirects comme l'abondance de nourriture viennent se surajouter. Pendant la période favorable, chaque espèce de picot pond et le recrutement intervient à une phase précise de la lune. Certaines espèces de *Siganus* ont une importance commerciale non négligeable en aquariophilie mais elles sont principalement appréciées pour leur chair. Mis à part la consommation très importante des adultes, les jeunes Siganidae ont acquis une grande importance dans la gastronomie traditionnelle des îles du Pacifique. Par ailleurs, certaines font l'objet d'un développement aquacole significatif.

L'objectif de ce projet de recherche, qui sera effectué principalement sous la forme d'une thèse de doctorat, sera d'approfondir la connaissance sur la biologie et l'écologie du picot rayé (*Siganus lineatus*), une des espèces commerciales les plus importantes en Nouvelle Calédonie. En particulier, préciser les zones et la dynamique du cycle de reproduction, et les zones et les sources d'alimentation selon le cycle de vie = permettra à la fois, aux gestionnaires de mieux protéger cette ressource et consotuera des informations indispensables pour le développement de son élevage.

Organisme/institut/bureau d'étude		IFREMER - UNC - MNHN - Aqualagon	
Responsables du projet		Luc DELLA PATRONA (IFREMER)	
Durée du projet en mois (max 36)		36	
Montant total de la proposition	38 011 000	Participation ZoNéCo	6 135 000 16%
Date de démarrage du projet	Septembre 2013	Date de restitution des résultats	Septembre 2016

Proposition: ZNC 2013-8

Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes dans le but de favoriser la transition endo-exotrophique des larves de poisson d'élevage et d'ornement

ELICOPTR

Résumé de la proposition :

les collectivités d'outre-mer encouragent fortement la diversification aquacole et notamment le développement de la pisciculture marine et du commerce de l'aquariophilie durables. Un des principaux obstacles à la production de ces espèces nouvelles est la difficulté de leur élevage larvaire en raison notamment de l'inadéquation des proies vivantes traditionnelles. L'incorporation de copépodes dans la séquence alimentaire des larves précoces pourrait permettre d'améliorer les survies en raison de leur profil biochimique, digestibilité, taille et mouvements plus appropriés.

Après un échantillonnage de la biodiversité locale, différentes espèces de copépodes calanoides et harpacticoides seront isolées et mises en culture. Les caractéristiques biologiques (taille, comportement, localisation spatiale) et nutritionnelles des différents stades de développement des espèces candidates seront évaluées ainsi que leur dynamique de population en captivité afin de préciser les conditions optimales de culture des espèces sélectionnées.

A partir de ces cultures, ces proies vivantes seront proposées à des larves de poissons marins au cours de la phase de transition endo-exotrophie en alternative aux rotifères classiquement utilisés afin d'en évaluer les conséquences en termes de prise alimentaire, croissance, survie et qualité.

La composition bio-chimique des espèces copépodes candidates, notamment en acides-gras, vitamines, lipides et protéines sera établie. La réponse des espèces de poissons de l'aquarium de Nouméa ADL, de la ferme Aqualagon et du Centre Calédonien de Développement et Transfert Technologique en Aquaculture Marine (CCDTAM) au nourrissage par des copépodes sélectionnés, sera testée. Suite à la phase expérimentale en petits volumes, la mise en place de cultures sera effectuée à plus grande échelle afin de pouvoir répondre à la demande d'écloserie commerciale.

Organisme/institut/bureau d'étude		CNRS - IFREMER - Université de Lille 1	
Responsables du projet		Sami SOUISSI (Univ. Lille 1)	
Durée du projet en mois (max 36)		26	
Montant total de la proposition	34 126 000	Participation ZoNéCo	6 948 000 20 %
Date de démarrage du projet	Octobre 2013	Date de restitution des résultats	Octobre 2014

Proposition: ZNC 2013-9

Holothuries : liens entre performance de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne

HOBICAL

Résumé de la proposition :

La Nouvelle-Calédonie s'oriente actuellement vers une diversification de ses activités aquacoles jusqu'à présent basées sur la crevetticulture. L'élevage de l'holothurie *H. scabra* fait l'objet d'une attention toute particulière pour deux raisons. C'est un produit à l'export à haute valeur commerciale et son élevage pourrait avoir des capacités de bioremédiation des milieux aquacoles existants. Nous proposons de travailler sur la faisabilité technique et sur les conséquences environnementales de la culture en alternance *L. stylirostris* - *H. scabra* et de la culture de *H. scabra* à proximité des effluents des élevages de crevettes. Les objectifs scientifiques de ce projet sont :

- (1) d'évaluer l'importance relative des apports allochtones (aliments, effluents...) et de la production naturelle du milieu dans l'alimentation de *H. scabra*.
- (2) de tracer le devenir de la matière organique au sein du système et d'en déduire les facteurs de contrôle menant vers une bioremédiation ou inversement une eutrophisation du milieu.
- (3) de lier les conditions environnementales qui en découlent aux performances zootechniques de *H. scabra* et de *L. stylirostris*.

Les résultats de cette étude permettront d'améliorer les protocoles de nutrition, de leur associer des performances de production et des capacités de bioremédiation des milieux ; de définir des méthodologies du choix et du suivi des milieux de culture. Ses résultats seront disponibles pour réaliser une étude

Organisme/institut/bureau d'étude		UNC - IFREMER - IRD - CTA	
Responsables du projet		Sébastien HOCHARD	
Durée du projet en mois (max 36)		24	
Montant total de la proposition	23 780 000	Participation ZoNéCo	17 330 000 72 %
Date de démarrage du projet	Janvier 2014	Date de restitution des résultats	Décembre 2015

Proposition: ZNC 2013-18

Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie

Résumé de la proposition :

Les travaux engagés par la CRM depuis le début des années 90 ont permis d'améliorer considérablement la connaissance des bassins sédimentaires offshore et ont montré que certains bassins présentaient un potentiel à avoir généré et piégé des hydrocarbures (cf. Bilan et perspectives du programme ZoNéCo 2006-2010 et Kruger and Karsten, 2011).

Le potentiel pétrolier en mer est aujourd'hui avéré, mais la connaissance de la nature des roches mères, des roches réservoirs et de couverture entre autres restent encore très limitée, et ce principalement en raison du manque de données sismiques aux standards industriels et de forages profonds dont la collecte ne peut être assumée que par des investisseurs privés. Pour voir un jour ce type d'opération se réaliser dans la ZEE, les risques d'exploration doivent être minimisés en dissipant certaines incertitudes. Or, un des principaux critères de l'industrie pétrolière pour lancer des campagnes d'exploration est la présence d'un système pétrolier bien connu d'un point de vue géochimique.

Le système pétrolier identifié à terre en Nouvelle-Calédonie, et censé se poursuivre en mer, est vraisemblablement très similaire à celui du Bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande (Vially et Lafoy, 2008). Un important travail d'analyse chimique des différents types de roches-mères identifiées à terre doit être effectué pour progresser dans la connaissance de ce système. La CRM souhaite ainsi la mise à en place d'une étude pilote sur les roches-mères terrestres de Nouvelle-Calédonie réalisée en collaboration avec un expert des roches-mères et des systèmes pétroliers de Nouvelle-Zélande et de la région.

Cette étude, qui comprendra plusieurs phases dont une mission de terrain (reconnaissance des roches-mères et prélèvements) à travers la Grande-Terre et une série d'analyses post mission, aura pour but de mieux renseigner la nature des huiles qui ont pu être générées par ces roches-mères et comparer les résultats à ceux du bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande. Les échantillons recueillis seront analysés par différentes méthodes ce qui permettra de les placer dans les chemins de maturation connus pour la Nouvelle-Zélande. Cette étude comprendra également des analyses des huiles de la « mine d'huile de Koumac » qui reste à ce jour très énigmatique en termes d'origine géologique et géochimique.

Plusieurs laboratoires spécialisés dans ces types d'analyses seront mis à contribution tels que le *Applied Petroleum Technology* (APT) de Norvège, le *CRL Energy* de Wellington et *Newman Energy Research* (NER) de Christchurch. Le coût de cette opération est une estimation établie sur la base du nombre d'affleurements de roches-mères connues en NC, il dépendra, au final, du nombre d'échantillons analysés.

Organisme/institut/bureau d'étude		ADECAL - DIMENC - GNS	
Responsables du projet		Pierrick ROUILLARD (ADECAL-ZoNéCo)	
Durée du projet en mois (max 36)		4	
Montant total de la proposition	5 360 000	Participation ZoNéCo	5 360 000 100 %
Date de démarrage du projet	septembre 2013	Date de restitution des résultats	Janvier 2014

Proposition: ZNC 2013-19

Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie

Résumé de la proposition :

En raison de l'évolution de l'offre et de la demande en certains minéraux dits stratégiques et de la volonté des gouvernements de réduire leur dépendance en matière d'approvisionnement, l'attention se tourne de plus en plus vers les environnements marins profonds qui peuvent être le siège de teneurs élevées en minéraux stratégiques. C'est ainsi que la région de Wallis et Futuna est aujourd'hui le lieu de recherches sur ce sujet par un consortium public/privé mené par Ifremer. Le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, dans le cadre de l'accord cadre engagé avec l'Ifremer, a récemment affiché son soutien au développement de la recherche sur cette thématique dans sa ZEE.

L'étude des données géologiques et géophysiques existantes, et notamment celles, encore inexploitées, provenant d'une campagne récente menée par l'Université de Tasmanie dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie, devrait nous aider à évaluer le potentiel en minéralisations profondes que ce soit en termes d'encroûtements ferromagnésiens, de nodules polymétalliques ou de dépôts sulfurés massifs.

La CRM propose donc, dans le cadre d'un stage de Master 2 recherche, une étude préliminaire établissant un état de l'art sur les différents types de minéralisation et leur présence dans la ZEE en utilisant les données existantes en Nouvelle-Calédonie afin de proposer des perspectives futures, et le cas échéant, de nouvelles campagnes d'acquisition.

Organisme/institut/bureau d'étude		IFREMER – DIMENC/SGNC	
Responsables du projet		Martin PATRIAT (IFREMER) Julien COLLOT (SGNC)	
Durée du projet en mois (max 36)		6	
Montant total de la proposition	1 760 000	Participation ZoNéCo	930 000 53 %
Date de démarrage du projet	avril 2013	Date de restitution des résultats	septembre 2013

ANNEXES

ANNEXE 1 : COMPTE-RENDUS

Compte rendu de la réunion du Groupe de projet du 09/07/2013	p. 13
Compte rendu du Groupe de Travail Aquaculture du 22/05/2013	p. 21
Compte rendu du Comité Technique Inter Collectivités du 16/04/2013	p. 29
Compte rendu du Comité Scientifique du 22/03/2013	p. 39

ANNEXE 2 : PROPOSITIONS DETAILLEES DES PROJETS RETENUS

Projet Benco (fiche opération + retour des proposantts)	p.48
Projet Elicoptr (fiche opération + retour des proposantts)	p.70
Projet Siga-NC (fiche opération + retour des proposantts)	p.106
Projet Hobical (fiche opération + retour des proposantts)	p.134
Projet « Caractérisation des roches mères pétrolières de la NC »	p.156
Projet « Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds »	p.163

Relevé de conclusions de la réunion du Groupe de Projet du Programme ZoNéCo

ADECAL, le 09 juillet 2013

Sous la co-présidence de M. Jean Michel ARLIE, Directeur Général de l'ADECAL (Agence de Développement Economique de la Nouvelle-Calédonie) et de M. Richard FARMAN, coordinateur du comité scientifique du programme ZoNéCo, ont participé à cette réunion, dans l'ordre alphabétique :

- | | |
|---------------------------------|---|
| - Monsieur Jean Michel Arlie : | Directeur Général de l'ADECAL ; |
| - Monsieur Jacques BEAUJEU : | Adjoint au Directeur de la DDR, Province Sud ; |
| - Monsieur Manuel DUCROCQ : | Halieute du programme ZoNéCo, ADECAL Technopole ; |
| - Monsieur Richard FARMAN : | Coordinateur du comité scientifique, Aquarium des Lagons ; |
| - Monsieur Henri HUMUNI : | Chargé de la filière pêche, Province des Iles Loyauté ; |
| - Monsieur Pierre LABROSSE : | Chargé de mission recherche et technologie, Haut-Commissariat ; |
| - Monsieur Laurent LE BRUN : | Secrétaire Général adjoint, Province Nord ; |
| - Monsieur Anthony LECREN : | Membre du Gouvernement en charge du développement durable ; |
| - Monsieur Lionel LOUBERSAC : | Délégué IFREMER en Nouvelle Calédonie, par intérim ; |
| - Monsieur Patrick MICHAUD : | SHOM ; |
| - Monsieur Bernard PELLETIER : | IRD |
| - Monsieur Adrien RIVATON : | Coordinateur de la Technopole, ADECAL Technopole ; |
| - Monsieur Pierrick ROUILLARD : | Géologue du programme ZoNéCo, ADECAL Technopole ; |
| - Monsieur Armand WAMO : | Secrétaire Général adjoint, Province des Iles Loyauté. |

Etait absent excusé :

- | | |
|-------------------------------|-------------------------------------|
| - Monsieur Michel ALLENBACH : | Université de la Nouvelle-Calédonie |
|-------------------------------|-------------------------------------|

I. En préambule, il a été précisé ce qui suit :

- 1- Pour mémoire, il est rappelé que la gestion et la coordination du programme ZoNéCo sont assurées par l'ADECAL depuis 2002. En matière de gouvernance, le groupe de projet ZoNéCo, s'appuie sur 2 comités consultatifs :
 - ✓ Le Comité Technique Inter collectivités (CTI), composé des représentants des partenaires institutionnels du programme ;
 - ✓ Le Comité Scientifique (CS), composé des représentants de chacun des organismes de recherche partenaires.

Ces comités permettent en outre une meilleure prise en compte des besoins des collectivités et de distinguer les fonctions de proposants et d'évaluateurs, notamment par rapport aux propositions émanant des chercheurs locaux. Cette organisation a été reconnue comme un modèle de transparence et de bonne gouvernance.

- 2- Le programme ZoNéCo a été rattaché en 2011 à la thématique « valorisation et vulnérabilité des écosystèmes marins » de la Technopole. Il constitue un outil performant sur lequel la Technopole peut et doit s'appuyer mais conserve son identité et son mode de fonctionnement.
- 3- Suite à la diffusion du bilan 2006-2010, et comme cela a pu être réalisé dans le cadre des précédentes programmations, un travail de consultation a été lancé auprès des partenaires institutionnels et a permis d'effectuer la synthèse des besoins et enjeux à moyen terme exprimés par les collectivités. C'est sur cette base que le CTI et le CS, qui se sont réunis respectivement le 19 juin et le 17 août 2012, ont sélectionné et priorisé les sujets à traiter pour permettre la définition des termes de référence du futur appel à projets.
- 4- La consultation à domicile a été privilégiée pour la phase de finalisation et de validation de l'appel à projets qui a été diffusé le 27 décembre avec une clôture du dépôt des propositions fixée au 15 février 2013.
- 5- L'objectif du Groupe de Projet ZoNéCo qui rassemble les représentants de tous les partenaires du programme, qu'ils soient institutionnels ou scientifiques, est d'élaborer une proposition de programme 2013-2014 qui sera soumise au vote de la prochaine Assemblée Générale de l'ADECAL.
- 6- Le budget alloué à cette programmation, qui a été validé par l'Assemblée Générale de l'ADECAL du 12 novembre 2012, est de 78 000 000 XPF.
- 7- Les propositions reçues se déclinent comme suit :
 - a. 9 propositions en réponse à l'appel à projets recherche ;
 - b. 1 lettre d'intention soumise dans le cadre de l'appel à projets recherche ;
 - c. 6 propositions reçues en réponse à la consultation pour la réalisation d'études ;
 - d. 1 proposition reçue sur la thématique « thon/environnement » ;
 - e. 2 propositions reçues sur la thématique « ressources minérales ».
- 8- Conformément aux modalités d'évaluation et de sélection des propositions reçues, le CTI et le CS se sont réunis respectivement les 22 mars et 16 avril 2013.
- 9- Ces comités ont émis un avis sur les 18 propositions reçues. Ces avis ont été assortis de demandes de précisions pour 3 propositions. Les deux comités ont été unanimes sur la nécessité de réunir un groupe de travail destiné à préciser plus finement les attentes des partenaires institutionnels du programme, notamment concernant les propositions répondant à la thématique du développement de la filière aquacole. Ce groupe de travail qui s'est réuni le 22 mai 2013, a rendu ses conclusions et formulé des demandes de précisions pour 3 opérations.
- 10- L'ensemble des précisions reçues a été transmis aux membres du CTI, CS et Groupe de projet le 25 juin 2013.

Après examen en séance des propositions d'opérations, et compte tenu des avis des Comités Scientifique et Inter Collectivités, complétés des conclusions du Groupe de Travail Aquaculture et des précisions apportées par les proposant, il a été convenu ce qui suit :

II Propositions reçues en réponse à l'appel à projets recherche :

- ✓ **ZNC 2013-1 : ZENOBIE: Zooplankton Ecology as New Objective Biological Indicators for Lagoon Environments ***
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
- ✓ **ZNC 2013-2 : MORDICUS : Modélisation, ressources, développement, images couleur et usages ***
Cette opération n'est pas retenue pour le financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
- ✓ **ZNC 2013-11 : VAHINE / Variabilité temporelle des micro-algues fertilisantes en Nouvelle-Calédonie et transfert dans les chaînes alimentaires marines ***
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.

* Pour ces 3 premières opérations, il est acté que la thématique de la caractérisation des masses d'eau et leur découpage en unités de gestion cohérentes, apparait comme une action prioritaire à conduire dans le cadre de la définition de politiques de gestion de l'espace lagunaire. Cependant, si les sujets proposés ont été jugés pertinents sur le plan scientifique, la pluralité des propositions aurait dû engager au regroupement des proposant pour la formulation d'une seule proposition.

S'il est acté que ce sujet doit être à nouveau proposé dans le cadre d'un futur appel à projet, la concertation entre la communauté scientifique et les collectivités devra être un préalable pour en définir les orientations. Les travaux conduits dans le cadre du groupe de travail sur la modélisation pourront servir de base aux discussions.

Il sera également nécessaire de s'assurer que les moyens financiers du programme ZoNéCo seront suffisants.

- ✓ **ZNC 2013-4 : BENCO / Connectivité des bénitiers en Nouvelle-Calédonie**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 10 665 062 XPF.
Les précisions apportées par la proposante ont été jugées satisfaisantes pour lever les incertitudes formulées par le CS et le CTI sur la valeur ajoutée apportée par ce complément de financement et sur la mise en perspective de l'ensemble des travaux conduits sur ce sujet.

- ✓ **ZNC 2013-7 : SIGA NC / Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 6 135 000 XPF.
 La reformulation de la proposition recentrée sur le sujet de la thèse qui a été déposée dans le dossier CIFRE, tel que demandé par le Groupe de Travail Aquaculture, a permis d'estimer que les objectifs formulés sont en accord avec les attentes des collectivités.

- ✓ **ZNC 2013-8 : ELICOPTR / Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes dans le but de favoriser la transition endo-exotrophie des larves de poisson d'élevage et d'ornement**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 6 948 000 XPF, sous réserve que les proposant s'engagent à respecter les conditions particulières suivantes :
 - Implantation du projet au CCDTAM ;
 - Financement du post doc sur une durée initiale de 12 mois ;
 - Engagement écrit des proposant à répondre sur la période considérée au cahier des charges qui leur a été transmis ;
 - Maintien du co-financement du projet par l'Ifremer ;
 - Labellisation du projet par le pôle Aquimer.

- ✓ **ZNC 2013-9 : HOBICAL / Holothuries : liens entre performances de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetteculture calédonienne.**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 17 330 000 XPF.
 Il est fait remarquer que la consultation d'experts réalisée postérieurement au dépôt du projet a mis en avant la nécessité d'apporter certaines précisions zootechniques concernant le grossissement de *H. scabra*. Ces remarques ont été prises en considération par le proposant et la mise en œuvre d'expérimentations préliminaires a été intégrée à l'opération, sans incidence budgétaire mais avec un décalage dans le temps des opérations.
 Il est acté que ce projet sera porté par l'ADECAL Technopole et hébergé au CTA de St Vincent sous la tutelle scientifique de l'UNC.

- ✓ **ZNC 2013- 3 : Acquisition de connaissances sur les fonds de baie, estuaires et mangroves adossées (lettre d'intention).**
 La communauté scientifique et les collectivités sont en parfait accord sur l'intérêt à traiter ce sujet d'envergure.
 Une réflexion collégiale doit être engagée sur la base de l'expression précise de la demande sociétale afin de pouvoir identifier et décliner les opérations à conduire pour atteindre l'objectif fixé.
 Compte tenu de l'ampleur du sujet, il sera également nécessaire de s'assurer que les moyens financiers du programme ZoNéCo seront suffisants.

Une conférence internationale dédiée aux estuaires et espaces côtiers, co-organisée par l'ECSEA*, le SKLEC** et Elsevier, se tiendra à Shanghai du 13 au 17 octobre 2013 et constitue une opportunité d'aller à la rencontre d'un collègue de spécialistes et de nourrir le débat par l'apport d'informations récentes sur le sujet tant en termes de connaissances scientifiques que de prérequis et de méthodologies à mettre en œuvre.

* ECSEA : Estuarine Coastal Science Association

** SKLEC : State Key Laboratory of Estuarine and Coastal Research

- ✓ **ZNC 2013-5 : SCABRA / Evaluation de l'efficacité du réensemencement de juvéniles de *Holothuria scabra* en milieu naturel en Nouvelle-Calédonie.***

Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.

- ✓ **ZNC 2013-6 : MODOPTIREP / Modélisation du comportement d'enfouissement, optimisation de l'effort d'échantillonnage et réalisation/évaluation d'un repeuplement d'*Holothuria scabra*. ***

Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.

* Ces deux opérations concurrentes ne répondent que trop partiellement à la demande et affichent des coûts jugés trop élevés. Il n'en demeure pas moins que les collectivités affichent un réel intérêt pour le développement de la filière d'élevage d'holothurie pour laquelle des avancées notables ont été obtenues sur la reproduction permettant aujourd'hui de disposer de juvéniles en quantité suffisante. Des questions demeurent sur les aspects zootechniques et de marché. Les résultats des études en cours sont attendus et devraient permettre de se prononcer sur la poursuite des travaux à conduire. L'ADECAL-Technopole s'est vu confier la coordination d'un groupe de travail dédié dont l'objectif est de permettre la standardisation des protocoles ainsi que le suivi et l'analyse des données issues de l'ensemble des projets en cours.

- ✓ **ZNC 2013-10 : GERBIE / Le thon germon en Nouvelle-Calédonie, son comportement et son environnement.**

Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.

Les précisions apportées par les proposant n'apportent pas les éléments suffisants pour se prononcer en faveur d'un complément de financement de l'opération VACOPA et pour accorder le financement de matériel électronique embarqué.

De plus, la Nouvelle-Calédonie, en charge de l'exploitation des ressources marines de la ZEE mais également du problème de santé publique soulevé par la contamination des chairs du thon par le mercure a engagé une réflexion sur l'ensemble du sujet et propose que cette opération soit différée. Le sujet pourra être reformulé dans le cadre d'une prochaine programmation, en intégrant les axes de travail prioritairement retenus.

III Propositions reçues en réponse à la consultation pour la réalisation d'études

L'ensemble des propositions d'études soumises n'ont pas été retenues en raison de leur inadéquation avec les besoins exprimés. Le recours à l'expertise doit pouvoir être maintenu au sein du programme ZoNéCo afin de pouvoir répondre à des besoins clairement exprimés, à la condition qu'ils entrent dans le cadre logique qui sera prochainement élaboré.

- ✓ **ZNC 2013-12 : PENPRO/ Elaboration d'un guide méthodologique pour le suivi des prélèvements effectués par la pêche non professionnelle.**
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
Bien que le problème de la quantification des prélèvements effectués sur la ressource par la pêche non professionnelle soit avéré, la méthodologie proposée ne permettra pas aux collectivités d'obtenir un produit répondant aux attentes formulées.
- ✓ **ZNC 2013-13 : Acquisition de connaissances biologiques, écologiques et environnementales sur l'huitre de palétuvier.**
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
La proposition n'est pas recevable. Le sujet étant toujours d'actualité sera intégré dans le programme du groupe de travail sur la diversification aquacole coordonné par l'ADECAL Technopole.
- ✓ **ZNC 2013-14 : Recommandations technologiques pour améliorer la longévité des DCP.**
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
- ✓ **ZNC 2013-15 : Etude d'un outil de caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie. ***
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
- ✓ **ZNC 2013-16 : Outil méthodologique pour la caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie. ***
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.
- ✓ **ZNC 2013-17 : Méthodologie de caractérisation des sites aquacoles. ***
Cette opération n'est pas retenue pour financement dans le cadre de la programmation ZoNéCo 2013-2014.

* Ces trois propositions répondent de manière beaucoup trop généraliste à la proposition formulée sans apporter de réelles perspectives d'utilité réelle de l'outil proposé. Le sujet étant toujours d'actualité sera intégré dans le programme du groupe de travail sur la diversification aquacole coordonné par l'ADECAL Technopole.

IV Propositions reçues sur la thématique Ressources Minérales

- ✓ **ZNC 2013-18 : Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie.**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 5 360 000 XPF.

- ✓ **ZNC 2013-19 : Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie.**
Il est proposé d'inscrire cette opération au programme 2013-2014 avec un budget de 930 000 XPF.

V Synthèse

Sur les 18 propositions reçues, il est donc proposé que 6 opérations soient retenues pour un budget global de 47 368 062 XPF.

V Perspectives

Il est admis que l'absence de programmation formalisée dans un cadre logique, issue d'un travail concerté entre les partenaires institutionnels et scientifiques, a rendu difficile le travail de finalisation de la programmation 2013.

Même si l'option d'un appel à projets suffisamment large et ouvert, autorisant l'exploration de certains aspects non envisagés et l'émergence d'idées nouvelles a été proposée lors du CTI du 19 juin 2013, le résultat de cet appel à projets est contraire aux effets escomptés. C'est en effet parce qu'il n'a pas été orienté et formulé assez précisément que les propositions ont été difficiles à évaluer tant par le CS que par le CTI.

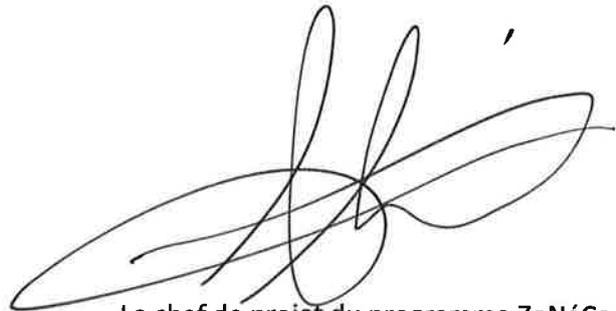
Le manque de précision dans la formulation des besoins par les collectivités est souligné. Il convient également de signaler la participation insuffisante de la communauté scientifique à l'exercice de réflexion, qu'un encadrement plus soutenu aurait permis d'obtenir.

Le constat ayant été dressé, il convient désormais d'impulser la relance d'une nouvelle programmation. C'est au travers d'un travail collectif qu'il sera possible de définir précisément les besoins qui pourront alors être traduits en programmation nécessaire à la rédaction d'un appel à projet. Il conviendra également d'inscrire le budget nécessaire à la réalisation d'une expertise collégiale dont le montant et les modalités de mise en œuvre restent à préciser.

C'est la définition d'une programmation effective et validée par les parties prenantes du projet comprenant des objectifs et attendus qui permettra la mise en perspective des attentes formulées, puis la définition des actions à conduire et des moyens nécessaires à leurs réalisations.

L'exercice de construction d'une nouvelle programmation nécessitera donc une forte implication de l'ensemble des partenaires du programme ZoNéCo. Le recours à une expertise collégiale permettra de mobiliser une équipe dédiée, qui apportera l'aide nécessaire à la mise en perspective des besoins pour appuyer la définition d'un cadre de travail. Cette démarche permettra d'envisager la fourniture d'un livrable sur un délai relativement court, estimé à environ 6 mois. Il conviendra d'estimer le montant et les modalités de mise en œuvre de ce type d'expertise.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 17h00.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Le chef de projet du programme ZoNéCo

Adrien RIVATON

Groupe de Travail ZoNéCo – Koné le 22 mai 2013

Compte rendu

Etaient présents :

Jérôme AZZARO (Province Nord/DDEE),
Dolores BODMER (Province Nord/DDEE) pour la présentation BENCO,
Loïc BOURGINE (Province Nord/ DDEE),
Bernard FAO (Province Sud/DDR),
Pierre LABROSSE (CMRT HCR),
Claire MARTY (Province Nord/DDEE)
Yoané TEIN-BAI (Province Nord/DDEE)

Richard FARMAN (coordinateur scientifique),
Adrien RIVATON (coordinateur ADECAL-Technopole),
Manuel DUCROCQ (halieute ZoNéCo),
Bruno NOGUERRA (Directeur CCDTAM / ADECAL-Technopole)
Thomas PIERROT (Directeur CTA / ADECAL-Technopole)

Absents excusés :

Henri HUMUNI (Province des Iles Loyauté/DDE),

Remarques liminaires :

Les avis émis par le CS et le CTI ont nécessité la tenue d'un groupe de travail afin de poursuivre les échanges sur le volet aquaculture de la programmation ZoNéCo. L'objectif recherché étant de reformuler les attentes précises des collectivités en terme d'attendus et de les mettre en balance avec les propositions soumises pour lesquelles un avis réservé a été émis.

Les thématiques abordées au cours de cette journée de travail ont été :

- Les enjeux à court et moyen terme de production de copépodes en Nouvelle-Calédonie au bénéfice de l'aquaculture calédonienne, mais peut être également à plus long terme en perspective du développement d'une filière de production de proies (proposition ELICOPTR) ;
- L'évaluation de la pertinence du réensemencement d'*Holothuria scabra*, et plus largement les différentes voies de production de bêche de mer (propositions SCABRA et ModOptiRep);
- Les connaissances à acquérir afin de permettre la diversification aquacole ciblant les espèces herbivores (proposition SIGA-NC).

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget	Remarques CS	Remarques CTI
ZNC 2013-8	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes ---- ELICOPTR	CNRS IFREMER Univ. de Lille 1 Sami SOUISSI (Univ. Lille1)	Total	L'élevage larvaire est une problématique « pays ». Considérant que les approches déjà engagées localement sont complémentaires (mésocosmes/forçage de la productivité en bassin + élevage copépodes), il semble qu'une réflexion partagée soit nécessaire d'autant que certains intervenants participent à plusieurs opérations. Le comité recommande d'ailleurs que le portage soit plutôt assuré par l'IFREMER pour assurer le lien avec Siga.nc. Au regard du partenariat pluriel, les aspects propriété intellectuelle devront être clairement explicités avant le démarrage du projet	La proposition formulée s'inscrit dans un programme d'envergure européenne visant à sécuriser la chaîne d'approvisionnement en proies vivantes. La contribution du programme ZoNéCo à hauteur de 30% paraît de ce fait trop importante. Le comité étant informé de la mission de consultance actuellement conduite par M. Thomas CAMUS au CCDTAM s'interroge sur la nécessité de poursuivre plus en avant sur ce thème et souhaite que les enjeux et besoins à moyen et long terme soient clairement identifiés et posés comme prérequis au lancement de ce type d'opération d'envergure.
			34 126 000		
			ZoNéCo		
			9 578 000		

Les éléments fournis par Bruno NOGUERRA mettent en exergue les besoins à court terme de pouvoir introduire de manière fiable et standardisée, des copépodes dans les premiers jours du cycle de vie larvaire des lutjanidés. Les travaux conduits par le Dr Thomas CAMUS, dans le cadre d'une mission de consultance, permettent d'envisager l'utilisation de copépodes *Parvocalanus crassirostris* lors du prochain cycle larvaire de *Lutjanus sebae* prévu fin 2013. L'objectif fixé étant d'identifier et d'isoler une souche, de mettre au point un protocole de maintien de cette souche et de développer un pilote de production de 2 000 000 de nauplii par jour. Ce sera ensuite à la lumière des résultats obtenus début 2014, qu'il sera possible de se prononcer sur la pertinence (ou non) du choix de l'espèce et du mode de production expérimenté. C'est donc à la suite de ces premiers essais qu'il sera possible de définir précisément les travaux à conduire pour permettre le transfert de technologie et la mise au point d'un système de production standardisé qui répond aux besoins de production du CCDTAM. En parallèle, le CCDTAM a prévu de s'adjoindre les services d'un consultant australien pour former l'équipe aux protocoles d'introduction des copépodes produits dans l'élevage larvaire. C'est sur la base de ces informations que le directeur du CCDTAM insiste sur la nécessité que les conclusions et perspectives des travaux actuellement en cours soient intégrés et considérés lors de la phase de démarrage du projet ELICOPTR. Il est également souligné, que ce projet qui présente un réel intérêt, présente toutefois un calendrier de travail peu compatible avec les besoins concrets et à court terme du CCDTAM, sans toutefois remettre en question la nécessité d'une programmation de 2 années.

A la lumière de ces précisions, la question de l'adéquation entre la proposition soumise et les besoins formulés est débattue.

Il est précisé que des besoins en copépodes ont été formulés par Aqualagon (pour une utilisation dans le cycle larvaire de *Siganus lineatus*), et par l' Aquarium des Lagons (ADL) dans le cadre de ses activités de recherche sur la reproduction et la mise en élevage d'espèces ornementales pour ses propres besoins (notamment pour le genre *Dascyllus*). Compte tenu du caractère très ponctuel et de courte durée des besoins en copépodes, la capitalisation de l'expérience par le CCDTAM paraît être la solution la plus profitable à la Nouvelle-Calédonie.

Si la culture de copépodes en mésocosme est une voie intéressante pour permettre l'étude des sources de proies potentiellement présentes dans le milieu naturel, son utilisation dans le cadre d'un schéma de production semble difficilement envisageable en raison d'une part du caractère non reproductible de cette méthode et d'autre part des volumes importants nécessaires à ce type de culture. C'est donc bien le développement d'un mode de culture standardisé et reproductible en conditions « indoor », que la Nouvelle-Calédonie souhaite voire développer.

Compte tenu des besoins pratiques qui ont été formulés, la proposition ELICOPTR est à la fois considérée comme trop vaste et pas suffisamment connectée aux besoins de la filière aquacole, tant en termes d'objectifs à court terme que de réactivité et d'interactivité.

A la lumière de ces informations, il apparaît nécessaire de définir un cahier des charges précis qui fera apparaître les objectifs à atteindre pour répondre aux besoins exprimés par les structures ayant fait part de leur besoin en copépodes (CCDTAM, ADL, AQUALAGON) --- Cf cahier des charges joint ---

Par souci d'optimisation des moyens, il est par ailleurs demandé au CCDTAM que l'opération soit hébergée au sein de ses locaux, et qu'un nouveau projet de « post doc » soit élaboré sur la base du cahier des charges. La participation de Thomas CAMUS devra être sollicitée, tout comme celle des intervenants scientifiques de l'opération ELICOPTR, pour l'encadrement scientifique du projet, sans garantie à ce stade que leur implication pourra être sécurisée pour le nouveau projet.

Considérant l'intérêt pour la Nouvelle-Calédonie de conserver les compétences de Thomas Camus au cours des 12 prochains mois (à compter de juillet 2013) et de s'assurer d'obtenir les résultats attendus et de limiter le risque financier, il est proposé de rendre un avis favorable à la proposition ELICOPTR assorti des conditions particulières suivantes :

- Implantation du projet au CCDTAM, ce qui permettrait la réduction sensible des coûts d'investissement (aménagements spécifiques dans la salle de culture à chiffrer par Bruno) ;
- Financement initial du post doc pour 12 mois, car il n'y a pas d'intérêt à ce stade à s'engager sur le moyen terme ;
- Engagement écrit des proposants à répondre, sur la période considérée, au cahier des charges ;
- Maintien du co-financement du projet par l'Ifremer.
- Labellisation du projet par le pôle Aquimer

Enfin, il conviendrait que les proposants apportent des précisions sur les projets évoqués dans la proposition et dont le projet ELICOPTR est censé bénéficier :

- Projet pluri annuel de R et D en pisciculture lagonaire à Mayotte (*Siganus sutor*)
- Activités en matière de copépodes à la Réunion et Tahiti ;
- Mutualisation des moyens avec la phase 2 du projet COPEFISH.

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget	Remarques CS	Remarques CTI
ZNC 2013-7	Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel ---- SIGA-NC	IFREMER UNC MNHN AQUALAGON Luc DELLA PATRONA (IFREMER)	Total	<p>Il s'agit d'un complément de financement d'une thèse (bourse CIFRE => participation du partenaire privé, étant précisé que le travail ne comporte aucun aspect zootechnique et donc que les résultats seront du domaine public) qui couvre différentes problématiques pour une même espèce.</p> <p>Il aurait ainsi été souhaitable que la demande de financement porte plutôt sur une tranche fonctionnelle comme le cycle de reproduction ou le régime alimentaire qui contribueraient au développement de nouvelles espèces aquacoles herbivores. D'autant que les aspects gestion ne sont pas traités de façon convaincante.</p> <p>Le comité suggère que le porteur de projet s'assure d'avoir toutes les autorisations de capture échantillonnage. La possibilité d'échantillonner de toutes les classes de tailles = différents milieux/engins risque d'ailleurs d'être problématique.</p>	<p>Le comité relève une proposition orientée vers l'amélioration des connaissances afin de mieux gérer la ressource, alors que les attentes formulées dans le cadre de l'AAP étaient clairement orientées vers l'amélioration des connaissances portant sur le cycle de reproduction et/ou l'alimentation de l'espèce dans un objectif de contribution au développement de l'élevage d'espèces herbivores.</p> <p>La rédaction de cette proposition est confuse et porte à interrogation sur les capacités à atteindre les objectifs formulés. L'articulation du projet, tel que présenté, impliquant un opérateur privé peut être de nature à constituer un frein à l'objectif recherché d'acquisition de connaissances publiquement accessibles à l'ensemble des acteurs de la filière.</p> <p>Le comité émet un avis réservé et propose la tenue d'une discussion technique entre les provinces et les centres techniques de la Technopole afin de se prononcer sur le bénéfice que les résultats de cette étude pourrait apporter au développement de la filière piscicole</p>
			38 011 000		
			ZoNéCo		
			7 823 000		

Précisions apportées par mail aux partenaires institutionnels du programme ZoNéCo, par l'adjoint pour la coordination et l'animation scientifique de l'IFREMER, M. Thierry LAUGIER :

- L'amélioration des connaissances proposée par le projet vise avant tout à contribuer au développement de l'élevage de cette espèce herbivore. Ces connaissances pourront aussi servir pour améliorer la gestion de cette ressource, mais cet objectif demeure annexe et ne fournit qu'une plus-value au projet.
- L'autre attendu important du projet est de consolider la méthodologie, sur la base du modèle "Picot" pour acquérir les connaissances de base nécessaires (biologie de la reproduction et de l'alimentation) au développement de l'élevage de nouvelles espèces locales. A ce titre, il s'intègre pleinement aux objectifs et au contexte de diversification aquacole des politiques publiques.

- Toutes les connaissances acquises le seront sur les populations naturelles et ne concerneront pas des aspects zootechniques. De ce fait, elles seront évidemment accessibles à tous, conformément à la politique ZoNéCo, et s'est bien ainsi que s'y engagent tous les partenaires, privé inclus, du projet. L'implication d'un partenaire privé n'obérant en rien cette accessibilité publique.
- Enfin, l'implication financière du partenaire privé (qui a également obtenu une bourse CIFRE) sans contrepartie, qui est plus ou moins une première, me semble plutôt un élément encourageant (et à encourager) qu'un frein réel pour le projet.

Les précisions apportées répondent aux interrogations formulées par les CS et CTI mais il est rappelé que ces points ne sont pas traités de façon clairement explicite dans la proposition d'opération. Il est demandé que le proposant de l'opération SIGA précise clairement la finalité aquacole de l'opération ainsi que l'absence de conditions de confidentialité.

Ces points étant levés, c'est sur le fond que l'échange est conduit, notamment sur l'intérêt à conduire en Nouvelle-Calédonie des opérations ciblant l'élevage des poissons herbivores (l'intérêt d'une telle problématique, dans l'absolu et au niveau mondial, étant évidente) et donc de l'étendue des retombées à attendre d'une telle opération hors picot rayé. Il est souligné qu'aujourd'hui en Nouvelle-Calédonie, à l'exception du picot rayé *Siganus lineatus* qui jouit d'un prix de vente élevé compatible avec les coûts de revient habituellement constatés en production aquacole, la majorité des espèces herbivores affichent des prix de vente moyens beaucoup trop faibles pour pouvoir envisager leur élevage de manière rentable.

Sur ce point les participants s'accordent sur le fait que le caractère exceptionnel de cette espèce justifie que des actions soient conduites en faveur de l'acquisition de connaissances utiles à favoriser le développement de son élevage, qui pourront éventuellement être transférables à d'autres espèces de picots (notamment le picot gris, *Siganus canaliculatus*) aux débouchés potentiellement rentables sur le marché calédonien.

La partie relative à l'étude physiologique de la reproduction de *Siganus lineatus* présente un réel intérêt mais son financement n'est pas intégré dans la demande de financement global et à ZoNéCo. IL est demandé que cette partie soit détaillée notamment en termes de financement et de calendrier.

Etant entendu qu'il y a un réel intérêt à conduire ces travaux qui s'inscrivent dans le cadre d'une thèse dont le financement est déjà bouclé, le Groupe de travail émet un avis favorable à la conduite de l'opération aux conditions suivantes :

- La reformulation de la proposition recentrée sur le sujet de la thèse qui a été déposée dans le dossier CIFRE ;
- La révision des besoins en investissement pour lesquels des économies d'échelles peuvent être consenties par la mutualisation des moyens disponibles dans les laboratoires ou structures partenaires ;
- L'apport de précisions sur les travaux conduits à Mayotte et en Polynésie Française

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget	Remarques CS	Remarques CTI
ZNC 2013-5	Evaluation de l'efficacité du réensemencement de juvéniles de <i>Holothuria scabra</i> en milieu naturel en Nouvelle-Calédonie ---- SCABRA	IRD SQUAL Southern Cross University Pascal DUMAS (IRD)	Total	L'ADECAL précise qu'il y a un projet d'élevage en enclos en cours à l'île Ouen (financement PS, VALE, ADECAL sur les fonds NC pour le soutien à la filière). S'agissant de ce projet et du suivant, le comité émet les réserves suivantes : <ul style="list-style-type: none">pour des raisons d'impartialité, il n'est pas souhaitable que les intérêts privés soient partie prenante au montage financier ou ait un quelconque droit de regard sur les résultats.Aucune des fiches ne précise en quoi ce(s) projet(s) va apporter des résultats là où d'autres initiatives ont échoué : il manque un argumentaire de justificationLa prise en compte de la mortalité naturelle dans les enclos (cf. fiche n°9) n'est pas explicitéeLe même conseiller technique intervient dans les 2 opérations ce qui est pour le moins curieux Considérant que les deux projets sont identiques, le CS demande que les deux équipes se rapprochent pour consolider la demande en une seule fiche mieux argumentée.	Les termes de référence des 2 opérations sont identiques. Si la question posée par les collectivités était de connaître l'efficacité de la pratique du réensemencement, les deux offres proposent la mise au point d'une méthode d'échantillonnage nécessaire à effectuer le suivi du réensemencement. Même si les avis des collectivités divergent légèrement sur l'intérêt de conduire des opérations de réensemencement, la question de son efficacité reste clairement posée et partagée de tous. Il semblerait que seule la mise en place de suivis sur le long terme permettrait d'y répondre. Les membres du comité souhaitent redéfinir précisément le besoin afin de confier la rédaction d'un cahier des charges à un expert. *
			32 072 218		
			ZoNéCo		
			14 232 400		
ZNC 2013-6	Modélisation du comportement d'enfouissement, optimisation de l'effort d'échantillonnage et réalisation/évaluation d'un repeuplement d' <i>Holothuria scabra</i> ---- ModOptiRep	Ginger Soproner Southern Cross University SEA CPS Antoine Gilbert (Soproner)	Total		
			16 566 500		
			ZoNéCo		
			16 566 500		

En préambule, le recensement des actions passées, en cours ou en programmation dans chaque collectivité est effectué.

Le Province des îles Loyauté qui n'a pas pu envoyer de représentant à ce groupe de travail souhaite informer les membres du Groupe de Travail de son souhait de conduire des opérations pilote d'élevage en enclos ou d'ensemencement de bêtes de mer, dans un avenir proche.

<p style="text-align: center;">Province Sud</p> <p>- Opérations de réensemencement sur zones fortement impactées sous conventionnement SEA (3 ans).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les opérations de suivi étaient confiées à la SEA pour les deux premières années de suivi ; • Les opérations de marquage n'ont pas donné les résultats escomptés ; • Les opérations de suivi de la troisième année sont conduites en collaboration avec des techniciens de la Province. <p>- Essais d'élevage en bassin dans deux fermes partenaires d'élevage de crevettes (FAO et AQUAMON). Les essais sont conduits dans des bassins après un cycle d'élevage de crevette et affichent le double objectif de la remédiation des fonds de bassin et de la croissance sur la base de la matière organique disponible. Les résultats font apparaître un ralentissement, voir un arrêt de la croissance des individus dans l'une des exploitations avant d'avoir atteint la taille commerciale.</p> <p>- Lancement d'un projet pilote d'élevage en enclos à l'île Ouen dont le démarrage est prévu fin juin 2013 (partenariat public/privé avec co-financement Province Sud, fondation Valé et ADECAL).</p>	<p style="text-align: center;">Province Nord</p> <p>- Etude de faisabilité technico-économique de grossissement en enclos et bassin sous conventionnement SEA (3 ans) :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Un suivi de grossissement en enclos côtier a été initié dans 2 baies d'un même site (Tiabet à Poum) ; • La destruction totale des enclos d'une des deux baies a conduit à la réorientation en 3^{ème} année de la partie du projet située dans cette baie vers du réensemencement à grande échelle ; • Le réensemencement n'est cependant pas considéré comme prioritaire en Province Nord mais la récurrence des demandes doit inciter à démontrer ou infirmer l'efficacité de la méthode. • Collecte des données de suivi de la population mise en élevage en bassins et en enclos par la SEA ainsi que des données économiques liées. <p>- La mise en place d'un plan de gestion provincial des pêcheries d'holothuries est une priorité pour la Province Nord. Le but étant d'étendre l'approche de gestion locale développée avec succès à Boyen, aux autres pêcheries existantes (ensemble zone géographique/ressource exploitée/groupe de pêcheurs). Cette démarche sera mise en œuvre avec un partenariat de l'IRD et du service des pêches du Vanuatu (convention tripartite). Le site de Tiabet fera partie des pêcheries prioritaires à intégrer dans ce plan. .</p>
<p>La multiplicité des opérations conduites démontre l'intérêt porté par les collectivités provinciales au secteur de la production et de l'export des bêtes de mer, mais souligne que les objectifs visés en termes de mode d'exploitation de cette ressource ne sont pas parfaitement identiques entre les provinces. L'exploration ainsi faite des différents scénarios envisageables inscrit les provinces dans une démarche de complémentarité des actions conduites. Il apparaît toutefois que l'absence de standardisation des protocoles de suivi rend difficile la comparaison des données collectées.</p> <p>Le montant des deux propositions paraît élevé pour la mise au point d'une méthode d'échantillonnage alors même que la Province Sud semble ne pas rencontrer de problème de cette nature sur les sites dont elle a la charge et qu'une recherche bibliographique pourrait être suffisante à apporter les connaissances sur le sujet du réensemencement et des méthodes de suivi /échantillonnage. La standardisation des protocoles de suivi apparaît comme l'action prioritaire à conduire. Elle peut être confiée à l'ADECAL-Technopole qui est en capacité d'effectuer des propositions concrètes et de fournir aux provinces l'appui nécessaire à la mise en œuvre de suivis rigoureux, à la centralisation des données et à leur analyse. La synthèse des résultats obtenus par les différentes méthodes et sur les différents sites permettra de recenser les questions qui restent posées et de formuler la demande scientifique. Etant considéré que les 2 propositions concurrentes SCABRA et ModOptirep ne répondent que partiellement à la demande exprimée par les collectivités pour un montant jugé trop élevé, il est proposé de confier à l'ADECAL-Technopole, l'animation d'un groupe de travail « bêtes de mer » qui devra permettre, sur la base des résultats obtenus et comparables, de proposer une méthode d'échantillonnage standardisée. C'est ensuite sur la base de l'analyse des résultats compilés qu'il sera possible de formuler le besoin en appui recherche sous la forme d'une consultation d'expert.</p>	

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget	Remarques CS	Remarques CTI
ZNC 2013-4	Connectivité des bénitiers de Nouvelle- Calédonie ---- BENCO	IRD Cecile FAUVELOT	Total	Les salaires constituent là encore une part importante du financement, renforçant si besoin était le constat du C.S. que ZoNéCo est devenu une agence de moyens...	Il s'agit d'un complément de financement d'une thèse qui autorisera une extension du sujet en termes d'échelle de gestion pour les espèces concernées. La question est posée de l'intérêt du choix de <i>Tridacna maxima</i> . Le comité émet un avis réservé et demande que des précisions soient apportées sur l'articulation de cette thèse avec la partie financée par ZoNéCo au niveau de son cofinancement et du calendrier. Il est également demandé que la mise en perspective de ces travaux fasse l'objet d'une présentation. Le comité confirme que l'acquisition du logiciel ne peut pas être prise en charge par le programme ZoNéCo.
			62 807 862		
			ZoNéCo	Le logiciel ne peut pas être financé par le programme.	
			10 665 062	Le comité souhaiterait des compléments d'information : <ul style="list-style-type: none"> • la représentativité des espèces échantillonnées sur le marché ; • confirmation qu'il n'y a pas de tps bateau dédié pour l'échantillonnage. 	

Madame Cécile FAUVELOT avait fait le déplacement à Koné pour effectuer la présentation des études conduites et en cours sur la connectivité des bénitiers en Nouvelle-Calédonie tel que demandé par le CTI.

Un éclairage a pu être porté sur l'objectif affiché d'apporter les éléments nécessaires à appréhender les échelles spatiales de connectivité de *Tridacna maxima* et de *Hippopus hippopus*. Les opérations actuellement en cours ont pour objectif de procéder à l'estimation du pourcentage d'autorecrutement et l'estimation de la dispersion larvaire pour *T. maxima* en Province Sud et pour *H. Hippopus* en Province Nord. Les travaux complémentaires proposés dans le cadre d'un financement ZoNéCo permettraient d'estimer la dispersion larvaire de ces deux espèces en Grande-Terre et aux Iles Loyauté et par conséquent de procéder à l'identification des stocks à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie (cf présentation jointe).

Le choix initial de *Tridacna maxima* est justifié par le fait que cette espèce encore relativement abondante permet la construction d'un modèle applicable pour les autres espèces du même genre, qui affichent des densités relativement faibles.

Les campagnes d'échantillonnage programmées aux Iles Loyauté s'intègrent dans un projet beaucoup plus global pour lequel une demande de campagne à la mer a été déposée, hors financement ZoNéCo. Des précisions devront être apportées sur la stratégie qui sera mise en œuvre (choix et superficie des sites) afin d'assurer l'efficacité d'échantillonnage de *H. Hippopus* que l'on ne trouve pas dans le même habitat que *T. maxima*. Sous réserve que ce point soit éclairci, les participants souhaitent qu'un avis favorable soit retenu pour cette proposition.

Comité Technique Inter Collectivités du programme ZoNéCo—Analyse des propositions de projet 2013

Compte rendu de la réunion du 16 avril 2013

Étaient présents :

Loïc BOURGINE (Province Nord/ DDEE),
Julien COLLOT (Nouvelle-Calédonie/ DIMENC-SGNC),
Emmanuel COUTURES (Province Sud/DENV),
Bernard FAO (Province Sud/DDR),
Henri HUMUNI (Province des Iles Loyauté/DDE),
Fabien JUFFROY (Nouvelle-Calédonie/DTSI-SGT),
Julie-Anne KERANDEL (Nouvelle-Calédonie/SMMPM),
Claire MARTY (Province Nord/DDEE)

Richard FARMAN (coordinateur scientifique),
Manuel DUCROCQ (halieute ZoNéCo),
Pierrick ROUILLARD (Géologue ZoNéCo)

Absents excusés :

Pierre LABROSSE (CMRT HCR),
Emmanuel TEISSIER (AAMP)

Remarques liminaires :

Le coordinateur du Comité Scientifique (CS) présente la synthèse des remarques générales formulées par le CS du 22 avril et insiste notamment sur l'insuffisance des échanges entre la communauté scientifique et les collectivités dans le cadre de la préparation de l'appel à projets ZoNéCo 2013. La conséquence est un assemblage de propositions qui ne permet pas aux organismes scientifiques de disposer de la visibilité nécessaire pour s'engager de manière forte et de mobiliser des équipes de recherche constituées en conséquence. Il précise également que l'absence de cadre structurant ne facilite pas la mise en place souhaitée d'indicateurs de performance.

En réponse, les participants prennent position en faveur de la relance d'une démarche de réflexion partagée afin de formaliser, sur la base des résultats obtenus antérieurement, une articulation en programmation des besoins identifiés. Le processus de consultation enclenché par ZoNéCo dès le mois de mars 2012, ayant permis de dégager les grandes tendances que l'on retrouve dans l'appel à projets, c'est donc bien au CTI de provoquer des réunions complémentaires au cours desquels des représentants de la communauté scientifique pourront apporter leur expertise. Si les membres du CTI pourront s'appuyer sur l'halieute du

programme ZoNéCo pour les aspects d'organisation, d'animation et de synthèse, il est impératif qu'une réflexion soit préalablement menée au sein de chaque collectivité sur les attentes du programme ZoNéCo dans le cadre de la programmation 2012-2015.

Le point relatif à la collecte des données produites dans le cadre du programme ZoNéCo a été largement discuté. Il est constaté qu'au-delà de la difficulté récurrente rencontrée par ZoNéCo à pouvoir disposer des données collectées lors d'une opération, leur valorisation est trop souvent rendue difficile (voir parfois impossible) en raison de l'absence de structuration et de mise en forme des données livrées. La définition de conditions contractuelles strictes, incluant des contraintes de paiement doit être envisagée lors des prochaines commandes d'opérations afin de disposer de toutes les garanties de livraison des données exploitables et de l'intégralité des productions issues de l'opération (crédits photos, illustrations, fiche de métadonnées, publications....).

Concernant la diffusion des données, il est rappelé que les collectivités partenaires du programme ZoNéCo sont collectivement propriétaires des résultats du programme et qu'en l'absence d'un cadre de diffusion, la pratique usuelle veut que la responsabilité de la diffusion de ces produits soit confiée aux provinces lorsque la demande concerne leur espace géographique. Cela est d'autant plus justifié pour les cartes bathymétriques puisqu'il a été considéré à une époque que ces produits cartographiques étaient jugés sensibles sur le plan halieutique. La mise en œuvre d'une réflexion pour la définition d'une politique de diffusion des données moins contraignante apparaît aujourd'hui nécessaire pour pouvoir répondre aux nombreuses sollicitations des organismes de recherche mais également pour permettre une utilisation plus large et plus optimale de ces données, tout en garantissant les droits de propriété. Le concept de licence type '*creative commons*' aujourd'hui largement répandu devrait être adapté au contexte.

Un étudiant en master géophysique de l'Université de Bretagne Occidentale travaille actuellement, dans le cadre d'un stage de fin d'études, à la mise à jour de l'atlas bathymétrique de la Nouvelle-Calédonie. Sa mission d'une durée de quatre mois et demie consiste à traiter l'ensemble des données nouvelles qui ont été préalablement collectées (issues de transits et de missions scientifiques opérées dans la ZEE-NC), d'effectuer une mise à jour des MNT à la résolution de 100 mètres et enfin de valoriser ces données traitées par la mise à jour des couches d'isobathes et des cartes de l'atlas bathymétrique. Le rendu de ce travail est programmé pour la dernière semaine d'août 2013.

L'halieute informe le comité que la refonte du site web du programme ZoNéCo est en voie de finalisation. Cette nouvelle version offrira un meilleur accès à l'information, sera doté d'un outil de recherche bibliographique performant ainsi que d'un explorateur cartographique. Sa mise en ligne est prévue à la fin du premier semestre. En parallèle le recensement des anciennes productions ZoNéCo a été effectué en vue de leur numérisation et mise en ligne. Un travail en cours, en étroite collaboration avec la DTSI vise à finaliser l'édition de fiches de métadonnées pour l'intégralité des opérations ZoNéCo et le développement d'un explorateur cartographique qui permettra d'interroger le Georep NC depuis le site web ZoNéCo.nc

Il est ensuite procédé à l'analyse des propositions reçues dans le cadre de l'appel à projets, un rappel de l'avis du CS étant effectué au préalable pour chaque opération.

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI	Avis CS
ZNC2013-1	Zooplankton Ecology as New Objective Biological Indicators for lagoon environments ---- ZENOBIE	IRD CNRS Univ. Aix Marseille Marc PAGANO (IRD)	9 285 807	Ces trois propositions présentent un intérêt en matière de recherche mais ne permettront pas d'envisager de disposer d'outils opérationnels à court et moyen terme pour les collectivités. Le comité estime que ces propositions ne répondent pas au besoin exprimé d'extension du modèle hydrodynamique existant.	Le comité s'interroge sur l'existence et la disponibilité des données qui ont été collectées antérieurement.	Avis défavorable
ZNC 2013-2	MOdélisation, Ressources, Développement, Images Couleurs et Usages ---- MORDICUS	IFREMER IRD Responsable ?	17 050 000		Le comité s'interroge également sur l'existence et la disponibilité de données antérieures, et ne partage pas la nécessité du niveau de zoom proposé.	Avis défavorable
ZNC 2013-11	Variabilité temporelle des micro-algues fertilisantes en Nouvelle-Calédonie et transfert de la chaîne alimentaire marine ---- VAHINE	IRD CNRS Univ. Aix Marseille Sophie BONNET (IRD)	9 598 547		Il s'agit d'un complément de financement pour une opération d'envergure qui ne répond pas à l'appel à projets.	Avis défavorable
ZNC 2013-4	Connectivité des béditiers de Nouvelle-Calédonie ---- BENCO	IRD Cecile FAUVELOT	10 665 062	Il s'agit d'un complément de financement d'une thèse qui autorisera une extension du sujet en termes d'échelle de gestion pour les espèces concernées. La question est posée de l'intérêt du choix de <i>Tridacna maxima</i> . Le comité émet un avis réservé et demande que des précisions soient apportées sur l'articulation de cette thèse avec la partie financée par ZoNéCo au niveau de son cofinancement et du calendrier. Il est également demandé que la mise en perspective de ces travaux fasse l'objet d'une présentation. Le comité confirme que l'acquisition du logiciel ne peut pas être prise en charge par le programme ZoNéCo.	Avis réservé	

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI
ZNC 2013-7	Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel ---- SIGA-NC	IFREMER UNC MNHN AQUALAGON Luc DELLA PATRONA (IFREMER)	7 823 000	<p>Le comité relève une proposition orientée vers l'amélioration des connaissances afin de mieux gérer la ressource, alors que les attentes formulées dans le cadre de l'AAP étaient clairement orientées vers l'amélioration des connaissances portant sur le cycle de reproduction et/ou l'alimentation de l'espèce dans un objectif de contribution au développement de l'élevage d'espèces herbivores.</p> <p>La rédaction de cette proposition est confuse et porte à interrogation sur les capacités à atteindre les objectifs formulés. L'articulation du projet, tel que présenté, impliquant un opérateur privé peut être de nature à constituer un frein à l'objectif recherché d'acquisition de connaissances publiquement accessibles à l'ensemble des acteurs de la filière.</p> <p>Le comité émet un avis réservé et propose la tenue d'une discussion technique entre les provinces et les centres techniques de la Technopole afin de se prononcer sur le bénéfice que les résultats de cette étude pourrait apporter au développement de la filière piscicole.</p>	Avis réservé
ZNC 2013-8	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes ---- ELICOPTR	CNRS IFREMER Univ. de Lille 1 Sami SOUISSI (Univ. Lille1)	9 578 000	<p>La proposition formulée s'inscrit dans un programme d'envergure européenne visant à sécuriser la chaîne d'approvisionnement en proies vivantes. La contribution du programme ZoNéCo à hauteur de 30% paraît de ce fait trop importante.</p> <p>Le comité étant informé de la mission de consultance actuellement conduite par M. Thomas CAMUS au CCDTAM s'interroge sur la nécessité de poursuivre plus en avant sur ce thème et souhaite que les enjeux et besoins à moyen et long terme soient clairement identifiés et posés comme prérequis au lancement de ce type d'opération d'envergure.</p> <p>Le comité souhaite que le directeur du CCDTAM soit consulté sur ce point avant de se prononcer sur l'opportunité de réaliser cette opération.*</p>	Avis réservé

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI
ZNC 2013-9	<p>Holothuries : liens entre performances de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne</p> <p>----</p> <p>HOBICAL</p>	<p>UNC IFREMER IRD CTA</p> <p>Sébastien HOCHARD</p>	15 830 000	<p>Le comité souhaite l'ajout :</p> <ul style="list-style-type: none"> d'un volet économique qui permettra d'estimer la rentabilité des pratiques de culture en alternance et de co-culture et de précisera les indicateurs de résultat permettant d'estimer la plus-value obtenue au travers de la bio remédiation ; d'une expertise sur la qualité du produit d'élevage incluant un retour qualité sur le produit fini rendu nécessaire en raison des questions qui subsistent sur l'épaisseur du tégument d'un animal ayant eu une vitesse de croissance élevée. <p>La province Nord informe le comité qu'elle doit pouvoir être en mesure de fournir les juvéniles nécessaires à l'opération et demande que des précisions soient apportées en termes de nombre et de calendrier.</p> <p>Le comité souhaite que l'opération soit portée par le CTA et conduite en partenariat avec l'UNC</p>	Avis favorable
ZNC 2013-3	Lettre d'intention relative à l'acquisition de connaissances sur les fonds de baie, estuaires et mangroves adossées	<p>Consortium IFREMER IRD UNC</p>	----	Le comité émet un avis favorable à la conduite d'une réflexion sur le sujet et à y participer activement	Avis favorable

<p>ZNC 2013-5</p>	<p>Evaluation de l'efficacité du réensemencement de juvéniles de <i>Holothuria scabra</i> en milieu naturel en Nouvelle-Calédonie ---- SCABRA</p>	<p>IRD SQUAL Southern Cross University Pascal DUMAS (IRD)</p>	<p>14 232 400</p>	<p>Les termes de référence des 2 opérations sont identiques.</p> <p>Si la question posée par les collectivités était de connaître l'efficacité de la pratique du réensemencement, les deux offres proposent la mise au point d'une méthode d'échantillonnage nécessaire à effectuer le suivi du réensemencement.</p> <p>Même si les avis des collectivités divergent légèrement sur l'intérêt de conduire des opérations de réensemencement, la question de son efficacité reste clairement posée et partagée de tous. Il semblerait que seule la mise en place de suivis sur le long terme permettrait d'y répondre.</p>	
<p>ZNC 2013-6</p>	<p>Modélisation du comportement d'enfouissement, optimisation de l'effort d'échantillonnage et réalisation/évaluation d'un repeuplement d'<i>Holothuria scabra</i> ---- ModOptiRep</p>	<p>Ginger Soproner Southern Cross University SEA CPS Antoine Gilbert (Soproner)</p>	<p>16 566 500</p>	<p>Les membres du comité souhaitent redéfinir précisément le besoin afin de confier la rédaction d'un cahier des charges à un expert. *</p>	<p>Avis réservé</p>

proposition reçue sur la thématique « THON/ENVIRONNEMENT »

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI
ZNC 2013-10	Le thon germon en Nouvelle-Calédonie, son comportement et son environnement ---- GERBIE	IRD CPS Christophe MENKES Valérie ALLAIN	59 187 680	<p>Il est rappelé qu'une interaction entre la recherche et les armements est vivement souhaitable et que même s'il a pu être acté que les travaux menés sur la thématique des ressources thonières constitue une contribution de la Nouvelle-Calédonie aux travaux de la WCPFC, la recherche de résultats transférables à la filière palangrière doit également constituer un objectif à atteindre.</p> <p>Bien que la pertinence de la proposition ne soit pas remise en cause, le montant demandé est très élevé et ne peut être supporté intégralement par le programme ZoNéCo.</p> <p>Le volet III se situe dans le droit fil des travaux conduits en 2010-2011, propose d'améliorer la compréhension de la relation fine entre les proies du thon et les espèces cibles, avec un objectif affiché d'utilisation des résultats par les pêcheurs et les gestionnaires. Il comprend un co-financement acquis de l'IRD pour la conduite de nouvelles campagnes d'acquisition de données. La zone d'étude étant la ZEE Calédonienne et le recours à une thèse avec un éventuel partenariat de la Nouvelle-Calédonie (bourse de thèse) renforcent le caractère éligible de ce volet.</p> <p>Le volet I de par sa portée régionale est jugé beaucoup trop coûteux pour être porté seul par le programme ZoNéCo. Le coût du consultant est également jugé beaucoup trop élevé et devrait engager à la recherche de solutions alternatives moins coûteuses.</p> <p>Le volet II présente un réel intérêt pour les professionnels et son financement est acquis.</p> <p>Sur la base de ces éléments, le comité propose d'émettre un avis favorable concernant la demande de financement du volet III. L'acquisition du sondeur ne pourra toutefois pas être assurée par ZoNéCo.</p>	<p>Avis Favorable pour le financement du volet III</p>

Propositions reçues en réponse à la consultation pour la réalisation d'études					
N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI
ZNC 2013-12	Elaboration d'un guide méthodologique pour le suivi des prélèvements effectués par la pêche non professionnelle ---- PENPRO	Nicolas GUILLEMOT IRD N. GUILLEMOT	5 162 192	<p>L'estimation des prélèvements effectués par la pêche non professionnelle est un sujet pour lequel les collectivités se déclarent démunies tant en termes de méthodologie adaptées aux situations propres à chaque province qu'en termes de conduite et de financement des études visant à réaliser ces estimations.</p> <p>Cependant la proposition effectuée est jugée inadéquate car il est à craindre que l'outil obtenu ne soit pas utilisé par manque de moyens et de disponibilité des services concernés.</p> <p>Considérant que des études sur le sujet ont déjà été conduites par le passé et que certains modes de suivi sont déjà opérationnels en Nouvelle-Calédonie, il paraît plus opportun et profitable de traiter le sujet sur la base de ce qui existe déjà afin de définir les potentialités des réseaux de suivi existant et de proposer les éventuelles améliorations à apporter pour aboutir à des évaluations pertinentes (notamment tenter d'évaluer l'adéquation entre les résultats de l'étude consommation et les débarquement réels) .</p> <p>Il est proposé de revenir vers Marc LEOPOLD afin de lui demander une expertise en ce sens, qui doit permettre d'aboutir à la rédaction d'un cahier des charges.</p>	Défavorable
ZNC 2013-13	Acquisition de connaissances biologiques, écologiques et environnementales sur l'huître de palétuvier	EMR Sabrina VIRLY	8 207 640	<p>Les membres du CTI rejoignent l'avis du Comité Scientifique et ajoutent que la proposition qui a été effectuée est en tout point identique à la proposition effectuée par le cabinet EMR en 2009. L'opération préalablement financée dans le cadre de la programmation 2009, n'ayant pas été menée à son terme en raison de défaillances imputables à EMR, cette proposition n'est pas acceptable.</p> <p>Il n'en demeure pas moins que les collectivités souhaitent que ce sujet puisse être abordé et propose qu'il soit à nouveau examiné, notamment sous l'angle de la diversification aquacole, tel que discuté entre les collectivités provinciales et l'ADECAL-Technopole .*</p>	Défavorable

ZNC 2013-14	Recommandations technologiques pour améliorer la longévité des DCP	CREOCEAN KHER PLK Olivier LEBRUN (CREOCEAN)	7 586 656	<p>Le portage de la proposition par 2 bureaux d'étude venant s'ajouter à l'expertise initialement souhaitée de l'entreprise PLK marine rend la proposition trop coûteuse, avec un rapport coût/bénéfice jugé peu intéressant.</p> <p>Cependant, les collectivités provinciales ont manifesté leur intérêt à pouvoir bénéficier de l'intervention de la société PLK marine en Nouvelle-Calédonie notamment dans le cadre du montage et de la pose des DCP commandés à cette société par les pêcheurs plaisanciers de la Province Nord.</p> <p>Une mission de formation au montage, à la pose et à l'entretien des DCP pourrait être conduite par la société PLK marine, sous la coordination et le financement de l'ADECAL –Technopole.</p>	Défavorable
ZNC 2013-15	Etude d'un outil de caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie	EMR IDEE Jacques TRICHEREAU (IDEE)	5 282 739	<p>Les 3 propositions, bien qu'affichant un niveau de compréhension du sujet légèrement différent, répondent de manière beaucoup trop généraliste à la proposition formulée, sans apporter de réelles perspectives d'utilité réelle de l'outil proposé.</p> <p>Le manque de précision des propositions qui ont été soumises, l'absence d'intégration des actions déjà conduites par ailleurs et leur contenu beaucoup trop généraliste interpelle le comité sur la compréhension même du sujet et sur les réelles attentes des collectivités.</p>	Défavorable
ZNC 2013-16	Outil méthodologique pour la caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie	IFREMER MELANOPUS Guénolé BOUVET (MELANOPUS)	8 168 505	<p>Le comité propose la relance d'une réflexion qui permettra de formuler le besoin de manière précise. *</p>	
ZNC 2013-17	Méthodologie de caractérisation des sites aquacoles potentiels	LITTORALYS KHER ODYSSEE Développement Nicolas RAFECAS (LITTORALYS)	4 420 500		

Le géologue du programme fait une présentation des deux fiches « ressources minérales ». Il rappelle également que le programme ZoNéCo finance en 2013 1 poste de chargé de recherche/coordonateur de la cellule de ressources minérale et un poste de VSC « traitement des données sismiques ZoNéCo »

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CTI	Avis CTI
Propositions reçues sur la thématique « RESSOURCES MINERALES »					
ZNC 2013-18	Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie	ADECAL DIMENC GNS Pierrick ROUILLARD (ADECAL)	5 360 000	Cette opération se traduira par la venue d'une expert neo zélandais qui effectuera une succession de prélèvements des affleurements de charbon à terre. Des analyses seront effectuées afin de déterminer le type d'huile qu'ont pu générer ces charbons. Cette étude est une étude pilote qui permettra de dresser un premier bilan et de programmer, selon les résultats obtenus, de nouvelles opérations pour les prochaines programmations. L'objectif étant d'apporter aux opérateurs privés un nombre suffisants d'éléments concordants justifiant de la pertinence à engager des études complémentaires	Avis favorable
ZNC 2013-19	Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie	IFREMER DIMENC/SGNC Martin PATRIAT (IFREMER) Julien COLLOT (SGNC)	930 000	Cette opération sera effectuée dans le cadre d'un stage de master 2 qui s'intègre dans la convention « Géosciences Marine » de l'accord cadre IFREMER/GNC. La part de financement ZoNéCo correspond au financement d'une mission d'échange avec l'université de Tasmanie et de la prise en charge du billet d'avion AR Paris-Nouméa du stagiaire. L'objectif étant, au travers de l'analyse et de l'interprétation de données existantes sur la zone de Matthew Hunter (qui de par son contexte volcanique présente un potentiel), d'améliorer la connaissance géologique de la zone et selon les résultats de monter un dossier de demande de campagne océanographique qui sera déposé en septembre 2013.	Avis favorable

N.B¹. il conviendra de fixer une date pour la tenue d'un groupe de travail portant sur les propositions ZNC2013 – 5, 6, 8, 13

N.B². S'agissant des bénéficiers, le comité demande que lui soient communiquées les publications scientifiques qui traitent de la densité dépendance. L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 13h.

Comité scientifique du programme ZoNéCo–Analyse des propositions de projet 2013

Compte rendu de la réunion du 22.03.2013

Etaient présents :

Pierre LABROSSE (CMRT HCR),
Thierry LAUGIER (IFREMER),
Claude PAYRI (IRD),
Yves LETOURNEUR (UNC),
Patrick MICHAUX (SHOM).
Richard FARMAN (coordinateur scientifique),
Manuel DUCROCQ (halieute ZoNéCo),
Pierrick ROUILLARD (Géologue ZoNéCo)

Absents excusés :

Bernard PELLETIER (IRD/GOPS),
Michel ALLENBACH (UNC)

Remarques liminaires :

Etant donné qu'il s'agissait d'une première participation pour certains, le rôle du comité (avis consultatif sur le fond et sur la forme des opérations proposées + toute autre remarque jugée pertinente) est rappelé avant de procéder à l'examen des propositions.

En réponse, les participants émettent un certain nombre de remarques quant à la difficulté d'apprécier/évaluer un projet sans savoir dans quel cadre il s'inscrit. Il est ainsi regretté qu'on ne se soit pas plus inspiré des résultats de la précédente programmation pour identifier les nouveaux besoins et rebâtir un cadre logique à partir de ce constat. D'autant que des thématiques structurantes fortes ont l'air d'émerger qui auraient pu profiter d'une réflexion partagée des partenaires leur permettant, le cas échéant, de mobiliser des moyens complémentaires au lieu de simplement répondre à un appel à projet avec les seules forces en présence.

Cette démarche aurait eu en outre l'intérêt de resituer le rôle de chacune des instances, notamment celle du Comité de Pilotage. L'halieute du programme signale à cet effet que l'ADECAL a envoyé un courrier aux partenaires leur demandant de désigner un représentant au CP pour relancer le processus.

Le représentant de l'Etat s'inquiète par ailleurs qu'il n'y ait aucun indicateur de suivi, notamment en terme d'impact sur le développement ou de réponse à des enjeux jugés prioritaires. Il considère que si les financements ont pu être débloqués à ce stade pour ne pas retarder plus avant le démarrage des opérations, il est peu probable que ce soit le cas les années suivantes en l'absence de critères d'évaluation.

La pertinence de faire des appels à projets est également remise en question. En effet, cette procédure s'est révélée inadaptée et dénature le "programme" ZONECO en réduisant l'initiative à une agence de moyens.

Les participants recommandent donc que les partenaires aboutissent la réflexion sur le rôle et les objectifs du programme afin de disposer d'un véritable cadre logique et cohérent. C'est en effet la dimension « programme » qui a fait la force de l'entité ZoNéCo et sa capacité à mobiliser des ressources au-delà des apports financiers permettant de réaliser des opérations que les partenaires n'auraient pas pu envisager en régie. Il serait dommage qu'elle soit réduite au rang d'une agence de moyens perdant ainsi tout effet démultiplicateur.

Ceci étant posé, les 11 fiches« recherche » sont examinées. Les avis du comité sont synthétisés dans le tableau ci-après.

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CS	Avis CS
ZNC2013- *1	Zooplankton Ecology as New Objective Biological Indicators for lagoon environments ---- ZENOBIE	IRD CNRS Univ. Aix Marseille Marc PAGANO (IRD)	9 285 807	<p>Il s'agit d'étudier un des chaînons manquant de la chaîne trophique et donc de se prononcer sur l'intérêt de combler ce gap. D'autant que la problématique rejoint forcément les préoccupations halieutiques ou aquacoles.</p> <p>Considérant que deux autres fiches proposent d'étudier/aborder la même problématique mais sur d'autres compartiments (masses d'eau, micro-algues), les porteurs de projets sont invités à se rapprocher pour présenter un cadre global qui déclinerait les 3 propositions (+recherche d'économies d'échelle entre les opérations). Toutefois, l'accent devrait être avant tout mis sur la caractérisation physique des masses d'eau (typologie, zones homogènes); les compartiments biologiques devant être utilisés, dans cette première phase, comme validation ou non.</p> <p>Il conviendra de veiller particulièrement à :</p> <ul style="list-style-type: none"> • l'emboitage des échelles entre les différents compartiments • prendre en compte les spécificités des lagons (étroit/large) • l'accès aux données bathymétriques (quid sinon ?) • ne pas survendre la puissance des nouveaux bio indicateurs • préciser en quoi la loupe sur Nouméa va contribuer à l'identification des masses d'eau/qualité du modèle (mordicus) : ça ne rentre pas dans la démarche initiale • vérifier que les mesures CDOM soient pertinentes (Mordicus) 	Favorable sous réserve de Regroupement 1,2 & 10
ZNC 2013- *2	MOdélisation, Ressources, Développement, Images Couleurs et Usages ---- MORDICUS	IFREMER IRD Responsable ?	17 050 000	Cf. Supra	Cf. supra Regroupement 1,2 & 10

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CS	Avis CS
ZNC 2013- *10	Variabilité temporelle des micro-algues fertilisantes en Nouvelle-Calédonie et transfert de la chaîne alimentaire marine ---- VAHINE	IRD CNRS Univ. Aix Marseille Sophie BONNET (IRD)	9 598 547	Projet évalué au niveau national (plus hautes instances) par rapport à son contenu scientifique. Il ne s'agit que d'un complément de financement.	Regroupement 1,2 & 10
ZNC 2013- 4	Connectivité des benthiques de Nouvelle-Calédonie ---- BENCO	IRD Cecile FAUVELOT	10 665 062	Les salaires constituent là encore une part importante du financement, renforçant si besoin était le constat du C.S. que ZoNéCO est devenu une agence de moyens... Le logiciel ne peut pas être financé par le programme. Le comité souhaiterait des compléments d'information : <ul style="list-style-type: none"> • la représentativité des espèces échantillonnées sur le marché • confirmation qu'il n'y a pas de tps bateau dédié pour l'échantillonnage 	Avis favorable
ZNC 2013- 7	Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel ---- SIGA-NC	IFREMER UNC MNHN AQUALAGON Luc DELLA PATRONA (IFREMER)	7 823 000	Il s'agit d'un complément de financement d'une thèse (bourse CIFRE => participation du partenaire privé, étant précisé que le travail ne comporte aucun aspect zootechnique et donc que les résultats seront du domaine public) qui couvre différentes problématiques pour une même espèce. Il aurait ainsi été souhaitable que la demande de financement porte plutôt sur une tranche fonctionnelle comme le cycle de reproduction ou le régime alimentaire qui contribueraient au développement de nouvelles espèces aquacoles herbivores. D'autant que les aspects gestion ne sont pas traités de façon convaincante. Le comité suggère que le porteur de projet s'assure d'avoir toutes les autorisations de capture/échantillonnage La possibilité d'échantillonner de toutes les classes de tailles = différents milieux/engins risque d'ailleurs d'être problématique.	Avis favorable

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CS	Avis CS
ZNC 2013-8	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes ---- ELICOPTR	CNRS IFREMER Univ. de Lille 1 Sami SOUSSI (Univ. Lille1)	9 578 000	L'élevage larvaire est une problématique « pays ». Considérant que les approches déjà engagées localement (Aqualagon) sont complémentaires (mésocosmes/forçage de la productivité en bassin + élevage copépodes), il semble qu'une réflexion partagée soit nécessaire d'autant que certains intervenants participent à plusieurs opérations. Le comité recommande d'ailleurs que le portage soit plutôt assuré par l'IFREMER pour assurer le lien avec Siga.nc. Au regard du partenariat pluriel, les aspects propriété intellectuelle devront être clairement explicités avant le démarrage du projet	Avis favorable
ZNC 2013-9	Holothuries : liens entre performances de production et bio remédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne ---- HOBICAL	UNC IFREMER IRD CTA Sébastien HOCHARD	15 830 000	Le CS souhaite un portage institutionnel du projet et un rapprochement avec les porteurs de la fiche évaluation du réensemencement une fois consolidée (économies d'échelle, partage des informations/résultats). Le CS souhaite aussi avoir des précisions sur : <ul style="list-style-type: none"> • Les indicateurs de résultat : à partir de quel % d'amélioration le résultat sera jugé concluant ou, autrement dit : quelle marge de progression permettrait la rentabilité de la co-culture (ou la remédiation) • Si on accélère la croissance, est-ce que le problème d'épaississement (manque de) du tégument ne va pas être accentué 	Avis favorable
ZNC 2013-3	Lettre d'intention relative à l'acquisition de connaissances sur les fonds de baie, estuaires et mangroves adossées	Consortium IFREMER IRD UNC	----	Le comité propose une réflexion collégiale pour poser un cadre logique après que la demande sociétale aura été précisée.	S.O.

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget ZoNéCo	Remarques CS	Avis CS
ZNC 2013-5	Evaluation de l'efficacité du réensemencement de juvéniles de <i>Holothuria scabra</i> en milieu naturel en Nouvelle-Calédonie ---- SCABRA	IRD SQUAL Southern Cross University Pascal DUMAS (IRD)	14 232 400	L'ADECAL précise qu'il y a un projet d'élevage en enclos en cours à l'île Ouen (financement PS, VALE, ADECAL sur les fonds NC pour le soutien à la filière). S'agissant de ce projet et du suivant, le comité émet les réserves suivantes : <ul style="list-style-type: none"> • pour des raisons d'impartialité, il n'est pas souhaitable que les intérêts privés soient partie prenante au montage financier ou ait un quelconque droit de regard sur les résultats. • Aucune des fiches ne précise en quoi ce(s) projet(s) va apporter des résultats là où d'autres initiatives ont échoué : il manque un argumentaire de justification • La prise en compte de la mortalité naturelle dans les enclos (cf. fiche n°9) n'est pas explicitée • Le même conseiller technique intervient dans les 2 opérations ce qui est pour le moins curieux Considérant que les deux projets sont identiques, le CS demande que les deux équipes se rapprochent pour consolider la demande en une seule fiche mieux argumentée.	Avis réservé : demande de consolidation des deux offres
ZNC 2013-6	Modélisation du comportement d'enfouissement, optimisation de l'effort d'échantillonnage et réalisation/évaluation d'un repeuplement d' <i>Holothuria scabra</i> ---- ModOptiRep	Ginger Soproner Southern Cross University SEA CPS Antoine Gilbert (Soproner)	16 566 500	Cf. Supra	Cf. Supra

Proposition reçue sur la thématique « THON/ENVIRONNEMENT »

ZNC 2013-17	Le thon germon en Nouvelle-Calédonie, son comportement et son environnement ---- GERBIE	IRD CPS Christophe MENKES Valérie ALLAIN	59 187 680	<p>Poursuite d'une opération. Thématique régionale plus que locale => quid du financement du projet :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Augmenter les participations extérieures ou réviser la maquette • limiter la participation de ZoNéCo à une tranche fonctionnelle (ciblage NC = objectif n°3 avec cofinancement thèse s/c NC) <p>Se pose également la question du coût du consultant alors que la participation des chercheurs est en général couvert par leur institut d'origine. Une alternative moins coûteuse consisterait à prendre un post-doc et un autre labo pour faire la micro chimie.</p>	A revoir
-------------	---	---	---------------	--	----------

Le comité émet les avis suivants sur les différentes expertises proposées

Propositions reçues en réponse à la consultation pour la réalisation d'études					
ZNC 2013-12	Elaboration d'un guide méthodologique pour le suivi des prélèvements effectués par la pêche non professionnelle --- PENPRO	Nicolas GUILLEMOT IRD N. GUILLEMOT	5 162 192	Marronnier (cf. définition journalistique) : toutes les informations sont déjà disponibles et l'expertise n'apporte aucune valeur ajoutée puisqu'il appartient aux services techniques de décider quelle méthode appliquer pour une situation donnée.	défavorable
ZNC 2013-13	Acquisition de connaissances biologiques, écologiques et environnementales sur l'huitre de palétuvier	EMR Sabrina VIRLY	8 207 640	Il s'agit d'une véritable action de recherche qui ne devrait pas être réalisée par un BE qui n'a pas de compétence particulière pour réaliser la phase d'enquête.	défavorable
ZNC 2013-14	Recommandations technologiques pour améliorer la longévité des DCP	CREOCEAN KHER PLK Olivier LEBRUN (CREOCEAN)	7 586 656	Pas dans le scope de ZoNéCo mais des services techniques, notamment de la MarMar	défavorable
ZNC 2013-15	Etude d'un outil de caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie	EMR IDEE Jacques TRICHEREAU (IDEE)	5 282 739	Ce genre d'étude à large scope n'apportera absolument aucune information utilisable : chaque cas (espèce/type d'aquaculture) a des spécificités qu'il faut prendre en compte au cas par cas et une approche multifactorielle ne va rien apporter.	défavorable

ZNC 2013-16	Outil méthodologique pour la caractérisation des sites aquacoles potentiels en Nouvelle-Calédonie	IFREMER MELANOPUS Guérolé BOUVET (MELANOPUS)	8 168 505	Cf. supra	idem
ZNC 2013-17	Méthodologie de caractérisation des sites aquacoles potentiels	LITTORALYS KHER ODYSSEE Développement Nicolas RAFECAS (LITTORALYS)	4 420 500	Cf. supra	idem

Le géologue du programme fait une présentation des deux fiches « ressources minérales ». Il rappelle également que le programme ZoNéCo finance en 2013 un poste de chargé de recherche/coordonateur de la cellule de ressources minérale et un poste de VSC « traitement des données sismiques ZoNéCo »

Propositions reçues sur la thématique « RESSOURCES MINERALES »					
ZNC 2013-18	Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie	ADECAL DIMENC GNS Pierrick ROUILLARD (ADECAL)	5 360 000	Signatures identiques à celles du bassin NZ. Collaboration/expertise pour mieux comprendre le système pétrolier de Nouvelle-Calédonie. Les dépenses concernent essentiellement une mission d'un expert de Nouvelle-Zélande, des analyses et la remise d'un rapport.	S.o.
ZNC 2013-19	Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie	IFREMER DIMENC/SGNC Martin PATRIAT (IFREMER) Julien COLLOT (SGNC)	930 000	Financement d'une mission à l'Université de Tasmanie et d'un billet d'avion Paris-Nouméa la thématique « ressources minérales profondes » pour un stage de Master 2. Pour information, ce stage fait partie de la sous convention « Géosciences Marine » de l'accord cadre IFREMER/GNC.	S.o.

N.B¹. il conviendra de fixer une date d'objectif pour le regroupement des fiches 1,2 et 10

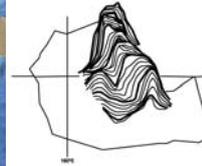
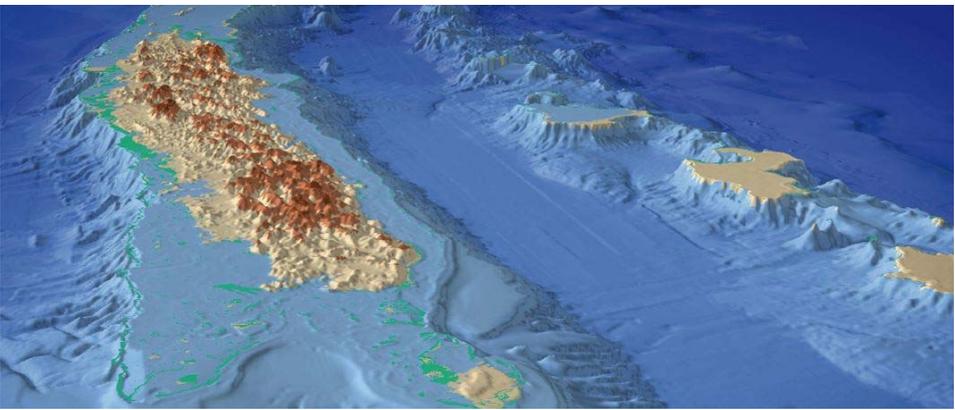
N.B². considérant le nombre de fiches qui expriment des besoins en termes de bathymétrie, le comité suggère que le programme puisse faire remonter ses besoins pour qu'ils soient pris en compte par la Nouvelle-Calédonie dans le cadre de futurs programmes d'acquisition de données bathymétriques et topographiques dans le lagon, par bathymétrie lidar aéroportée par exemple.

N.B³.S'agissant des bénitiers, le comité tient à souligner la nécessité d'arrêter la pratique du regroupement : il semblerait que la reproduction (stimuli) soit densité dépendante et qu'une trop forte abondance puisse inhiber la ponte.

L'ordre du jour étant épuisé, la séance est levée à 12h.

PROJET BENCO

« Connectivité des bénitiers en Nouvelle-Calédonie »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie
Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : (Attribué par le secrétariat de l'ADECAL)

Date de réception de la proposition (JJMMAA):

TITRE DE L'OPERATION
Connectivité des Bénitiers de Nouvelle-Calédonie
ACRONYME (le cas échéant)
BeN-Co

Présentation générale

Résumé du projet : contexte, objectifs, finalité, populations cibles, méthodologie, résultats attendus (2000 caractères maxi + abstract)

En Nouvelle-Calédonie, l'état des lieux actuel de la ressource en bénéitiers semble indiquer une diminution de l'abondance des bénéitiers due à l'augmentation de la pression de pêche en lien avec le développement démographique de l'île. Sans une gestion durable de cette ressource, ce constat risque de s'aggraver. Dans un contexte de conservation et de gestion des populations de bénéitiers, le projet BeN-Co a pour objectifs d'obtenir des données génétiques à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie pour deux espèces de bénéitiers *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus*. Ces données obtenues par l'utilisation de marqueurs moléculaires spécifiques (microsatellites et séquences mitochondriales partielles) renseigneront précisément sur la dispersion des larves, la présence de stocks génétiquement différenciés, et l'exploitation des différentes espèces. Ces données permettront de proposer des plans de gestion durables spécifiques pour l'espèce *Tridacna maxima*. Ce projet de recherche sont un complément aux études doctorales menées par Josina Tiavouane (Université Paris VI / IRD) et Simon Van Wynsberge (Université de la Polynésie française/IRD). Plus généralement, ce projet permettra d'avoir une vue générale et complète de la structuration des populations de bénéitiers en Nouvelle-Calédonie, de tester l'origine géographique des bénéitiers en distinguant ceux de Nouvelle-Calédonie des autres populations du Pacifique et d'estimer ainsi la fragilité éventuelle de cette ressource. A l'échelle de la Nouvelle-Calédonie, ce projet apportera des données nécessaires à la gestion à grande échelle de cette ressource, et mettra en lumière le fonctionnement des populations de bénéitiers, fournissant des résultats exploitables par l'ensemble des pays du Pacifique désireux d'améliorer la gestion de cette ressource menacée bien que protégée par la convention CITES.

Responsable du projet		Cécile FAUVELOT	
Durée du projet en mois (max 36)		18 mois	
Date de démarrage du projet	01/07/2013	Date de restitution des résultats	20/12/2014

Présentation des intervenants et de leur organisme de rattachement <i>reproduire la fiche autant de fois que nécessaire</i>					
Institut/organisme de recherche		Institut de Recherche pour le Développement (IRD)			
Laboratoire		UR227 - Coréus			
Statut (public/privé/EPIC)		public			
Adresse : 101 promenade Roger Laroque, BPA5, 98848 Nouméa cedex					
Boite postale	BPA5	Ville	Nouméa	Pays	NC
Directeur de laboratoire					
Nom	PAYRI	Prénom	Claude		
Titre	Directeur de Recherche				
mail	claude.payri@ird.fr	Téléphone	+687 26 07 50		
Chercheurs participant aux travaux <i>Joindre pour chaque chercheur un CV (1 page max) et la liste des 5 dernières publications</i>					
Nom	FAUVELOT	Prénom	Cécile		
Titre	Chargé de Recherche (CR1)				
mail	cecile.fauvelot@ird.fr	Téléphone	+687 26 07 87		
Chercheurs participant aux travaux					
Nom	ANDREFOUET	Prénom	Serge		
Titre	Chargé de Recherche (CR1)				
mail	serge.andrefouet@ird.fr	Téléphone	+687 26 08 00		

Implication des personnes impliquées dans la conduite de l'opération			
Nom	Fonction	ETP en jours sur la durée de l'étude	ETP en % sur la durée de l'étude
Cécile Fauvelot	Chargé de Recherche (CR)	114	30
Serge Andréfoüet	Chargé de Recherche (CR)	38	10
Josina Tiavouane	Doctorante (PhD)	114	30
Simon Van Wynaesberge	Doctorant (PhD)	63	17
Christophe Peignon	Assistant Ingénieur (AI)	19	5
CDD à recruter	Ingénieur d'Etudes (IE)	379	100
Etudiant M2	Etudiant Master 2 (M2)	127	33

Liste des 5 experts capables d'évaluer le projet		
Nom - Prénom	Université/institut/organisme	Contact mail
Viard Frédérique	CNRS - Roscoff	viard@sb-roscoff.fr
Wantiez Laurent	Université de la Nouvelle-Calédonie	laurent.wantiez@univ-nc.nc
Arnaud-Haond Sophie	IFREMER - Sète	sarnaud@ifremer.fr
Bierne Nicolas	CNRS - Montpellier	nicolas.bierne@univ-montp2.fr
Chevaldonné Pierre	CNRS – Marseille	chevaldonne@univmed.fr

Description complète et détaillée du projet

1- Titre et éventuellement acronyme de la proposition

BeN-Co : Connectivité des populations de Bénéitiers en Nouvelle-Calédonie

2- Informations générales sur le partenariat proposé : choix du responsable d'opération, référence faite aux compétences particulières de chaque membre de l'équipe dans le champ de l'étude proposée (joindre le CV de chaque membre du projet), aux ressources disponibles (facilités et accès à des équipements de laboratoire)

L'unité de recherche CoRéUs de l'IRD a été créée en 2002 avec pour objectif général la compréhension des interactions entre la biodiversité des récifs coralliens et la diversité des réponses aux activités humaines. De ce fait, elle aborde la structure et la résilience des communautés coralliennes, l'écologie fonctionnelle et la gestion des milieux. Anciennement UR128, l'unité de recherche a évolué en Janvier 2010 pour devenir l'UR 227 (« Biocomplexité des récifs coralliens de l'Indo-Pacifique »). Les chercheurs de l'Unité sont basés en Nouvelle-Calédonie, à Banyuls / mer, à La Réunion, au Vanuatu et en Indonésie.

Le projet proposé sera mené sous la direction de Cécile Fauvelot (CR, IRD COREUS, génétique des populations), avec la collaboration de Serge Andréfoüet (CR, IRD COREUS, télédétection, habitats).

Les analyses de génétique des populations (extractions, amplifications, et génotypage) seront réalisées à la Plateforme du Vivant du centre IRD de Nouméa (sous la coordination de C. FAUVELOT).

3- Description du projet :

a. Contexte et état de l'art

Les bënëitiers (Cardiidae: Tridacninae) repräsentent une composante importante des communautés récifales. Emblématiques, ils revêtent une grande importance économique et vivrière pour de nombreux habitants de la zone Indo-Pacifique, fournissent un substrat physique pour de nombreux organismes récifaux (Mingoa-Licuanan & Gomez 2002) et repräsentent des producteurs secondaires importants (Baillie et al. 1998). De par leur association symbiotique avec des dinoflagellés photosynthétiques, ils sont considérés comme indicateurs de la qualité de l'eau et de la santé des milieux coralliens (Roberts et al. 2002). De nature fragile, cette symbiose peut être perturbée et détruite dans des conditions de stress environnemental, conduisant, comme dans le cas des coraux, à des blanchissements massifs et la mort des organismes.

Parce qu'on les trouve justement en eaux peu profondes et claires, les bënëitiers sont vulnérables à la surexploitation, que ce soit pour la nourriture et/ou le marché de l'aquariophilie. Cinq espèces de bënëitiers sont présentes sur les récifs et dans les lagons de Nouvelle-Calédonie, dont au moins deux sont activement recherchées et collectées à des fins commerciales ou vivrières (*Hippopus hippopus* et *Tridacna derasa*). L'augmentation de la pression de pêche en lien avec le développement démographique du territoire soulève cependant de vives inquiétudes quant à l'état de la ressource, avec des populations de bënëitiers présentant localement des signes évidents de surexploitation (densités réduites, faibles tailles des individus) notamment dans les zones du lagon les plus fréquentées (ex. lagon sud-ouest). Pour la période 2000-2006, les statistiques de pêche disponibles font ainsi état de volumes de captures annuels compris entre 1 et 6 tonnes de bënëitiers, toutes espèces confondues. Dans le cas des captures commerciales, l'absence de données statistiques au niveau spécifique empêche à l'heure actuelle toute tentative d'évaluation précise des prélèvements par espèce. C'est encore plus vrai dans le cas de la pêche de subsistance, dont les impacts sur la ressource échappent à toute quantification.

Dans ce contexte, une étude de l'état des populations naturelles de Tridacnidae (*T. maxima*, *T. crocea*, *T. squamosa*, *T. derasa* et *H. hippopus*) financée par le programme Zonéco (2008), a été réalisée à l'échelle du territoire. Les objectifs de ce projet étaient 1) une évaluation de l'état des populations naturelles des différentes espèces de bënëitiers présents en Nouvelle-Calédonie, en fonction du niveau d'exploitation et de l'habitat ; 2) une analyse génétique de la connectivité des populations de *T. maxima* dans le lagon Sud, et 3) une estimation des stocks sur quelques récifs par extrapolation à partir de cartes d'habitats.

Les résultats de cette étude ont notamment montré qu'en Nouvelle-Calédonie, les peuplements actuels de Tridacnidae des zones récifales peu profondes présentent un caractère globalement plurispécifique avec une nette dominance de l'espèce *Tridacna maxima*, et des populations contrastées dont la distribution spatiale actuelle résulte de la modulation par la pression de pêche et d'une stratification naturelle liée à l'habitat. Quatre des cinq espèces recensées sur le territoire sont présentes à des densités moyennes faibles à très faibles (*Hippopus hippopus* étant l'espèce la plus rare dans les types de récifs lagunaires et barrières étudiés), soulevant la question du renouvellement et du maintien de ces ressources dans un contexte de pression humaine croissante. En effet, les structures de taille observées confirment l'impact de la pêche à travers la raréfaction des

individus de grande taille et le caractère aléatoire du recrutement souligné par le déficit global de juvéniles (Dumas et al. 2011).

Les résultats de l'étude génétique conduite sur les populations de *Tridacna maxima* suggèrent que les bénéitiers des récifs du Lagon sud (Ilot Maître, Corne Sud, Réserve Merlet) et des Loyautés (Maré) ne peuvent pas être considérés comme appartenant à un stock unique. Aussi, la population de *T. maxima* de la Réserve Merlet présente une plus grande variabilité génétique par rapport aux autres récifs, suggérant une taille efficace (i.e. le nombre d'individus participant efficacement à la reproduction) de la population de bénéitiers plus importante (Dumas et al. 2011, Tiavouane 2011). Enfin, les écarts à l'équilibre observés dans chaque population suggèrent la présence de familles à petite échelle (sur un récif), et/ou un recrutement sporadique de juvéniles issus de mêmes pontes.

A une plus grande échelle spatiale, celle du Pacifique, une structuration significative a été observée à l'échelle de la Polynésie française par l'utilisation d'allozymes (Laurent et al. 2002) et de microsatellites (Tiavouane 2011) et il a été noté une très nette distinction entre les populations de ces deux régions (Figure 1).

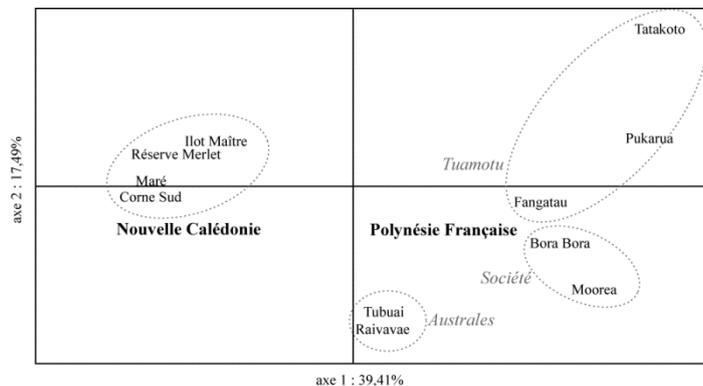
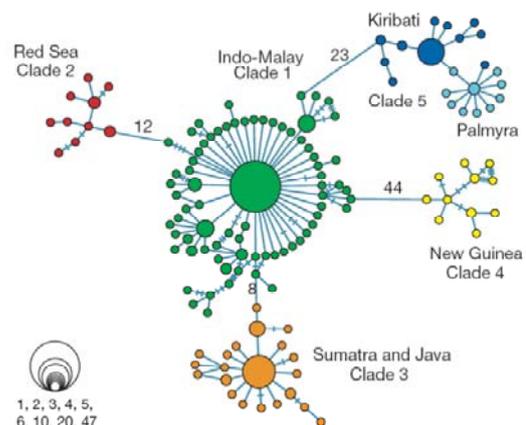


Figure 1 : Analyse en composante principale basée sur les génotypes multilocus (huit loci microsatellites) de *Tridacna maxima* issus des échantillons de Nouvelle-Calédonie et de Polynésie française (Tiavouane 2011, rapport de stage M2).

A l'échelle de l'Indo-Pacifique, de récentes études basées sur l'utilisation des séquences d'ADN mitochondrial ont révélé une très forte structuration génétique de cette espèce (Nuryanto & Kochzius 2009, Gardner et al. 2012), (Figure 2), notamment entre populations du Pacific Sud (Kiribati – Tarawa) et celles de Papouasie Nouvelle-Guinée).

Figure 2 : Identification des 5 clades phylogéographiques par analyse d'un fragment d'ADN mitochondrial (COI) révélant une structuration génétique forte de *Tridacna maxima* sur l'ensemble de son aire de distribution (d'après Gardner et al. 2012).

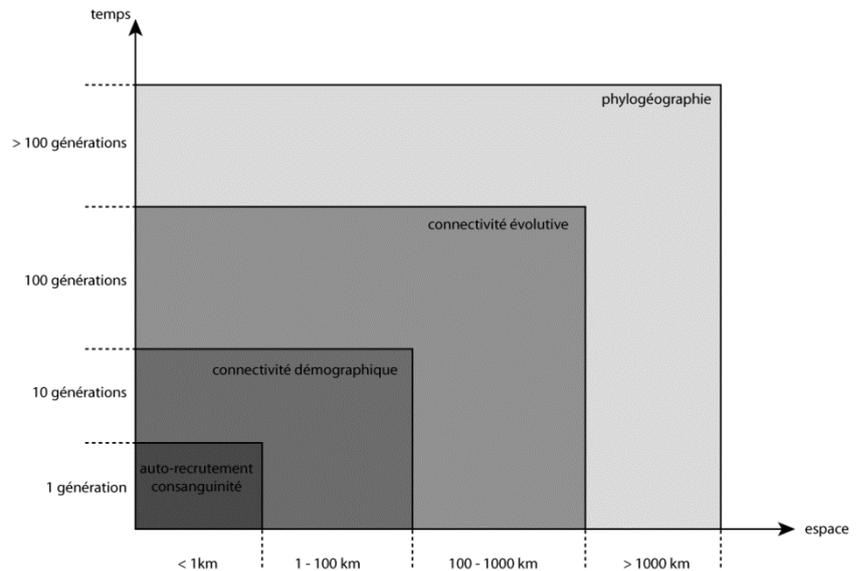


D'un point de vue ressources halieutiques, les espèces prisées en Nouvelle-Calédonie sont (devenues) trop rares sur l'ensemble des sites étudiés pour estimer précisément un stock en fonction de la distribution des habitats (Purcell et al. 2009, Dumas et al. 2011). Seul le stock de *T. maxima*, ainsi que la structure de taille des populations, a pu être estimé sur quelques récifs cibles calédoniens, mais aussi ailleurs, notamment en Polynésie française.

b. Objectifs, questions en lien avec la recherche et résultats attendus du projet

Dans un contexte d'estimation de la connectivité des populations, l'étude de la variabilité génétique de différents échantillons issus de différents sites permet d'estimer le flux génique entre ces sites, 'moyennés' sur des dizaines de générations, à conditions i) qu'aucune force autre que la dérive génétique et la migration n'agissent sur cette variabilité génétique et que ii) les populations échantillonnées soient à l'équilibre migration-dérive. Ces conditions étant rarement réunies, au moins dans le cas des populations marines, il est souvent nécessaire de prendre en compte l'ensemble des paramètres agissant sur les variabilités génétiques afin d'en déduire la part de cette variabilité due au flux génique. Une façon de procéder est d'étudier pour un même modèle l'effet de différents facteurs sur la variabilité génétique selon différentes échelles spatiales et temporelles. Ainsi, afin d'estimer au mieux la connectivité des populations de bénéitiers, il apparaît nécessaire d'intégrer toutes les échelles spatiales d'études : d'un récif (pour tester la présence d'individus apparentés au sein de la population locale) à l'aire de répartition de l'espèce pour replacer chaque population régionale dans un contexte évolutif (Figure 3).

Figure 3 : Principaux processus évolutifs interagissant sur la variabilité génétique des populations de bénéitiers selon différentes échelles spatiales et temporelles.



Ainsi, différentes questions écologiques peuvent être posées et auxquelles il est possible de répondre en adaptant l'échelle d'étude, l'échantillonnage et les analyses de données obtenues.

1. Quels sont les **processus influençant localement la dynamique des populations de bénéitiers** pouvant expliquer les forts déséquilibres observés par rapport à des populations dans lesquelles les fréquences alléliques et génotypiques s'équilibrent d'une génération à une autre (équilibre de Hardy-Weinberg) ?

Plus spécifiquement, les hypothèses sous-jacentes à tester sont des phénomènes de consanguinité liés à une faible dispersion des larves et un fort taux d'autorecrutement (donc la présence de familles sur un récif).

2. A quelle distance les populations de bénéitiers sont-elles connectées démographiquement ?

Il existe deux sortes de connectivité : la **connectivité écologique (ou démographique)**, qui concerne l'échelle de dispersion des larves sur une génération, et la **connectivité évolutive (ou génétique)** qui entretient un flux génique entre récifs, moyennés sur un grand nombre de générations, contrebalançant l'effet de la dérive génétique et homogénéisant les fréquences

alléliques. Nous nous intéressons ici à la **connectivité écologique** : en d'autres termes, quelle sont les **échelles spatiales de dispersion des larves** et quel est le **taux d'autorecrutement** sur les récifs ?

3. Existe-t-il des stocks différents de bénitiers à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie ?

Cette question vise à estimer **la connectivité évolutive** des populations de bénitiers. Elle renseigne sur les échelles spatiales auxquelles les populations peuvent être gérées. Il s'agit donc d'une analyse à une échelle pertinente pour la gestion, puisqu'elle met en évidence des populations isolées qu'il faut maintenir durablement indépendamment l'une de l'autre, via des plans de conservation spécifiques.

4. Les bénitiers de Nouvelle-Calédonie sont-ils génétiquement différenciés des autres bénitiers du Pacifique ?

Le but de cette partie est non seulement de tester le pouvoir des microsatellites pour discriminer des populations différentes (et donc de valider leur utilisation pour les échelles spatiales plus petites), mais également d'explorer l'histoire évolutive des bénitiers dans leurs aires biogéographiques respectives (et replacer ainsi les populations de bénitiers de Nouvelle-Calédonie dans un plus large contexte).

5. Quelles sont les **espèces de bénitiers exploitées en Nouvelle-Calédonie** et d'où viennent-elles ?

Comme nous l'avons dit précédemment, dans le cas des captures commerciales, l'absence de données statistiques au niveau spécifique empêche à l'heure actuelle toute tentative d'évaluation précise des prélèvements par espèce. C'est encore plus vrai dans le cas de la pêche de subsistance, dont les impacts sur la ressource échappent à toute quantification. Grâce à l'outil moléculaire, il est possible, à partir d'un morceau de tissu préservé dans l'alcool ou dans la glace, d'identifier l'espèce rencontrée et éventuellement d'en définir sa provenance (NC vs. autres régions).

En abordant toutes ces questions, ce projet permettra d'avoir une vue générale et complète de la structuration des populations de bénitiers en Nouvelle-Calédonie. Il permettra notamment de tester l'origine des bénitiers et de distinguer les bénitiers de Nouvelle-Calédonie des autres populations du Pacifique afin d'évaluer la fragilité de cette ressource. A l'échelle du territoire, ce projet apportera des données nécessaires à la gestion à grande échelle, inter-récifs, de cette ressource en Nouvelle-Calédonie et mettra en lumière le fonctionnement des populations de bénitiers, fournissant des résultats exploitables par l'ensemble des pays du Pacifique désireux d'améliorer la gestion de cette ressource menacée.

c. Méthodologie proposée (préciser lorsqu'il s'agit d'une approche innovante)

Pour aborder au mieux ces questions, nous proposons deux volets pour ce projet : un volet « **fonctionnement et connectivité des populations de bénitiers** », qui fournira des données relatives aux échelles spatiales de dispersion des larves de bénitiers et proposer ainsi des modèles de gestion durable des populations de bénitiers, et un deuxième volet : « **exploitation des bénitiers en Nouvelle-Calédonie** » qui renseignera sur l'exploitation réelle des stocks et ainsi la nécessité d'entreprendre des mesures de gestion adaptées.

Pour ce projet, nous nous intéresserons principalement aux populations de deux espèces de bënëitiers : *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus* ou communément appelé bënëitier rouleur, pour lesquelles les marqueurs moléculaires permettant de répondre aux différentes questions du projet ont déjà été mis en place par Cécile Fauvelot dans des précédents projets. L'utilisation de ces deux espèces est pertinente pour la Nouvelle-Calédonie puisque nous avons vu que d'une part, *Tridacna maxima* est l'espèce la plus abondante, certainement la moins exploitée, alors qu'à l'opposé, *Hippopus hippopus* est l'espèce la plus menacée, avec des densités très faibles à l'échelle du territoire et une exploitation estimée forte.

Volet 1 : Fonctionnement et connectivité des populations de bënëitiers

La génétique des populations s'intéresse aux variations spatiales et temporelles des fréquences alléliques et génotypiques. Elle repose sur le principe d'hérédité des caractères individuels, transmis d'une génération à une autre. Elle permet notamment d'identifier le degré de différenciation entre populations et ainsi d'évaluer les échanges effectifs entre populations à partir de l'estimation des flux géniques. Ces données sont à prendre en compte pour une gestion raisonnée des populations exploitées.

Plusieurs types de techniques biochimiques et moléculaires permettent d'estimer la variabilité génétique des populations naturelles. Les microsatellites, marqueurs nucléaires extrêmement variables, permettent de détecter, le cas échéant, des pertes de richesse allélique dans les populations récemment affectées par des réductions de taille et permettent de réaliser des analyses de paternité. Complémentaires aux microsatellites, les séquences de la région contrôle de la molécule d'ADN mitochondrial (ADNmt) permettent de dissocier la signature d'événements historiques (colonisation récente, expansion de population ...) de celle des flux géniques sur la structure génétique observée mais également pour étudier l'histoire de la colonisation d'une espèce dans une région donnée.

Comme nous l'avons vu, les différentes questions écologiques qui sont posées sont relatives aux échelles spatiales d'étude et il est possible d'y répondre en adaptant le plan d'échantillonnage, le type de marqueurs génétiques et les analyses de données. Dans tous les cas, un échantillonnage non destructif sera effectué par biopsie. Fin 2011, une étude d'impact réalisée sur une période de 3 mois a en effet mis en évidence le caractère bénin de ce type de prélèvements (Rapport IRD transmis au service environnement de la Province Sud).

A - Echelle locale (un récif)

A cette échelle, nous testerons s'il existe des familles au sein d'un récif (liées à une faible dispersion des larves et /ou à un fort taux d'auto-recrutement). Pour aborder cette question, l'échelle locale est préconisée (premier rectangle de la figure 3 : espace <1km, et une génération), car il est nécessaire de caractériser génétiquement l'intégralité des individus d'un récif donné (toutes cohortes confondues), les géo-référencer, et déterminer leur lien de parenté. Plus spécifiquement il s'agit de déterminer si des individus appartenant à une même cohorte (i.e. de même taille) sont possiblement frères et sœurs (synonymes d'une dispersion larvaire restreinte en nuages larvaires) et si des individus de cohortes différentes sont possiblement apparentés (i.e.

parents-enfants, synonymes d'auto-recrutement). Pour ce faire, nous prévoyons un échantillonnage non destructif par biopsie des *Tridacna maxima* sur le récif de Uéré (proche des îlots Ste Marie en Province sud) et sur les récifs de Pouébo pour *Hippopus hippopus*. Ces échantillonnages ont partiellement été réalisés. En effet, l'échantillonnage de *Tridacna maxima* a été réalisé dans le projet COMPO (voir paragraphe 5), mais il reste à échantillonner les juvéniles sur le site de Pouébo (seuls les adultes ont pu être échantillonnés dans le cadre du projet « Hippopus », voir paragraphe 5). Les individus seront caractérisés à 13 et 16 loci microsatellites respectivement pour les deux espèces. Les analyses de parenté permettront ensuite d'identifier les fratries et apparentements au sein des individus du récif.

B - Echelle régionale

A cette échelle, il s'agit de déterminer les échelles spatiales de dispersion des larves de bénéitiers. Cette question peut-être abordée en réalisant des analyses de parenté au sein d'un récif entre adultes et juvéniles (pour déterminer le taux d'auto-recrutement) et entre ce même récif et les récifs alentours (plus ou moins éloignés) afin de tester la dispersion des larves du récif « source » (où sont situés les parents) aux récifs « puits » alentours (où s'installent les recrues) (deux premiers rectangles de la figure 3 : <100km, <10 générations). Pour *Tridacna maxima*, ce travail est en cours de réalisation dans le projet COMPO (voir paragraphe 5). Pour *Hippopus hippopus*, l'échantillonnage est partiellement disponible via le projet « Hippopus » où des individus adultes ont été échantillonnés sur différents récifs des communes de Pouébo et Hienghène. Il sera cependant nécessaire d'étendre cet échantillonnage à d'autres récifs, situés notamment entre ces deux localités (30 à 50 individus par récifs). Les individus seront caractérisés à 13 et 16 loci microsatellites respectivement pour *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus*. Les analyses de parenté permettront ensuite de détecter les individus apparentés, issus de différents récifs, permettant ainsi l'estimation des échelles spatiales de dispersion larvaire.

C - Echelle du territoire

Cette question peut être abordée en combinant les échantillons issus de la partie précédente pour les deux espèces, et pour *Tridacna maxima*, seront disponibles les échantillons issus du programme Zonéco 2008 (Maré, Corne Sud, Réserve Merlet), et ceux qui seront collectés dans le cadre du projet TriMax financé par le Labex CORAIL en 2013 (voir paragraphe 5). De nouveaux échantillons devront être collectés pour les deux espèces autour de la Grande-Terre, dans les récifs d'Entrecasteaux et de l'île des Pins (via des campagnes annexes cofinancées) et dans les Loyautés (demande de campagne flotte côtière en cours). Trente à cinquante individus par site d'échantillonnage seront biopsés (Figure 4).

Comme nous l'avons dit, cette partie permettra d'estimer la connectivité évolutive des populations de bénéitiers via l'estimation des flux géniques entre sites. Elle renseignera sur la présence éventuelle de stocks distincts en Nouvelle-Calédonie (non connectés par les échanges larvaires), et qu'il conviendra alors de gérer indépendamment via des plans de conservation spécifiques pour maintenir durablement ces stocks. Pour se faire, des analyses de flux géniques utilisant les fréquences alléliques aux loci microsatellites seront réalisées.

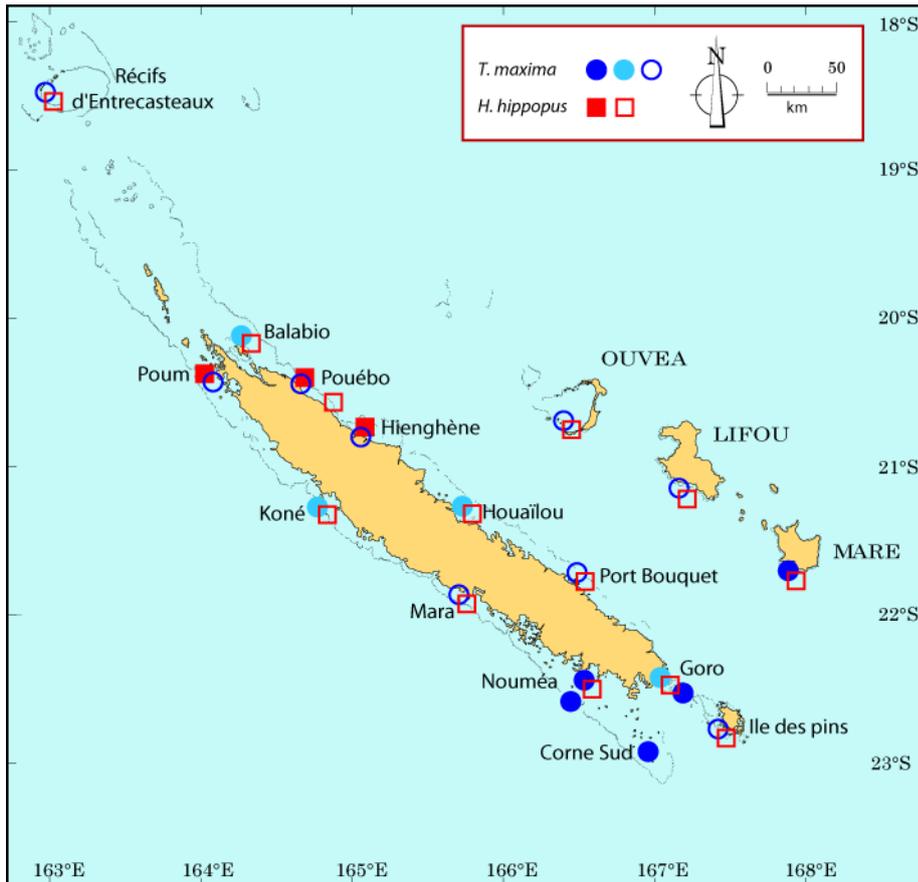


Figure 4 : Carte de l'archipel de la Nouvelle-Calédonie représentant l'effort d'échantillonnage du projet dans sa totalité. Pour *Tridacna maxima* (ronds bleus), les sites déjà échantillonnés et analysés sont en bleu foncé (financement Zonéco 2008 et COMPO), ceux dont l'échantillonnage et les analyses sont prévues via des cofinancements sont en bleu clair (financement TriMax) et les cercles bleus vides sont les sites à échantillonner et/ou analyser pour lesquels nous demandons le financement à Zonéco. Pour *Hippopus hippopus* (carrés rouges), les carrés pleins correspondent aux sites échantillonnés et analysés (financement WWF projet Hippopus), et

les carrés rouge vides sont les sites à échantillonner et/ou analyser pour lesquels nous demandons le financement à Zonéco. Les sites des Loyautés seront échantillonnés via une campagne côtière dont la demande est en cours (dépôt dossier février 2013). Les Récifs d'Entrecasteaux et de l'île des pins seront échantillonnés via une campagne d'échantillonnage financée prévue fin 2013 qui sera mise en place sous peu avec la Living Ocean Foundation.

A partir des données génétiques collectées, il sera possible de valider pour la première fois des approches de conservation qui reposent sur l'identification théorique de populations isolées en fonction de 1/ la présence et de la structure spatiale des habitats associés à la ressource, 2/ la durée de vie larvaire. Pour cela, et dans le cadre de la thèse en cours de Simon Van Wynsberge (Université de la Polynésie française/IRD), nous testerons la possibilité de déduire en fonction de la distribution et fragmentation des récifs susceptibles d'abriter des *T. maxima* la présence de différentes populations de *T. maxima* à l'échelle de la Calédonie. En pratique nous utiliserons le modèle de Pinsky et al. (2012) à partir d'une cartographie des platiers et zones de substrat durs (frangeants, massifs coralliens, barrières) autour de la Nouvelle-Calédonie. L'unité de gestion utilisée pourra être un carré entre 5 et 20 km de côté suivant les temps de calcul nécessaires et la taille des AMPs implémentées en Nouvelle-Calédonie. La distribution théorique de populations issue de ce modèle sera comparée avec celle donnée par les mesures génétiques. Ce travail sera réalisé en fin de projet et nécessite 3 mois de « temps-thésard » dédié.

D - Echelle Indo-Pacifique

Cette question relative à la **phylogéographie** des bénitiers sera abordée, en ce qui concerne *T. maxima*, dans le cadre du projet TriMax financé par le Labex CORAIL en 2013 (voir paragraphe 5).

Elle fait intervenir l'utilisation combinée de deux types de marqueurs, les microsatellites et les séquences mitochondriales de la Cytochrome Oxydase I (COI). Pour *Hippopus hippopus*, l'échantillonnage pourra être réalisé en même temps que celui de *Tridacna maxima*, et les échantillons pourront également être analysés avec deux types de marqueurs, les microsatellites et les séquences mitochondriales de la Cytochrome Oxydase I (COI).

Volet 2 : Exploitation des bénitiers en Nouvelle-Calédonie

Afin d'identifier les espèces de bénitiers exploitées en Nouvelle-Calédonie et de connaître leur origine géographique (intra ou extra Nouvelle-Calédonie), nous envisageons de cibler deux marchés, Nouméa et Koumac, que nous avons choisis pour des raisons pratiques. Avec l'accord des revendeurs, pour une période de 6 mois, nous réaliserons des prélèvements hebdomadaires de 10 bénitiers sur les étales de chaque marché, qui seront conservés dans l'alcool 80% pour analyse des séquences mitochondriales de COI afin d'identifier l'espèce pêchée (des amorces spécifiques invertébrés et Tridacnidae sont disponibles dans la littérature). Les *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus* qui seront identifiés seront alors analysés génétiquement aux loci microsatellites, et il sera possible de déterminer l'origine géographique des individus en confrontant leur génotype microsatellite à ceux issus des données de structuration des populations disponibles dans le volet 1. Pour se faire, nous envisageons également l'analyse de bénitiers *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus* des Chesterfield (qui pourront être échantillonnés avec l'aide du bateau de la Nouvelle-Calédonie (Amborella)) pour identifier les bénitiers originaires des Chesterfield.

d. Programme de travail détaillé incluant un calendrier des opérations

Volets et opérations	2013			2014			
	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Volet 1							
Echantillonnage Nouvelle-Calédonie	x	x		x			
Echantillonnage Indo-Pacifique	x	x	x	x			
Echantillonnage Ile des Pins			x				
Echantillonnage Récifs d'Entrecasteaux			x				
Echantillonnage Ile des Loyauté				x			
Analyse des individus aux loci microsatellites		x	x	x	x		
Analyse des individus aux séquences d'ADN mitochondrial			x	x	x		
Analyses statistiques des données génétiques				x	x	x	
Modélisation scénario gestion				x	x	x	
Mise en forme des résultats et rédaction de rapport et publications						x	x
Volet 2							
Echantillonnage marché Nouméa et Koumac			x	x	x		
Analyse des individus aux séquences d'ADN mitochondrial			x	x	x	x	
Mise en forme des résultats et rédaction de rapport et publications						x	x

e. Identifier les incertitudes qui pourraient conduire à des modifications de calendrier

Les incertitudes qui pourraient conduire à des modifications de calendrier sont les difficultés à trouver des juvéniles et adultes de l'espèce *Hippopus hippopus* en raison de sa rareté sur certains récifs de la Grande-Terre. Il conviendra alors d'adapter les sites d'échantillonnage initialement sélectionnés. Ceci pourrait entraîner un délai dans l'échantillonnage sans conséquence pour l'ensemble du projet étant donné que l'échantillonnage est prévu en début du plan d'action.

f. Résultats attendus et bénéfiques pour les collectivités partenaires du programme ZoNéCo

En abordant toutes ces questions, ce projet permettra d'avoir une vue générale et complète de la structuration des populations de bénéitiers en Nouvelle-Calédonie. Il permettra notamment de distinguer les bénéitiers de Nouvelle-Calédonie des autres populations du Pacifique et donc la fragilité éventuelle de cette ressource. A l'échelle du territoire, ce projet apportera des données nécessaires à la gestion à grande échelle, inter-récifs, de cette ressource en Nouvelle-Calédonie et mettra en lumière le fonctionnement des populations de bénéitiers, fournissant des résultats exploitables par l'ensemble des pays du Pacifique désireux d'améliorer la gestion de cette ressource menacée.

4- Besoins :**a. Identification, justification et chiffrage de l'intégralité des besoins en personnel, en équipement et en fonctionnement**

Pour ce projet, nous souhaitons recruter un ingénieur d'étude (IE, échelon 1) en CDD de 12 mois, qui participera à l'échantillonnage (en plongée sous-marine, nécessitant au minimum une équipe de 2 plongeurs) et qui réalisera la majeure partie des analyses moléculaires à la Plateforme du Vivant hébergée à l'IRD. Le budget d'un CDD de 12 mois est estimé à 6 074 662 cfp, soit 50 906 €.

En ce qui concerne le fonctionnement, pour le volet 1, pour *Tridacna maxima*, 450 individus supplémentaires (9 sites x 50 individus) seront collectés et analysés (700 individus sont déjà échantillonnés et analysés ou en voie de l'être dans les projets cofinancés, COMPO et TriMax). Pour *Hippopus hippopus*, 650 individus supplémentaires (13 sites x 50 individus) seront collectés et analysés (environ 500 sont d'ores et déjà collectés et en cours d'analyses via le projet « Hippopus »). Pour les deux espèces, un total de 1100 individus sont donc prévus pour les analyses (ADN à extraire), et 2200 PCR seront à réaliser (13 – 16 loci amplifiés dans 2 multiplex). Ces 2200 PCR seront ensuite analysées avec le séquenceur de la Plateforme du vivant.

Pour les missions d'échantillonnage, nous avons une demande de campagne côtière en cours dans le groupe des Iles Loyauté (sur le navire IRD ALIS) pour le mois de janvier 2014 pour une durée de 12 jours, permettant les échantillonnages d'Ouvéa, Lifou et Maré, en plus d'un site sur la côte est de la Grande-Terre (Port Bouquet vraisemblablement, pour lequel des données d'habitats sont disponibles). La campagne néo-calédonienne en cours de définition de la Living Ocean Foundation permettra si le programme est respecté d'échantillonner les Récifs d'Entrecasteaux et de l'île des pins. Enfin, pour l'échantillonnage autour de la Grande-Terre, nous prévoyons une mission de 2 fois 5 jours avec un bateau IRD (sur remorque) avec les frais associés : voiture + essence + compresseur + matériel de plongée + per diem (10 000 cfp / jour/ pers) pour 3 personnes (2 plongeurs et un pilote).

b. Identification des besoins en termes de données ou d'outils cartographiques géo référencés

Pour la distribution des platiers récifaux autour de la Nouvelle-Calédonie nécessaire à l'application du modèle de Pinsky et al. (2012), la base de travail sera la cartographie géomorphologique Millennium (Andréfouët et al ; 2009), revisitée dans certaines parties de la Nouvelle-Calédonie pour prendre en compte les zones sédimentaires à petits massifs dispersés susceptibles d'être des habitats à bënëitiers. Aucune ressource supplémentaire n'est sollicitée pour l'acquisition de nouvelles données géoréférencées (images satellitaires par exemple). Par contre, le traitement des données génétiques qui seront produites à la Plateforme du Vivant nécessite l'acquisition du logiciel GeneMapper, dont le coût est estimé à 1 267 200 (10 560 € ; devis disponible sur demande).

c. Productions : lister les produits ZoNéCo et les produits scientifiques qui découleront de cette opération

PRODUITS ZONECO

- Structure de la(des) population(s) des bënëitiers *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus* dans l'archipel de la Nouvelle-Calédonie
- Estimation des échelles de dispersion des larves de *Tridacna maxima* et *Hippopus hippopus* dans l'archipel de la Nouvelle-Calédonie
- Plans de conservation qui reposent sur l'identification théorique de stocks de bënëitiers différents
- Rapports de synthèse (pdf) et données brutes pour chacun des volets

PRODUITS SCIENTIFIQUES

La valorisation sous forme de publications scientifiques des données recueillies est prévue.

5- Rattachement du projet :

a. Au programme ZoNéCo

Le projet s'inscrit dans le cadre logique du programme Zonéco 2013, et vise à répondre aux préoccupations exprimées par les collectivités dans le cadre de la partie -A- **Gestion durable des ressources marines, objectif (3) : Acquisition de connaissances sur la biologie, la reproduction et la connectivité des populations d'espèces exploitées (eg holothuries, bënëitiers)**. [Résultats attendus : amélioration des connaissances sur la biologie, la reproduction et la connectivité des populations d'espèces exploitées (eg holothuries, bënëitiers), propositions pour l'évolution des modes de gestions].

Plus spécifiquement, les actions proposées portent sur la connaissance et la gestion de la ressource en bënëitiers sur l'ensemble de la Nouvelle-Calédonie.

Ce projet fait suite au projet Zonéco financé en 2008: « *Les bënëitiers en Nouvelle Calédonie : Statut des populations, impacts de l'exploitation & connectivité* » (responsable P. Dumas). Ce programme de recherche, terminé, a permis le développement de marqueurs microsatellites pour l'espèce *Tridacna maxima*, de même que l'échantillonnage et l'analyse génétique de 150 bënëitiers prélevés dans le

lagon Sud de Nouvelle-Calédonie (Ilot Maître, Corne sud, réserve Merlet) ainsi qu'à Maré (île des Loyauté).

b. A d'autres programmes scientifiques

Outre le rattachement au programme Zonéco, ce projet s'inscrit dans le cadre d'une large étude sur les bénéitiers de l'Indo-Pacifique, à travers trois projets complémentaires financés, en cours de réalisation, et qui viendront alimenter la présente demande de financement. Ce projet de recherche s'intègre dans les thèses en cours de

- Josina Tiavouane (Université Paris VI / IRD) cofinancée par les bourses des Provinces Nord et Sud et divers projets listés ci-dessous
- Simon Van Wynsberge : financée par une bourse de l'Ecole Doctorale du Pacifique et par divers projets conduits en Polynésie (PI : Nabila Gaertner-Mazouni, UPF),

ANR JCJC 2010 (resp.C. Lett): « COMPO : Connectivité des Populations Marines : Application au lagon sud de Nouvelle-Calédonie ». Ce projet financé sur 4 ans (début 2011 – fin 2014) en est à sa troisième année (démarrage 1^{er} janvier 2011). Il a pour le moment permis d'améliorer les marqueurs microsatellites développés dans le projet « Bénéitiers » financé par ZoNéCo. Ce projet finance en partie un échantillonnage très détaillé de populations de *Tridacna maxima* dans le Lagon Sud de la Nouvelle-Calédonie ainsi que les analyses génétiques de ces échantillons à 13 loci microsatellites (amplifiés en 2 multiplex). L'un des objectifs de ce projet est de réaliser des tests d'apparentement entre individus échantillonnés sur plusieurs récifs du Lagon Sud de manière exhaustive afin de comprendre la dynamique et l'organisation spatiale de ces populations à très petite échelle, de forts déséquilibres par rapport aux attendus d'Hardy-Weinberg ayant été observés dans les échantillons analysés dans Dumas et al. (2010) et Tiavouane (2011). Budget global du projet (hors coûts de personnel) : 22 800 000 cfp.

Hippopus (WWF) 2012-2013 « Evaluation de l'efficacité du repeuplement du bénéitier rouleur *Hippopus hippopus* dans les aires marines protégées de Pouébo (Yambé-Diahoué) et Hienghène (Hienga). Dans un contexte de préservation de la biodiversité et des ressources côtières, comprendre les échelles spatiales de connectivité des populations de bénéitier et le rôle de la connectivité larvaire dans la résilience des populations récifales dans les aires marines protégées en place sont des points essentiels à la mise en place et la gestion de ces aires marines protégées. Dans ce projet, nous proposons une étude en deux phases. Une première phase consistant à rechercher précisément en premier lieu les juvéniles sauvages et les adultes (sauvages et issus du repeuplement) de la zone. Au cours de cette phase, des biopsies seront réalisées sur chaque site. Cette première étude permettra dans une deuxième phase d'utiliser des marqueurs génétiques microsatellites et de réaliser des tests de paternité (entre adultes reproducteurs potentiels et recrues) dans le but d'identifier l'origine des larves recrutant sur les récifs des AMPs de Yambé-Diahoué (Pouébo) et de Hienga (Hienghène). Cette étude permettra d'estimer le taux d'auto-recrutement des récifs sur ces aires marines protégées ainsi que d'estimer les échelles spatiales de dispersion des larves sur les récifs alentours. A court terme, les résultats de ce travail permettront d'estimer l'efficacité du repeuplement du bénéitier rouleur au sein de ces AMPs de la cote Est et de fournir des données empiriques aux gestionnaires

concernant les récifs sources/puits de larves. A plus long terme, ce travail contribuera également à améliorer notre connaissance de la dynamique de recrutement et d'installation de cette espèce emblématique pour les populations de Nouvelle-Calédonie. Budget global du projet (hors coûts de personnel) : 4 158 995 cfp.

Labex TriMax 2013 – « Etude multi-échelles des forces évolutives influençant la variabilité génétique du bénéitier *Tridacna maxima*: de la réponse au stress environnemental aux phénomènes de vicariance ». Le bénéitier géant *Tridacna maxima* est une espèce emblématique des récifs coralliens de l'Indo-Pacifique. Sa vaste aire de distribution suggère une importante dispersion larvaire, en contradiction avec de récents travaux révélant des populations génétiquement très structurées localement. Dans un contexte de gestion de cette ressource vulnérable au changement climatique de par son association symbiotique avec des zooxanthelles, et menacée par la surexploitation, nous proposons d'étudier les processus évolutifs agissant selon différentes échelles spatiales et temporelles sur sa variabilité génétique. Ce projet fait appel aux expertises complémentaires de 6 chercheurs appartenant à trois institutions signataires du LABEX : l'IRD (COREUS), l'université de La Réunion (ECOMAR) et l'université de Polynésie française (UMR EIO). Budget global du projet (hors coûts de personnel) : 3 000 000 cfp.

Thèse de Simon Van Wynsberge : le travail s'intéresse à la modélisation de mesures de gestion appliquée à la ressource en bénéitiers. Le travail est réalisé principalement en Polynésie, mais la structure des populations polynésiennes (forte densité dans des petits lagons fermés et isolés) étant très différente de celles de Nouvelle-Calédonie (faible densité dans un grand lagon ouvert), il est prévu de comparer des modèles polynésiens et calédoniens faisant appel à des méta-communautés différentes et des mesures de gestion différentes. La possibilité d'acquérir de nouvelles données génétiques avec la présente demande renforce l'intérêt de développer le modèle calédonien. Il est toutefois demandé ici une aide à une mission longue durée (3 mois) de Van Wynsberge en Nouvelle-Calédonie en 2014.

Thèse de Josina Tiavouane : Dans un contexte de préservation et de gestion des populations marines, ce projet doctoral a notamment pour but de (1) Préciser les capacités de dispersion et de survie des larves de bénéitier *Tridacna maxima* dans le contexte régional de la Nouvelle-Calédonie, (2) Caractériser l'écologie et la structure démographique des populations de *Tridacna maxima* en vue d'estimer la dynamique de ces populations et (3) Déterminer la connectivité génétique des populations de *Tridacna maxima* à différentes échelles spatiales (de l'échelle d'un récif à l'échelle de la Grande Terre de Nouvelle-Calédonie).

7- Budget prévisionnel global du projet sous format Excel, intégrant les cofinancements éventuels (préciser si ils sont accordés ou en cours de demande), et la participation demandée à ZoNéCo pour chaque poste de dépense.

VOLET 1	Budget total	Participation ZoNéCo demandée
Entretien Gros équipement		
Thermocycleur ⁽²⁾ Centrifugeuses ⁽²⁾ Séquenceur-génotypeur à capillaires ⁽²⁾	1 200 000	-
Petit équipement		
Cuves d'électrophorèse avec Redresseurs de courant ⁽²⁾	96 000	-
Congélateurs ⁽²⁾	72 000	-
Réfrigérateurs ⁽²⁾	60 000	-
Pipettes automatiques ⁽²⁾	60 000	-
Ordinateurs	750 000	200 000
Logiciels d'analyse de données (GeneMapper)	1 267 200	1 267 200
Missions		
Loyautés + Port bouquet 2pers (per diem + bateau IRD + plongée)	18 720 000	-
Entrecasteaux 2pers (per diem + bateau + plongée)	8 640 000	-
Ile des pins 2pers (per diem + bateau + plongée)	8 640 000	-
Grande-Terre 3pers (per diem + bateau IRD + plongée)	800 000	600 000
Mission S. Van Wynsberge (Billet PF-NC + frais séjour 3 mois NC)	550 000	550 000
Consommables		
Alcool pour conservation des tissus	32 000	8 000
Produits pour analyses génétiques (extraction ADN et PCR)	1 500 000	420 000
Frais d'utilisation du séquenceur (produits)	1 100 000	360 000
Petit matériel d'analyses (cônes, tubes, plaques PCR, ...)	950 000	240 000
Personnel		
Salaire J Tiavouane (4 000€ x 18m x 30%) ⁽¹⁾	2 592 000	-
Salaire S Van Wynsberge (4 000€ x 18m x 17%) ⁽¹⁾	1 468 800	-
Salaire C Peignon (6 000€ x 18m x 5%) ⁽¹⁾	648 000	-
Salaire C. Fauvelot (7 000€ x 18m x 20%) ⁽¹⁾	3 024 000	-
Salaire S Andréfoüet (9 000€ x 18m x 10%) ⁽¹⁾	1 944 000	-
Salaire IE CDD (4 242€ x 12m x 100%) ⁽¹⁾	6 074 662	6 074 662
TOTAL VOLET 1 (francs cfp)	60 188 662	9 719 862
	501 572 €	80 999 €

⁽¹⁾ Salaire + charges patronales, IRD

⁽²⁾ Matériel IRD ou Plateforme du Vivant- coût moyen d'entretien annuel du matériel

VOLET 2 (exploitation des bënëtiĒrs)	Budget total	Participation ZoNéCo demandée
Gros Ēquipement (cf volet 1)		
Petit Ēquipement (cf volet 1)		
Missions		
1 A/R NoumĒa-Koumac/semaine x 20 semaines	180 000	180 000
Consommables		
Alcool pour conservation des tissus	8 000	8 000
Produits pour analyses gĒnĒtiques (extraction ADN et PCR)	216 000	216 000
Frais d'usage du sĒquenceur (produits)	259 200	259 200
Petit matĒriel d'analyses (cōnes, tubes, plaques PCR, ...)	120 000	120 000
Personnel		
Gratification stage M2 (450Ē x 6m)	324 000	162 000
Salaire C. Fauvelot (7 000Ē x 18m x 10%) ⁽¹⁾	1 512 000	-
TOTAL VOLET 2 (francs cfp)	2 619 200	945 200
	21 827 Ē	7 877 Ē

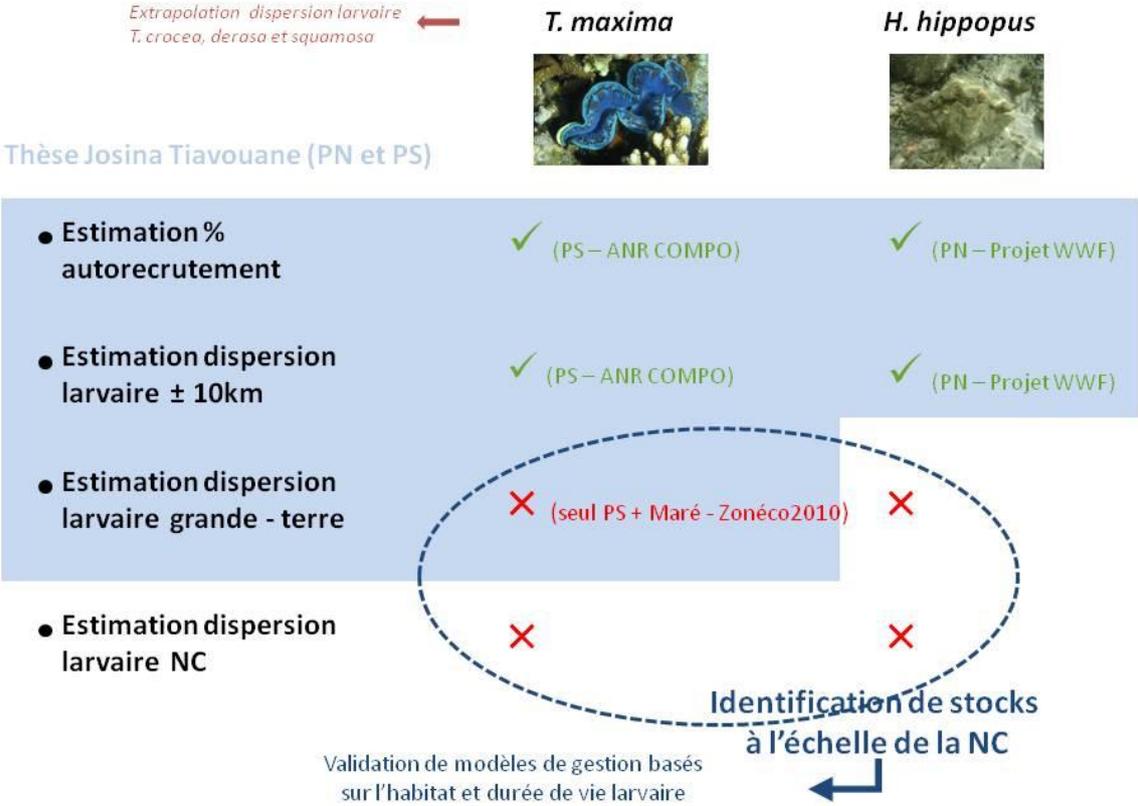
⁽¹⁾ Salaire + charges patronales, IRD

RĒcapitulatifs du budget demandĒ et des cofinancements (en francs cfp)

	IRD	COMPO	TriMax	Hippopus	ZonĒco demandĒ	Total
VOLET 1	47 114 800	1 092 000	653 500	1 608 500	9 719 862	60 188 662
	392 623 Ē	9 100 Ē	5 446 Ē	13 404 Ē	80 999 Ē	501 572 Ē
VOLET 2	1 674 000	-	-	-	945 200	2 619 200
	13 950 Ē	-	-	-	7 877 Ē	21 827 Ē
TOTAL	48 788 800	1 092 000	653 500	1 608 500	10 665 062	62 807 862
	406 573 Ē	9 100 Ē	5 446 Ē	13 404 Ē	88 876 Ē	523 399 Ē

Projet BeN-Co
Cécile Fauvelot, CR IRD – UR227 Coréus
 Précisions suite aux réunions du CS, CTI et réunion de travail du 22/05/2013

Tout d’abord, je tiens à vous remercier de m’avoir donné la possibilité d’éclaircir certains points du projet lors d’une présentation orale qui s’est déroulée à Poimbout le 22 Mai, et notamment de clarifier des questions d’articulation des différentes parties du projet par rapport aux travaux en cours. Le schéma ci-dessous présente un résumé des actions en cours sur les deux espèces de bénitiers sur lesquelles l’étude sera portée.



Brièvement, les actions en cours (symbolisées par un sigle vert) permettent d’estimer l’autorecrutement et la dispersion larvaire des deux espèces sur des échelles spatiales réduites (de l’ordre de quelques dizaine de kilomètres) pour *Tridacna maxima* en Province Sud, et *Hippopus hippopus* en Province Nord. Ces études constituent en majorité le cadre de travail de la thèse de Josina Tiavouane (rectangle bleu ciel). Le projet BeN-Co ici proposé propose d’étendre l’étude de connectivité génétique des populations de bénitiers à une plus grande échelle, ce qui permettra de tester l’existence de stocks différents à l’échelle de la Nouvelle Calédonie (cercle pointillé bleu). L’utilisation de *Tridacna maxima* comme espèce modèle permettra d’extrapoler les résultats obtenus pour cette espèce abondante à d’autres espèces devenues trop rares, ou naturellement rares, pour réaliser une telle étude et permettra ainsi de proposer des modèles de gestion des populations de bénitiers basés sur l’habitat et la dispersion larvaire. Ainsi, en l’absence de toute

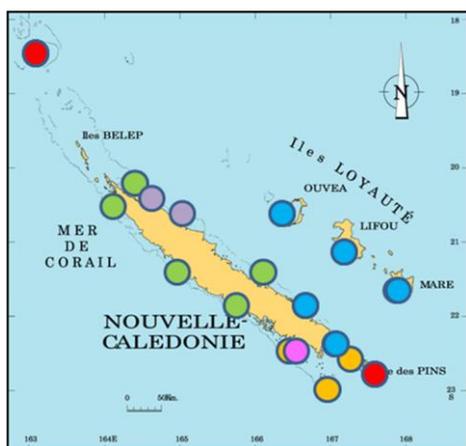
donnée disponible à l'heure actuelle à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie, les résultats obtenus devraient également permettre de formuler des recommandations en termes d'unités de gestion pertinentes pour les bécitiers.

Une partie de l'échantillonnage sera rendue possible par des campagnes océanographiques programmées pour fin 2013 (récifs d'Entrecasteaux, île des Pins notamment), ou prévues pour début 2014 (demande en cours pour le N/O Alis pour les Loyautés et la Côte oubliée). L'échantillonnage sera réalisé simultanément pour les deux espèces, en ciblant les habitats naturels des deux espèces.

Les deux espèces sélectionnées sont présentes dans des habitats différents à très petite échelle (dalle corallienne, massifs coralliens à Porites, substrat érodé corallien pour *T. maxima* ; zone détritique -sableuse ou corallienne à branchus pour *H. hippopus*). Mais à une échelle spatiale plus grande, c'est-à-dire le long d'un récif ou en traversant un récif, les deux espèces peuvent être voisines à quelques dizaines de mètres l'une de l'autre. Elles se retrouvent toute deux aussi bien sur des récifs frangeants que sur des récifs intermédiaires (par exemple autour des îlots, dans le lagon). Ainsi, lors de nos échantillonnages réalisés dans le cadre du projet *Hippopus* WWF en octobre 2012 et Mars 2013 sur les récifs de Pouébo, nous avons observé des *T. maxima* sur les mêmes récifs que les *H. hippopus*. La même remarque peut-être faite dans le cadre d'autres projets autour de Grande Terre ayant demandé des observations in situ (vérité terrain carto, inventaire biologique, etc.).

Nous n'avons donc ainsi pas d'inquiétude particulière pour l'échantillonnage, bien que les populations d'*Hippopus hippopus* soient beaucoup moins denses que celles de *T. maxima*. Étendre la surface d'exploration, avec éventuellement un plus grand nombre d'observateurs, permettra d'obtenir une taille d'échantillon suffisante pour les analyses génétiques. Quoique cela ne soit pas encore décidé en détail et devra être discuté avec les responsables des moyens navigants de l'IRD, il est

envisagé d'échantillonner le long de grandes radiales récif-frangeant-récif barrière autour de la Grande Terre (voir carte), outre les sites qui seront étudiés avec des moyens plus lourds (N/O Alis et N/O Living Ocean Fundation).



Carte des sites d'échantillonnage envisagés; en orange : *T. maxima* déjà disponibles (Zonéco 2008), en rose : *T. maxima* déjà disponibles (ANR COMPO), en violet : *H. hippopus* déjà disponibles (Projet WWF), en rouge : échantillonnage prévu en novembre 2013 (N/O LOF), en bleu : échantillonnage prévu en jan-fev 2014 (N/O ALIS), en vert : échantillonnage prévu AAP Zonéco 2013 (octobre-novembre 2013 ?)

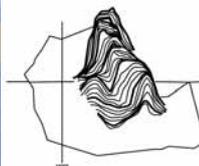
Fait à Nouméa le 18/06/2013,

Cécile Fauvelot

A handwritten signature in purple ink, appearing to read 'Cécile Fauvelot'.

PROJET ELICOPTR

« Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie

Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : (Attribué par le secrétariat de l'ADECAL)

Date de réception de la proposition (JMMMAA):

ACRONYME (le cas échéant)
ELICOPTR

Présentation générale

Titre de l'opération « ElicopTR »

Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'Élevage d'espèces Indigènes de COPépodes dans le but de favoriser la TRansition endo-exotrophie de larves de poissons marins d'élevage et d'ornementation.

Résumé et mots clefs

Résumé : les collectivités d'outre-mer encouragent fortement la diversification aquacole et notamment le développement de la pisciculture marine et du commerce de l'aquariophilie durables. Un des principaux obstacles à la production de ces espèces nouvelles est la difficulté de leur élevage larvaire en raison notamment de l'inadéquation des proies vivantes traditionnelles. L'incorporation de copépodes dans la séquence alimentaire des larves précoces pourrait permettre d'améliorer les survies en raison de leur profil biochimique, digestibilité, taille et mouvements plus appropriés.

Après un échantillonnage de la biodiversité locale, différentes espèces de copépodes calanoides et harpacticoides seront isolées et mises en culture. Les caractéristiques biologiques (taille, comportement, localisation spatiale) et nutritionnelles des différents stades de développement des espèces candidates seront évaluées ainsi que leur dynamique de population en captivité afin de préciser les conditions optimales de culture des espèces sélectionnées.

A partir de ces cultures, ces proies vivantes seront proposées à des larves de poissons marins au cours de la phase de transition endo-exotrophie en alternative aux rotifères classiquement utilisés afin d'en évaluer les conséquences en termes de prise alimentaire, croissance, survie et qualité.

La composition bio-chimique des espèces copépodes candidates, notamment en acides-gras, vitamines, lipides et protéines sera établie. La réponse des espèces de poissons de l'aquarium de Nouméa ADL, de la ferme Aqualagon et du Centre Calédonien de Développement et Transfert Technologique en Aquaculture Marine (CCDTAM) au nourrissage par des copépodes sélectionnés, sera testée. Suite à la phase expérimentale en petits volumes, la mise en place de cultures sera effectuée à plus grande échelle afin de pouvoir répondre à la demande d'écloserie commerciale.

Mots clés : Elevage de copépodes, larves de poissons marins, alimentation larvaire

Liste des 5 experts capables d'évaluer le projet

Nom Prénom	Organisme	Contact mail
Benetti D. Daniel	University of Miami (USA)	dbenetti@rsmas.miami.edu
Cahu Chantal	Technopôle Brest Iroise Station Ifremer (France)	Chantal.Cahu@ifremer.fr
Buttino Isabella	Stazione zoological Anton Dohrn Naples (Italy)	Isabella.buttino@isprambiente.it
Olivotto Ike	Universita Politecnica delle Marche Ancona (Italy)	I.olivotto@univpm.it
Yufera Manuel	Instuto Ciencias Marinas Andalucia Cadiz (Spain)	Manuel.yufera@icman.csic.es

Description complète et détaillée du projet

1 Titre de la proposition : ELICOPTR

Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'Élevage d'espèces Indigènes de COPépodes dans le but de favoriser la TRansition endo-exotrophie de larves de poissons marins d'élevage et d'ornementation.

2 Informations générales sur le partenariat proposé

Depuis quelques années les collectivités de la Nouvelle Calédonie encouragent la diversification aquacole et notamment la pisciculture marine illustrée par la création du CCDTAM et le soutien à une entreprise privée Aqualagon. Elles favorisent également l'émergence de micro entreprises dans le domaine de l'exportation d'espèces aquariophiles.

Un des principaux obstacles à la production d'espèces nouvelles que ce soit pour l'aquariophilie ou la production est la difficulté de leur élevage larvaire en raison notamment de l'inadéquation des proies vivantes traditionnelles. L'incorporation de copépodes dans la séquence alimentaire des larves précoces est un levier qui permet très souvent d'améliorer les survies en raison de leur profil biochimique, digestibilité, taille et mouvement plus appropriés.

A ce jour, la Nouvelle Calédonie ne dispose pas de compétences dans l'élevage de ce type de proie et elles n'existent qu'en partie chez certains de ses partenaires comme l'Ifremer via ses implantations ultra marines et partenaires telle Arda à la Réunion et Aquamay à Mayotte.

Dans ce contexte, l'Aquarium des lagons, ADL, le LEAD-NC et le CCDTAM ont décidé de mutualiser leurs moyens (infrastructures et/ou personnel) et se sont adjoints les compétences du groupe de recherche de Sami Souissi de la Station Marine de Wimereux, UMR CNRS 8187 LOG qui mène depuis plusieurs années des travaux sur le cycle de vie des copépodes et leur culture en continue.

a. Les acteurs de l'opération

Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences LOG : responsable scientifique de l'opération

Le LOG, UMR Lille1/ULCO/CNRS n°8187 est membre de IREPSE - Institut de Recherche Pluridisciplinaire en Sciences de l'Environnement de l'Université Lille 1. Le laboratoire LOG à Wimereux (plus particulièrement le groupe de recherche de S. Souissi) développe depuis quelques années une activité expérimentale innovante autour des copépodes. Ce savoir-faire assez rare à l'échelle internationale a permis de maîtriser les cultures de copépodes sur plusieurs générations et plusieurs années (Souissi A. et al., 2010).

Ce volet expérimental a permis à plusieurs stagiaires de formation aquacole (Lpro, Master Pro aquaculture) de réaliser leurs projets professionnels sur la culture des microalgues, copépodes et larves de poissons. La maîtrise des cultures de copépodes ainsi que l'étude de leurs traits de vie ont contribué à la réussite de plusieurs projets de recherche qui ont été menés par 8 anciens doctorants et 6 post-doctorants travaillant sous la direction de S. Souissi. Depuis quelques années ces projets de recherche et R&D s'orientent de plus en plus vers des applications aquacoles. En effet, les copépodes offrent actuellement un grand potentiel pour le développement de l'aquaculture et des applications biotechnologiques diverses. Les projets émergents à Wimereux (LOG) portés par S. Souissi ont été soutenus récemment par un projet Bonus Qualité Recherche de l'université Lille 1 (2010-2011) intitulé 'Production et comportement natatoire de copépodes'. Ce projet BQR a permis de renforcer l'activité de recherche sur le potentiel des copépodes pour l'aquaculture dans des petits volumes.

Dr. Thomas Camus: chercheur principal de l'opération

Le Dr. T. Camus est titulaire d'un PhD obtenu en fin 2012 en Australie à la School of Marine and Tropical Biology James Cook University avec une thèse intitulée "The improvement of copepods intensive culture protocols as live feeds for aquaculture hatcheries". Il est également l'auteur de plusieurs travaux publiés dans les revues internationales d'aquaculture les plus renommées.

Il dispose d'une solide expérience zootechnique sur l'élevage intensif des espèces de copépodes tropicales et subtropicales. Il sera le responsable du montage expérimental et de la mise au point des élevages au sein de ADL. Il intégrera le projet à partir du mois d'avril 2013.

Le Dr. David Mc Kinnon de l'Australian Institute of Marine Science Townsville Queensland (Australie) , directeur de thèse de Thomas Camus, apportera son aide pour l'identification des espèces locales de copépodes qui présentent *a priori* des affinités phylétiques avec celles du Queensland.

Aquarium Des Lagons : hébergement de l'opération

Dans ce projet, ADL mettra à disposition un box expérimental intérieur de 50 m² disposant de réseaux d'eau filtrée et d'air, des bacs extérieurs de 1 à 10 m³ sous toile ombrage ainsi qu'une salle d'algues qui pourront être ponctuellement mis à disposition selon les disponibilités.

Hormis le savoir-faire inhérent à ses « métiers » de l'aquariologie, ADL a acquis récemment de l'expérience spécifique dans l'élevage larvaire des poissons récifaux et de leur nourrissage à travers deux de ses projets de recherche.

Dans la première opération intitulée « Suivi de l'approvisionnement larvaire dans le lagon Sud-ouest » qui consiste en un suivi à long terme (horizon 2020) des larves de poissons capturées à l'aide de pièges lumineux, le personnel de ADL a développé des techniques d'élevage originales des larves et juvéniles de plusieurs espèces afin de les amener jusqu'au stade permettant de confirmer leur identification et, le cas échéant les présenter au public. Dans le second programme en cours « Connectivité des Populations Marines Application au Lagon Sud de Nouvelle-Calédonie » dont l'objectif est d'étudier la connectivité chez un poisson récifal *Dascyllus aruanus* par microchimie des otolithes, le rôle de l'Aquarium est donc de tester, en conditions contrôlées, l'efficacité et la durée du marquage transgénérationnel à l'aide d'un isotope qui nécessite la mise en élevage, le suivi des pontes et de l'élevage larvaire de la phase planctonivore d'une quinzaine de familles de cette espèce nécessitant des proies de très petite taille.

Ifremer : relais local programme DDPOM et LOG

Depuis 2005, Ifremer a décidé d'accompagner le Développement Durable de la Pisciculture marine d'outre-mer en mettant en place un projet spécifique de R&D. Ce projet « DDPOM » concerne tous les maillons de la filière de production, depuis l'élevage jusqu'au consommateur. Il est structuré pour répondre à une demande multiple regroupant les demandes institutionnelles, des établissements de développement et des organisations représentatives des filières professionnelles. L'outil produit des connaissances consolidées et des savoir-faire reproductibles. Il s'appuie sur les complémentarités entre les différentes infrastructures de recherche et les centres d'application impliqués sur cette thématique aux Antilles, à Palavas, à La Réunion, à Mayotte, en Polynésie et désormais en Nouvelle Calédonie.

L'équipe du LEAD NC pisciculture marine en Nouvelle Calédonie a intégré en avril 2012 le projet développement durable de la pisciculture d'outre mer pour proposer un ensemble de compétences adossé à la métropole et aux autres territoires d'outre mer au service de cet accompagnement.

Luc DELLA PATRONA, Dr. En Ichtyologie appliquée, physiologie animale et techniques de productions aquacoles de l'ENSAT Toulouse, a été nommé correspondant du DDPOM et responsable de l'action A070908C Poissons Lagonaires de Nouvelle Calédonie. Il a réalisé son DEA sur la systématique des poissons mugilidés du sud-est du Brésil. Il est l'auteur d'une thèse portant sur la Biologie, l'Écologie et les potentialités aquacoles d'un poisson de mangrove (Fat snook). Il a co écrit plusieurs publications traitant des traits de vie des copépodes de la colonne d'eau et du benthos et de leur intérêt comme bio indicateurs dans les bassins de crevetticulture ainsi que dans la mangrove. L. Della Patrona sera impliqué à hauteur de 35% de son temps dans le projet.

CCDTAM Centre Calédonien de Développement et Transfert Technologique en Aquaculture Marine : mise à disposition d'enceintes expérimentales pour des essais de nourrissage larvaire

Les premiers élevages larvaires d'une des espèces cibles du CCDTAM *Lutjanus sebae*, le rouget empereur, ont conduit à des survies faibles sur la séquence « classique » algue rotifères artemias. Le lâcher d'œufs embryonnés de cette espèce dans un bassin de 2500 m² laissé en jachère en eau, a conduit au bout d'un mois à des larves robustes qui se sont nourries sur la production naturelle qui s'est développée spontanément (copépodes et autres). Ces résultats confirment que l'incorporation de copépodes dans la séquence alimentaire des larves précoces pourrait permettre d'améliorer les survies en raison de leur profil biochimique, digestibilité, taille et mouvement plus appropriés

A Court terme (fin 2013), le CCDTAM souhaiterait disposer d'un itinéraire technique simple lui permettant de produire en quantité (pour 25 m³ d'élevage larvaire) dans ses installations, des nauplii de qualité sanitaire irréprochable, d'une des espèces de copépode capturée dans son bassin nourrie avec une des algues produites dans sa salle d'algue.

A plus long terme, le CCDTAL souhaiterait suivre et comprendre l'éventuel impact positif sur la survie en larvaire en effectuant notamment un échantillonnage quotidien du contenu stomacal des larves sur la période critique.

b. La labellisation par le pôle de compétitivité AQUIMER : consolidation du partenariat

Afin de conforter le partenariat entre l'aquarium des lagons, l'Ifremer et le chef de file du projet « l'Université de Lille 1 – Station marine Wimereux », l'opération ELICOPTR a fait l'objet d'une demande de labellisation par le Pôle de Compétitivité AQUIMER situé à Boulogne sur Mer (France) en cours d'instruction.

En effet, les programmes du pôle national AQUIMER qui s'articulent autour de 3 thématiques intéressent la Nouvelle Calédonie :

- Maximiser les ressources disponibles et créer de nouvelles ressources dans une perspective de développement durable ;
- Positionner les produits aquatiques dans l'alimentation du futur ;
- Modifier les fondamentaux de l'industrie aquatique pour faire émerger de nouvelles approches métiers et technologiques.

Intégrer AQUIMER facilitera le montage des projets ultérieurs de recherche et donnera accès aux financements dédiés aux Pôles de Compétitivité.

3 Description du projet

a. Contexte

Le maximum du potentiel mondial de capture de poissons, mollusques et crustacés dans les écosystèmes marins et continentaux a été atteint il y a environ deux décennies : le volume mondial des prises déclarées (hors rejets et pêche INN –illégal, non déclarée, non réglementée) apparaît désormais stabilisé au

voisinage de 90 Mt/an (88% en eaux marines, 12% en eaux continentales). L'essor de l'aquaculture – dont la production a crû au taux moyen de 6,1 %/an pendant la période 2001-2009 – soutient la croissance de l'offre alimentaire. En 2009, 84% de la production globale (pêche et aquaculture) ont été destinés à la consommation humaine directe. La contribution de l'aquaculture à l'alimentation humaine (56 Mt) se rapproche de celle de la pêche. La FAO et l'OCDE prévoient que la production aquacole atteindra 74 Mt en 2020.

Pour atteindre ces objectifs, le secteur de l'aquaculture doit investir massivement dans les différents axes de recherche afin de promouvoir le développement de nouvelles espèces émergentes et de nouveaux protocoles de culture des organismes marins.

Ce même enjeu est posé au territoire de la Nouvelle-Calédonie. Avec le classement de vaste zone du lagon au Patrimoine Mondial de l'Unesco, une pression des activités humaines croissante, mais surtout la présence d'une diversité marine exceptionnelle, les pouvoirs publics souhaitent promouvoir le développement d'une aquaculture durable d'espèces locales, qui favoriseraient par ailleurs le développement d'activité économique dans les zones côtières rurales. A ce titre, une réelle politique de diversification aquacole est soutenue par la Nouvelle-Calédonie et ses provinces, notamment au travers du lancement d'un Technopole dont les premiers chantiers et outils (CCDTAM et CTA) sont dédiés à l'aquaculture marine.

Malgré les récents progrès de la formulation d'aliments inertes destinés aux larves de poissons (Cahu & Infante, 2001) l'alimentation de la plupart des espèces à fort potentiel aquacole dépend encore de la disponibilité de proies vivantes principalement pour les stades précoces (Conceição et al., 2010).

A l'ouverture de la bouche, le système digestif des larves est encore rudimentaire et dépourvu d'estomac, de sorte que l'essentiel de la digestion protéique intervient dans les cellules épithéliales intestinales (Govoni et al., 1986 ; Avila & Juario, 1987). La transition endo exotrophie chez les larves de nombreuses espèces ne peut s'effectuer à partir d'une alimentation constituée exclusivement d'aliments inertes (Lazo et al., 2000; Payne & Rippingale, 2000).

L'inclusion de proies vivantes dans les protocoles de culture de poissons marins est donc fondamentale, au minimum durant la délicate période de transition endo-exotrophie.

Au-delà de l'aspect nutritionnel, le mouvement de nage particulier des proies vivantes favorise l'apprentissage du comportement de chasse via des stimuli visuel et/ou chimique chez la plupart des larves « naïves » (Støttrup & Norsker, 1997; Buskey, 2005).

De même chaque espèce de poisson a développé un comportement de chasse spécifique qui varie en fonction de la nature des proies vivantes mais également de leur densité (Mahjoub et al., 2008; 2011a). De plus, la carapace fine et la forte teneur en eau des copépodes leur confèrent une consistance plus favorable que les micro granulés plus secs et plus durs (Govoni et al., 1986) . Ce dernier point est critique car les particules alimentaires sont ingurgitées ou rejetées immédiatement sur la base de leur attrait en bouche (Fernandez-Diaz et al., 1994; Bengston, 2003). A contrario, le mode de déplacement des artémias et des rotifères n'induit pas un stimulus de « chasse très puissant chez les larves cultivées, menant chez certaines espèces à de faible taux d'ingestion (Cassiano & Ohs, 2011; Mahjoub et al., 2011b).

De nos jours, les proies vivantes les plus utilisées en aquaculture sont les rotifères et les artémias nauplii et adultes, en raison de l'existence de protocoles de production en masses standardisés (Lubzens et al., 2001; Conceição et al., 2010). Toutefois, la qualité nutritionnelle des rotifères et des artémias est pour la plupart

du temps inappropriée pour l'élevage d'une majorité de juvéniles. Ils présentent notamment d'importantes carences en certains acides gras dits essentiels, notamment les acides eicosapentaénoïque EPA (eicosapentaenoic acid), et docosahexaénoïque DHA (docosahexaenoic acid) ainsi qu'en phospholipides (Sargent et al., 1997; O'Bryen & Lee, 2005).

L'utilisation exclusive de rotifères et artémias est à l'origine de malformations du squelette, de dépigmentation ou de problèmes de migration de l'oeil des larves de plusieurs espèces de poissons plats (Kanazawa, 1991; Shield, 1999), mais aussi de faibles taux de survie et de croissance chez des espèces pélagiques (Schipp, 2006). Par ailleurs, les émulsions lipidiques riches en HUFA (High Unsaturated Fatty Acids) du commerce destinées à contrebalancer leurs déficiences peuvent conduire à des taux excessifs de lipides ou insuffisants de protéines dans l'alimentation des larves (Sargent et al., 1999; Morais et al., 2007).

En plus de leurs limitations nutritionnelles, les rotifères et artémias possèdent un faible contenu enzymatique et sont souvent très mal digérés par les jeunes larves de poisson dont le système digestif n'est pas encore entièrement développé (Schipp et al., 1999).

A ces limitations biochimiques s'ajoutent également des problèmes biologiques : la taille des rotifères (150 à 340 µm; Fukusho, 1989) et des artémias (422 à 517 µm ; Léger et al., 1986) est souvent trop grande pour permettre leur ingestion par des larves à petite bouche lors de la mise en place de l'alimentation exotrophique, qui nécessitent des proies parfois inférieures à 100 µm tels *Dascyllus spp.* (demoiselles) et *Siganus spp.* (picots).

De très nombreuses études ont montré que le nourrissage des larves à l'aide d'assemblages de zooplancton sauvage, constitué principalement de copépodes, pouvait minimiser les carences nutritionnelles précitées (Ronnestadt et al., 1998; Støttrup, 2000; Cassiano & Ohs, 2011). De meilleures survies et croissances ont été observées chez les alevins d'espèces d'eau froide/tempérée (Shields et al., 1999; Imsland et al., 2006; Koedijk et al., 2010) ou tropicale/semi-tropicale/chaude (Kraul et al., 1992; Lemus et al., 2010 ;Côrtes & Tsuzuki, 2012) nourris avec ce type de proies.

Il est désormais bien établi que les copépodes provenant d'élevages ou du milieu naturel présentent des caractéristiques biochimiques et biologiques particulières qui leurs confèrent un potentiel de substitution totale ou partielle aux aliments vivants ou inertes évoqués précédemment (Evjemo et al., 2003; Drillet et al., 2006; Rajkumar & Vasagam, 2006; van der Meeren et al., 2008).

Depuis de nombreuses années, les aquaculteurs ont appris à maîtriser les blooms de copépodes pour assurer et accompagner l'alimentation des juvéniles dans les bassins de terre extensifs, les mésocosmes et/ou bacs larvaires semi intensifs (Naas et al., 1991; Toledo et al., 1999; Engell-Sorensen et al., 2004).

L'étape supplémentaire à franchir concerne la mise au point et l'amélioration des protocoles de cultures intensives qui ont comparativement reçu peu d'attention dans la littérature scientifique (Malzone, 2008; Carotenuto et al., 2012) et que nous nous proposons d'étudier dans ce projet (volet technologique).

L'emploi de ces organismes en élevage larvaire a été élevé au rang de « recette miracle » pour débloquer le passage délicat endo-exotrophie de plusieurs espèces tropicales ou subtropicales (Doi & Singhagraiwan, 1993; Schipp et al., 1999; Payne et al., 2001; Ogle et al., 2002; McKinnon et al., 2003; Schipp, 2006; Wilcox et al., 2006), tempérées (Koedijk et al., 2010; Busch et al., 2010) ainsi que de nombreuses espèces de poissons d'aquarium (Payne & Rippingale, 2000; Baensch, 2003; Laidley et al., 2008; Olivotto et al., 2008a; Ho et al., 2009).

Plusieurs publications ont ainsi mis en évidence la supériorité des copépodes en tant que proies vivantes. Les caractéristiques de larves marines élevées avec un régime de copépodes incluent l'amélioration des taux de survie et de croissance, une pigmentation plus soutenue, un meilleur développement du système digestif, une diminution des malformations du squelette et une meilleure capacité à tolérer le stress (van der Meeren et al., 2008; Lemus et al., 2010).

b. Objectifs, questions en lien avec la recherche et résultats attendus du projet

L'objectif principal du projet est de développer des systèmes de culture d'espèces locales de copépodes pour sécuriser le développement de la pisciculture marine en Nouvelle Calédonie et faciliter l'élevage larvaire à petite échelle d'espèces d'aquarium. Un état de l'art succinct de l'élevage des copépodes est exposé ci dessous.

Intérêt de l'élevage des copépodes

La supériorité désormais reconnue des copépodes en larviculture des poissons marins a fortement accru l'intérêt de leur production contrôlée, sujet qui a fait l'objet d'un nombre exponentiel de travaux de recherche dans ces dix dernières années (Støttrup, 2003; Lee et al., 2005; Marcus & Wilcox, 2007).

L'intérêt de l'élevage des copépodes en larviculture est multiple (Buttino et al., 2012):

- ils correspondent au régime alimentaire « naturel » de la plupart des larves de poissons (Chesney, 2005).
- les premiers stades larvaires de la plupart de ces espèces sont inférieurs à 100 µm, taille particulièrement favorable aux larves de poissons présentant une petite bouche au moment de leur première alimentation;
- Ils possèdent dès les premiers stades larvaires une valeur nutritionnelle supérieure à celle des rotifères, *Brachionus plicatilis* (BP) et des artemias, *Artemia salina* (AS) non enrichis, notamment en EPA et DHA, Leur ratio DHA/EPA est également supérieur à celui des proies vivantes traditionnelles (Chang et al., 2008; Conceição et al., 2010) ;
- ils sont également des sources naturelles d'antioxydants, astaxanthine et vitamines (C, B1, B2 et E) (van der Meeren et al., 2008);
- en raison d'un contenu enzymatique supérieur, les nauplii de copépodes sont plus facilement et complètement digérés que ceux des BP et des AS (Luizi et al., 1999);
- leur morphologie et leur schéma de déplacement agit comme un déclencheur décisif de la prise alimentaire (apprentissage précoce et renforcement de l'efficacité de la capture des proies) (Buskey, 2005) ;
- leur utilisation contribue à une baisse des taux de dépigmentation, de déformation squelettique et une augmentation du succès du taux de migration de l'oeil chez les poisson plats (Shields et al., 1999);
- Il a été démontré de façon répétée que leur utilisation améliore la survie, la croissance et l'état général des larves cultivées (Lee et al., 2005)

Pour accompagner l'intérêt croissant du commerce de l'aquariophilie et pour limiter l'impact des captures en milieu récifal, les scientifiques ont porté récemment leur attention sur l'élevage des poissons d'aquarium (Ziemann, 2001). Ils ont développé des protocoles semblables à ceux de la pisciculture (Holt,

2008) nécessitant une phase copépoïde obligatoire (Olivotto et al., 2008b ; Gopakumar et al., 2009) en raison notamment de la faible taille de la bouche des espèces ciblées (Ostrowki & Laidley, 2001).

Etat d'avancée de la technologie

Malgré ces avantages significatifs et de récentes avancées technologiques (plusieurs process ont été brevetés) l'utilisation des copépodes en éclosérie de production est aujourd'hui encore limitée (Drillet et al., 2011). Parmi les principaux freins figurent les coûts de production élevés et les faibles productivités (densités) en conditions d'élevage déjà évoquées par Schipp (2006). Le manque de méthodes standardisées pour la culture d'espèces déterminées de copépodes calanoides et harpacticoides, ainsi que les différences biologiques et comportementales importantes entre espèces, rendent nécessaire un travail scientifique propre à chaque espèce afin de déterminer leur biologie reproductive, leur cycle de vie, les conditions acceptables de culture et de nourrissage. En raison de ces particularités spécifiques, les conditions optimales de culture d'une espèce donnée (incluant son régime alimentaire) ne sont que rarement transposables aux autres espèces. De sorte qu'il existe un besoin important de développer et soutenir des programmes de recherche à double vocation scientifique et plus finalisée afin de mettre au point et améliorer les protocoles de cultures intensives des espèces de copépodes les plus prometteuses pour les applications aquacoles.

La biodiversité des copépodes

Parmi les 10 ordres de copépodes existants, la majorité des espèces utilisées en pisciculture appartiennent aux ordres calanoïda, harpacticoida et cyclopoïda (Støttrup & Norsker, 1997).

Les copépodes se développent de l'oeuf à l'adulte en 12 mues (6 stades nauplii suivis de 5 stades copépodites puis du stade adulte) ce qui offre un vaste spectre de tailles disponibles pour nourrir les larves cultivées. Les faibles dimensions des premiers stades nauplii ($\approx 70 \mu\text{m}$) de certaines espèces leur confèrent un intérêt tout particulier pour le nourrissage des larves au moment de l'ouverture de la bouche (Gopakumar & Santhosi, 2009).

Les calanoides qui sont majoritairement des filtreurs (quoique certains soient omnivores) sont les plus étudiés. Les formes adultes sont relativement aisées à identifier et à isoler du milieu naturel. Ces espèces de copépodes sont majoritairement pélagiques et requièrent du phytoplancton pour leur élevage (nécessité d'une salle pour la culture de microalgues). La plupart des calanoides libèrent leurs oeufs qui tombent sur le fond où ils peuvent être siphonnés facilement avec les débris, opération de routine suffisante pour maintenir l'hygiène du bac d'élevage. La majorité des calanoides ne supportent pas de fortes densités ce qui implique l'utilisation de volumes d'élevage conséquents pour obtenir les quantités adéquates requises (Schipp, 2006; Støttrup, 2006). Toutefois des travaux récents (S.Souissi, com.pers.) indiquent que des améliorations sur ce volet sont possibles.

Les harpacticoides sont majoritairement des brouteurs épibenthiques (fond et parois) que l'on peut élever à fortes densités en petits volumes dans lesquels on essaie de développer des structures permettant d'augmenter la surface de broutage disponible. En contrepartie ce type de bac avec supports 3D est plus difficile à nettoyer. On peut se passer des algues pour les nourrir et utiliser des d'aliments inertes (poissons, crevettes) sous formes de farines. Les femelles de ces 2 ordres conservent leurs oeufs dans des sacs ovigères qui sont plus difficiles à récolter et à séparer des débris des bacs d'élevage. Les harpacticoides possèdent un avantage nutritionnel sur les calanoïdes dans la mesure où ils ont la capacité de synthétiser leurs propres HUFA (Nanton & Castell, 1998). Les harpacticoides sont reconnus comme étant très tolérants envers les paramètres de qualité d'eau ainsi que de nutrition (Schipp, 2006; Støttrup, 2006). Toutefois leur

nature benthique constitue un frein pour les larves de certaines espèces de poissons qui chassent en pleine eau (Nanton & Castell, 1998).

Certaines espèces de cyclopoïdes peuvent être intéressantes pour l'aquaculture, toutefois il faut éviter les espèces à comportement carnivore qui peuvent causer des mortalités même chez les larves de poissons (Kumar et al., 2012).

Le nourrissage précoce des larves

La principale caractéristique de la phase de transition endo-exotrophie est que la larve ne tire plus sa source de nutriment ainsi que son énergie nécessaire à la poursuite de son développement larvaire de ses réserves vitellines mais de la nourriture ingérée. Pour permettre le succès de cette transition endo-exotrophie, il est impératif que toutes les structures et organes impliqués dans la prise de nourriture, la digestion et l'assimilation soient opérationnels au bon moment et que la nourriture appropriée soit disponible (Yufera & Darias, 2007).

Généralement, la réussite de la transition endo exotrophie est appréciée par la survie et la croissance précoces des larves de poissons (Busch et al., 2010; Cassiano et al., 2011; Côrtes & Tsuzuki, 2012). D'autres critères plus précis (non exhaustifs) sont également employés :

- le jour de la première prise alimentaire (Doi et al., 1997) ;
- critères morpho-anatomiques tels la vitesse de résorption du globule lipidique qui couvre la transition endo-exotrophie (Avila & Juario, 1987) ;
- critères du développement larvaire comme le moment de l'apparition de la torsion de la chorde qui précède la formation de la caudale, l'apparition des premières ébauches de la dorsale (Lemus et al., 2010) ;
- critères de qualité comme le taux d'inflation de la vessie gazeuse, la taux de cristaux présents dans la vessie urinaire, la pigmentation, les malformations mandibulaire ou de la colonne vertébrale (Naess & Lie, 1998 ; Imsland et al., 2006; Rajkumar & Vasagam, 2006, Denis Covès, com.pers.)

A l'éclosion, le développement de l'estomac, le pancréas et l'intestin n'est pas complètement achevé chez les larves de poissons. Ces organes vont subir des changements morphologiques et fonctionnels au cours de la phase larvaire de sorte que l'expression des enzymes excrétées par ces différents organes va évoluer au cours du développement (Zambonino Infante & Cahu, 2001; Kolkovski, 2001; Ma et al., 2005). L'évolution des activités enzymatiques constitue donc un indicateur complémentaire utile pour mesurer la maturation du tractus digestif et de là apprécier le passage à l'exotrophie (Ben Khemis et al., 2006; Wold et al., 2007; Zouiten et al., 2008).

Les résultats des critères morphométriques et des analyses biochimiques comparatives concernant le succès de la phase endo exotrophie peuvent être également être confirmés ou infirmés par une approche biomoléculaire (Olivotto et al., 2008a). En particulier, les gènes liés à la croissance (muscle et cartilage) comme les facteurs de croissance (Insuline et Myosine), au métabolisme des lipides et à la métamorphose (Olivotto et al., 2008b; Olivotto et al., 2010).

Les questions de recherches traitées seront les suivantes :

- Existe-t-il des espèces, genres, familles de copépodes d'intérêt parmi la biodiversité locale ?
- Quelles sont les potentialités d'élevages des espèces candidates en termes de croissance, reproduction et alimentation?
- Quelles sont les conditions environnementales et biotechniques optimales pour maîtriser leur culture ?
- Est-ce que leur composition bio-chimique est favorable à leur utilisation comme proie vivante pour l'élevage larvaire des poissons ?
- Quelle est leur aptitude au changement d'échelle de production (du bécher au mésocosme) ?
- Est-ce que leur utilisation favorise le passage endo exotrophie chez les larves de poissons concernées par rapport à l'utilisation des rotifères?

c. Méthodologie proposée

Les actions prévues du projet sont pour les 26 mois :

- 1 Echantillonnage de la biodiversité locale des copépodes, notamment en zone de mangrove (les copépodes d'eau saumâtre ont tendance à tolérer de vastes changements de température et de salinité, ce qui confère une certaine rusticité en élevage), dans les bassins d'élevage de crevettes près de la Station St Vincent Ifremer ainsi que dans le bassin de décantation du CCDTAM et les mésocosmes d'Aqualagon. La détermination spécifique sera réalisée par le Dr David MC Kinnon de l'AIMS ;
- 2 Isolement de différentes espèces de calanoides et harpacticoides (genres ciblés *Acartia* et *Pseudodiaptomus*) sous loupe binoculaire. Lieu : laboratoire ADL
- 3 Détermination des potentialités d'élevage des espèces candidates (temps de génération, cycle de vie, productivité) en volumes croissant. Lieu : salle d'algue ADL reconditionnée ;
- 4 Aptitude au changement d'échelle de production (du bécher au bac de volumes croissants pouvant atteindre quelques m³). Lieu : aquariums en box interne et bac extérieur 10 m³ à ADL ;
- 5 Tests d'adéquation (attrait, capture, digestion apparente etc...) de ces copépodes au nourrissage des larves de poissons;
- 6 Détermination de la composition bio-chimique des espèces candidates (réalisés par le laboratoire de Chimie de Lille1);
- 7 Détermination du succès du passage endo-exotrophie des larves de poissons par des indicateurs « simples » morpho anatomiques et d'activité des larves et indicateurs d'efficacité de capture (installations du CCDTAM) ;

Les étapes de l'opération ELICOPTR sont les suivantes :

Au cours de la période avril à juin 2013, le Dr. Camus effectuera, en tant que consultant privé, une mission d'appui technique et scientifique à la mise en route d'un élevage de copépodes pour les besoins du CCDTAM. Cette mission de consultance sera financée par l'ADECAL. Le Dr. T. Camus recevra le soutien de JB

Proposition ELICOPTR ZoNéCo 2013

Claveau technicien du CCDTAM. Cette intervention bénéficiera à l'opération ELICOPTR dans la mesure où des prélèvements et des identifications d'espèces d'intérêt aquacole présentes dans l'environnement du CCDTAM seront réalisés et des échanges intellectuels et de bibliographie interviendront entre le consultant et les autres partenaires de l'opération ZONECO.

De juillet 2013 à novembre 2013, le Dr. Camus intégrera l'opération ELICOPTR en tant que salarié de l'ADECAL. Son salaire sera payé intégralement par ZONECO.

De décembre 2013 à mai 2015, le Dr. Camus poursuivra ses activités dans l'opération ELICOPTR avec le statut de post doctorant de l'Ifremer (12+6 mois) qui lui attribuera une demie bourse Ifremer. Ce versement viendra en complément d'un demi salaire versé par l'ADECAL.

d. Programme de travail détaillé

Les opérations, qui débuteront le 1^{er} avril 2013 et s'achèveront le 31 mai 2015, sont planifiées dans le tableau ci-dessous :

Opérations	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5
Prélév. Identification Copépodes CCDTAM	X				
Mise en route installations CCDTAM (cultures continues géniteurs)	X				
Mise en route installation CCDTAM (prod. Exp. et récoltes Nii)	X				
Tests prélim. Elevage larvaire L.sebae		X			
Isolement autres souches copépodes		X			
Evaluation Potentiel d'élevage		X	X	X	
Détermination Conditions optimales			X	X	
Aptitude au changement d'échelle			X	X	X
Tests nourrissage endo exotrophie				X	X
Analyses lipidiques et Acides Gras					X

* CCDTAM (Centre Calédonien de Dév. Et Transfert Technol.en Aquaculture Marine)

e. Incertitudes

Elle concerne l'acceptation du Dr. Camus par la commission de recrutement des Post doc Ifremer à l'automne 2013.

Le 30 novembre 2012 le LEADNC a proposé, à la direction scientifique de l'Ifremer., un sujet de Post doc intégrant les actions de l'opération ZONECO ELICOPTR avec un avis concerté très favorable des responsables d'unité et du département Ifremer concernés.

En février 2013 s'effectuera la sélection des sujets après évaluation par la Direction Scientifique de l'Ifremer. De mars à juin 2013 auront lieu les appels à candidatures auxquels le Dr. Camus répondra.

Les candidatures seront examinées par une commission de recrutement au cours des mois suivants et le recrutement pourra se faire à partir de Novembre 2013.

f. Résultats attendus et bénéfiques pour les collectivités

Les résultats attendus de cette opération sont les suivants :

- 1 Adaptation et transfert technique de production d'un copépode *Acartia sp.* ou *Bestiolina sp.* au CCDTAM et formation d'un technicien du CCDTAM ;
- 2 Mise au point de la production en continue à petite échelle de deux (voire trois) espèces locales de copépodes sélectionnées sur la base de leurs caractéristiques biologiques, nutritionnelles et de leur aptitude à l'élevage ;
- 3 Réalisation de tests préliminaires comparatifs sur l'influence d'une alimentation employant des nauplii de copépodes seuls et/ou en association avec des rotifères et/ou des rotifères sur la survie et la croissance sur les larves de poissons (a minima d'espèces de l'aquarium des lagons) qui seront disponibles en fonction de la montée en puissance des projets en cours (Aqualagon et CCDTAM) ;
- 4 Mise au point de protocoles d'élevage en conditions intensives spécifiques des copépodes locaux sélectionnés et édition d'un rapport technique.

Bénéfices pour les collectivités :

Ce projet contribuera à la valorisation de la biodiversité des écosystèmes lagunaires de la Nouvelle Calédonie à travers deux de ses composantes: copépodes et poissons.

Le service rendu par cette biodiversité s'exprimera par le développement attendu de la pisciculture qui est encore en phase de d'émergence. Le succès de cette nouvelle activité pour le Territoire piloté par le CCDTAM dépend en grande partie de la mise au point d'une zootechnie larvaire reproductible intégrant des nauplii de copépodes locaux pour faciliter le passage endo-exotrophie des larves.

La valorisation des traits de vie des espèces de copépodes sélectionnées se traduira par la mise au point technologique de systèmes d'élevages innovants adaptés aux besoins exprimés par les acteurs impliqués dans cette opération (CCDTAM, Aqualagon, Siganiés DOM TOM).

L'aquarium de Nouméa est fortement impliqué dans la préservation de l'environnement marin et notamment des récifs coralliens. La biodiversité remarquable des espèces d'ornementation du lagon et le développement important de leur commerce à l'export conduit à une pression de pêche qui inquiète les collectivités. Leur production via l'aquaculture (en circuit fermé) constitue une alternative plus durable pour le maintien de l'intégrité des écosystèmes concernés. La mise au point d'une technologie d'élevage larvaire basée sur l'utilisation de nauplii de copépodes en utilisant l'espèce *Dascyllus sp.* comme modèle pour l'élevage des espèces destinées au commerce de l'aquariophilie constituera une avancée importante.

Le partenariat initial devrait s'étoffer au cours de l'opération. La proposition ELICOPTR contribuera à la création et la consolidation d'un nouveau groupe de chercheurs et de professionnels de l'aquaculture et de l'aquariologie travaillant sur la problématique de l'élevage larvaire de poissons tropicaux dont bénéficiera la Nouvelle Calédonie.

4 Besoins

a. Identification, justification et chiffrage de l'intégralité des besoins en personnel, en équipement et en fonctionnement.

Le coût total de ce projet est évalué à 34 126 000 XPF, la contribution demandée à ZoNéCo s'élève à 9 578 000 XPF. Ces besoins se déclinent de la façon suivante :

- 1 473 000 XPF en équipement comprenant un certain nombre de matériel pour le fonctionnement des enceintes d'élevage expérimental et de la sous-traitance pour aménager les structures qui les recevront,
- 295 000 XPF en fonctionnement comprenant petits matériels, consommables, produits pour les élevages et de la sous-traitance d'analyse,
- 800 000XPF pour de la mission, essentiellement de frais de transport pour un AR Métropole NC pour S. Souissi et T.Camus
- 7 010 000XPF en salaire. Cette somme correspond essentiellement au salaire du post-doctorant.

Les détails des coûts sont présentés dans le tableau ci-dessous et dans les fichiers Excel accompagnant ce projet.

Part Zoneco		
Type de dépense ▼	Libellé ▼	Somme
Equipement	Filtres	475 000
	Gaine quartz	18 000
	Sous-traitance aménagement	365 000
	Thermoplongeurs	155 000
	Traitement UV	265 000
	Verrerie	195 000
Somme Equipement		1 473 000
Fonctionnement	Consommables	50 000
	Matériels hydraulique	30 000
	Petits Matériels	50 000
	Produits chimiques	15 000
	Sous-traitance analyses	150 000
Somme Fonctionnement		295 000
Mission	Billets avion FR-NC	500 000
	Perdiem	300 000
Somme Mission		800 000
Salaires	Post-doctorant	6 650 000
	Stagiaire Bac+3	360 000
Somme Salaires		7 010 000
Total		9 578 000

b. Identification des besoins en termes de données ou d'outils cartographiques géoréférencés

Pas de besoins spécifiques

c. Productions

Produits ZONECO

A la fin de chaque année, un rapport d'activité présentera les résultats obtenus.

Le rapport final de l'étude comportera: a) des protocoles d'élevage en conditions intensives spécifiques des copépodes locaux sélectionnés ; et explicitera b) l'influence du régime alimentaire sur leurs contenus biochimiques ; c) le nourrissage de larves d'espèces de poissons d'ornementation et/ou aquacoles ; d) le développement et la réponse de certaines enzymes digestives au cours de la phase endo-exotrophique.

Produits scientifiques

Les résultats obtenus dans le cadre de cette opération seront présentés lors de congrès, et publiés dans des revues scientifiques internationales. L'origine des financements et les soutiens de toute nature seront explicitement mentionnés.

Identification des avancées qui donneront lieu à publication

L'effet de l'alimentation sur les performances d'élevage des copépodes sera un des gros volets du projet. Les expérimentations conduiront à tester les effets de régimes mono ou plurialgal à partir des souches présentes dans les écloseries de crevettes et de poissons du Territoire et/ou inventoriées par le projet AMICAL (Aquaculture de Microalgues) financé par ZONECO sur la dynamique des populations en élevage (Nb nauplii/femelle/j, âge à la 1ère maturité ; type de ponte, taille œufs et des nauplii).

La photopériode est un des facteurs clé contrôlant l'activité reproductrice des femelles et la dynamique des populations de copépodes dans le milieu naturel mais est peu étudiée dans les élevages. Ce paramètre peut être facilement et à moindre coût être contrôlé en écloserie. L'effet de la photopériode sur la fécondité, le taux d'éclosion des nauplii, la durée de développement, le sex ratio sera étudié afin d'optimiser la productivité des copépodes en élevage. Dans le contexte de la Nouvelle Calédonie (saison fraîche marquée), l'effet de la température sera également prise en compte.

5 Rattachements du projet

a. Au programme ZONECO

L'opération proposée « Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'Élevage d'espèces Indigènes de COPépodes dans le but de favoriser la TRansition endo-exotrophie de larves de poissons marins d'élevage et d'ornementation » répond à la priorité B du présent appel à projets ZONECO « renforcement de la compétitivité des secteurs pêche et aquaculture ».

Après avoir concentré l'essentiel de leurs efforts sur le développement de la crevetticulture, les pouvoirs publics affichent désormais la volonté de promouvoir la diversification aquacole notamment la pisciculture marine. Les travaux menés dans le cadre de la Technopole de Nouvelle-Calédonie par le Centre Calédonien de Transfert et d'Aquaculture Marine (CCDTAM) visent à effectuer des tests de reproduction et de mise en élevage d'espèces de poissons lagunaires (« rouget empereur » et « loche truite » carnivores) afin de permettre à moyen terme de développer une filière piscicole en cage. Par ailleurs une initiative privée vise à la production en cage d'un poisson herbivore (« picot rayé »).

A l'heure actuelle, les productions de ces espèces sont freinées par les faibles survies larvaires obtenues sur un schéma alimentaire « classique » comportant les trois proies : microalgues, rotifères et artemias .

Or, il est bien établi que le succès des élevages larvaires d'espèces *a fortiori* « nouvelles pour la pisciculture » telles que les « picots » (Bryan & Madraisau, 1977; Duray, 1990; Stephanou & Georgiou, 1999), les « loches » (Doi et al., 1997; 1999; Toledo et al., 1999) ou les « rougets » (Doi & Singhagraivan, 1993; Schipp et al., 1999 ; Schipp, 2006), passent par l'intégration de nauplii de copépodes dans le protocole de nourrissage des stades précoces.

L'objectif principal du projet qui est de développer des systèmes de culture d'espèces locales de copépodes contribuera à sécuriser le développement de la pisciculture marine en Nouvelle Calédonie et faciliter l'élevage larvaire à petite échelle d'espèces d'aquarium.

b. A d'autres programmes scientifiques

Les programmes de la Station Marine de Wimereux (UMR CNRS LOG – Université Lille 1)

Le professeur S. Souissi est activement impliqué dans plusieurs projets internationaux (réalisés, en cours ou en montage) qui ciblent le potentiel des copépodes pour l'aquaculture. Il faut citer les projets de collaboration avec Taiwan (depuis 2002) où l'aquaculture subtropicale et tropicale est pleinement développée ainsi que le récent projet stratégiques de recherche et R&D danois (2011-2015) IMPAQ (Improvement of Aquaculture high quality fish fry production) qui cible les copépodes. Par ailleurs, le projet en cours COPEFISH « Développement d'un pilote de mise au point et de production de copépodes en grand volume pour optimiser l'élevage larvaire de poissons d'ornementation » labellisé par le Pôle AQUIMER et financé par le Conseil Régional Nord-Pas de Calais, Lille 1 et le Centre National de la Mer : aquarium Nausicaa de Boulogne /Mer a permis de développer une expérience précieuse dans le développement d'un pilote et dans la réalisation des essais d'élevage larvaire de poissons d'ornementation dans une philosophie similaire à celle du projet actuel. Enfin, le professeur S. Souissi a été pleinement impliqué dans le montage du volet station pilote aquacole de la Plateforme d'Innovation Nouvelles Vagues de Boulogne sur Mer et il est nommé très récemment président de son Comité d'Orientation Scientifique et Technique (COST) et conseiller en aquaculture.

L'accord- cadre LEAD-NC –collectivités 2012-2015 « diversification aquacole »

L'Unité de Recherche « Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable » (LEAD/NC) de l'Ifremer - Centre du Pacifique- Délégation de Nouvelle-Calédonie souhaite accompagner l'acquisition de connaissances et de savoir-faire pour développer l'élevage de poissons marins en Nouvelle Calédonie. Cette démarche est inscrite sous la thématique « diversification aquacole » retenue comme l'un des thèmes de l'accord-cadre 2012-2015 établi entre Ifremer, l'Etat et les collectivités de la Nouvelle-Calédonie.

Le projet Développement durable de la pisciculture d'outre- mer (DDPOM)»

Depuis 2005, Ifremer a décidé d'accompagner le développement durable de la pisciculture marine d'outre mer en mettant en place un projet spécifique de R&D, le projet développement durable de la pisciculture d'outre-mer « DDPOM ». Ce programme piloté par Denis Covès de l'UMR 110 Intrepid, Ifremer Palavas Les Flots (France) concerne tous les maillons de la filière de production, depuis l'élevage jusqu'au consommateur. Il est structuré pour répondre à une demande multiple regroupant les demandes institutionnelles, des établissements de développement et des organisations représentatives des filières professionnelles. L'outil produit des connaissances consolidées et des savoir-faire reproductibles. Le DDPOM se propose d'agréger des projets structurants et transversaux pour la filière ultra-marine avec la mobilisation conjuguée des partenaires économiques, de la recherche et des bailleurs de fonds (secteur privé : éleveurs, fabricants d'aliment, collectivités territoriales, AAMP, Etat, Europe, structures R&D et partenaires universitaires, pôle de compétitivité,...). Il s'appuie sur les complémentarités entre les différentes infrastructures de recherche et les centres d'application impliqués sur cette thématique aux Antilles, à Palavas, à La Réunion, à Mayotte et en Polynésie.

L'UR LEAD-NC ayant intégré en mars 2012 le DDPOM, la proposition d'opération ZONECO ELICOPTR pourra bénéficier des retombées du projet et en particulier du programme pluriannuel de R&D en pisciculture lagunaire à Mayotte qui porte dans sa première phase sur la mise au point de l'élevage larvaire du picot mahorais *Siganus sutor*.

6 Liste des principales références qui traitent du sujet proposé en Nouvelle Calédonie, dans la région et le monde.

Avila, E.M., Juario, J.V., 1987. Yolk and Oil globule utilization and developmental morphology of the digestive tract Epithelium in larval rabbitfish, *Siganus guttatus* (Bloch). *Aquaculture* 65, 319-331.

Baensch, F., 2003. Marine copepods and the culture of two new pygmy Angelfish species. *Freshwater and Marine Aquarium Magazine* 26, 156-162.

Ben Khemis, I., Zouiten, D., Besbes, R., Kamoun, F., 2006. Larval rearing and weaning of thick lipped grey mullet (*Chelon labrosus*) in mesocosm with semi extensive technology. *Aquaculture* 259: 190-201

Bryan, P.G., Madraisau, B.B., 1977. Larval rearing and development of *Siganus lineatus* (Pisces Siganidae) from hatching through metamorphosis. *Aquaculture* 10, 243-252.

Busch, K.E.T., Falk-Peterson, I.B., Peruzzi, S., Rist, N.A., Hamre, K., 2010. Natural zooplankton as larval feed in intensive rearing systems for juvenile production of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.). *Aquaculture Research* 41, 1727-1740

Buskey, E.J., 2005. Behavioural characteristics of copepods that affect their suitability as food for larval fishes. In: *Copepods in aquaculture* (ed. by C.-S. Lee, P.J. O'Brien, N.H. Marcus), pp. 91-105. Blackwell Publishing, Iowa, USA.

Buttino, I., Ianora, A., Buono, S., Vitiello, V., Malzone, M.G., Rico, C., Langelotti, A.L., Sansone, G., Gennari, L., Miralto, A., 2012. Experimental cultivation of the Mediterranean calanoid copepods *Temora stylifera* and *Centropages typicus* in a pilot re-circulating system. *Aquaculture Research* 43, 247-259

N°	Titre	Institut/Organisme/BE Responsable	Budget	Remarques CS	Remarques CTI
ZNC 2013-8	Evaluation des caractéristiques biologiques et nutritionnelles et de l'aptitude à l'élevage d'espèces indigènes de copépodes ---- ELICOPTR	CNRS IFREMER Univ. de Lille 1 Sami SOUISSI (Univ. Lille1)	Total	L'élevage larvaire est une problématique « pays ». Considérant que les approches déjà engagées localement sont complémentaires (mésocosmes/forçage de la productivité en bassin + élevage copépodes), il semble qu'une réflexion partagée soit nécessaire d'autant que certains intervenants participent à plusieurs opérations. Le comité recommande d'ailleurs que le portage soit plutôt assuré par l'IFREMER pour assurer le lien avec Siga.nc. Au regard du partenariat pluriel, les aspects propriété intellectuelle devront être clairement explicités avant le démarrage du projet	La proposition formulée s'inscrit dans un programme d'envergure européenne visant à sécuriser la chaîne d'approvisionnement en proies vivantes. La contribution du programme ZoNéCo à hauteur de 30% paraît de ce fait trop importante. Le comité étant informé de la mission de consultance actuellement conduite par M. Thomas CAMUS au CCDTAM s'interroge sur la nécessité de poursuivre plus en avant sur ce thème et souhaite que les enjeux et besoins à moyen et long terme soient clairement identifiés et posés comme prérequis au lancement de ce type d'opération d'envergure.
			34 126 000		
			ZoNéCo		
			9 578 000		

Les éléments fournis par Bruno NOGUERRA mettent en exergue les besoins à court terme de pouvoir introduire de manière fiable et standardisée, des copépodes dans les premiers jours du cycle de vie larvaire des lutjanidés. Les travaux conduits par le Dr Thomas CAMUS, dans le cadre d'une mission de consultance, permettent d'envisager l'utilisation de copépodes *Parvocalanus crassirostris* lors du prochain cycle larvaire de *Lutjanus sebae* prévu fin 2013. L'objectif fixé étant d'identifier et d'isoler une souche, de mettre au point un protocole de maintien de cette souche et de développer un pilote de production de 2 000 000 de nauplii par jour. Ce sera ensuite à la lumière des résultats obtenus début 2014, qu'il sera possible de se prononcer sur la pertinence (ou non) du choix de l'espèce et du mode de production expérimenté. C'est donc à la suite de ces premiers essais qu'il sera possible de définir précisément les travaux à conduire pour permettre le transfert de technologie et la mise au point d'un système de production standardisé qui répond aux besoins de production du CCDTAM. En parallèle, le CCDTAM a prévu de s'adjoindre les services d'un consultant australien pour former l'équipe aux protocoles d'introduction des copépodes produits dans l'élevage larvaire. C'est sur la base de ces informations que le directeur du CCDTAM insiste sur la nécessité que les conclusions et perspectives des travaux actuellement en cours soient intégrés et considérés lors de la phase de démarrage du projet ELICOPTR. Il est également souligné, que ce projet qui présente un réel intérêt, présente toutefois un calendrier de travail peu compatible avec les besoins concrets et à court terme du CCDTAM, sans toutefois remettre en question la nécessité d'une programmation de 2 années.

A la lumière de ces précisions, la question de l'adéquation entre la proposition soumise et les besoins formulés est débattue.

Il est précisé que des besoins en copépodes ont été formulés par Aqualagon (pour une utilisation dans le cycle larvaire de *Siganus lineatus*), et par l' Aquarium des Lagons (ADL) dans le cadre de ses activités de recherche sur la reproduction et la mise en élevage d'espèces ornementales pour ses propres besoins (notamment pour le genre *Dascyllus*). Compte tenu du caractère très ponctuel et de courte durée des besoins en copépodes, la capitalisation de l'expérience par le CCDTAM paraît être la solution la plus profitable à la Nouvelle-Calédonie.

Si la culture de copépodes en mésocosme est une voie intéressante pour permettre l'étude des sources de proies potentiellement présentes dans le milieu naturel, son utilisation dans le cadre d'un schéma de production semble difficilement envisageable en raison d'une part du caractère non reproductible de cette méthode et d'autre part des volumes importants nécessaires à ce type de culture. C'est donc bien le développement d'un mode de culture standardisé et reproductible en conditions « indoor », que la Nouvelle-Calédonie souhaite voire développer.

Compte tenu des besoins pratiques qui ont été formulés, la proposition ELICOPTR est à la fois considérée comme trop vaste et pas suffisamment connectée aux besoins de la filière aquacole, tant en termes d'objectifs à court terme que de réactivité et d'interactivité.

A la lumière de ces informations, il apparaît nécessaire de définir un cahier des charges précis qui fera apparaître les objectifs à atteindre pour répondre aux besoins exprimés par les structures ayant fait part de leur besoin en copépodes (CCDTAM, ADL, AQUALAGON) --- Cf cahier des charges joint ---

Par souci d'optimisation des moyens, il est par ailleurs demandé au CCDTAM que l'opération soit hébergée au sein de ses locaux, et qu'un nouveau projet de « post doc » soit élaboré sur la base du cahier des charges. La participation de Thomas CAMUS devra être sollicitée, tout comme celle des intervenants scientifiques de l'opération ELICOPTR, pour l'encadrement scientifique du projet, sans garantie à ce stade que leur implication pourra être sécurisée pour le nouveau projet.

Considérant l'intérêt pour la Nouvelle-Calédonie de conserver les compétences de Thomas Camus au cours des 12 prochains mois (à compter de juillet 2013) et de s'assurer d'obtenir les résultats attendus et de limiter le risque financier, il est proposé de rendre un avis favorable à la proposition ELICOPTR assorti des conditions particulières suivantes :

- Implantation du projet au CCDTAM, ce qui permettrait la réduction sensible des coûts d'investissement (aménagements spécifiques dans la salle de culture à chiffrer par Bruno) ;
- Financement initial du post doc pour 12 mois, car il n'y a pas d'intérêt à ce stade à s'engager sur le moyen terme ;
- Engagement écrit des proposants à répondre, sur la période considérée, au cahier des charges ;
- Maintien du co-financement du projet par l'Ifremer.
- Labellisation du projet par le pôle Aquimer

Enfin, il conviendrait que les proposants apportent des précisions sur les projets évoqués dans la proposition et dont le projet ELICOPTR est censé bénéficier :

- Projet pluri annuel de R et D en pisciculture lagonaire à Mayotte (*Siganus sutor*)
- Activités en matière de copépodes à la Réunion et Tahiti ;
- Mutualisation des moyens avec la phase 2 du projet COPEFISH.

Projet Elicoptr - Addendum au cahier des charges

1. Mise au point de production de copépodes pour les différents opérateurs de pisciculture :

Pour les deux opérateurs ADL et Aqualagon, le projet doit prévoir :

Collecte locale, identification et isolement d'une espèce cible identifiée dont les caractéristiques correspondent aux besoins de ces opérateurs, conception et mise en route de l'installation de maintien de la souche, conception et mise en route de l'installation de production de *nauplii* à échelle correspondante aux besoins :

- Pour les besoins de l'élevage larvaire de Siganidés pour Aqualagon
- Pour les besoins de l'élevage larvaire d'espèces du genre *Dascyllus* et autres poissons d'ornement élevés par ADL appartenant aux familles ci-dessous :
 - Acanthuridae
 - Pomacentridae
 - Labridae
 - Chaetodontidae
 - Callionymidae
 - Scaridae
 - Serranidae
 - Gobidae
 - Ostracidae
 - Microdesmidae

Concernant le CCDATM, ce travail est en cours et aura été réalisé hors programme Elicoptr. Sa durée est évaluée à un trimestre par opérateur.

2. Prise en compte du retour d'expérience des opérateurs de pisciculture :

La réalisation des tests d'introduction de copépodes dans les cycles larvaires sera effectuée au fur et à mesure du déroulement de calendrier de pontes de chacun des opérateurs. Il est toutefois envisageable qu'au cours du 2^{ème} trimestre 2014 un bilan soit effectué sur les résultats de chacun des opérateurs et que le retour d'expérience soit décortiqué pour envisager la suite du travail (période 2014-2015) à effectuer qui peut se décliner comme suit :

- Changement d'espèce cible de copépode
- Combinaison de deux ou plusieurs espèces de copépodes

3. Amélioration et simplification des techniques de production de copépodes :

L'élevage des copépodes est beaucoup plus délicat que celui des proies vivantes « classiques » et non standardisé. La mise au point de techniques relativement standardisées et qui tiennent compte à la fois du contexte et des contraintes des opérateurs est indispensable pour assister à un réel développement de ces techniques et donc de leur bénéfice

Le lieu de réalisation des études et travaux doit permettre de mener à bien la mise au point des techniques adaptées aux 3 opérateurs mais la possibilité d'un transfert géographique des opérations doit être envisagé dès la conception.

Réponses aux interrogations formulées par les CS et CTI sur le projet ELICOPTR

1) Rappel de l'avis des partenaires institutionnels du programme ZoNéCo

Considérant l'intérêt pour la Nouvelle-Calédonie de conserver les compétences de Thomas Camus au cours des 12 prochains mois (à compter de juillet 2013) et de s'assurer d'obtenir les résultats attendus et de limiter le risque financier, il est proposé de rendre un avis favorable à la proposition ELICOPTR assorti des conditions particulières suivantes :

- *Implantation du projet au CCDTAM, ce qui permettrait la réduction sensible des coûts d'investissement (aménagement spécifiques dans la salle de culture à chiffrer par Bruno) ;*
- *Financement initial du post doc pour 12 mois, car il n'y a pas d'intérêt à ce stade à s'engager sur le moyen terme ;*
- *Engagement écrit des proposant à répondre, sur la période considérée, au cahier des charges ;*
- *Maintien du co-financement du projet par l'Ifremer.*
- *Labellisation du projet par le pôle Aquimer*

Enfin, il conviendrait que les proposant apportent des précisions sur les projets évoqués dans la proposition et dont le projet ELICOPTR est censé bénéficier :

- *Projet pluri annuel de R et D en pisciculture lagonaire à Mayotte (*Siganus sutor*)*
- *Activités en matière de copépodes à la Réunion et Tahiti ;*
- *Mutualisation des moyens avec la phase 2 du projet COPEFISH.*

2) Implantation du projet au CCDTAM

Si l'implantation du projet ELICOPTR semble « naturelle » dans les locaux du CCDTAM qui avait d'ailleurs été approché au démarrage de l'opération en 2012 mais qui n'avait pas donné suite à notre sollicitation, elle ne permettra certainement pas une réduction des coûts aussi sensible que perçu au départ.

Le lieu initial « ADL » avait été choisi, entre autre, en raison de la disponibilité d'un box expérimental entièrement libre, de surface très importante équipé en air surpressé et en eau filtré, d'un labo. équipé de microscope et de loupe très peu utilisé et d'une salle d'algue disposant d'une hotte à flux laminaire et d'un autoclave très performants qui devaient être dédiées intégralement à l'approche expérimentale R & D.

Ces conditions ne sont pas réunies au CCDTAM dont les installations sont entièrement tournées vers la production et laissent peu de place à l'expérimentation tant en matériel qu'en espace dédié.

Toutefois, les partenaires du projet ont pris bonne note des gros efforts fournis par le directeur du CCDTAM pour se mettre dans les meilleurs délais en conformité minimum avec les impératifs opérationnels que nécessitent un tel projet.

3) Financement du post doctorant pour 12 mois

Cette condition est tout à fait compatible avec l'approche Ifremer . Le contrat initial de travail à durée déterminée de formation post doctorale est établi pour une durée de 12 mois. Il peut être renouvelé pour une période de 6 mois sous réserve que le co-financement supplémentaire soit acquis pour cette période et avec l'accord de la commission d'attribution des bourses post doctorales.

4) Engagement écrit des proposant à répondre sur la période considérée au cahier des charges

Nous prenons bonne note que le groupe de travail aquacole considère l'élevage larvaire des poissons marins comme une problématique pays.

Il nous apparaît que l'addendum au CDC tel que présenté s'apparente plus à un travail de consultance qu'à un programme de recherche finalisé ZoNéCo. Il n'est pas compatible avec la durée de l'opération ni avec les attendus d'un post doctorat.

Les proposant ne peuvent donc pas prendre d'engagement sur un tel CDC mais se sont mis d'accord pour redéfinir une méthodologie et un programme de travail qui « collent » au plus près des préoccupations de production du CCDTAM notamment en raison des progrès accomplis au cours de la consultance de 3 mois du Dr. T.Camus (voir ci après).

5) Maintien du co financement du projet par l'Ifremer

Le maintien du co-financement à 50% du salaire du post-doctorant établi pour une durée de 12 mois et de l'accompagnement scientifique associé(Ifremer et Lille1) seront maintenus dans la mesure où les conditions de travail au sens large permettront au Dr.Thomas Camus de pouvoir consacrer la majeure partie de son temps à des travaux de recherche finalisés qui sont décrits dans ELICOPTR (version modifiée) et doivent aboutir au minimum à deux articles scientifiques dans des revues de rang international.

6) Labellisation du projet par le pôle AQUIMER

Compte tenu des nouvelles orientations prises par le CS et le CTI, des aspects juridiques et du délai de réponse à l'AO, cet aspect sera étudié ultérieurement notamment au cours de la mission du Professeur Sami Souissi en Avril 2014.

7) Précisions sur les projets évoqués et dont le projet ELICOPTR est censé bénéficier

L'Ifremer est impliqué depuis 2 ans par convention avec pour un programme pluriannuel de R&D en pisciculture lagunaire à Mayotte qui inclut l'espèce de picot *Siganus sutor*.

Les travaux actuels portent sur la gestion des géniteurs en cages en mer (2014). Des tests d'aliments ont été planifiés pour fin 2013 pour réalisation en 2014. Des essais isolés de collectes de copépodes sauvages en vue d'ensemencer des mésocosmes ont été réalisés par Aquamay en 2011.

La plateforme technique Ifremer de Palavas va se doter d'un dispositif expérimental permettant d'étudier l'élevage des copépodes en relation avec l'université de Lille1. Les

essais de nourrissage seront effectués sur des larves de Platax produites par l'aquarium de Nausicaa.

Dans un souhait de diversification vers de nouvelles espèces, le CTA de Polynésie Française a commencé des réflexions en collaboration avec l'Ifremer sur des itinéraires biotechniques conduisant à un développement plus important de l'aquaculture (super intensive, cage lagonaire, mésocosmes). La technique des mésocosmes orientés inclut l'ajout de copépodes sauvages et/ou cultivés, et le projet ELICOPTR en constitue un préambule

Le projet pluriannuel de R&D en pisciculture impliquant l'Ifremer à la Réunion est actuellement en stand by en raison des difficultés financières de son partenaire l'ARDA.

8) Mutualisation des moyens avec la phase 2 du projet COPEFISH.

Compte tenu des nouvelles orientations prises par l'opération, des aspects juridiques relatif au pôle de compétitivité et à son lien avec le projet COPEFISH et du délai de réponse à l'AO cet aspect sera envisagé au vu du déroulement de l'opération. Il est prévu de faire un point sur le sujet en avril 2014 au cours de la mission du Pr. Sami Souissi.

9) Autres remarques

Le portage actuel ne satisfait pas le CS compte tenu du faible taux d'implication annoncé (moins de 10%) et de l'éloignement de la métropole de l'actuel porteur de projet. Les partenaires du projet prennent acte de cette remarque, et se sont accordés pour que le portage du projet soit transféré à Ifremer (LEAD-NC), en la personne L. DELLA PATRONA.. ADL n'hébergeant plus le projet souhaite ne plus être partenaire de ELICOPTR mais reste fortement intéressé par les résultats de l'opération et éventuellement demandeur de nauplii de copépodes.

10) Réponse à l'addendum au cahier des charges

En préambule, les partenaires du projet ELICOPTR regrettent que, faute de temps, le CS n'ait pas demandé un éclairage sur la proposition ELICOPTR à un des » 5 experts internationaux capables d'évaluer le projet » demandés par ZoNéCo.

En particulier, nous regrettons que nous n'ayons mieux fait entendre, dans notre proposition de recherche finalisée, la mesure des contraintes et les étapes nécessaires d'une opération qui vise bien au final à la mise au point et la sécurisation de cultures continues d'espèces de copépodes sélectionnées et les tests de nourrissage en remplacement total ou partiel des rotifères sur des espèces de poissons élevées en NC.

La difficulté de l'opération pourrait être évaluée à la lumière de l'historique de la mise au point de l'élevage larvaire de la crevette calédonienne et de ses difficultés actuelles parallèlement aux moyens (publiques et opérateurs privés) qui ont été mis en oeuvre.

« Mise au point de production de copépodes pour les différents opérateurs de pisciculture »

Compte tenu de la durée envisagée du projet (12 mois) et du cadre d'ELICOPTR (projet de recherche finalisé ZoNéCo + co-financement post doctorat Ifremer), les prestations réalistes aux différents récipiendaires cités (ADL , Aqualagon) qu'il serait possible d'envisager sont les suivantes.

- Aquarium des Lagons :

ADL serait demandeur de manière sporadique de nauplii de copépodes en petites quantités sans besoins spécifiques actuels qu'il viendra récupérer au CCDTAM. ELICOPTR pourra lui fournir des petits volumes qui seront disponibles à cette période en routine à la condition d'anticiper la demande.

- Aqualagon :

Cette ferme ne dispose pas d'espace et de matériel dédiés à la production intensive de copépodes. Il est donc proposé que Aqualagon, en anticipant sa demande, fournisse quelques centaines d'œufs embryonnés au CCDTAM sur lesquels seront réalisés les tests de nourrissage dans le dispositif expérimental qui sera mis en place au CCDTAM.

« Prise en compte de retour d'expérience des opérateurs de pisciculture »

La capitalisation du retour d'expérience dans le cadre d'un projet de recherche finalisée tel que le programme ZoNéCo dépend du plan expérimental choisi. Il est impératif de pouvoir découpler raisonnablement quelques paramètres basiques et également d'avoir un certain nombre de réplicats pour conclure et rebondir sur de nouveaux ajustements.

On n'avancera pas rapidement sur un sujet aussi novateur que les copépodes si les travaux se font uniquement dans des conditions de production (modifications du protocole en cours de route, impératif de survies, nombre de réplicats) incompatibles avec la R&D.

Il faut donc préciser que le retour d'expérience au CCDTAM dépendra :

- du nombre de cycles de productions d'écloserie dans l'année (1 à 4 ?) ;
- de l'amélioration « globale » du savoir zootechnique en élevage larvaire (incluant ou non des copépodes) du pouatte et/ou de la loche truite.
- du nombre de bacs disponibles permettant de faire des comparaisons indispensables pour consolider les résultats .

Actuellement le CCDTAM ne dispose que d'un nombre limité de bacs destinés uniquement à de la production.

« Amélioration et simplification des techniques de production de copépodes »

Cette opération de recherche finalisée qui se déroulera au CCDTAM essaiera de « coller » au mieux au matériel (infrastructures et vivant) présent sur place.

C'est bien la bonne connaissance des paramètres les plus importants (et de leur gamme de variation) influençant l'élevage d'une espèce de copépode donnée qui aura été obtenue par des expérimentations simples qui peut permettre de renseigner les zootechniciens sur les adaptations (simplifications) à apporter dans le contexte de la production et pas l'inverse.

Il faut s'attendre à ce que les performances obtenues dans les conditions de laboratoire soient meilleures que celles obtenues par soucis de simplification dans les bacs de production.

11) Mise en conformité des installations du CCDTAM avec le programme transitoire de R & D ELICOPTR

Le Directeur du CCDTAM Bruno Noguerra et le Dr. Thomas Camus présent sur place ont pu apporter les modifications suivantes (avec l'aide de L.DELLA PATRONA LEAD NC):

- mise à disposition de matériel optique loupe binoculaire (achat CCDTAM) et microscope (prêt Ifremer) et emplacement (paillasse) à usage uniquement destiné à l'examen des copépodes et microalgues ;
 - attribution ancienne salle artemias à usage unique pour expérimentations copépodes ;
 - mise à disposition d'un emplacement destiné à un rack de petits volumes d'élevage larvaire de 40 L à vocation expérimental pour tester les différentes options de nourrissage des larves de poissons incluant ou non des copépodes dans l'actuelle salle de production ;
 - attribution d'un « coin » bureau et informatique pour le Dr. Camus.
- **Réorganisation salle d'algues**

Compte tenu du délais de réponse, la réflexion sur l'organisation de la salle d'algue existante au CCDTAM en attendant l'éventuelle venue d'une hotte à flux laminaire et d'un autoclave ad hoc et de la localisation d'un emplacement au sein de la zone destinée au projet AMICAL n'est pas complètement achevée.

Le CCDTAM dispose de trois souches d'algues produites en routine pour ses besoins de production (rotifères, élevage larvaire) et aura la capacité d'en importer et d'entretenir au moins 3 supplémentaires pour les besoins du projet.

Ce qui permettra de réaliser un travail très complet sur la qualité nutritionnelle des algues (qui se répercute sur celle des nauplii de copépodes qui s'en nourrissent-acides gras essentiels et par voie de conséquence sur la qualité /survie des larves de poissons).

Au cours de la consultance qui s'est déroulée hors conditions de production, le Dr.T.Camus a pu avoir accès et « monopoliser » à son propre usage l'outil salle d'algues. Il a pu ainsi contrôler la qualité « axénique » des algues nécessaire sans laquelle les cultures expérimentales de copépodes qui reçoivent ces algues sont rapidement contaminées par les ciliés et périssent.

En période de production du CCDTAM et bien avant compte tenu du temps nécessaire à la montée en puissance des volumes à produire, la salle d'algue sera gérée en fonction des contraintes des besoins des élevages larvaires soit des quantités importantes d'algues de qualité (pureté) « standard » pour des élevages de rotifères ou de larves de poissons mais probablement insuffisante pour des élevages expérimentaux délicats de copépodes***. Dans ces conditions, la cohabitation et la collaboration du technicien algue du CCDTAM et du doctorant qui n'ont pas les mêmes contraintes et objectifs au sein d'un espace exigu risquent d'être problématiques et ne devront pas être négligées.

***Il est entendu que la finalité d'un tel projet à plus long terme est bien de sécuriser des élevages de copépodes en grands volumes « simplifiés » (cf. § 10) et adaptés aux conditions « standard » et au matériel existant de production d'une écloserie industrielle mais ceci n'est pas envisageable à ce stade préliminaire d'une thématique qui s'inscrit dans un enjeu plus large à vocation « pays ».

Il a été convenu que l'opération démarrerait au 1^{er} octobre 2013 avec un co-financement immédiat du salaire du Dr. Camus par l'Ifremer et ZoNéCo.

L'ancien chiffrage s'établissait comme suit (24 mois dont 18 en co financement)

Part Zoneco		
Type de dépense	Libellé	Somme
Equipement	Filtres	475 000
	Gaine quartz	18 000
	Sous-traitance aménagement	365 000
	Thermoplongeurs	155 000
	Traitement UV	265 000
	Verrerie	195 000
Somme Equipement		1 473 000
Fonctionnement	Consommables	50 000
	Matériels hydraulique	30 000
	Petits Matériels	50 000
	Produits chimiques	15 000
	Sous-traitance analyses	150 000
Somme Fonctionnement		295 000
Mission	Billets avion FR-NC	500 000
	Perdiem	300 000
Somme Mission		800 000
Salaires	Post-doctorant	6 650 000
	Stagiaire Bac+3	360 000
Somme Salaires		7 010 000
Total		9 578 000

Le nouveau chiffrage (sur 12 mois) est le suivant (fait en collaboration avec CCDTAM) :

Part Zoneco		
Type de dépense	Libellé	Somme
Equipement	Appareils de mesure	135 000
	Souches d'algues	675 000
	Verrerie	750 000
	Etagères pour petits volumes (construction aluminium locale)	270 000
	Thermoplongeur 50, 100 et 200 watts - 25 pcs	87 500
	Pompe à eau pour petit/grand volume. 25W et 100W - 5 pcs	33 750
	Filtres à air 0.01 micron - 50 pcs	33 750
	Bac cylindro-conique polyester 40 litres - 8 pcs	380 000
	Pompes péristaltiques	108 000
	Informatique	175 000
	Somme Equipement	
Fonctionnement	Consommables	275 000
	Nutriments	225 000
	Petits Matériels	50 000
	Produits chimiques	50 000
	Sous-traitance analyses	150 000
Somme Fonctionnement		750 000
Mission	Billet avion FR-NC S.Souissi	250 000
	Perdiem S.Souissi	200 000
	Billet avion FR-NC T.Camus	250 000
Somme Mission		700 000
Salaires	Post-doctorant	2 850 000
Somme Salaires		2 850 000
Total		6 948 000

Les besoins estimés pour l'opération ELICOPTR (12 mois) s'élèvent à 6 948 000 XPF se déclinent de la façon suivante :

- 2 648 000 XPF en aménagement et équipement et de la sous-traitance pour aménager les structures du CCDTAM qui les recevront,
- 600 000 XPF/12 mois en fonctionnement comprenant petits matériels, consommables, produits pour les élevages, nutriments pour les algues ;
- 150 000 XPF pour la sous-traitance d'analyses biochimiques ;
- 700 000 XPF pour de la mission, essentiellement de frais de transport pour un AR Métropole NC pour S. Souissi et T.Camus***
- 2 850 000 XPF en salaire. Cette somme correspond au co financement de 12 mois de salaire du post-doctorant à partir du 1^{er} octobre 2013.

*** (à redéfinir en interne entre ADECAL-CCDTAM et ADECAL-ZoNéco).

En cas de prolongation de 6 mois de l'opération, correspondant à l'extension initialement prévue (sous conditions) de la durée du post doc Ifremer de 12 à 18 mois, il faudrait prévoir un montant complémentaire de 1 425 000 XPF au titre du co financement ZoNéco . A l'échéance des 12 mois voire avant, il conviendrait d'envisager une mission de Eric Gasset, partenaire du projet, spécialiste Ifremer de l'élevage larvaire des poissons tropicaux depuis 25 ans (Barramundi, Loche de palétuvier, mai maï) et qui a mis au point le cycle larvaire du Platax à Tahiti (initié en 2004) , pour affiner *in situ* avec le directeur du CCDTAM et les autres privés impliqués, les protocoles d'introduction des nœuds de copépodes dans les élevages larvaires de pouatte, loche truite et picot rayé soit 450 000 XPF (billet Paris Nouméa AR+mission 2 semaines).

L'enveloppe budgétaire s'élèverait alors pour les 18 mois à **8 823 000 XPF**.

12) Redéfinition des objectifs, questions en lien avec la recherche et résultats attendus du projet

Les questions de recherches traitées seront les suivantes :

- Quelles sont les potentialités d'élevages des espèces de copépodes sélectionnées dans le cadre de la consultance en termes de croissance, reproduction et alimentation?
- Quelles sont les conditions environnementales et biotechniques optimales pour maîtriser leur culture?
- Quelle est leur aptitude au changement d'échelle de production (du béccher au mésocosme) ?
- Est-ce que leur composition bio-chimique est favorable à leur utilisation comme proie vivante pour l'élevage larvaire des poissons ?
- Est-ce que leur utilisation favorise le passage endo exotrophie chez les larves de poissons concernées par rapport à l'utilisation des rotifères?

13) Méthodologie proposée

Les actions prévues du projet sont :

1/ Détermination des potentialités d'élevage des espèces pré sélectionnées (temps de génération, cycle de vie, productivité).

Il s'agit pour chaque espèce de copépode (dont l'identification spécifique reste à faire) de déterminer entre autre :

- les conditions optimales de leur maintien en culture continue (en labo. dédié mais également dans les conditions d'une écloserie industrielle) ;
- la durée précise de la séquence conduisant à l'obtention des nauplii de taille adaptée à la bouche des larves (en labo. dédié mais également dans les conditions d'une écloserie industrielle/ suivant la « propreté » des variétés des algues disponibles).

Cette connaissance (timing) constitue le coeur de l'organisation zootechnique de l'élevage larvaire permettant de déclencher et synchroniser les productions de micro algues, de rotifères (co feeding) en anticipation de l'obtention des larves au stade de l'exotrophie.

2/ Aptitude au changement d'échelle de production (du bécher au bac de volumes croissants pouvant atteindre quelques m³).

Il s'agit de déterminer la durée de la montée en puissance et des volumes nécessaires pour obtenir des quantités de nii supposées adéquates par le CCDTAM. Cette manip. se fera au moment de la consultance prévue du Dr. G.Schipp « conditions d'introduction des copépodes dans les élevages larvaires de lutjanidae ».

3 /Tests d'adéquation (attrait, capture, digestion apparente etc...) des nauplii de copépodes au nourrissage des larves de poissons.

Un dispositif expérimental installé dans la salle d'élevage larvaire du CCDTAM permettra d'effectuer dans des bacs thermorégulés de petits volumes de 40 L en triplicats des comparaisons de nourrissage de larves de pouate âgées de 3 jours (stade ouverture de la bouche et première alimentation).

L'expérimentation portera sur la durée de la phase rotifère (pas encore établie au CCDTAM) qui s'arrête à l'introduction des artemias adultes (probablement 14^{ème} jour).

Pour chaque expérimentation sera comparée au minimum la survie et la croissance des larves obtenues après trois types de nourrissages :

- rotifères seuls ;
- nauplii de copépodes seuls ;
- mélange de nii de copépodes et de rotifères.

Les densités initiales des larves de pouate (voire du picot rayé) et des rotifères seront choisies en collaboration avec le CCDTAM (Aqualagon) et pourront évoluer avec le retour d'expérience. Le suivi larvaire sera réalisé par les techniciens du CCDTAM.

Les paramètres qui seront étudiés partiellement seront : l'espèce de copépode, la densité des nii, la proportion du mélange nii/rotifère, la densité et l'espèce d'algue. Il est probable

que sur la durée envisagée du projet ELICOPTR, on ne puisse pas effectuer toutes les combinaisons de facteurs souhaitables.

Parallèlement à cette action, dans la mesure du possible, seront fournies les quantités adéquates de nœu de l'espèce la plus prolifique pour un ou des bacs de production du CCDTAM.

4/ Détermination de la composition bio-chimique des espèces candidates de copépodes et des larves (réalisés par le laboratoire de Chimie de Lille1).

Les larves des différents tests seront conservées pour effectuer des analyses biochimiques ultérieures permettant de confirmer l'influence des différents régimes alimentaires sur leur composition en acides gras et d'étudier de manière préliminaire le développement et la réponse de certaines enzymes digestives au cours de la phase exo endotrophie.

De même des échantillons de copépodes élevés selon différents régimes alimentaires (différents types algues) seront conservés pour étudier ultérieurement leur composition en acides gras.

5/ Détermination du succès du passage endo-exotrophie des larves de poissons par des indicateurs « simples » morpho anatomiques et d'activité des larves et indicateurs d'efficacité de capture)

Elle sera réalisée à partir de photos et de mesures morphométriques réalisées à l'aide d'une loupe munie d'un micromètre et en collaboration avec le technicien du CCDTAM chargé des élevages larvaires et d'Eric Gasset, partenaire du projet, (à distance dans un premier temps).



IFREMER NC/2013-11

Nouméa, le 6 août 2013

Mr. Manuel DUCROCQ
Halieute du programme ZoNéCo
ADECAL
1 bis rue Berthelot, BP 2384
98846 Nouméa cedex

Institut Français de Recherche pour
l'Exploitation de la Mer

Etablissement public à caractère
industriel et commercial

Direction

Délégation de Nouvelle-Calédonie
101, Promenade Roger LAROQUE
Centre IRD
B.P. 2059
98846 Nouméa
Nouvelle-Calédonie

☎ (687) 28.51.71
☎ (687) 28.78.57
✉ Andre.Carpentier@ifremer.fr

Objet : Lettre d'engagement des partenaires de l'opération ELICOPTR proposée à l'AO ZoNéCO 2013-2014

Monsieur,

Sous réserve de validation par l'Assemblée Générale de l'ADECAL qui se tiendra seconde quinzaine d'août, le groupe de projet Aquaculture de ZoNéCo a proposé d'inscrire l'opération ELICOPTR au programme 2013-2014 avec un budget de 6 948 000 XPF sous certaines conditions particulières, comme exposées par le CS et CTI dans le cahier des charges (CDC) du 27/5/13.

Après concertation avec le CCDTAM, les partenaires du présent projet ont décidé de s'engager sur les points suivants:

- **Implantation du projet au CCDTAM**

Les partenaires du projet donnent leur accord pour que le projet se déroule au CCDTAM, en rappelant que cela nécessite la mise en place des équipements suivants avant le 1^{er} octobre 2013 :

- mise à disposition de matériel optique loupe binoculaire (achat CCDTAM) et microscope (prêt Ifremer) et emplacement (paillasse) à usage uniquement destiné à l'examen des copépodes et microalgues ;
- attribution de l'ancienne salle de production d'Artemia pour l'usage unique des expérimentations copépodes ;
- mise à disposition d'un emplacement destiné à un rack de petits volumes d'élevage larvaire de 40 L (multiple de trois) à vocation expérimentale pour

Siège social

☎ 155, rue Jean-Jacques Rousseau 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex France R.C.S. Nanterre B 330 715 368 - APE 731 Z - SIRET 330 715 368 00297 - TVA FR 46 330 715 368
☎ 33 (0)1 46 48 21 00 ☎ 33 (0)1 46 48 22 96 ☎ http://www.ifremer.fr

tester les différentes options de nourrissage des larves de poissons incluant ou non des copépodes et situé dans l'actuelle salle de production ;

- attribution d'un « coin » bureau et informatique pour le Dr. T. Camus.

En raison de l'impossibilité de la réorganisation de la salle d'algues, le personnel du CCDTAM s'est engagé à fournir un niveau de pureté des algues compatible avec les objectifs du projet de recherche ZoNéCo.

- **Financement du post doctorat sur une durée initiale de 12 mois**

Le contrat initial de travail à durée déterminée de formation post doctorale à Ifremer est toujours établi pour une durée de 12 mois, et répond donc parfaitement à la demande des partenaires de ZoNéCo. Il est éventuellement renouvelable pour une durée de 6 mois en fonction des besoins et de l'avancée des travaux.

- **Engagement écrit des proposant à répondre sur la période considérée au cahier des charges qui leur a été transmis**

Mise au point de production de copépodes pour les différents opérateurs de pisciculture.

Compte tenu de la durée (12 mois) et de la nature de l'opération (programme de recherche ZONECO), les partenaires s'engagent à répondre aux besoins des opérateurs de la manière suivante :

- **Aquarium Des Lagon** : ADL est demandeur de manière sporadique de nauplii de copépodes en petites quantités sans besoins spécifiques identifiés actuellement. Les partenaires du projet s'engagent à lui fournir des petits volumes de quelques milliers de nauplii, selon la disponibilité et à condition que la demande soit anticipée.
- **Aqualagon** : cette ferme ne dispose pas d'espace et de matériel dédiés à la production intensive de copépodes. Il est donc proposé qu'Aqualagon, en anticipant sa demande, fournisse quelques centaines d'œufs embryonnés de *Siganus lineatus* au CCDTAM sur lesquels seront réalisés les tests de nourrissage dans le dispositif d'élevage larvaire expérimental qui sera mis en place au CCDTAM selon les termes du protocole de référence fourni par Aqualagon.
- **CCDTAM** : des discussions ont d'ores et déjà été menées entre le post doctorant Thomas Camus, le porteur de l'opération L. Della Patrona et le directeur du CCDTAM B. Noguerra qui ont convenu que seraient réalisés :
 1. une optimisation de l'élevage des espèces de copépodes présélectionnées compte tenu des infrastructures existantes et de la qualité des souches d'algues disponibles ;

Siège social

155, rue Jean-Jacques Rousseau 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex France R.C.S. Nanterre B 330 715 368 - APE 731 Z - SIRET 330 715 368 00297 - TVA FR 46 330 715 368
☎ 33 (0)1 46 48 21 00 📠 33 (0)1 46 48 22 96 🌐 <http://www.ifremer.fr>

2. des essais de passage des cultures expérimentales indoor vers des grands volumes extérieurs ;
3. des essais de nourrissage et de co nourrissage (rotifères) des premiers stades des larves du pouatte avec des nauplii de copépodes dans la structure expérimentale mise à disposition ;
4. la détermination de la composition bio-chimique des espèces candidates de copépodes et des larves (résultats pas avant la fin des 12 mois compte tenu du temps d'analyse) ;
5. détermination du succès du passage endo-exotrophie des larves de poissons par des indicateurs « simples » mentionnés dans le projet scientifique (point3).

Prise en compte du retour d'expérience des opérateurs de pisciculture

Elle sera grandement facilitée par la localisation de l'opération au CCDTAM qui permettra au post doctorant de travailler et d'échanger au quotidien avec les techniciens concernés (salle d'algues, proies vivantes, élevage larvaire).

Par ailleurs, les partenaires d'ELICOPTR s'engagent à la mise en place d'un comité de pilotage du projet composé de représentants des partenaires du projet, des partenaires opérationnels de l'opération (CCDTAM, ADL et AQUALAGON), des partenaires de l'animateur de ZoNéCo, COPIL qui se réunira a minima avant le lancement de l'opération, à mi-parcours et au cours du dernier trimestre afin de valider, éventuellement réorienter et prolonger les actions prévues.

Amélioration et simplification des techniques de production de copépodes

L'amélioration et la simplification des techniques de production de copépodes exprimées dans le CDC seront prises en compte. A titre d'exemple, des essais seront conduits avec des algues employées en routine au CCDTAM pour la production ou encore pour estimer la durée de la montée en puissance nécessaire pour passer de petits volumes intérieurs aux grands volumes extérieurs. A l'issue des 12 mois, les partenaires livreront, dans l'état d'avancement des résultats, des protocoles simplifiés adaptés aux besoins des opérateurs.

• Maintien du co-financement du projet par l'Ifremer

Le co-financement du projet par Ifremer (demi-salaire du post-doctorant et salaire des cadres de recherche impliqués dans le projet) sera maintenu dans la mesure où le projet conserve une composante recherche majoritaire, comme formulé dans la proposition des partenaires, et donc donne les moyens d'aboutir à des résultats valorisables via un ou deux articles soumis à des revues scientifiques internationales avec comité de lecture.

Siège social

155, rue Jean-Jacques Rousseau 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex France R.C.S. Nanterre B 330 715 368 - APE 731 Z - SIRET 330 715 368 00297 - TVA FR 46 330 715 368
☎ 33 (0)1 46 48 21 00 📠 33 (0)1 46 48 22 96 🌐 <http://www.ifremer.fr>

- **Labellisation du projet par le pôle Aquimer**

Les partenaires s'engagent à déposer une demande de labellisation du projet auprès le pôle AQUIMER sur la base des objectifs scientifiques et techniques, conformes au programme ZoNéCo, exprimés dans notre précédente réponse circonstanciée au GP. Ce dossier porté auprès du pôle Aquimer par le Pr. S. Souissi, partenaire actif dans le montage du projet, est d'ailleurs d'ores et déjà en cours d'élaboration pour une soumission au dernier trimestre 2013.

En espérant avoir clairement répondu aux exigences des partenaires de ZoNéCo, nous vous prions d'agréer, Monsieur, l'expression de nos sentiments distingués.

André Carpentier
Directeur délégué de l'Ifremer en
Nouvelle Calédonie

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Carpentier".

Luc Della Patrona
Ifremer – LEAD-NC
Responsable projet ELICOPTR

A handwritten signature in black ink, appearing to read "Della Patrona".

Pr. Sami Souissi
Université de Lille

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "S. Souissi".

Denis Covès
Ifremer- BOME (Palavas)
Chef du projet Pisciculture Outre-Mer

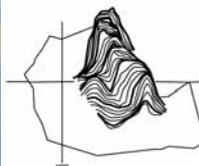
A handwritten signature in black ink, appearing to read "D. Covès".

Siège social

155, rue Jean-Jacques Rousseau 92138 Issy-les-Moulineaux Cedex France R.C.S. Nanterre B 330 715 368 - APE 731 Z - SIRET 330 715 368 00297 - TVA FR 46 330 715 368
☎ 33 (0)1 46 48 21 00 ☎ 33 (0)1 46 48 22 96 🌐 <http://www.ifremer.fr>

PROJET SIGA-NC

« Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé dans le milieu naturel »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie
Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : (Attribué par le secrétariat de l'ADECAL)

Date de réception de la proposition (JMMMAA):

ACRONYME (le cas échéant)
SIGA-NC

Présentation générale

Titre de l'opération : SIGA-NC

Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé *Siganus lineatus* (Siganidés) dans le milieu naturel: Perspectives pour la domestication des espèces « herbivores » en Nouvelle-Calédonie.

Résumé et mots clés :

Résumé : Il existe une trentaine d'espèces de Siganidae dans le monde vivant dans l'Indo-Pacifique ouest, des côtes est de l'Afrique à la Polynésie française. Les picots sont généralement classifiés comme des herbivores stricts, brouteurs d'algues ou de plantes aquatiques dans les mangroves, les herbiers ou les récifs. Toutefois, leurs premiers stades larvaires sont franchement carnivores (zooplancton). Certaines espèces adaptent leur alimentation et présentent un comportement opportuniste (omnivore) notamment en captivité. La période de reproduction intervient généralement en été de manière continue ou par pics d'importance inégale. Plusieurs scénarios existent en fonction de la latitude et de la compétition entre les espèces de picots qui cohabitent localement. Des facteurs déclenchants directs tels que la montée ou les variations de température ou indirects comme l'abondance de nourriture viennent se surajouter. Pendant la période favorable, chaque espèce de picot pond et le recrutement intervient à une phase précise de la lune. Certaines espèces de *Siganus* ont une importance commerciale non négligeable en aquariophilie mais elles sont principalement appréciées pour leur chair. Mis à part la consommation très importante des adultes, les jeunes Siganidae ont acquis une grande importance dans la gastronomie traditionnelle des îles du Pacifique. Par ailleurs, certaines font l'objet d'un développement aquacole significatif.

L'objectif de ce projet de recherche, qui sera effectué principalement sous la forme d'une thèse de doctorat, sera d'approfondir la connaissance sur la biologie et l'écologie du picot rayé (*Siganus lineatus*), une des espèces commerciales les plus importantes en Nouvelle-Calédonie. En particulier, préciser les zones et la dynamique du cycle de reproduction, et les zones et les sources d'alimentation selon le cycle de vie = permettra à la fois, aux gestionnaires de mieux protéger cette ressource et consotuera des informations indispensables pour le développement de son élevage.

Mots clés : Picot rayé, reproduction, alimentation, cycle lunaire, composition de la chair, mangrove, pisciculture

Implications des personnes impliquées dans la conduite de l'opération d'une durée de 36 mois (1^{er} avril 2013- 31 mars 2016)

Nom	Fonction	ETP en jours sur la durée de l'étude	ETP en % sur la durée de l'étude
T.Moleana	Doctorant UNC	680	100%
L.Della Patrona	Cadre LEAD/Comité thèse Resp. coordination projet et prép. AO	408	60%
Y.Letourneur	Professeur UNC/ Co Directeur de thèse Resp. du volet biologie et écologie de la reproduction et de l'alimentation Mise à dispo. L 2 mois à 100%	34	5%
		48	7%
T.Meziane	Maître de Conférences MNHN)/ Co Directeur de thèse Resp. du volet degré d'herbivorie, composition lipidique et acides gras, réseau trophique associé Mise à dispo. ingénieur MNHN 6 mois à 50%	48	7%
		115	17%
		44	7%
C.Fauvel	Chercheur Ifremer Palavas/ Comité thèse Resp. du volet physiologie de la reproduction	13	2%
D.Coves	Directeur Programme DDPOM Ifremer	13	2%
E.Gasset	Ingénieur aquacole Ifremer LALR	13	2%

Liste des 5 experts capables d'évaluer le projet

Nom Prénom	Organisme	Contact mail
DUPUY Christine	Université de La Rochelle	c.dupuy@univ-lr.fr
SCHAAL Gauthier	Université de Brest-UBO	Schaal@univ-brest.fr
VIGLIOLA Laurent	IRD	Laurent.vigliola@ird.fr
HARMELIN Mireille	MOI (Institut Méditerranéen d'Océanographie)	Mireille.harmelin@univ-amu.fr
KULBICKI Michel	IRD	Michel.kulbicki@ird.fr

Description complète et détaillée du projet

1- Titre de l'opération : SIGA-NC

Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé *Siganus lineatus* (Siganidés) dans le milieu naturel: Perspectives pour la domestication des espèces « herbivores » en Nouvelle-Calédonie.

2- Informations générales sur le partenariat proposé

Ifremer

Depuis 2007, les activités de Recherche & Développement de l'Ifremer en Nouvelle Calédonie, tout en considérant le domaine de l'aquaculture comme prioritaire, se sont infléchies et adaptées à des problématiques plus intégratrices. L'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable en Nouvelle-Calédonie participe au projet Ifremer « Développement durable de la pisciculture d'outre mer (DDPOM) » piloté par l'UMR 110 Intrepid, Ifremer Palavas Les Flots (France) pour proposer un ensemble de compétences adossé à la métropole et aux autres territoires d'outre mer au service de cet accompagnement. L'Ifremer est notamment impliqué depuis 2 ans par convention avec Aquamay pour un programme pluriannuel de R&D en pisciculture lagonaire à Mayotte qui inclut l'espèce de picot *Siganus sutor* et contribue actuellement à la réflexion de la relance de l'élevage de *Siganus argenteus* exprimée par le CTA de Polynésie Française.

Luc DELLA PATRONA, Dr. En Ichthyologie appliquée, physiologie animale et techniques de productions aquacoles de l'ENSAT Toulouse, responsable de l'action A070908C Poissons Lagonaire de Nouvelle Calédonie a réalisé son DEA sur la systématique des poissons mugilidés du sud ouest du Brésil. Il est l'auteur

d'une thèse portant sur la Biologie, l'Écologie et les potentialités aquacoles d'un poisson de mangrove (Fat snook). Il a enseigné à l'Université de la Nouvelle Calédonie de 1992 à 1995 sur la thématique des espèces de poissons locales à potentialités aquacoles. Il a contribué en 2000 au lancement de l'appel d'offre ADECAL sur l'étude du développement de la pisciculture marine en Nouvelle Calédonie.

Laboratoire LIVE Laboratoire Insulaire du Vivant et de l'Environnement (LIVE – EA 4243) de l'Université de la Nouvelle-Calédonie

Le LIVE est une équipe pluridisciplinaire rassemblant des biologistes et des chimistes travaillant sur la biodiversité terrestre et marine en Nouvelle-Calédonie, avec trois thèmes principaux : (i) Adaptation des plantes aux milieux ultramafiques (notamment riches en nickel) et restauration de la biodiversité dans les milieux exploités; (ii) Identification de substances bioactives ou d'intérêt industriel issues de la biodiversité végétale terrestre ; (iii) Influence humaine sur la structure et le fonctionnement des écosystèmes récifolagunaires (poissons, coraux).

Les activités de recherche du Professeur Yves LETOURNEUR sont focalisées sur l'écologie marine tropicale et plus particulièrement sur le compartiment biologique des poissons. Il a aussi travaillé sur des écosystèmes tempérés (Méditerranée et, plus succinctement, l'Atlantique), mais l'essentiel de ses activités concernent les écosystèmes récifolagunaires. Ses thèmes de recherche portent sur l'étude de la structure et du fonctionnement des communautés dans un contexte de changements climatique et anthropiques, la circulation de la matière organique au sein des réseaux trophiques et la façon dont laquelle les contaminants s'intègrent -ou pas- à ces réseaux trophiques, ainsi qu'à la connectivité des populations entre différents habitats. Les principales méthodes utilisées rassemblent les observations visuelles en plongée et les pêches expérimentales (actions de terrain) ainsi que les "outils" isotopes stables, otolithes et contaminants (actions de laboratoire).

UMR BOREA, Muséum National Histoire Naturelle MNHN, Paris :

Cette UMR est structurée selon 4 axes qui abordent la biologie, la physiologie des organismes marins et certains mécanismes de fonctionnement des écosystèmes côtiers.

- Equipe 6 : Biodiversité et Macroécologie (BIOMAC)

L'équipe **ResAqua** dirigée par le Dr Tarik Meziane étudie les réseaux trophiques aquatiques. Les objectifs sont d'étudier le cheminement de la matière organique et de l'énergie au sein des réseaux trophiques côtiers et lacustres principalement. Pour cela l'équipe s'articule autour de deux thèmes complémentaires que sont le Cheminement de la matière et de l'énergie dans les réseaux trophiques aquatiques (Thème 1) et la Modélisation des réseaux trophiques (Thème 2).

Le but du 1^{er} Thème est d'étudier le cheminement de la matière et de l'énergie dans les réseaux trophiques des zones côtières ou fluviales au travers d'approches faunistiques (peuplements, biodiversité) et biogéochimiques (marqueurs lipidiques et isotopes stables) afin de déterminer les sources de nourriture des différents organismes (devenir dans la chaîne alimentaire), et de mettre en évidence le degré d'exportation et la qualité de la matière organique. Les méthodes utilisées sont les suivantes:

- étude des acides gras biomarqueurs (plateforme chromatographie)
- mesure d'isotopes stables du carbone et de l'azote

- études des peuplements faunistiques et floristiques
- mesures des processus biologiques (production primaire, respiration)

Société Aqualagon : accueil de l'opération

La Société Anonyme à Responsabilité Limitée Aqualagon est une jeune entreprise innovante et pionnière de pisciculture marine basée dans la baie N'go dans le Grand Sud de la Nouvelle-Calédonie. A l'origine, le projet d'élevage de *Siganus lineatus* est né de la volonté de M. Le Garrec d'investir dans la pisciculture marine en 2002. Le projet s'est donc réalisé par étapes :

- 2003-2008 : phases expérimentales avec le LEVERM (laboratoire de biologie marine) à l'université de Nouvelle-Calédonie- conception projet technique éclosion pour une production de masse ;
- 2006-2008 : choix du site (baie N'go), étude d'impact, étude de faisabilité, avant-projet sommaire (par le bureau d'étude IDEE) ;
- 2008-2009 : construction de l'éclosion et du site de grossissement ;
- 2010-2011 : transposition des résultats expérimentaux à une échelle de production de masse- retard de l'obtention des premiers pontes liée au vol des géniteurs.

L'éclosion possède une capacité de 55 m³ de stockage des géniteurs, 45 m³ d'élevage larvaire, 2,8 m³ de culture de proies vivantes et 8,95 m³ de culture d'algues phytoplanctoniques.

La société accueillera l'opération ainsi que le thésard. Le dossier CIFRE d'Aqualagon a été accepté auprès de l'ANRT en novembre 2012. Le projet de thèse a été validé par la Direction Scientifique de l'Ifremer (Automne 2012).

3- Description du projet

a. Contexte

Contexte institutionnel du projet global

Après plusieurs dizaines d'années de production aquacole essentiellement tournée vers la crevetticulture (caractérisée par des implantations à terre en zone littorale), les pouvoirs publics calédoniens affichent la volonté de promouvoir une diversification aquacole, en soutenant notamment des projets innovants. Des initiatives privées sont ainsi en cours dans l'élevage d'espèces lagunaires herbivores en cages, d'holothuries en bassin ou en enclos, de crustacés en cage et de bivalves en filières. Par ailleurs, les travaux menés dans le cadre de la Technopole de Nouvelle-Calédonie par le Centre Calédonien de Transfert et d'Aquaculture Marine (CCDTAM) visent à effectuer des tests de reproduction et de mise en élevage d'espèces de poissons lagunaires et devraient permettre à moyen terme de développer une filière piscicole en cage.

Globalement le projet vise à mieux connaître la biologie et l'écologie peu documentée d'un poisson emblématique à haute valeur marchande qui est activement exploité dans son milieu naturel par ailleurs lui-même menacé (continuum mangrove-herbiers-récifs).

Cette opération s'inscrit dans la STRAT-OM Stratégie de recherche et d'innovation pour l'outre-mer dont certains thèmes ont été repris dans le schéma de développement « Calédonie 2025 ». Parmi les activités de

recherche pertinentes identifiées figurent la valorisation alimentaire des ressources, notamment marines (pêche et aquaculture)

- Cette démarche s'intègre également dans la programmation scientifique générale de l'Ifremer et des orientations et priorités thématiques (valorisation des ressources marines, diversification aquacole) inscrites dans l'accord cadre que l'Institut a signé avec la Nouvelle-Calédonie, ses provinces et l'Etat pour la période 2012-2015.

Pour mener à bien le projet proposé, un partenariat entre établissements de recherche (Ifremer, UNC, MNHN), services territoriaux (DAVAR/LNC) et opérateur privé (Aqualagon) a été constitué afin de disposer des différentes compétences, outils et moyens nécessaires à la pluridisciplinarité des questions abordées.

Contexte économique global et local des Siganidae

En 2009, les captures mondiales des Siganidae avoisinaient 60000 tonnes, avec les Philippines, l'Indonésie et la Tanzanie totalisant près de 70% du total pêché (données FAO). Ces espèces très prisées font (ont fait) l'objet d'une sur exploitation avérée aux Philippines pour *Siganus canaliculatus*, *S. spinus* et *S. argenteus* (Soliman *et al.*, 2009), en Tanzanie pour *S. canaliculatus* (Bwathondi, 1982) et aux Seychelles pour *S. sutor* (Robinson *et al.*, 2011) notamment en raison de captures intensives pendant les périodes de frai et sur les frayères.

A cette surpêche des reproducteurs s'ajoute celle des post larves pélagiques (Kanashiro *et al.*, 1999 ; Bariche, 2002) au moment précis de leur recrutement avant qu'elles n'adoptent un régime herbivore (Soliman & Yamaoka, 2010). Ces individus mesurant environ 2 cm sont récoltés traditionnellement dans tout l'Indo -Pacifique (Kami & Ikehara, 1976 ; Gundermann *et al.*, 1983 ; Hensley *et al.*, 1993) y compris en Nouvelle-Calédonie (Popper & Gundermann, 1975) pour fabriquer une pâte façon anchoïade, de la sauce type Nuoc-mâm ou simplement marinés entiers (Lam, 1974). Mais dans certains pays, tels les Philippines, ils sont capturés en masse (centaines de tonnes) à la phase lunaire adéquate (Soliman *et al.*, 2010) menaçant le futur de la pêche (Bariche *et al.*, 2004) .

Siganus lineatus représentait 3 % de la composition pondérale des apports de toutes les espèces capturées par la pêche professionnelle (marché de Nouméa essentiellement) selon une étude réalisée par Loubens (1978). Bien qu'ancienne, cette analyse a le mérite de pouvoir fournir une estimation du tonnage actuel, de l'ordre de 120 t, si on l'applique ce pourcentage aux 4000 t représentant le total des activités artisanales, plaisancières et vivrières d'aujourd'hui. Cette estimation paraît cohérente si on la compare aux statistiques de Fidji qui déclarait de 90 à 160 t sur les 10 dernières années.

Traditionnellement au filet ou au fusil sous-marin, la pêche permet d'approvisionner annuellement le marché de Nouméa à hauteur de 50 T de picots rayés depuis les années 80. Face à la stagnation des captures, les autorités compétentes ont instauré selon le principe de précaution une fermeture temporaire de la commercialisation (Arrêté n° 82-577/CG du 09-11-1982). En Nouvelle Calédonie, la situation ne semble pas si alarmante que dans les pays sus-cités. Toutefois, des informations contradictoires circulent sur la détérioration des stocks et/ou des tailles maximales des individus de *S. lineatus* sur les sites de frai en raison de la pression de pêche (Juncker & Granger, 2007). Par ailleurs, la capture des jeunes recrues de Siganidae qui est un événement coutumier majeur dans certaines tribus mérite d'être accompagnée.

Contexte scientifique général sur les poissons herbivores tropicaux

Pour les poissons des moyennes et hautes latitudes, la photopériode et la température de l'eau sont considérées comme des facteurs majeurs qui influencent le démarrage et l'achèvement de leurs activités reproductrices (Bromage *et al.*, 2001). De très nombreux travaux ont été conduits pour examiner l'activité de reproduction de plusieurs Siganidae dans les régions côtières des océans indien et pacifique (Lam, 1974 ; Bryan, 1975 ; Duray, 1990 ; Hoque *et al.*, 1999) ainsi qu'en mer rouge (Al-Ghais, 1993 ; El-Sayed & Abdel-Bary, 1994) et méditerranée (Popper & Gundermann, 1975 ; Amin, 1985 ; Bariche *et al.*, 2003). Ils montrent des variations géographiques fortes dans l'activité annuelle saisonnière de cette famille et au sein de la même espèce (Hara *et al.*, 1986 ; Susilo *et al.*, 2009). Ainsi la période de ponte de *Siganus guttatus* au Japon suggère une implication importante des températures croissantes et d'une augmentation de la photopériode dans le développement de la gonade (Rahman *et al.*, 2000). Alors qu'aux latitudes tropicales (Philippines, Indonésie), les fluctuations de la photopériode et la température de l'eau sont faibles de sorte qu'il est possible que cette espèce utilise d'autres facteurs environnementaux (salinité, disponibilité trophique, etc.) pour initier son activité reproductrice (Harvey et Carolsfeld, 1993).

Il est bien établi que les Siganidae perçoivent et utilisent les signaux de la lune pour synchroniser le développement de la gonade et la ponte avec le cycle lunaire (Takemura *et al.*, 2004).

Les effets du cycle lunaire sur le développement ovarien et la ponte ont été observés chez *S. argenteus* (Rahman *et al.*, 2003) ; *S. canaliculatus* (Hoque *et al.*, 1999) ; *S. spinus* (Harahap *et al.*, 2001) et *S. guttatus* (Rahman *et al.*, 2000 ; 2001 ; 2002) mais pas chez *S. lineatus*.

Les Siganidae peuvent présenter plusieurs périodes de pontes d'importance variable (pic majeur ou mineur) dans une année (Jaikumar, 2012). En outre, certaines espèces peuvent pondre plusieurs fois au cours d'une même saison (Duray, 1998) à une phase lunaire précise (Takemura *et al.*, 2004). Enfin, chaque oviposition peut donner lieu à une libération totale (Rahman *et al.*, 2000) ou partielle des ovocytes matures (Salaki, 1993).

Les informations précises sur la biologie, l'écologie et physiologie de la reproduction d'un « lunar spawner » tel que *Siganus lineatus* le long du continuum mangrove-herbier-récif et au cours de son développement ontogénique sont importantes pour contribuer à une protection optimisée de la ressource.

Le continuum récif-herbier-mangrove abrite une grande diversité de matériel végétal : algues, macrophytes et complexe épilithique algal EAC. EAC consiste non seulement en algues rases et filamenteuses mais aussi en un mélange de détritiques, particules sédimentaires, microbes (bactéries, cynaobactéries, diatomées, dinoflagellées) et méiofaune. Tous ces éléments constituent des sources potentielles de nourriture pour les poissons « dits » herbivores (Crossman *et al.*, 2005). De plus, les analyses macroscopiques des contenus stomacaux, les observations du comportement trophique *in situ* et les études morphologiques du tractus gastro intestinal indiquent une importance équivalente de ces proies pour ces espèces et témoignent d'un recyclage intense du matériel détritique (Choat & Clements, 1998).

La nourriture consommée par les carnivores présente une qualité plutôt homogène et est facilement digérée et assimilée. La prédation du matériel végétal composé majoritairement de glucides ne demande pas une grosse dépense énergétique, alors que la digestion et l'assimilation constituent un véritable challenge pour le système digestif des herbivores. Ainsi les poissons herbivores dépendent de microorganismes endosymbiotiques pour digérer les fibres réfractaires. La fermentation bactérienne anaérobie des parois cellulaires de ces fibres conduit à la production de SCFA (Small Chain Fatty Acids) qui sont absorbés par l'intestin (Stevens & Hume, 1998). L'animal hôte tire un bénéfice énergétique d'une source de nutriments non dégradables par les enzymes digestives endogènes (propres) de l'animal. Il a été

ainsi montré que les concentrations et les profils en SCFA pouvaient permettre de mesurer le degré d'herbivorie et dépendaient des sources trophiques (Clements & Choat, 1997 ; Choat *et al.*, 2002).

Parmi les espèces lagunaires « dites » herbivores, celles qui le sont véritablement seront caractérisées par des taux élevés de SCFA indiquant une fermentation bactérienne très active des fibres végétales. Les consommateurs de détritus présenteront plutôt des concentrations faibles en SCFA mais avec une forte proportion d'isovalérate (produit du catabolisme d'un acide aminé, la leucine). Les poissons qui ont une alimentation mixte (matériel végétal ou animal) auront des teneurs en SCFA intermédiaires (Crossman *et al.*, 2005).

La connaissance des cibles nutritionnelles de ces espèces supposées herbivores et du taux auquel la production primaire est consommée et transformée en production secondaire est fondamentale pour la compréhension de la dynamique trophique de ces milieux (Hatcher, 1990)

La sélectivité et/ou l'opportunisme alimentaire des Siganidae fait l'objet d'un large débat. Choat (1991) rapporte que les Siganidae sont généralement considérés comme des « conservateurs » quant à leur alimentation rendant de fait leur distribution sur les récifs plus restrictive que les Acanthuridae (chirurgiens, dawas) ou des Scaridae (perroquets). Mais Bariche (2006) montre que les deux espèces lessepsiennes *S.rivulatus* et *S.luridus* ont su modifier leur alimentation originelle (mer rouge) et s'adapter à de nouvelles ressources alimentaires pour coloniser efficacement leur nouveau milieu (Liban, Israël).

Chitradivelu et Sivapalan (1984) et Ganesan *et al.*, (2006) indiquent un choix préférentiel clair par cette famille des algues et/ou macrophytes ingérés. Cette sélectivité apparente varie en fonction des fluctuations saisonnières de ces végétaux (Mikio *et al.*, (2002) fortement marquées par les températures (Yamaguchi, 2010).

Les lipides sont des nutriments énergétiques qui peuvent être utilisés pour épargner une partie des protéines dans l'alimentation des poissons. Les lipides fournissent environ deux fois plus d'énergie que les protéines et les hydrates de carbone (Cowey & Sargent, 1977). Ils représentent environ 15% de l'alimentation. Les lipides peuvent être dérivés directement de l'alimentation ou synthétisés *de novo* par le poisson, bien que certains acides gras soient considérés comme essentiels et doivent être obtenus par la nourriture (Bell *et al.*, 1986). Ils jouent un rôle important comme transporteurs pour les vitamines liposolubles. En comparant la composition en acides gras du poisson avec celle des contenus stomacaux, on peut avoir une idée de quels acides gras et de quels « proies » sont assimilés. En effet, les sources alimentaires des herbivores-détritivores que sont les algues, les herbes marines, les bactéries, la méiofaune et les détritus =matière organique amorphe présentent des signatures lipidiques distinctes et constituent de véritables biomarqueurs trophiques (Wilson *et al.*, 2001).

Enfin, parmi les herbivores, les Siganidae présentent des teneurs en acides gras de type omega 3 particulièrement bénéfiques en terme de santé humaine (Saoud *et al.*, 2007).

Dans les écosystèmes côtiers, les études relatives au transfert de la matière organique et son intégration au sein des réseaux trophiques sont maintenant très souvent abordées à travers l'utilisation de la méthode des signatures des isotopes naturelles stables du carbone ($\delta^{13}C$) et de l'azote ($\delta^{15}N$) (Cocheret de la Morinière *et al.*, 2003). En effet, le rapport isotopique de la source primaire (rapport d'abondance de l'isotope lourd sur celle de l'isotope léger) varie naturellement au moment où celle-ci est ingérée par un consommateur. On parle alors de fractionnement isotopique. Par ailleurs, en amont de la chaîne trophique, le plus souvent, les différents producteurs primaires ont des signatures isotopiques bien distinctes ce qui permet de les caractériser dans un milieu étudié. En aval, l'analyse des isotopes stables chez les consommateurs potentiels

permet d'identifier les contributions respectives des sources au réseau trophique. De plus, lors du passage d'un niveau trophique à un autre (i.e. prédation), du fait de processus physiologiques (i.e. assimilation), les rapports d'abondances des isotopes sont également modifiés. Plus les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ d'un consommateur sont proches de celles d'une source primaire, plus il y a de chance que celle-ci soit majoritairement consommée. De plus, la composition isotopique en carbone d'un organisme ($\delta^{13}\text{C}$) donne des indices sur les sources d'alimentation de ce dernier si plusieurs sources de carbone sont à sa disposition. Elle reflète aussi le temps d'intégration des sources de carbone organique par un consommateur. Ces études donnent des informations complémentaires à celles apportées par les biomarqueurs lipidiques.

b. Objectifs, questions en lien avec la recherche

Globalement le projet vise à mieux connaître la biologie et l'écologie peu documentée d'un poisson emblématique à haute valeur marchande qui est activement exploité dans son milieu naturel par ailleurs lui-même menacé (continuum mangrove-herbiers-récifs). Pour atteindre cet objectif, nous aborderons une double problématique à savoir, d'une part, la reproduction (aspects biologiques, écologiques et physiologiques), et d'autre part, l'alimentation (contenus stomacaux, sources alimentaires, composition biochimique du poisson).

Les questions spécifiques auxquelles nous nous proposons de répondre sont les suivantes :

- **Activité reproductrice de *S. lineatus* :**
 - ·Quels sont les principaux traits de son activité reproductrice (période, pics, types d'oviposition, taille/poids de la 1^{ère} maturité sexuelle, échelle de maturité) ?
 - ·Peut-on corrélérer cette activité avec des facteurs environnementaux majeurs dont la phase lunaire?
 - ·Est-ce que la composition en lipides et acides gras essentiels des géniteurs (muscle, foie, gonade, réserves) varie en relation avec la reproduction?
- **Ecologie trophique de *S. lineatus* :**
 - ·Quels sont les principaux traits de son régime alimentaire (analyse macroscopique des contenus stomacaux, signatures isotopiques et lipidiques des différentes sources potentielles de nourriture, teneurs en SCFA du tractus digestif)?
 - ·Y a-t-il des variations de celui-ci avec la saison, la reproduction, la taille et/ou l'habitat?
 - ·Comment évolue en conséquence la composition en lipides, en acides gras et en phosphore de sa chair ? (santé humaine)

Un état des connaissances préalable de la bio écologie du picot rayé *Siganus lineatus* est exposé ci dessous. Le constat que l'on peut en faire est clair. Il manque des informations biologiques précises sur cette espèce de poisson afin de mieux gérer cette ressource. De celles ci pourraient découler des connaissances utiles pour améliorer zootechnie d'élevage du picot rayé dont la production peine à démarrer mais également d'autres espèces de poissons herbivores à potentiel aquacole.

Biologie de la reproduction

En Papouasie Nouvelle Guinée (5°N), Hamilton et al., (2004) indiquent que la reproduction de *S. lineatus* s'étend sur toute l'année alors qu'à Palau situé à une latitude comparable (7° N) elle exhibe deux pics en février-mars (pic majeur) et août (mineur), (Drew, 1971). En Nouvelle-Calédonie, l'arrêté de 1982 légiférant

sur la commercialisation de ce poisson sous entend une activité reproductrice continue de septembre à février. Dans leur recensement des frayères en NC, Juncker & Granger (2007) rapportent que la ponte du picot rayé s'effectue d'octobre à janvier (pic en novembre-décembre). Enfin Ifreco (www.ifreco.org/ncsiganuslineatuspdf) indique une période active couvrant fin décembre à début mars.

Ces informations bibliographiques ne sont pas suffisantes pour cerner précisément l'activité reproductrice de l'espèce.

Longenecker et al. , (2011) et Drew (1971) obtiennent une valeur comparable de la longueur à la première maturité sexuelle LPMS des femelles du picot rayé en PNG (26 cm longueur totale) et à Palau (25 cm LT). Cependant Helfman (1968) signale des femelles plus précoces mesurant 16 cm LT qui présentent des gonades mûres dans la même région. Il est attendu qu'en conditions sub tropicales (eau plus froide) la maturité soit plus tardive mais ces données ne permettent pas d'établir précisément la LPMS en N^{elle} Calédonie. La fécondité, la taille à la première maturité et les facteurs de conditions sont des éléments clés d'une population de poisson. Ils sont nécessaires pour la gestion de sa pêcherie. Ces connaissances sont indispensables pour évaluer le potentiel reproductif de l'espèce considérée (Bariche et al., 2009).

Il existe également une certaine confusion sur la localisation des zones de frai et leur périodicité. Hamilton et al., (2004) constatent des regroupements de *S.lineatus* juste avant la pleine lune sur des fonds sableux de 10 m sur les pentes des chenaux récifaux en PNG. En Nouvelle Calédonie, les rassemblements de cette espèce s'observent entre le premier et dernier quartier de lune au niveau du récif frangeant sur les fonds sableux, les colonies coralliennes et des herbiers ainsi que sur des caps au sortir des baies (Juncker & Granger , 2007). Legarrec (com.pers.) signale des rassemblements de plusieurs dizaines d'individus mûres de picot rayé en entrée de baie ou dans les mangroves en lien avec la phase lunaire et/ou la marée alors que Thollot (1996) indique que sa reproduction se déroule hors de la mangrove en Nouvelle Calédonie. A Palau, Drew (1971) suggère que la ponte de cette espèce se produit près des mangroves.

Pendant la saison reproductrice, les Siganidae synchronisent leur ponte « lunar spawner » à une phase lunaire spécifique à chaque espèce (Takemura et al., 2004). *S. guttatus* pond entre la nouvelle lune et le premier quartier aux Philippines (Soletchnik, 1984 ; Juario et al., 1985 ; Hara et al., 1986 ; Duray, 1990), en Indonésie (Susilo et al., 2009) et au Japon (Rahman et al., 2000). La ponte de *S. canaliculatus* intervient 4-7 jours après la nouvelle lune à Guam (Bryan & Madraisau, 1975), à Palau (McVey, 1972 ; Hasse et al., 1977), en Inde (Jaikumar et al., 2011) et au Japon (Hoque et al., 1999 ; Kanashiro et al., 1999). Celle de *S.spinus* s'observe à la Nouvelle Lune en Micronésie (Park et al., (2006) et au Japon (Tawada, 1988 ; Harahap et al., (2001). La période de frai de *S. vermiculatus* est centrée sur le premier quartier à Fidji (Popper et al., 1976 ; Gundermann et al., 1983).

Ce synchronisme ne semble pas aussi incontestable chez le picot bleu selon les données bibliographiques. *S. argenteus* présente des périodicités variables soit 2-4 jours après la nouvelle lune aux Philippines (Burgan & Zselezky , 1979; Luchavez & Carumbana, 1982), au cours du premier quartier en Micronésie (Park et al., 2006) et autour du dernier quartier au Japon (Salaki, 1993 ; Rahman et al., 2003). Par ailleurs, le recrutement synchrone de *S. argenteus*, *S. spinus* et *S.canaliculatus* qui s'observe fréquemment aux Philippines indique qu'il y a probablement dans certaines circonstances une superposition des périodes de frai et donc utilisation de la même phase lunaire par plusieurs espèces (Soliman & Yamaoka, 2010).

Contrairement à la riche documentation compilée sur les différentes *Siganus spp.* une seule référence concerne *S lineatus* (Bryan & Madraisau, 1977). Cette unique observation (3 jours avant la pleine lune), obtenue à Palau (7°N) dans le cadre d'expérimentations en conditions contrôlées de maturation, ne suffit pas pour affirmer que la pleine lune constitue le facteur déclenchant de la ponte du picot rayé en N^{elle} Calédonie (21°S) et corrélativement d'anticiper son recrutement à la pleine lune suivante.

Plusieurs études ont été réalisées sur la dynamique des processus de la reproduction chez les Siganidae (Salaki, 1993 ; Hoque et al., 1998). Les études histologiques des gonades et de la vitellogénèse ainsi que les teneurs en hormones sexuelles du plasma sanguin ont montré qu'il y avait au moins deux types de développement des ovocytes (synchrone et asynchrone) au sein de cette famille.

Les femelles de *S. guttatus* (Rahman et al., 2000), *S. canaliculatus* et *S. spinus* (Hoque et al., 1999 ; Harahap et al., 2001) pondent plusieurs fois dans l'année « multiple spawner » en libérant tous leurs ovocytes de

manière synchrone. *S. argenteus* (Salaki, 1993) présente un développement de la gonade de type asynchrone avec des ovocytes de stades de maturité différents dans la gonade qui sont évacués par lots. Cette espèce est également un « multiple spawner ».

L'appartenance de *S. lineatus* au groupe synchrone type « *guttatus* » ou asynchrone type « *argenteus* », son statut de multiple spawner ou non ainsi que sa fécondité (nombre d'œufs pondus/kg femelle) constituent des outils de gestion de la ressource qui restent à définir (Bariche, 2002).

Régime alimentaire

Lam (1974) rapporte que *S. canaliculatus* mûre plus tôt en captivité dans des conditions environnementales favorables et en présence d'une nourriture adéquate. Ce qui rejoint les observations de Susilo *et al.*, (2009) qui observent que *S. guttatus* présente deux saisons de pontes distinctes dans le milieu naturel en relation avec une plus grande disponibilité trophique. Il est donc probable que la disponibilité de nourriture peut devenir un facteur environnemental essentiel dans le déclenchement de l'activité reproductrice des Siganidae d'où l'intérêt complémentaire d'étudier l'alimentation naturelle de l'espèce cible *S. lineatus*.

Peu de travaux ont été réalisés sur l'écologie trophique de *S. lineatus* qui est qualifiée d'« herbivore » (Thollot, 1992 ; Woodland, 1990). Ainsi, Chitravadivelu & Sivapalan (1984) déterminent une trentaine d'espèces d'algues dans le bol alimentaire du picot rayé. Et Thollot (1996) indique que 100% des contenus stomacaux de cette espèce contiennent des algues.

Des travaux plus approfondis réalisés sur la grande barrière de corail précisent que *S. lineatus* présente un mode alimentaire intermédiaire entre algivore et détritivore (Fox *et al.*, 2009). Or les détritiques sont reconnus comme étant une source nutritionnelle extrêmement importante compte tenu de leur très fortes concentrations en protéines (Crossman *et al.*, 2001) et en lipides (Wilson *et al.*, 2001).

En outre, les Siganidae dont *S. lineatus* (Helfman, 1968) sont connus pour compléter leur bol alimentaire avec des petits invertébrés (éponges, crustacés, mollusques etc...) (Bariche, 2006 ; Sabour & Lakkis, 2007 ; Akiyama, 2009). Cette part animale varie en fonction de la saison et jouerait un rôle nutritionnel non négligeable (Noda *et al.*, 2011) notamment à cause de sa composition en acides gras essentiels et à son taux protéique élevé (Gee, 1989 ; Coull, 1999).

Le statut trophique, notamment l'importance et la composition biochimique du complexe bactérie-algue-méiofaune-MO dans l'alimentation du picot rayé mérite donc d'être précisés notamment en relation avec la maturation (Ogata *et al.*, 2004).

L'identification et les parts relatives des lipides et acides gras présents dans les sources alimentaires potentielles identifiées dans les différents habitats fréquentés par le picot rayé et dans les contenus stomacaux revêtent plusieurs intérêts. D'un point de vue biologique, ces bio marqueurs lipidiques constituent une alternative à l'identification visuelle des contenus stomacaux des herbivores détritivores dont ceux du picot rayé qui sont constituées d'une masse amorphe difficilement identifiable (Wilson *et al.*, 2001). La comparaison de la composition en acides gras essentiels et des biomarqueurs lipidiques des tissus, du bol alimentaire et des ressources du milieu naturel (Wilson & Bellwood, 1997 ; Wilson, 2002) permettront d'avoir une information qualitative très précise sur l'alimentation du picot rayé.

L'alimentation joue un rôle important sur la composition en acides gras du muscle chez les poissons (Watanabe, 1982) dont les Siganidae *S. guttatus* (Hara in Kanawaza, 1986) et *S. canaliculatus* (Saito *et al.*, 1999). Or celle-ci fluctue notamment en fonction de la saison (Montgomery & Galzin, 1993) en modifiant de

fait la qualité de la chair du poisson (Saoud *et al.*, 2007). Il a été montré que la chair de *S. guttatus* et *S. canaliculatus* présentaient de fortes teneurs en omega 3 et principalement en acide arachidonique (Osako *et al.*, 2006). Ces analyses effectuées sur le picot rayé fourniront des indications utiles pour le consommateur calédonien.

c. Méthodologie proposée et programme de travail

Actions proposées

Les actions proposées visent à apporter des informations claires sur le cycle de reproduction et sur l'alimentation du picot rayé *Siganus lineatus* dans le milieu naturel. Ces thématiques seront étudiées à travers plusieurs approches complémentaires (biologique, écologique, physiologique, isotopique et biochimique).

Pour compléter la connaissance de l'espèce, Il est impératif d'aborder la détermination de l'âge qui est indispensable à l'étude dynamique des populations et à la gestion des stocks exploités et qui permet l'estimation des paramètres de croissance et de mortalité. A défaut d'être examiné dans cette proposition, des otolithes (osselets céphaliques présentant des stries de croissance) seront prélevés sur les poissons disséqués et conservés pour leur analyse ultérieure.

Thématique 1 : Reproduction

La parfaite connaissance de la biologie de la reproduction de cette espèce nécessite une triple approche (3 actions): biologique, biochimique et physiologique.

Toutefois, l'étude physiologique implique des moyens humains et matériels importants de l'ordre de 8 Millions de FCFP (chiffrés en annexe I) qui ne peuvent être déployés dans cette thèse et feront l'objet d'une demande ultérieure. Elle a reçu le soutien du LNC qui possède une solide expérience dans les dosages des hormones plasmatiques pratiqués en routine chez les animaux de rente et d'élevage. L'action « étude physiologique » est néanmoins détaillée par soucis de cohérence avec l'ensemble du projet.

- **Action 1 - étude biologique : principaux traits de la reproduction dans le milieu naturel.**

Elle contribuera à mieux définir la (les) période (s) ou pics de ponte et les facteurs environnementaux majeurs associés, le type d'oviposition (totale ou partielle), la taille à la première maturité, la fécondité, le sex-ratio. On suivra également l'évolution des facteurs de conditions.

Après pesée et mesure de longueur les animaux seront disséqués et sexés. Les gonades, foies, cordons graisseux seront prélevés et pesés. Le type de développement folliculaire (synchrone ou asynchrone) sera évalué par l'examen microscopique de la distribution des diamètres des ovocytes et de leur répartition dans l'ovaire. De ces mesures seront déduits la taille à laquelle 50% des animaux présentent des ovocytes au stade III, le pourcentage de mâles et de femelles (total /saison) et le nombre d'œufs émis sur une saison ou par oviposition en fonction avec la longueur, le poids, le poids des ovaires et la saison.

La période de reproduction sera décrite en mesurant les changements au niveau du rapport gonadosomatique (poids des gonades/poids du corps) , du stade de maturité des gonades (examen macro et microscopique), de la capacité de spermiation et d'oviposition par pression abdominale ou biopsie ovarienne, du pourcentage de femelles ayant des œufs mûres.

Une documentation de la variation temporelle de la condition des poissons (facteur de condition, rapport hépatosomatique : poids du foie/poids du corps), de la relation longueur-poids, et de l'apparition des juvéniles en mangrove (nasses) tout au long de la période d'échantillonnage complètera l'étude.

Cette opération couvrira idéalement deux saisons chaudes (la saison chaude « élargie » étant ciblée comme étant a priori la période naturelle de ponte) soit 12-18 mois suivant la date de démarrage de l'opération. Les poissons seront 1 soit achetés à des pêcheurs du sud ou récoltés par l'étudiant en thèse chaque semaine et/ou 2 achetés et acheminés en frais du Nord tous les quinze jours. A cette occasion 1, les lieux de pêches seront identifiés et les facteurs environnementaux seront pris en compte (phase lune, marée, T°, S, pH, O2, luminosité, précipitations, vent etc...).

Ce thème sera réalisé par l'étudiant en thèse avec la collaboration de L.Della Patrona (Ifremer) et le Prof. Y.Letourneur (UNC).

- **Action 2 – étude biochimique : suivi saisonnier de la composition en lipides totaux et acides gras de géniteurs sauvages.**

Elle vise à identifier des changements dans la composition lipidique corporelle liés à la saison de reproduction et éventuellement à l'intérieur de celle-ci du cycle lunaire.

Des échantillons de muscle, gonade, foie, cordons graisseux de 3-5 mâles et femelles (de taille $\geq 1^{\text{ère}}$ maturité sexuelle) seront prélevés chaque semaine, poolés et immédiatement congelés (conservés à Aqualagon). Dans un second temps ils seront lyophilisés (IRD ou Ifremer LEAD) pour être analysés ultérieurement au MNHN Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. L'analyse des lipides sera réalisée par la technique gravimétrique après extraction au chloroforme selon la méthode de Bligh et Dyer (1959) modifiée par Meziane et al. (2007). Les AG seront identifiés en comparant avec des standards achetés dans le commerce et quantifiés. Leur identification sera confirmée par une spectrométrie de masse couplée à une chromatographie en phase gazeuse.

Quelques comparaisons ponctuelles seront faites sur différents tissus entre animaux captifs et sauvages.

La durée prévue de cette action (échantillonnage-préconditionnement) est de 12 mois. Les analyses lipidiques seront opérées sur des animaux étudiés dans l'action 1. Toutes les analyses de ce thème seront effectuées au MNHN sous la direction du Dr Tarik Meziane Maître de conférences au Muséum National d'Histoire Naturelle, Responsable de l'équipe Réseaux Trophiques Aquatiques. Les analyses seront réalisées par l'étudiant en thèse (présence 9-12 mois au MNHN). Le MNHN mettra à disposition un ingénieur pendant une durée de trois mois ainsi qu'un étudiant de niveau Master 2 (stage).

- **Action à réaliser*** - étude physiologique: suivi hebdomadaire des concentrations plasmatiques des principales hormones sexuelles de géniteurs sauvages stockés en cages.**

Pendant la saison reproductrice, les Siganidae synchronisent leur ponte à une phase lunaire spécifique à chaque espèce. Une manière de la déterminer avec précision est de suivre les concentrations d'hormones (prélèvements de sang) chez des animaux maintenus en captivité à chaque phase lunaire. Cette étude présente un coût élevé et nécessite des infrastructures importantes qui ne peuvent pas être pris en compte

dans l'opération SIGA NC. Des moyens financiers et humains complémentaires seront recherchés pour réaliser cette action qui est signalée par soucis de cohérence avec le projet (annexe).

Thématique 2 : Alimentation

Contrairement aux poissons carnivores, l'étude du régime alimentaire d'une espèce qualifiée d'« herbivore » ne peut pas reposer sur l'analyse conventionnelle des contenus stomacaux seule pour plusieurs raisons : vitesse de digestion différente des matériaux ingérés ; difficulté d'identification (masse amorphe) ; image instantanée non représentative ; pas d'indication de la provenance des proies ; tout ce qui est ingéré n'est pas forcément retenu dans le TD. Cette thématique nécessite donc plusieurs actions complémentaires :

- **Action 3 : analyse macroscopique des contenus stomacaux.**

Les principaux types de proies et leurs importances relatives seront estimés par examen à la loupe. Le régime alimentaire sera défini en fonction de l'âge, du sexe, de l'habitat, du cycle journalier et de la saison (avec un focus sur la période de ponte).

Les estomacs et les intestins seront prélevés sur les animaux frais de l'action 1 et conservés dans du formol 10% pour analyse ultérieure. La méthode mise au point par Wilson (2002) sur les poissons détritivores tropicaux qui présentent une part importante de matière amorphe dans leurs contenus stomacaux sera employée.

La durée prévue de cette action est de 12 mois. Toutes les analyses seront effectuées par l'étudiant en thèse avec la collaboration de L.Della Patrona (Ifremer) et le Prof. Y.Letourneur (UNC).

- **Action 4 : analyse isotopique comparative des ressources alimentaires potentielles disponibles dans le milieu et de leur assimilation par l'animal.**

L'analyse spatio-temporelle comparative des signatures isotopiques ^{13}C , ^{15}N des principaux types de proies et du muscle du poisson permettra de discriminer l'importance et l'apport réels des sources trophiques identifiées à l'animal. Cette étude complète l'action 4 dans le sens où les isotopes intègrent ce qui a été ingéré des semaines auparavant dans plusieurs sites vs vision instantanée et ponctuelle reflétée par les contenus stomacaux d'une espèce « herbivore » (Carseldine & Tibbetts, 2005).

Les poissons présentant la gamme de taille la plus large (*a minima* 4 classes de taille < 5cm ; 5-15 cm ; 15-25cm ; > 25 cm ainsi que des échantillons de plusieurs sources alimentaires potentielles (feuilles et racines de palétuviers, microphytobenthos, méiofaune ; macrophytes, algues, épiphytes-épifaune macrophytes, sédiment) seront prélevés dans deux habitats (herbier vs mangrove) sur deux sites (Yate, Moindou) (Melville & Connolly, 2003) à deux saisons (chaude et fraîche) à l'occasion de plusieurs campagnes (Phillips & Gregg, 2003 ; Benstead *et al.*, 2006).

Tous les échantillons (muscles et sources) seront séchés puis broyés dans un mortier. Ces opérations préliminaires seront réalisées par l'étudiant en Nouvelle Calédonie. En métropole, les échantillons seront pré-conditionnés sous la direction de l'ingénieur du MNHN accompagnant le doctorant puis envoyés au Etats-Unis (Université de Davies) pour analyse au spectromètre de masse à flux continu. Les rapports ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ou $\delta^{13}\text{C}$) et ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ou $\delta^{15}\text{N}$) seront calculés et interprétés au MNHN par l'étudiant encadré par le Dr. Tarik Meziane.

- **Action 5 : définition du statut trophique de *S. lineatus* par dosage des SCFA (short-chain fatty acids) des contenus stomacaux.**

Les Siganidae à l'instar de nombreuses familles d'herbivores récifaux (Clements, 1997) ont recours à des microorganismes symbiotiques qui produisent des enzymes agissant sur le bol alimentaire (Gatesoupe & Lésel, 1998). Les teneurs et la nature des produits de cette fermentation microbienne (SCFA) dans le tractus gastro intestinal permettent d'évaluer le degré d'herbivorie de ces espèces (Clements & Choat, 1995 ; Choat & Clements, 1998) entre herbivore stricte, détritivore ou omnivore.

Les poissons présentant la gamme de taille la plus large (a minima 4 classes de taille < 5cm ; 5-15 cm ; 15-25cm ; > 25 cm seront prélevés dans deux habitats (herbier vs mangrove) sur deux sites (Yate, Moindou) à deux saisons (chaude et fraîche) à l'occasion de plusieurs campagnes communes avec l'action 5. Ils seront immédiatement conservés dans une saumure glacée.

Les SCFA seront extraits suivant la méthode décrite par Clements et al., (1994) . Les teneurs des Acides gras à chaîne courte seront analysées en s'appuyant sur les travaux de (Clements & Choat, 1995).

Ces analyses seront effectuées au MNHN par l'étudiant assisté d'un master 2 sous la direction du Dr. Tarik Meziane.

- **Action 6 : influence de l'alimentation naturelle sur les teneurs en lipides totaux et acides gras de des juvéniles et adultes.**

Un suivi mensuel comparant les teneurs des tissus en lipides totaux et AG à celles du contenu stomacal sera effectué sur les juvéniles et les sub adultes sur une année. Il permettra d'identifier les différents AG présents et d'évaluer leur importance chez *S. lineatus* en fonction de la saison (température, salinité) et de la reproduction en complément de l'action 3.

Des échantillons de muscle, foie, cordons graisseux et tractus gastro intestinal seront prélevés, poolés et immédiatement congelés. Dans un second temps ils seront lyophilisés (IRD ou Ifremer LEAD) pour être analysés ultérieurement au MNHN Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris. L'analyse des lipides sera réalisée par la technique gravimétrique après extraction au chloroforme selon la méthode précédemment citée.

La durée prévue de cette action (échantillonnage-préconditionnement) est de 12 mois. Les analyses lipidiques seront opérées sur des animaux étudiés dans l'action 1. Toutes les analyses de ce thème seront effectuées au MNHN sous la direction du Dr Tarik Meziane. Les analyses seront réalisées par l'étudiant en thèse (présence 9-12 mois au MNHN).

- **Action 7 : identification des principales sources lipidiques nutritionnelles présentes dans le milieu naturel utilisées par *S. lineatus*.**

La composition en lipides totaux, Acides Gras, marqueurs lipidiques (ω_3/ω_6 ; 16:1/1:0 ; Σ branchus) du muscle des juvéniles et des adultes sera comparée à celle des principales sources alimentaires identifiées dans la mangrove et dans les herbiers à deux saisons distinctes (fraîche et chaude). Elle permettra d'identifier les sources lipidiques naturelles effectivement ingérées et/ou assimilées par l'animal en complément de l'action 5.

Les poissons présentant la gamme de taille la plus large (a minima 4 classes de taille < 5cm ; 5-15 cm ; 15-25cm ; > 25 cm ainsi que des échantillons de plusieurs sources alimentaires potentielles (feuilles et racines de palétuviers, microphytobenthos, méiofaune ; macrophytes, algues, épiphytes-épifaune macrophytes, sédiment) seront prélevés dans deux habitats (herbier vs mangrove) sur deux sites (Yate, Moindou) à deux saisons (chaude et fraîche) à l'occasion de plusieurs campagnes communes aux actions 5 et 6.

Les échantillons seront traités comme indiqué pour l'action précédente.

d. Calendrier des opérations

Les opérations débuteront après l'inscription de l'étudiant en thèse à l'UNC. Elles sont planifiées dans le tableau ci-dessous :

Actions	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6
Synthèse bibliographique	X					
Mise en place des protocoles	X					
A ₁ : Période activité de reproduction	X	X	X	X		
A ₂ : Lipides /reproduction		X	X		X	
A ₃ : Analyses contenus stomacaux		X	X			
A ₄ : Analyses isotopiques		X		X	X	
A ₅ : Analyses SCFA		X		X	X	
A ₆ : Lipides/alimentation		X	X	X	X	
A ₇ : Lipides/sources alim. milieu		X		X	X	
Rapports annuels		X		X		X
Rapport final méthodologie						X
Rédaction de la thèse						X

e. Identifier les incertitudes qui pourraient conduire à des modifications de calendrier

L'engagement définitif du LEAD-NC (contrat de collaboration Aqualagon/UNC/MNHN/Ifremer) sera pris après examen de l'adéquation de l'enveloppe financière proposée par Aqualagon avec la faisabilité de la thèse et l'aménagement des conditions de travail du doctorant au sein de l'entreprise.

f. Résultats attendus et bénéfiques pour les collectivités partenaires du programme ZoNéCo

En terme environnemental :

La question de savoir « où un animal tire sa nourriture » est une thématique centrale à la fois en écologie trophique et dans l'étude des flux énergétiques (cycle du carbone/continuum terre-mangrove-herbiers-récifs) (Connolly et al., 2005). La détermination des sources autotrophes qui sont à la base des réseaux trophiques conduisant à des pêcheries commerciales est importante pour la gestion de la ressource (Polis et al., 1997). En effet, les gestionnaires doivent être avertis qu'ils doivent protéger non seulement les zones où l'animal est présent mais également les autres habitats parfois éloignés dont la production autotrophe soutient son réseau trophique (Connolly et al., 2005).

En terme de pêche et réglementation:

La détermination de (s) la période (s) active (s) de reproduction dans l'année et au sein de celle(s)-ci de la phase lunaire précise permettra de mieux protéger la ressource (période de frai) par une éventuelle refonte de la législation.

En terme de Zootechnie :

L'étude approfondie de la reproduction dans le milieu naturel permettra une planification précise de l'induction hormonale de la ponte. Elle conduira à la connaissance des leviers environnementaux à manipuler pour le conditionnement des géniteurs ainsi qu'à la définition de la composition en lipides et AG de l'alimentation artificielle des géniteurs captifs. Les informations obtenues sur le régime alimentaire naturel serviront de bases pour des trajectoires d'essais futurs de formulation d'aliments adaptés aux différents âges (larves, juvéniles, adultes et stades de maturation des géniteurs) d'espèces à régime omnivore-herbivore.

D'un point de vue plus global, cette proposition « généraliste » qui vise à préciser certains traits de vie du picot pourra servir de « modèle » aux collectivités pour effectuer des études sur d'autres espèces de poissons à potentialités aquacoles supposées et/ou dont la ressource semble menacée.

4- Besoins

a. Identification, justification et chiffrage de l'intégralité des besoins en personnel, en équipement et en fonctionnement

Le coût total du projet se monte à 38 011 000 XPF dont 7 823 000 XPF sont demandés à ZoNéCo. Ces besoins (détails dans tableau ci-dessous et dans fichier excel fourni avec ce dossier) se répartissent de la façon suivante :

- 863 000 XPF en équipement, correspondant à l'acquisition de sonde et de matériel de mesure de terrain, matériel de stockage d'échantillons,
- 3 870 000 XPF en fonctionnement, correspondant à de l'achat de petits matériels, de consommables et à la sous-traitance pour analyses,

- 2 370 000 XPF en frais de missions, correspondant à l'achat de billets d'avion pour les partenaires métropolitains (MNHN, Ifremer) et le séjour en France du doctorant, et au frais de mission pour le campagne d'échantillonnage (perdiem + transport),
- 720 000 XPF en salaire (indemnités stagiaires)

Type de dépense	Libellé	Description	Somme
Equipement	Matériel de mesure de labo	Balances	100 000 XPF
	Matériel de transport	Cuve N liquide	120 000 XPF
	Matériel stockage	Glaciaire, réfrigérateur	138 000 XPF
	Sonde mesure	Centrif., (PM), Redox	120 000 XPF
	Sonde mesure in situ	Sonde O2, T, Sal, Ichthyomètre	385 000 XPF
Fonctionnement	Achat matériel biologique	Achat poisson	850 000 XPF
	Consommables	Fournitures, petits matériels	180 000 XPF
		Fournitures, produits chimiques	50 000 XPF
		Produits chimique, petit matériel	120 000 XPF
		Sachets, piluliers	50 000 XPF
	Coût impression	Rapport, thèse	120 000 XPF
	Terrain	Récupération poisson lieux de pêche	360 000 XPF
	Sous-traitance analyses	Isotopes Davies/MNHN	510 000 XPF
		Lipides et AG/MNHN	1 000 000 XPF
		SCFA/MNHN	380 000 XPF
Lipides et AG:MNHN		250 000 XPF	
Mission	Perdiem	C. Fauvel	100 000 XPF
		Venue T. Mezziane	200 000 XPF
	Perdiem	T. Mezziane	100 000 XPF
	Terrain	Récupération poisson lieux de pêche	360 000 XPF
	Billet avion FR-NC	C. Fauvel	250 000 XPF
		T. Mezziane	250 000 XPF
		T. Mezziane	250 000 XPF
	Billet avion NC- FR	Doctorant	250 000 XPF
	Perdiem + Transport	Multisites/ habitats	600 000 XPF
Proies préférentielles		10 000 XPF	
Salaires	Stagiaire	Bac + 3	720 000 XPF
Total			7 823 000 XPF

b. Identification des besoins en termes de données ou d'outils cartographiques géo référencés

Pas de besoins spécifiques

c. Productions : lister les produits ZoNéCo et les produits scientifiques qui découleront de cette opération

Produits ZONECO

- Des rapports d'activité annuels : opérations menées, résultats obtenus et prévision de programme pour l'année suivante.
- En fin de projet, une synthèse des connaissances acquises sur la reproduction et alimentation du Picot rayé en milieu naturel
- Un cahier des charges méthodologique pour l'étude de la biologie (reproduction et alimentation) d'espèce à potentialité aquacole.

Produits scientifiques

Les résultats obtenus dans le cadre de cette opération seront présentés dans le mémoire de doctorat, lors de congrès, et publiés dans des revues scientifiques internationales. L'origine des financements et les soutiens de toute nature seront explicitement mentionnés.

5- Rattachement du projet :

a. Au programme ZoNéCo

L'opération proposée « Contribution à la biologie et à l'écologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé *Siganus lineatus* dans le milieu naturel: Perspectives pour la domestication des espèces « herbivores » en Nouvelle-Calédonie » répond aux priorités du présent appel à projets ZONECO qui vise au renforcement de la compétitivité des secteurs pêche et aquaculture notamment via l' Etude de la biologie de reproduction et du régime d'alimentation en milieu naturel des espèces d'intérêt aquacole.

b. A d'autres programmes scientifiques

Accord cadre Ifremer –collectivités 2012-2015 diversification aquacole

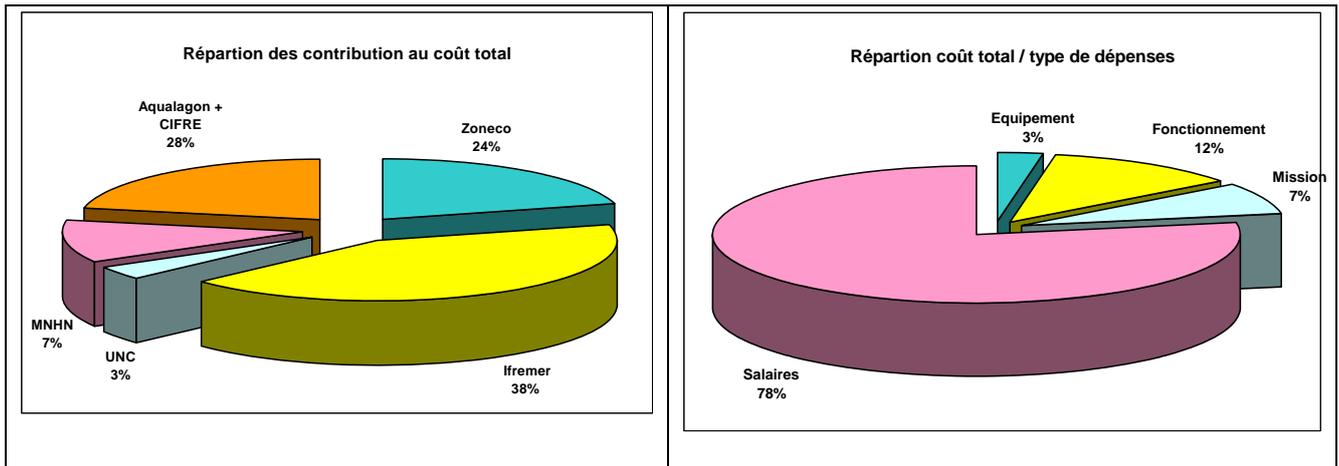
L'Unité de Recherche « Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable » (LEAD/NC) de l'Ifremer - Centre du Pacifique - Délégation de Nouvelle-Calédonie souhaite accompagner l'acquisition de connaissances et de savoir-faire pour développer l'élevage de poissons marins en Nouvelle Calédonie. Cette démarche est inscrite sous la thématique « diversification aquacole » retenue comme l'un des thèmes de l'accord cadre 2012-2015 établi entre Ifremer, l'Etat et les collectivités de la Nouvelle-Calédonie.

Positionnement pour la recherche en pisciculture à l'Ifremer pour le quinquennat 2013-2017 : DDPOM.

L'UR LEAD-NC participe au projet national Ifremer « Développement durable de la pisciculture d'outre mer (DDPOM)» intégré à l'UMR 110 Intrepid, Ifremer Palavas Les Flots (France) pour proposer un ensemble de compétences adossé à la métropole et aux autres territoires d'outre mer au service de cet accompagnement, notamment ciblé sur la famille Siganiidae.

7- Budget prévisionnel global du projet sous format Excel, intégrant les cofinancements éventuels (préciser si ils sont accordés ou en cours de demande), et la participation demandée à ZoNéCo pour chaque poste de dépense.

Le coût total du projet se monte à 38 011 000 XPF avec une répartition des cofinancements comme montré dans le graphe ci-joint (détails dans fichier excel joint à la présente proposition).



Les contributions des partenaires au projet se font majoritairement sous forme de masse salariale via le temps agents consacré au projet. Pour le partenaire Aqualagon, une Convention Industrielle de Formation par la Recherche- ANRT (Bourse CIFRE) de 42 000 € (soit le 1/2 salaire du docteur Thibaud Moléana employé de la société) a été accordée pour 3 ans à Aqualagon en novembre 2012. Aqualagon, via son directeur Mr. Frank Legarrec, s’est engagée à verser le complément 42 000 € (1/2 salaire thésard

ANNEXE I : Matériel et méthodes et Estimation du coût de l'étude physiologique de la reproduction de *S.lineatus*

Cette action viendra compléter l'action 1 (période de ponte). Elle permettra de définir avec précision la phase lunaire spécifique à *S.lineatus* qui synchronise le déclenchement de la ponte.

Les animaux (géniteurs LF> 25 cm) seront capturés vivants, de préférence en pleine saison de ponte pour pouvoir être sexés par cannulation ou pression abdominale, placés en bac de stabulation le temps nécessaire pour être remis en bonnes conditions physiques (soins vétérinaires, déparasitage etc..). Les individus seront identifiés à l'aide de micropuces électroniques injectées dans le muscle dorsal. Les animaux seront ensuite transférés dans 8 cages de 1 m³ en mer adossées aux structures d'Aqualagon existantes (cages et/ou ponton) et/ou dans un bassin de décantation inutilisé du CCDTAM (à confirmer).

Chaque semaine une cage de mâles et une de femelles seront échantillonnées (pour une cage donnée la fréquence d'échantillonnage sera mensuelle). Les poissons seront anesthésiés à l'aide d'eugénol, le poids et les longueurs standard et totale seront notés. Un échantillon de 2-3 ml de sang sera prélevé à partir de la veine caudale à l'aide d'une aiguille héparinée et conservé dans un tube. Après centrifugation, le plasma sera congelé dans l'azote liquide, puis transféré dans un congélateur à -80°C afin de mesurer ultérieurement les concentrations d'hormones. Les mesures des concentrations plasmatiques d'œstradiol et de testostérone seront réalisées au LNC à l'aide de techniques immunologiques utilisant un traceur enzymatique (ELISA -Enzyme Linked Immuno Sorbent Assay).

Cette opération se déroulera sur une année complète. Les poissons seront achetés à des pêcheurs du sud et acheminés vivants à l'aide de matériel mis à disposition par Aqualagon. Ce thème sera réalisé par l'étudiant en thèse avec l'aide du Dr. Isabelle Mermoud (LNC) et du Dr. Christian Fauvel (Physiologiste de la reproduction Ifremer).

	A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		A: Dosage hormones sexuelles (cycle lunaire)		Budget Total Action				
	Semestre 1		Semestre 2		Semestre 3		Semestre 4		Semestre 5		Semestre 6		Budget global	Participation ZONECO			
	Budget global	Participation ZONECO	Budget global	Participation ZONECO													
Fonctionnement															(Fcfp)	(Fcfp)	(%)
achat poissons vivants	160000	160000													160000	160000	100%
Equipements																	
Cages, distrib. Alim.	1230000	1230000													1230000	1230000	100%
Ponton flottant, cuve transport	650000														650000		0%
Trait. Vêto.,déparasit., marquage	225000	225000													225000	225000	100%
Congélo -20° & -80°C	1410000	110000													1410000	110000	8%
Kits beta oestradiol & Keto testosterone	3900000	3900000													3900000	3900000	100%
Lect.microplaq., Centrif.Mat. Labo.,	1350000														1350000		0%
Consommables																	
Seringues, anest, trait. Sanit. µplaques	150000	150000													150000	150000	100%
Aliment géniteurs Le Gouessant	175000	175000			175000	175000									350000	350000	100%
Missions																	
Aqualagon-LNC	36000	36000	72000	72000	36000	36000									144000	144000	100%
Dr. C.Fauvel Physiol. Reprod. Ifremer																	
Billet avion	250000	250000															
Frais mission	200000	200000															
Salaires																	
T.Moleana	420000		420000		420000										1260000		0%
L.Della Patrana	600000		600000		600000										1800000		0%
VSC	400000	400000	400000	400000	400000	400000									1200000	1200000	100%
Dr. I. Mermoud	50000		50000		50000										150000		0%
Tech. LNC	60000		60000		60000										180000		0%
Total Action 2	11266000	6836000	1492000	472000	1631000	611000									13829000	7469000	54%

1) Rappel de l'avis des partenaires institutionnels du programme ZoNéCo

Etant entendu qu'il y a un réel intérêt à conduire ces travaux qui s'inscrivent dans le cadre d'une thèse dont le financement est déjà bouclé, le Groupe de travail émet un avis favorable à la conduite de l'opération aux conditions suivantes :

-La reformulation de la proposition recentrée sur le sujet de la thèse qui a été déposée dans le dossier CIFRE ;

-La révision des besoins en investissement pour lesquels des économies d'échelles peuvent être consenties par la mutualisation des moyens disponibles dans les laboratoires ou structures partenaires ;

-L'apport de précisions sur les travaux conduits à Mayotte et en Polynésie Française

2) Reformulation de la proposition recentrée sur le sujet de thèse déposée au CIFRE

a. Recentrage de la proposition SIGA NC

Les projets SIGA NC proposé à ZONECO et accepté par ANRT CIFRE sont très similaires (voir sujet de thèse accepté par CIFRE en annexe 1).

Ils visent à apporter des précisions sur certains traits de vie de *Siganus lineatus* qui devraient permettre d'envisager des solutions pour améliorer les performances zootechniques de cette espèce. Dans le projet CIFRE figurent des comparaisons (tâches) ponctuelles entre les animaux sauvages et ceux issus de la ferme piscicole qui seront rajoutés dans SIGA NC (détail synthèse programmation en annexe 2).

L'étude physiologique: suivi hebdomadaire des concentrations plasmatiques des principales hormones sexuelles de géniteurs sauvages stockés en cages prévue au départ dans le projet CIFRE ne pourra être réalisée compte tenu des difficultés financières (manque d'infrastructures et de personnel) intervenues à Aqualagon depuis la proposition .

Le résultat attendu principal du projet est bien l'acquisition de connaissances utiles à favoriser le développement et à optimiser l'élevage du picot rayé *Siganus lineatus*. Ces connaissances et les progrès zootechniques potentiels pourront être transférables à deux autres espèces de picots découvertes récemment sur le Territoire (*Siganus vermiculatus* et *Siganus randalli*) qui présentent de fortes potentialités aquacoles reconnues (Fidji , Guam, Philippines). Leur proximité génétique pourrait permettre à terme d'envisager la production d'hybrides plus performants en terme de croissance (réalisée aux Philippines).

Le second résultat attendu du projet est d'élaborer et consolider une méthodologie d'acquisition des connaissances biologiques indispensables sur une espèce de poisson pour le démarrage et le développement de l'élevage d'une espèce sauvage locale. Ce résultats se matérialisera par une analyse critique des méthodologie aboutissant à un guide méthodologique.

Enfin, les résultats seront de nature à apporter des informations claires sur le cycle de reproduction et sur l'alimentation du picot rayé à travers l'étude de deux populations situées au Nord (Arama) et au Sud (Yate), utiles aux gestionnaires pour mieux protéger la ressource qui est actuellement gérée comme un seul stock génétique.

b. Synthèse programmation

Il a été reproché au projet d'être « confus » aussi nous incluons ci dessous un résumé des actions qui seront menées et de leur intérêt pour l'aquaculture.

Le projet SIGA NC s'articule autour de deux axes principaux qui visent à compléter les connaissances fragmentaires actuelles sur la biologie de la reproduction et de l'alimentation du picot rayé. Ces deux thématiques seront abordées à travers plusieurs approches (actions) complémentaires.

Axe1 : Reproduction

- Action 1 - étude biologique : suivi annuel des principaux traits de la reproduction dans le milieu naturel (Nord vs Sud) .
- Action 2 – étude biochimique : suivi saisonnier de la composition en lipides totaux et acides gras de géniteurs sauvages et captifs.

Intérêts principaux pour l'élevage: Possibilité de synchronisation des pontes (phase lunaire), meilleure anticipation de la programmation de l'élevage larvaire résultante, meilleure connaissance des facteurs environnementaux à manipuler pour le conditionnement des géniteurs hors saison naturelle de ponte, adaptation stratégie ponte naturelle/déclenchée suivant extension saison naturelle, impact de la durée de confinement des géniteurs en salle maturation.

Axe 2 : Alimentation

- Action 3 : analyse macroscopique des contenus stomacaux.
- Action 4 : analyse isotopique comparative des ressources alimentaires potentielles disponibles dans le milieu et de leur assimilation par l'animal.
- Action 5 : définition du statut trophique de *S.lineatus* par dosage des SCFA (short-chain fatty acids) produits par les bactéries qui assurent la fermentation digestive.
- Action 6 : identification des principales sources lipidiques nutritionnelles à l'aide de marqueurs lipidiques présentes dans le milieu naturel utilisées par *S.lineatus*.

Intérêts pour l'élevage : possibilité d'effectuer un travail de fond sur la formulation d'aliments adaptés aux différents âges (larves, juvéniles, adultes et stades de maturation des géniteurs).

3) Révision des besoins en investissement

Après concertation des différents partenaires du projet SIGA NC, les besoins ont été réévalués à la lumière des sorties terrain préliminaires et du possible circuit d'approvisionnement des poissons collectés en Province Nord. Les économies d'échelles suivantes ont pu être consenties.

Ancienne proposition

Type de dépense	Libellé	Description	Somme
Equipement	Matériel de mesure de labo	Balances	100 000 XPF
	Matériel de transport	Cuve N liquide	120 000 XPF
	Matériel stockage	Glaciaire, réfrigérateur	138 000 XPF
	Sonde mesure	Centrif., (PM), Redox	120 000 XPF
	Sonde mesure in situ	Sonde O2, T, Sal, Ichthyomètre	385 000 XPF
Fonctionnement	Achat matériel biologique	Achat poisson	850 000 XPF
	Consommables	Fournitures, petits matériels	180 000 XPF
		Fournitures, produits chimiques	50 000 XPF
		Produits chimique, petit matériel	120 000 XPF
		Sachets, piluliers	50 000 XPF
	Coût impression	Rapport, thèse	120 000 XPF
	Terrain	Récupération poisson lieux de pêche	360 000 XPF
	Sous-traitance analyses	Isotopes Davies/MNHN	510 000 XPF
		Lipides et AG/MNHN	1 000 000 XPF
		SCFA/MNHN	380 000 XPF
Lipides et AG:MNHN		250 000 XPF	
Mission	Perdiem	C. Fauvel	100 000 XPF
		Venue T. Mezziane	200 000 XPF
	Perdiem	T. Mezziane	100 000 XPF
		Terrain	Récupération poisson lieux de pêche
	Billet avion FR-NC	C. Fauvel	250 000 XPF
		T. Mezziane	250 000 XPF
		T. Mezziane	250 000 XPF
	Billet avion NC- FR	Doctorant	250 000 XPF
Perdiem + Transport	Multisites/ habitats	600 000 XPF	
	Proies préférentielles	10 000 XPF	
Salaires	Stagiaire	Bac + 3	720 000 XPF
Total			7 823 000 XPF

Nouvelle proposition

Somme Part Zoneco			
Type de dépense	Libellé	Description	Somme
Equipements	Matériel stockage	Congélateur armoire	90 000 XPF
	Matériel transport	Cuve azote liquide	120 000 XPF
	Sonde mesure T° in situ	IBTags thermoboutons	130 000 XPF
	Traitement données T+autres	Ordi. Portable	80 000 XPF
	Examen macroscopique gonade	Lampe loupe circulaire	135 000 XPF
Fonctionnement	Achat matériel biologique	Achat poisson	900 000 XPF
	Consommables	Fournitures, petits matériels	180 000 XPF
		Fournitures, produits chimiques	50 000 XPF
		Produits chimique, petit matériel	120 000 XPF
		Sachets, piluliers	50 000 XPF
	Coût impression	Rapport, thèse	120 000 XPF
	Terrain	Récupération poisson lieux de pêche	460 000 XPF
	Sous-traitance analyses	Isotopes Davies/MNHN	450 000 XPF
		Lipides et AG/MNHN	775 000 XPF
		SCFA/MNHN	320 000 XPF
Marqueurs Lipides et AG:MNHN		175 000 XPF	
Mission	Perdiem	C. Fauvel	100 000 XPF
		T. Mezziane	100 000 XPF
	Billet avion FR-NC	C. Fauvel	250 000 XPF
		T. Mezziane	250 000 XPF
	Billet avion NC- FR	Doctorant	250 000 XPF
	Perdiem + Transport	Multisites/ habitats	300 000 XPF
Proies préférentielles		10 000 XPF	
Salaires	Stagiaire	Bac + 4	720 000 XPF
Total			6 135 000 XPF

4) Apport de précisions sur les travaux conduits à Mayotte et à Tahiti

Depuis 2007, les activités de Recherche & Développement de l'Ifremer en Nouvelle Calédonie, tout en considérant le domaine de l'aquaculture comme prioritaire, se sont infléchies et adaptées à des problématiques plus intégratrices. L'Unité de Recherche Lagons, Ecosystèmes et Aquaculture Durable en Nouvelle-Calédonie participe au projet Ifremer « Développement durable de la pisciculture d'outre mer (DDPOM)» piloté par l'UMR 110 Intrepid, Ifremer Palavas Les Flots (France) pour proposer un ensemble de compétences adossé à la métropole et aux autres territoires d'outre mer au service de cet accompagnement. L'Ifremer est notamment impliqué depuis 2 ans par convention avec Aquamay (voir article journal en annexe 3) pour un programme pluriannuel de R&D en pisciculture lagonaire à Mayotte qui inclut l'espèce de picot *Siganus sutor*

Les travaux actuels portent sur le passage et la gestion des géniteurs qui étaient en bassin où ils ont pondu en les plaçant en cages en mer (2014). Des tests d'aliments ont été planifiés pour fin 2013 pour réalisation en 2014.

Dans un souhait de diversification vers de nouvelles espèces et/ou techniques pour un développement plus important de l'aquaculture (super intensive, cages lagonaire, mésocosme, aquaponie...) le CTA de Polynésie Française a commencé des réflexions en collaboration avec l'Ifremer sur des nouvelles espèces adaptées au contexte local parmi lesquelles figurent le poisson lait *Chanos chanos* et à un degré moindre le moi *Polydactylus sexfilis* et le picot bleu *Siganus argenteus*. Cette dernière espèce a fait l'objet d'essais aquacoles au COP entre 1983 et 1987 pour lesquels des fiches biotechniques ont été réalisées.

PROJET HOBICAL

« Holothuries, liens entre performances de production et bioremédiation dans le contexte de la crevetticulture calédonienne »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie

Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : (Attribué par le secrétariat de l'ADECAL)

Date de réception de la proposition (JJMMAA):

TITRE DE L'OPERATION
Holothurie: Lien entre performances de production et de bioremédiation dans le contexte de la crevetticulture en Nouvelle-Calédonie.
ACRONYME (le cas échéant)
HOBICAL

Présentation générale

Résumé du projet : contexte, objectifs, finalité, populations cibles, méthodologie, résultats attendus (2000 caractères maxi + abstract)

La Nouvelle-Calédonie s'oriente actuellement vers une diversification de ses activités aquacoles jusqu'à présent basées sur la crevetteculture. L'élevage de l'holothurie *H. scabra* fait l'objet d'une attention toute particulière pour deux raisons. C'est un produit à l'export à haute valeur commerciale et son élevage pourrait avoir des capacités de bioremédiation des milieux aquacoles existants. Nous proposons de travailler sur la faisabilité technique et sur les conséquences environnementales de la culture en alternance *L. stylirostris* - *H. scabra* et de la culture de *H. scabra* à proximité des effluents des élevages de crevettes. Les objectifs scientifiques de ce projet sont :

- (1) d'évaluer l'importance relative des apports allochtones (aliments, effluents...) et de la production naturelle du milieu dans l'alimentation de *H. scabra*.
- (2) de tracer le devenir de la matière organique au sein du système et d'en déduire les facteurs de contrôle menant vers une bioremédiation ou inversement une eutrophisation du milieu.
- (3) de lier les conditions environnementales qui en découlent aux performances zootechniques de *H. scabra* et de *L. stylirostris*.

Les résultats de cette étude permettront d'améliorer les protocoles de nutrition, de leur associer des performances de production et des capacités de bioremédiation des milieux ; de définir des méthodologies du choix et du suivi des milieux de culture. Ses résultats seront disponibles pour réaliser une étude bio-économique afin de dégager les scénarii optimum pour construire une filière de grossissement.

Abstract :

These last years, New-Caledonia entered into the diversification of its aquaculture which was based on shrimp production. The farming of *Holothuria scabra* is particularly regarded for two reasons. It is a high value aquaculture product and its farming might help to bioremediate its culture background. Our research project is centred on technical feasibility and on the environmental consequences of the rotational culture of *L. stylirostris*-*H. scabra* and on the farming of *H. scabra* in the direct vicinity of shrimp farm effluents. Our scientific objectives are:

- (1) To evaluate the relative importance of allochthonous inputs (food, effluent..) and of the system natural production in the food regime of *H.scabra*.
- (2) To track the becoming of organic matter and its associate nutrients into the system and to deduce the control factors leading to the bioremediation or inversely to the eutrophication of the environment.
- (3) To link the resulting environmental conditions to the zootechnical performances of *H.scabra* and *L.stylirostris*.

The results from this study will allow to ameliorate the nutrition protocols, and to associate them some production performance and bioremediation capacity. They will also aim to define a methodology for the choice and the monitoring of the culture background. This result will be available to carry out a bio economic study in order to identify optimum scenario for the construction of a viable *H. scabra* grow out industry.

Responsable du projet		Sébastien Hochard	
Durée du projet en mois (max 36)		36	
Date de démarrage	Janvier 2014	Date de restitution	Janvier 2017

Description complète et détaillée du projet

Fournir une description détaillée du projet qui accompagnera le formulaire compété par chaque participant à l'opération.

La présentation du projet sera adressé au format A4, taille de police minimum : 11 pt.

1- Titre et éventuellement acronyme de la proposition

HOLothurie: lien entre performances de production et de Bioremédiation dans le contexte de la crevetticulture en Nouvelle-CALédonie. (HOBICAL)

2- Informations générales sur le partenariat proposé : choix du responsable d'opération, référence faite aux compétences particulières de chaque membre de l'équipe dans le champ de l'étude proposée (joindre le CV de chaque membre du projet), aux ressources disponibles (facilités et accès à des équipements de laboratoire)

Le responsable d'opération est Sébastien Hochard. Docteur en sciences de l'environnement, actuellement en post-doctorat à l'Université de Nouvelle-Calédonie. Il a travaillé sur le fonctionnement des milieux peu profonds (lagons, lagunes et estuaires), pour lesquels il a développé une approche pluridisciplinaire. Il a continué ses travaux à des fins plus appliquées dans le domaine de l'aquaculture. Ces derniers ont permis de définir le rôle et le fonctionnement de la colonne d'eau et du sédiment au cours des élevages de crevettes, et d'identifier les facteurs de contrôle de la dynamique du système. A travers ce projet il espère proposer une solution zootechnique visant à améliorer la qualité des milieux d'élevage.

Hugues Lemonnie est responsable du programme Aquaculture – Environnement à l'IFREMER LEAD. Il travaille sur les interactions entre l'environnement d'élevage et les espèces élevées, avec pour spécialité l'émergence des maladies.

Thierry Laugier, responsable coordination scientifique, Ifremer, UR-LEAD Ses travaux de recherche ont été principalement dédiés à l'étude des écosystèmes lagunaires côtiers, leurs perturbations écologiques et au développement d'outils d'aide à la gestion et à la restauration des écosystèmes.

Anne Lorrain, chargée de recherche à l'IRD travaille principalement sur l'écologie trophique des organismes marins et en particulier sur l'utilisation des isotopes stables comme traceurs des sources de nourriture chez les invertébrés marins en milieu côtier et hauturier. Elle a un réseau de collaboration important sur les isotopes stables, permettant notamment l'accès analytique à la plateforme de spectrométrie de masse de l'Université de La Rochelle (coll. P. Richard) où seront effectuées les analyses du présent projet.

Yves Letourneur, professeur à l'Université de Nouvelle-Calédonie, travaille sur le cheminement de la matière organique au sein des réseaux trophiques marins. Il utilise les isotopes stables et les contaminants comme traceurs de ce cheminement.

Thomas Pierrot, directeur du centre technique aquacole, a pour mission de transférer les résultats de la recherche en aquaculture au secteur privé et à conduire des expérimentations et des suivis pour améliorer les performances de la filière.

Une prise de contact avec la CPS a été initiée afin de donner une dimension régionale au projet et de collaborer dans le cadre d'une étude bio économique.

Si ce projet est accepté, nous souhaitons le réaliser en collaboration étroite avec les collectivités et les privés ayant initié des actions dans le domaine.

Ressources disponibles :

- Zone expérimental de St Vincent (CTA)
- Support technique Laboratoire des Moyens Analytiques Unité de Service IRD IMAGO, IRD Nouméa)
- Sonde multiparamètre Ysi (IFREMER Nouméa)
- Plateforme de filtration (IFREMER –IRD Nouméa)
- Four, balance, étuve (IFREMER –IRD Nouméa)
- Oxymètre optique Presens (IFREMER nouméa)
- Cloches benthiques ,bouteilles d'incubation, pièges à sédiment (IFREMER Nouméa)
- Congélateur -80°C, container azote liquide (IFREMER-IRD Nouméa)
- Loupe binoculaire, microscope inversé (IFREMER)
- Autoanalyseur Technicon (IRD Nouméa)
- Spectrophotomètre (IFREMER)
- Fluorimètre Turner (IFREMER)
- Plateforme cytométrie (Université de La Rochelle)
- HPLC et spectrofluorimètre (CNRS-Paris VI)
- ICP MS (IRD Nouméa)
- CHN couplé à un spectromètre de masse (Université de La Rochelle)

3- Description du projet :

a. Contexte

La Nouvelle-Calédonie s'oriente actuellement vers une diversification de ses activités aquacoles jusqu'à présent basées sur la crevetteculture. L'élevage des holothuries fait l'objet d'une attention particulière. Des essais réalisés par le World Fish Center ont eu lieu montrant la faisabilité technique d'un tel élevage (Agudo et al., 2012). Actuellement, une filière de production voit le jour et est capable de produire des animaux en quantité suffisante pour ouvrir de nouvelles perspectives de développement pour le territoire.

Au niveau mondial, la pêche d'holothuries représente 32 000 à 55 000 t par an soit 56 à 130 millions de US\$ (Ferdouse, 2004 ; Toral-Granda et al., 2008). Toutefois, la pêche intensive menée dans de nombreux pays s'est traduite par une réduction massive des stocks naturels, tandis que la demande des marchés asiatiques paraît insatiable. Le prix des holothuries à l'export est en constante augmentation rendant les perspectives d'aquaculture attractives (Duy, 2012). En chine la production aquacole d'holothuries atteint les 80 000 tonnes par an pour l'espèce de milieu tempéré *Apostichopus japonicus*. Cette production est entièrement absorbée par le marché local (Chang and Yu, 2004 ; Chen, 2004).

Pour les pays insulaires du pacifique, les holothuries représentent un revenu important. Elles sont récoltées depuis des centaines d'années dans le cadre d'échanges commerciaux avec l'Asie. Elles sont probablement l'un des premiers produits d'export des îles du Pacifique (Jimmy et al., 2012). Les

espèces les plus prisées sont *Holothuria scabra* et *scabra versicolor* dont les prix sur le marché asiatique une fois transformées atteignent les 115 à 640 US \$ par kg (Purcell et al., 2012). Néanmoins là encore cette espèce est victime d'une exploitation excessive rendant la durabilité des pêcheries incertaine et menant à des mesures de conservation extrêmes, notamment avec la mise en place de moratoires sur plusieurs années (Jimmy et al., 2012). Dans ce contexte, les initiatives de production de juvéniles de *H. scabra* ont été encouragées et intéressent l'ensemble des pays de la communauté du pacifique. Les applications de la production de juvéniles peuvent se décliner en deux grandes catégories :

- Le réensemencement du milieu naturel, qui a pour objectif de soutenir la filière halieutique directement et/ou indirectement en augmentant les stocks de populations naturelles.
- La culture d'holothuries dont le but est de créer une filière aquacole qui récolte directement des animaux de taille commerciale pour les vendre à l'export.

Trois méthodes sont envisageables pour amener les juvéniles de *H. scabra* jusqu'à une taille commercialisable : Le sea ranching, la culture en enclos et la culture en bassins de terre.

- Le Sea ranching consiste à relâcher les juvéniles produits en écloserie dans le lagon. De part la faible mobilité de cette espèce, cette technique permet de repêcher les animaux une fois qu'ils ont atteints la taille souhaitée. A l'heure actuelle, la survie des juvéniles jusqu'à une taille commercialisable semble assez faible, et varie en fonction des zones (Juinio-Meñez et al., 2012; Purcell and Simutoga, 2008). La majeure partie des mortalités intervient juste après la libération des juvéniles dans le milieu naturel. Elle est causée par des facteurs tels que l'habitat, la taille des animaux, les conditions de transport et leur acclimatation au milieu (Pitt et Duy, 2004 ; Purcell, 2012 ; Purcell et Simutoga, 2008 ; Purcell et al., 2006 ; Robinson et Pascal, 2012).
- La culture en enclos permet de délimiter la zone de culture confinant les animaux sur une surface définie. Excepté la construction et l'entretien des enclos, il n'y a pas de coûts supplémentaires et les animaux bénéficient de l'échange d'eau par les courants et se nourrissent directement sur le milieu. La survie de *H. scabra* en enclos est très variable (de 15 à 85%) mais rarement supérieure à 30% après 12 mois d'élevage (Purcell et al., 2012). Les mortalités surviennent essentiellement au cours du premier mois lorsque les juvéniles sont encore de petites tailles et sensibles à la prédation. Ce mode de culture est limité par la capacité de charge du milieu qui est elle-même très variable. Elle varie de 100 à 770 g par m² (Lavitra et al., 2010 ; Robinson et Pascal, 2012).
- La culture en bassins de terre consiste à utiliser des infrastructures types bassins d'élevage de crevettes. L'espèce *H. scabra* fait partie des rares espèces tropicales qui sont particulièrement bien adaptées à ce type de milieu (Purcell et al., 2012). L'avantage des bassins est de travailler dans des milieux semi-contrôlés. On peut ainsi par exemple intervenir sur les conditions environnementales via les taux de renouvellement. Cette technique offre de meilleurs taux de survie qu'en milieu naturel. La survie est habituellement comprise entre 50 et 90%. Les taux de croissance sont eux aussi plus élevés, de l'ordre de 20 à 72 g par mois comparés à un gain de 14 à 22 g par mois en milieu naturel (Agudo, 2012 ; Bell et al., 2007 ; Purcell, 2004 ; Purcell and Simutoga, 2008). Des études récentes (Raison, données non publiées) ont montré qu'il était possible de fortement augmenter la croissance

de *H. scabra* en ajoutant de l'aliment au cours de la période d'élevage. Toutefois en dégradant la qualité du milieu, un surnourrissage a pour corollaire une diminution de la survie des animaux. Si la culture en bassins est de loin celle qui apporte les meilleurs résultats, ces derniers sont contrebalancés par les coûts liés au travail, à l'énergie et à l'aliment injectés dans le système.

Une autre facette de l'aquaculture de *H. scabra* est sa capacité à la remédiation des sédiments. En effet les pratiques de l'aquaculture semi-intensive et intensive se traduisent par une accumulation de matière organique dans les sédiments des bassins et autour des zones de rejets des effluents (Lemonnier et al., 2004 ; Molnar et al., 2013). Cette accumulation peut engendrer des crises d'hypoxie et favoriser l'apparition de molécules tels que l'hydrogène sulfuré et/ou l'ammoniaque qui sont à certaines concentrations toxiques pour les animaux.

L'espèce *H. scabra* est exclusivement benthique. En se nourrissant de la matière organique accumulée dans les sédiments, elle aère de manière mécanique les sédiments et les homogénéise (Fig. 1). Ces caractéristiques font d'elle une espèce secondaire, potentiellement remédiatrice des fonds de bassin. Elle pourrait être un bon candidat pour maintenir la qualité du milieu d'élevage de l'espèce principale. Sa culture pourrait s'insérer au sein de l'aquaculture de l'espèce principale « la crevette » avec un double bénéfice :

- L'élevage de *H. scabra* bénéficierait de la matière organique accumulée issue de l'aquaculture de l'espèce principale, ce qui soutient sa croissance (Purcell, 2004 ; Watanabe et al., 2012 ; Yokohama 2013).
- L'assimilation des détritiques par *H. scabra* aurait un effet bénéfique sur la qualité du milieu, améliorant ainsi les conditions de culture de l'espèce principale tout en limitant les impacts sur l'environnement adjacent (Slater and Carton, 2009 ; Ren et al., 2010).

Cette méthode est appliquée avec succès dans les milieux tempérés avec d'autres espèces de concombre de mer sous les élevages de moules et sous les cages à poissons (Paltzat et al., 2008; Zamora et Jeffs, 2011; Zhou et al., 2006 ; Yokohama, 2013).

En milieu tropical, les recherches visant à la co-culture de *H. scabra* se sont concentrées sur les élevages de crevettes. En effet, la crevetticulture mondiale subit de fortes pertes liées à l'émergence de maladies à virus et/ou à *Vibrio*. S'il n'est pas, dans la majeure partie des cas, possible de les supprimer, il semble possible de limiter leur impact en maintenant une qualité d'eau et de sédiment optimum au sein des bassins (Lightner et Redman 1998 ; Herbland et Harache, 2006).



Fig. 1 : *Holothuria Scabra* et son action sur les fonds marins (issue de Purcell et al. 2012).

Les essais visant à la co-culture de ces deux espèces se sont caractérisés par une mortalité élevée des holothuries. Ces travaux indiquent qu'il est nécessaire de séparer les crevettes des holothuries soit temporellement soit physiquement (Purcell et al., 2012). Ainsi au Vietnam, la culture en alternance de crevettes et de *H. scabra* s'est avérée viable et a permis aux fermiers locaux de revenir à un schéma de culture rentable (Duy, 2012).

En Nouvelle-Calédonie, la rentabilité de l'aquaculture de *H. scabra* est contrainte par le coût de la main d'œuvre et par les dépenses liées au pompage de l'eau pour alimenter les bassins. Afin de dégager des marges suffisantes pour pérenniser cette aquaculture sur le territoire, il semble nécessaire :

- d'améliorer les taux de croissance en bassin via de meilleurs protocoles de nutrition et de gestion des bassins,
- d'évaluer l'impact de la remédiation des fonds de bassin par les holothuries et ses éventuelles bénéfices sur la performance zootechniques des élevages de crevettes suivants,
- de développer la co-culture en profitant des apports de matière organique associé aux effluents,
- d'améliorer les survies et les croissances dans le lagon en identifiant les habitats optimaux pour une bonne nutrition des animaux,
- de réaliser une étude comparative des bénéfices des différents modes de culture (sea ranching, enclos et bassins) en prenant en compte leur possible inter connectivité.

Ces challenges nécessitent la mise en place de recherches innovantes afin de pérenniser l'aquaculture de *H. scabra* sur le territoire.

b. Objectifs, questions en lien avec la recherche et résultats attendus du projet

Notre projet de recherche est centré sur l'aquaculture de *H. scabra* dans et autour des bassins de crevetticulture, de manière à l'intégrer au mieux dans le tissu aquacole calédonien. Il est construit autour de deux grands axes que sont la culture en alternance crevettes - *H. scabra*, et la culture intégrée crevette - *H. scabra* en profitant des eaux enrichies en sortie de bassin pour le grossissement des holothuries.

Les objectifs scientifiques transversaux à ce projet sont :

- Evaluer l'importance relative des apport allochtones (aliments, effluents...) et de la production naturel du milieu dans l'alimentation de *H. scabra*,
- Tracer le devenir de la matière organique et de ses nutriments associés au sein du système (assimilation, régénération, accumulation, export) et en déduire les facteurs de contrôle menant vers une bioremédiation ou inversement une eutrophisation du milieu,
- lier les conditions environnementales qui en découlent aux performances de croissance de *H. scabra*, ou de *L. stylirostris*.

Axe1 : culture en alternance crevettes – *H. scabra* en bassin de terre

Lors d'un élevage d'holothuries dans le cadre de la culture en alternance, deux objectifs peuvent être poursuivis :

- Maximiser les performances de production afin d'emmener rapidement les animaux à des tailles commerciales pour limiter la durée d'occupation des bassins,

- Bioremédier les milieux de culture afin d'engendrer de potentiels bénéfiques en améliorant les performances de production des élevages de crevettes suivants.

La question est de savoir dans quelles mesures ces objectifs peuvent être atteints conjointement.

Notre premier objectif sera de définir des protocoles de nutrition et d'associer à chacun d'eux, les performances de production, le degré d'assimilation de l'aliment et les performances de bioremédiation du milieu par les holothuries.

Après avoir défini le protocole de nutrition menant à la meilleure performance de production et celui menant à la meilleure bioremédiation du milieu, notre second objectif sera d'évaluer les bénéfices et les inconvénients de la culture en alternance en les comparant aux pratiques d'élevage actuellement utilisées en crevetticulture (assec, double ensemencement).

En parallèle, des bassins d'holothuries seront suivis afin d'obtenir une vérité terrain indispensable pour valider nos expérimentations. A travers cette action, nous proposons aussi de définir une méthodologie pour le suivi des bassins avec des bio indicateurs pertinents utilisables à terme par les éleveurs et les collectivités.

Axe2 : Enclos à proximité des fermes de crevetticulture

Lors d'un élevage de crevettes, une part importante de la matière organique et des nutriments contenus dans l'aliment est perdue et est rejetée dans l'environnement immédiat des bassins (Lemonnier and Faninoz, 2006 ;Thomas et al., 2010). On considère en effet que seulement 20% de l'azote introduit dans les bassins sous forme d'aliment se retrouve dans la chair des crevettes (Martin et al., 1998). La mise en place d'enclos pour élever des holothuries à proximité des zones de rejets pourrait s'avérer un moyen d'améliorer la croissance des animaux grâce à l'apport de MO via les effluents tout en limitant la pollution engendrée par ces mêmes effluents.

Notre objectif sera d'étudier (1) la faisabilité zootechnique de mise en place d'enclos sous influence directe des sorties de bassin, (2) le devenir de la matière organique rejetée par les bassins de crevettes (assimilation ou pas par les holothuries) et (3) la ou les conséquence(s) environnementale(s) d'une telle action. Pour se faire, nous comparerons les résultats avec ceux obtenus en enclos hors zone d'emprise (témoin).

Continuité avec les programme de recherche précédents :

Ce projet représente la continuité de plusieurs actions de recherche mises en place sur le territoire :

- Le projet Zonéco « Impact des apports anthropiques sur le fonctionnement biogéochimique et le rôle des sédiments du lagon de Nouvelle-Calédonie ». Un des buts de ce projet était la recherche et la validation de bio-indicateurs sédimentaires pour le suivi des milieux peu profonds. Dans le projet HOBICAL, nous étendrons le panel des bio-indicateurs utilisés et les relierons avec le fonctionnement biogéochimique du système dans des situations trophiques contrastées.
- Ces bio-indicateurs pourront être intégrés dans dans le cadre du suivi de la qualité du milieu marin (Projet Zonéco

- Le projet Ifremer « Etude du Couplage benthopélagique dans un système soumis à une forte eutrophisation. Application à la crevetticulture (ECOBAC) ». Ce projet était basé sur la compréhension des cycles biogéochimiques dans le milieu bassin afin d'améliorer leur gestion. Le projet HOBICAL représente une continuité directe d'ECOBAC dans le sens où il essaye d'apporter une solution zootechnique aux problématiques de gestion de matière organique et d'eutrophisation du milieu d'élevage.
- le projet IRD IBANOE « Invertébrés benthiques, traceurs des apports anthropiques en Nouvelle-Calédonie » dont le but est notamment d'utiliser la signature isotopique des invertébrés pour tracer les pollutions azotées des lagons de Nouvelle-Calédonie. Le projet HOBICAL représente ainsi un pendant appliqué de ce projet par rapport aux problématiques liées à l'aquaculture.

c. Méthodologie proposée (préciser lorsqu'il s'agit d'une approche innovante)

Dispositifs expérimentaux :

L'approche proposée s'appuie sur deux dispositifs expérimentaux différents (Fig. 2):

- Une approche en mésocosmes sur une zone expérimentale située sur le site de Saint-Vincent. Cette zone comprend 16 mésocosmes de 1600L, équipés d'un système de sondes automatiques permettant le suivi en continu de la qualité de l'eau. Ce dispositif permet de travailler en milieu semi-contrôlé dans des conditions environnementales homogènes ce qui n'est pas le cas dans le milieu naturel. Ces conditions sont nécessaires pour tester efficacement la réponse du système par rapport à des forçages clairement identifiés au sein d'un plan d'expérience. (actions 1 et 2).
- Cette approche est complétée par des mesures en bassin et en enclos. Ce travail représente une vérité terrain et permet de tenir compte du changement d'échelle et de la plus grande complexité du milieu naturel par rapport aux mésocosmes (action 3 et 4).

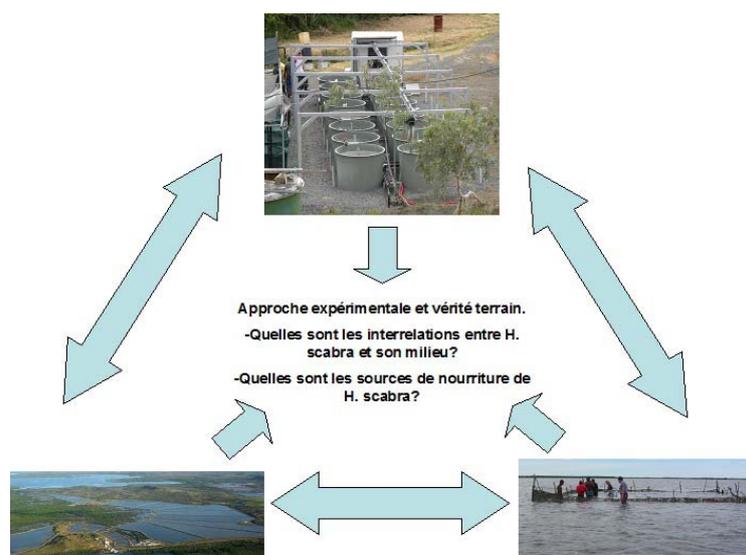


Fig. 2 : Illustration de notre démarche scientifique

Plan d'expérience :

Action 1

Dans cette action, nous nous proposons de tester expérimentalement différents protocoles de nutrition pour répondre au premier objectif de l'axe 1. Ces expérimentations seront réalisées en mésocosmes de 1600L dont le fond sera recouvert de sédiment aquacole. Chaque mésocosme seraensemencé avec 50 g par m² d'holothuries (idéalement 4 g.ind⁻¹).

Les protocoles de nutrition proposés sont :

- Pas d'alimentation, *H. scabra* se nourrit sur le milieu sans apport extérieur.
- Pas d'alimentation mais stimulation de la production naturelle du milieu avec des engrais (N et P).
- Alimentation avec un aliment réfractaire de type son de céréale.
- Alimentation avec un aliment facilement assimilable de type granulé pour crevettes.

Pour chacun de ces protocoles, nous définirons les croissances/survies des animaux et la capacité de charge du système. En parallèle, nous étudierons le devenir des aliments et leur efficacité d'assimilation par *H. scabra* en identifiant ses sources de nourriture dans chacun des milieux. Enfin nous suivrons le fonctionnement du système pour savoir si ce dernier évolue vers une bioremédiation ou au contraire vers une eutrophisation. Les méthodologies employées associeront méthodes biogéochimiques et isotopiques.

Cette expérimentation est prévue sur une durée de 3 mois. Le pas d'échantillonnage dépend des variables et processus, allant de la mesure continue pour la qualité de l'eau, à tout les 15 jours pour les processus biogéochimiques et les isotopes. Elle sera dupliquée en saison froide et en saison chaude pour prendre en compte l'effet de la saison.

Action 2

Cette action est directement basée sur les résultats de l'action 1. Afin d'évaluer les bénéfices et les inconvénients de la culture en alternance holothuries - crevettes, nous proposons une expérimentation en deux phases, dans les mésocosmes dont le fond sera couvert de sédiment prélevé à la fin d'un d'élevage de crevette :

Au cours de la première phase, (6 mois), nous mènerons en parallèle quatre élevages différents :

- un élevage de *H. scabra* avec le protocole de l'action 1 permettant la meilleure bioremédiation,
- un élevage de *H. scabra* avec le protocole de l'action 1 permettant les meilleures performances de production,
- un élevage semi intensif de crevettes,
- un assec.

L'évolution des milieux d'élevage sera suivie afin de pouvoir inter-comparer leurs caractéristiques environnementales et leurs fonctionnements. Pour l'assec, les caractéristiques sédimentaires seront

mesurées en début et en fin d'expérience. Les pas de temps d'échantillonnages seront les mêmes que pour l'action 1.

Au cours de la deuxième phase (4 mois), après un court assec et une remise en eau, les bacs seront re-ensemencés avec des post-larves de crevettes pour réaliser un élevage semi intensif. L'évolution du milieu et les performances de production seront caractérisées afin de déterminer si les précédents traitements ont une influence sur le déroulement et les résultats des élevages. Les pas de temps d'échantillonnages seront les mêmes que pour l'action 1.

Action 3

Afin de valider nos résultats expérimentaux, nous nous proposons de suivre des bassins avec un pas d'échantillonnage de deux mois. Les mesures permettront d'analyser le fonctionnement biogéochimique du système et de mettre en place des indicateurs environnementaux dont la mesure est plus aisée. Ce travail permettra de définir une méthodologie opérationnelle à destination des éleveurs et des collectivités.

Action 4 :

Cette action consiste à installer trois enclos sous influence directe des sorties de bassins (traitement 1) et trois enclos plus éloignés sous influence océanique (traitement 2). La taille des enclos sera de l'ordre de 500 m². Ils seront ensemencés avec des individus de 10 à 15 g à une densité de 1 animal par m². Les enclos seront suivis pendant 20 mois avec un pas d'échantillonnage de 2 mois. Cette durée devrait couvrir les périodes d'élevage pour la crevette et les périodes d'assec.

Ce suivi prendra en compte les aspects zootechniques (croissance survie) et les caractéristiques des sédiments à l'intérieur et à l'extérieur des enclos afin de déduire les impacts de ces derniers sur l'environnement. En parallèle, des mesures isotopiques permettront de définir les sources de nourriture des animaux en fonction des traitements. Le site d'étude que nous proposons est situé en aval de la Ferme Aquacole des Montagne Blanches à Pouembout. Ce site semble approprié (conditions environnementales, facilité d'accès et logistique) pour mener à bien un tel projet. Toutefois, le choix définitif du site d'étude se fera en concertation avec les collectivités.

Méthodes de mesures

La méthodologie utilisée dans chacun de ces dispositifs s'appuie sur des méthodes biogéochimiques et isotopiques pour caractériser au mieux le cycle de la matière dans le système, tracer le devenir des aliments, et différencier les sources de nourriture de *H. scabra*. Le couplage de ces deux méthodes a fait ses preuves dans le domaine de l'océanographie côtière (Cook et al., 2009 et références associées). Par contre, ces méthodes restent encore relativement peu utilisées dans le domaine de l'aquaculture et leur utilisation est encore plus marginales dans le cadre d'études sur l'écologie des holothuries.

Mesures biogéochimiques

La biogéochimie est l'étude du processus cyclique de transfert des éléments chimiques de l'environnement à partir des milieux abiotiques vers les organismes qui à leur tour retransmettent ses constituants à l'environnement (Odum, 1971). En d'autres termes, c'est l'étude du cycle de la matière et de l'énergie au sein d'un écosystème (Fig. 3a). C'est une discipline qui regroupe des processus chimiques, physiques, géologiques et biologiques dont découlent les propriétés émergentes et le fonctionnement des écosystèmes.

En aquaculture l'étude des cycles biogéochimiques permet de déterminer l'importance relative de l'aliment et de la production naturelle comme sources de nourriture des animaux. Cette discipline permet de tracer le devenir de la matière organique et de leurs nutriments dans et hors du système. Elle permet aussi d'identifier les facteurs qui contrôlent ces processus ; facteurs qui vont définir l'évolution du milieu d'élevage vers une remédiation ou une eutrophisation. Ainsi en reliant cette approche à la zootechnie, il est théoriquement possible de comprendre les interactions entre les animaux et leur environnement au cours de l'élevage et de définir les pratiques d'élevage optimum pour maintenir un milieu adapté à leur croissance.

Les méthodes utilisées dans notre projet sont spécialement adaptées à l'étude des milieux peu profonds (Fig. 3b). Elles ont été développées dans le cadre d'études sur le fonctionnement et le rôle des sédiments dans le lagon Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie (Hochard et al., 2012, 2013) et dans les bassins d'aquaculture de crevettes (Michelon, 2012 ; Wakeli, 2012 ; Hochard et Lemonnier in prep).

D'un point de vue biogéochimique, ces écosystèmes sont caractérisés par un cycle interne complexe dominé par les interrelations entre le sédiment et la colonne d'eau. En effet, ces deux compartiments se partagent dans des parts variables les processus de production primaire et de reminéralisation. Ils comportent de nombreuses voies d'échanges via la diffusion des nutriments à l'interface eau-sédiment, la sédimentation et la remise en suspension. L'ensemble de ces processus contrôle le transfert du carbone et des nutriments entre l'environnement et les micro-organismes autotrophes et hétérotrophes. Ainsi, dans ces milieux, seule une approche globale peut permettre de comprendre l'activité des premiers échelons trophiques, essentielle pour l'étude des cycles biogéochimiques et du fonctionnement des écosystèmes.

Pour ce faire, les échanges dissous (O_2 , sels nutritifs) seront mesurés à la lumière et à l'obscurité grâce à des cloches benthiques. Parallèlement, des bouteilles d'incubation serviront à mesurer les mêmes paramètres dans la colonne d'eau en sub-surface et au fond. L'oxygène sera mesuré grâce à des optodes (Warkentin et al., 2007). Les flux particuliers d'érosion et de sédimentation (Matière minérale, Chl a , POC, PON) seront mesurés grâce à des pièges à sédiment en suivant le protocole de Kassila et Hussenot (2006). Ces mesures permettront de calculer les échanges dissous et solides, le métabolisme, le statut trophique de la colonne d'eau et du sédiment.

En parallèle de la description des cycles biogéochimiques, l'état trophique du système sera diagnostiqué à l'aide d'un ensemble d'indicateurs environnementaux.

- La quantité et la qualité de la matière organique des sédiments et de la colonne d'eau (matière organique totale, composition en azote et en carbone, pool de matière aisément oxydable, pool de carbone biopolymérique, chlorophylle a).
- Les caractéristiques physiques et chimiques des sédiments (Redox, pH et concentration en sels nutritifs et en sulfure des eaux interstitielles) et de l'eau (température, salinité, concentration en sels nutritifs et oxygène, pénétration de la lumière, matières en suspension).

Mesures isotopiques

Carbone et azote sont des éléments chimiques constitutifs des tissus, notamment le muscle, et ils existent sous plusieurs formes isotopiques (ex : ^{12}C , ^{13}C et ^{15}N , ^{14}N). Ces isotopes sont présents naturellement dans des proportions qui vont être différentes selon la position de l'animal dans le réseau alimentaire et sa source de nourriture. Les analyses isotopiques permettent ainsi de décrire les relations trophiques au sein de chaînes alimentaires complexes et de tracer l'origine des aliments (Fry, 2006). La base de cette technique repose sur le fait que les ratios d'isotopes stables ($^{13}C/^{12}C$ et $^{15}N/^{14}N$) sont modifiés de façon prédictible entre les niveaux trophiques, et sur le fait que la source

des aliments a souvent une signature isotopique caractéristique qui peut être distinguée d'autres sources potentielles (DeNiro and Epstein, 1978, 1981).

La mesure simultanée des différentes sources de nourriture de *H. scabra* (biofilm, sédiment, matière organique particulaire en suspension, matière organique particulaire sédimentée, azote provenant des engrais, aliments) ainsi que de son muscle lors de prélèvements successifs (tous les quinze jours) au cours des expérimentations en mésocosmes du volet 1 (4 traitements différents) devrait ainsi permettre d'identifier clairement les sources assimilées par cet organisme. En effet, la signature isotopique en azote des engrais est connue pour être particulièrement faible voire négative (0‰) et donc très différente des autres sources (e.g., matière organique particulaire autour de 5‰ pour l'eau de mer). Les aliments céréaliers (plantes C3) ont aussi potentiellement des valeurs très contrastées en carbone (-25‰) par rapport aux autres sources comme le biofilm/microphytobenthos (-15‰) ou le sédiment. Les contributions des différentes sources seront ensuite calculées à l'aide de modèles type bayésiens (SIAR, Parnell et al. 2010).

Ce type d'approche a récemment été mené avec succès sur une autre espèce d'holothurie (Yokoyama 2013) montrant l'assimilation de plantes en C3 et le rôle de biorémédiation sur une aquaculture de poissons. Une étude spécifique a également permis de mesurer les fractionnements isotopiques entre la nourriture et les tissus d'*Holothuria scabra* (Watanabe et al. 2013) prérequis indispensable à cette étude.

Couplées aux mesures de survie et de croissance, et à la description du cycle de la matière par les mesures biogéochimiques, ces données devraient ainsi apporter des informations précieuses sur les sources de nourriture assimilées par *H. scabra* en bassin et procurer ainsi une aide pour une gestion optimale de son élevage.

Ces mesures isotopiques seront également menées en milieu naturel afin de compléter la partie expérimentale mais aussi de la valider ; l'idée étant de trouver le biotope le plus favorable à la croissance et à la survie des *H. scabra*. Par exemple, si les expérimentations en mésocosmes montrent que *H. Scabra* assimile et profite des aliments de l'aquaculture des crevettes, les mesures *in situ* sur les sites sous influence des bassins aquacoles montreront le même pattern. Ainsi tout comme pour le volet expérimental, en parallèle de mesures biogéochimiques sur la qualité de la matière organique disponible (production autochtone type microphytobenthos vs. production primaire allochtone - apports anthropiques), des mesures isotopiques (sources et muscle holothurie) nous aideront à estimer la part des sources majoritaires utilisées sur plusieurs sites (influence océanique vs. aquacole).

Zootechne

Le suivi des animaux sera effectué en suivant le protocole défini par Watanabe et al. (2012). Ce dernier permet de normaliser les mesures de poids et de tailles des animaux en réduisant leur variabilité. La survie des animaux sera établie par la pêche de l'ensemble des animaux dans les mésocosmes et dans les enclos. Les protocoles de nutrition seront établis sur la base des protocoles disponibles sur le territoire et dans la littérature (Pitt et al., 2004, Robinson et al., accepté) en établissant les contacts nécessaires.

d. Programme de travail détaillé incluant un calendrier des opérations

	2014						2015					
	Janv- Fév	Mars Avr	Mai- Juin	Juil- Aout	Sept- Oct	Nov- Dec	Janv-Fév	Mars Avr	Mai- Juin	Juil- Aout	Sept- Oct	Nov-Dec
Action 1												
Action 2												
Action 3		?										
Action 4												
Analyse et rédaction							Rapport					Rapport

e. Identifier les incertitudes qui pourraient conduire à des modifications de calendrier

Les dates de fourniture des juvéniles représentent l'incertitude majeure pouvant conduire à la modification du calendrier. Ainsi le début des opérations pourrait être soit avancé soit reculé d'une période de plus ou moins deux mois. Les suivis des bassins sont dépendants des dates de mise en eau et d'ensemencement par les éleveurs. Les différentes actions sont soumises au risque inhérent à tout travaux avec des animaux et dans le milieu naturel (mortalités, aléas climatiques...).

f. Résultats attendus et bénéfiques pour les collectivités partenaires du programme ZoNéCo

Les résultats de ces travaux constitueraient une avancée dans plusieurs domaines :

Le développement

- Un soutien au développement de la filière Holothurie,
- Une aide à la durabilité de la filière crevette actuellement en crise.

Un appui à la société civile :

- Aux collectivités pour le suivi des filières,
- Appui aux éleveurs pour le suivi de leurs animaux et de leur milieu d'élevage.

La connaissance

- Recherche sur la bioremédiation des milieux,
- Sur la nutrition en milieu naturel et en milieu d'élevage de *H. scabra*,
- Sur le devenir de la matière dans des écosystèmes contrastés,
- Sur la biodiversité de ces écosystèmes

4- Besoins :

- a. Identification, justification et chiffrage de l'intégralité des besoins en personnel, en équipement et en fonctionnement

	2014	2015	Total
Personnel temporaire			
75% temps chargé de recherche sur 2 ans *	5 400 000	5 400 000	10 800 000
Stagiaire bac +2 (Intechmer)	400 000	400 000	800 000
Stagiaire M2	0	450 000	450 000
Sous total	5 800 000	6 250 000	12 050 000
Fonctionnement			
Consommables (filtres, flacons, ...)	240 000	240 000	480 000
Analyse chimique (réactifs, solvant, ...)	500 000	500 000	1 000 000
Transport échantillons NC-métropole	200 000	200 000	400 000
Matériel de construction d'enclos	500 000	0	500 000
Sous total	1 440 000	940 000	2 380 000
Mission			
Missions locales NC	100 000	100 000	200 000
Sous total	100 000	100 000	200 000
Analyses			
Isotopes et CHN	400 000	200 000	600 000
Nutriments, métaux, CNP sédiments	300 000	300 000	600 000
Sous total	700 000	500 000	1 200 000
Total	8 040 000	7 790 000	15 830 000

* ce poste de dépense correspond au salaire demandé par Sébastien Hochard en tant que porteur de projet, car il ne sera plus employé par l'Université de Nouvelle-Calédonie (Fin de contrat en Septembre 2013). le calcul à été réalisé sur la base d'un salaire net à 100% de 400 000 cfp par mois. Le montant du salaire ainsi que la forme du contrat (CDD Adecap, patente et accueil au CTA) sont ouvert à la discussion.

Besoins en animaux : Suite au différente discussion avec les collectivités, si ce projet est accepté, nous sollicitons un prêt des animaux auprès des provinces pour une durée de 2 ans. Idéalement, les besoins en animaux sont de 750 individus de 5-10g et 2000 individus de 20-50g pour l'année 2014 et 200 individus de 5-10g pour l'année 2015.

- b. Identification des besoins en termes de données ou d'outils cartographiques géo référencés

Besoin potentiel mais non rédhibitoire d'une cartographie des habitats sur le site pour l'étude en sortie de ferme (Action 4)

- c. Productions : lister les produits ZoNéCo et les produits scientifiques qui découleront de cette opération.
 - Rapports Zonéco (Intermédiaires et final).
 - Présentation Zonéco a l'attention des gestionnaires.
 - Rapports de stage.
 - Publications scientifiques de rang international.
 - Participations à des colloques internationaux.
 - Méthodologie de suivi de bassins et d'enclos avec mise en place de bio indicateurs.

5- Rattachement du projet :

a. Au programme ZoNéCo

Notre action est en lien direct avec l'axe « Renforcement de la compétitivité des secteurs pêche et aquaculture ». Elle s'inscrit comme un soutien scientifique à la filière naissante de grossissement d'holothuries *H. scabra* et à la durabilité de la filière crevette. Ce programme apparaît comme transversal à plusieurs priorités du programme Zonéco 2013 :

- **Priorité 3** en caractérisant le biotope des holothuries à l'aide de processus et de variables environnementales.
- **Priorité 4** en améliorant les méthodologies de culture en enclos qui constituent l'étape initiale du réensemencement des Holothuries en milieu naturel.
- **Priorité 5** en étudiant les sources de nourriture des Holothuries notamment dans le milieu naturel.

b. A d'autres programmes scientifiques

L'action proposée s'inscrit dans les programmes de recherche de l'Ifremer à travers l'axe crevetticulture et notamment sa partie diversification aquacole. De la même manière elle répond à la partie diversification aquacole de la programmation du Centre Technique Aquacole. De part le caractère appliqué de notre étude et de son soutien aux activités aquacoles de Nouvelle-Calédonie, Il est prévu de faire une demande financière complémentaire au Ministère des Outre-mer.

La culture d'holothurie étant jugée comme une priorité par bon nombre des pays du pacifique, des prises de contact sont actuellement en cours (J. Robert et R. Garcia-Gomez) avec la Commission du Pacifique Sud pour développer le pendant économique



de ce projet. Il s'agit aussi de participer à des projets à l'échelle régionale. Dans ce cadre, une demande financière en direction du fond du Pacifique sera déposée.

- 6- Liste des principales références qui traitent du sujet proposé en Nouvelle-Calédonie, dans la région et dans le monde.

Hair, C.A., Pickering, T.D., Mills, D.J. 2012. Asia-Pacific Tropical Sea Cucumber Aquaculture. ACIAR Proceedings, 136. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, pp. 210.

Purcell S.W., Hair, C.A. and Mills D.J. 2012. Sea cucumber culture, farming and sea ranching in the tropics: Progress, problems and opportunities. Aquaculture, 368–369, 68–81.

Toral-Granda, V.; Lovatelli, A.; Vasconcellos, M. 2008. Sea cucumbers. A global review of fisheries and trade. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 516, 317p.

- 7- Budget prévisionnel global du projet sous format Excel, intégrant les cofinancements éventuels (préciser si ils sont accordés ou en cours de demande), et la participation demandée à ZoNéCo pour chaque poste de dépense.

Bonjour,

Afin de répondre au mieux au complément d'informations demandé pour cette étude, nous avons pris/repris contact avec différents professionnels dans le domaine :

Ruth Garcia Gomez et Michael Sharp de la CPS.

Steven Purcell de la Southern Cross University

Guylain De Coudevenhove de l'ERPA.

Nous avons exposé nos avancées à Claire Marty, Thomas Tiburzio et Manuel Ducroq lors d'une réunion le vendredi 07 Juin.

1. Ajout d'un volet économique et d'une expertise de la qualité du produit d'élevage.

L'ajout de ces points nous semble en effet indispensable et le projet HOBICAL a pour but de fournir des résultats concrets dans ce sens.

Une partie du projet HOBICAL est axée sur la bio remédiation des bassins d'élevage et ses possibles bénéfices pour la filière crevetticulture. Cet aspect est important dans le cas d'une étude bio économique. Le projet fournira deux types de résultats dans ce sens :

Les premiers résultats seront basés sur les indicateurs environnementaux qui permettront de qualifier l'évolution du milieu vers une bio remédiation ou non. Cette approche est qualitative et les bénéfices ne sont quantifiables que par comparaison avec les données historiques de la crevetticulture et la littérature scientifique, mais elle représente une acquisition de connaissances essentielles pour une étude à posteriori.

Le deuxième type de résultat est la quantification direct du gain de production sur un élevage de crevette suite à la bio remédiation du sédiment pas H. Scabra (action 2) en le comparant à un assec et à un double ensemencement. Si cette approche reste expérimentale (utilisation de mésocosmes), elle permet toutefois d'obtenir des résultats préliminaires dans des conditions homogènes, à faible coût et sur une courte échelle de temps. Ces résultats sont concrets et directement insérables dans une étude bio économique.

Pour l'étude de qualité, nécessaire pour une étude bio économique, seuls les animaux issus des enclos pourront servir à cet effet car les animaux utilisés dans les mésocosmes (action 4) ne seront pas poussés jusqu'à une taille commercialisable.

Ainsi ces travaux permettront de réaliser une première étude bio économique afin de dégager les scénarii optimum pour construire une filière de grossissement et nous avons pris contact avec Michael Sharp de la CPS et Guylain de De Coudevenhove de l'ERPA dans ce sens. Tous deux se sont avérés intéressés par le projet et participeraient à la mise en place d'une base de données commune permettant une harmonisation des données collectées.

Néanmoins il nous semble important de préciser que cette dernière sera basée sur des résultats d'expérimentations qui ne peuvent se substituer aux résultats en bassins à plus grande échelle. Ainsi nous pensons que le projet HOBICAL devrait s'insérer dans une étude bio économique plus large où il représenterait un volet recherche et développement.

2. Les besoins en animaux

S'agissant des besoins en animaux, ces derniers ont été quantifiés au sein du projet, et représentent un total de 2950 juvéniles répartis comme suit :

750 juvéniles de 5 à 10 g et 2000 juvéniles de 20 à 50 g pour le début de l'année 2014 pour les mésocosmes et les enclos respectivement.

200 juvéniles de 5 à 10 g pour le début de l'année 2015 pour les mésocosmes.

Nous sommes bien conscients que la disponibilité des animaux est un facteur primordial pour le bon déroulement de l'étude mais notre planning permet de s'adapter à cette dernière.

3. Modification des expérimentations

Afin que le projet HOBICAL se déroule dans les meilleures conditions et que les objectifs soient atteints au mieux, il nous semble important de procéder à une légère modification des expérimentations. En effet, suite à nos entrevues avec Steven Purcell et Ruth Gracia Gomez, tout deux nous ont fait remarquer que nous devrions mieux prendre en compte le manque de connaissance zootechnique concernant le grossissement de *H. Scabra* et notamment travailler sur les densités d'ensemencement. De plus des tests préliminaires s'avèrent souhaitables dans les mésocosmes afin d'appréhender l'impact de ce dispositif expérimental sur le bon développement de *H. Scabra*.

Il nous semble important de tenir compte de ces remarques, et nous proposons de modifier le déroulement de la première phase d'expérimentation afin de procéder à des tests zootechniques préliminaires :

Ces derniers se dérouleraient en petits enclos de 10 m² dans des bassins de terre et auraient pour but de croiser « protocole de nutrition » et « densité d'ensemencement » dans le même plan d'expérience. Ainsi 3 protocoles de nutrition seront testés :

- aucune alimentation
- apport de matière organique labile (aliment crevette)
- apport de matière organique réfractaire (déchet de céréales)

Pour chacun de ces protocoles, 3 densités différentes seront testées, une faible densité (1 ind.m⁻²), une densité moyenne (3 ind.m⁻²) et une forte densité (6 ind.m⁻²).

Ainsi le besoin en individus serait de 300 animaux d'un poids de 10 à 20 g.

Outre le besoin en animaux, nous ne prévoyons pas de surcoût pour l'étude. La conséquence directe de ce test serait un décalage dans le temps de l'action 1 qui se déroulerait mi-fin 2014.

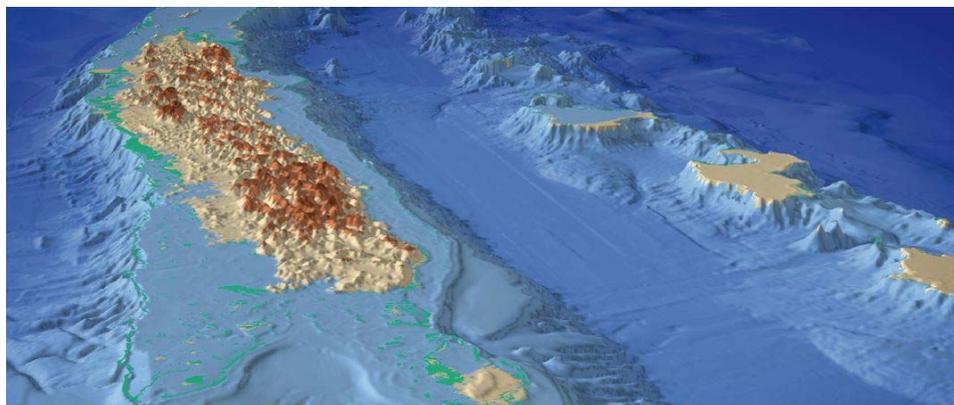
Tableau 1 : Planning de l'étude

	2014						2015					
	Janv-Fév	Mars Avr	Mai-Juin	Juil-Aout	Sept-Oct	Nov-Dec	Janv-Fév	Mars Avr	Mai-Juin	Juil-Aout	Sept-Oct	Nov-Dec
Tests												
Action 1												
Action 2												
Action 3		?										
Action 4												
Analyse et rédaction							Rapport					Rapport

4. Budget

Il est apparu que nous avons commis une erreur en budgétisant la construction des enclos. 500 000 cfp avait été budgétisé à cet effet, il s'avère qu'une somme de 2M de cfp est nécessaire pour réaliser ces infrastructures si le nombre d'enclos et leur taille est conservé.

« Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie

Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : ZNC 2013-18 RM

Date de réception de la proposition (JJMMAA):

TITRE DE L'OPERATION
Caractérisation géochimique des roches mères pétrolières de la Nouvelle-Calédonie
ACRONYME (le cas échéant)

Présentation des intervenants et de leur organisme de rattachement

Présentation générale

Résumé du projet : contexte, objectifs, finalité, populations cibles, méthodologie, résultats attendus (2000 caractères maxi + abstract)

Les travaux engagés par la CRM depuis le début des années 90 ont permis d'améliorer considérablement la connaissance des bassins sédimentaires offshore et ont montré que certains bassins présentaient un potentiel à avoir généré et piégé des hydrocarbures (cf. Bilan et perspectives du programme ZoNéCo 2006-2010 et Kruger and Karsten, 2011).

Le potentiel pétrolier en mer est aujourd'hui avéré, mais la connaissance de la nature des roches mères, des roches réservoirs et de couverture entre autres restent encore très limitée, et ce principalement en raison du manque de données sismiques aux standards industriels et de forages profonds dont la collecte ne peut être assumée que par des investisseurs privés.

Pour voir un jour ce type d'opération se réaliser dans la ZEE, les risques d'exploration doivent être minimisés en dissipant certaines incertitudes. Or, un des principaux critères de l'industrie pétrolière pour lancer des campagnes d'exploration est la présence d'un système pétrolier bien connu d'un point de vue géochimique.

Le système pétrolier identifié à terre en Nouvelle-Calédonie, et censé se poursuivre en mer, est vraisemblablement très similaire à celui du Bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande (Vially et Lafoy, 2008). Un important travail d'analyse chimique des différents types de roches-mères identifiées à terre doit être effectué pour progresser dans la connaissance de ce système. La CRM souhaite ainsi la mise à en place d'une étude pilote sur les roches-mères terrestres de Nouvelle-Calédonie réalisée en collaboration avec un expert des roches-mères et des systèmes pétroliers de Nouvelle-Zélande et de la région.

Cette étude, qui comprendra plusieurs phases dont une mission de terrain (reconnaissance des roches-mères et prélèvements) à travers la Grande-Terre et une série d'analyses post mission, aura pour but de mieux renseigner la nature des huiles qui ont pu être générées par ces roches-mères et comparer les résultats à ceux du bassin de Taranaki en Nouvelle-Zélande. Les échantillons recueillis seront analysés par différentes méthodes ce qui permettra de les placer dans les chemins de maturation connus pour la Nouvelle-Zélande. Cette étude comprendra également des analyses des huiles de la « mine d'huile de Koumac » qui reste à ce jour très énigmatique en termes d'origine géologique et géochimique.

Plusieurs laboratoires spécialisés dans ces types d'analyses seront mis à contribution tels que le *Applied Petroleum Technology* (APT) de Norvège, le *CRL Energy* de Wellington et *Newman Energy Research* (NER) de Christchurch.

Le coût de cette opération est une estimation établie sur la base du nombre d'affleurements de roches-mères connues en NC, il dépendra, au final, du nombre d'échantillons analysés.

Responsables du projet		Pierrick ROUILLARD	
Durée du projet en mois (max 36)		4	
Date de démarrage du projet	Mai 2013	Date de restitution des résultats	Septembre 2013

CONTENU DU PROJET :

Le projet est divisé en quatre phases et les coûts ont été calculés hors taxes néo-zélandaises (NZ GST).

Phase 1 : Mission de terrain et formation pour la CRM sur la géologie et la géochimie des roches-mères

Cette mission consiste en la venue d'un expert géochimiste néo-zélandais (Dr. Richard Sykes, GNS-Science) en Nouvelle-Calédonie pour une durée de 6 jours. Le coût de cette phase comprend la prise en charge de ses honoraires et de ses frais de mission.

- Une journée de formation + une journée de préparation de la mission de terrain
- 4 jours de terrain (hébergement +repas)
- Un billet d'avion A/R Wellington – Nouméa

Coût : 12 500 NZD ~ 960 000 CFP

Phase 2 : Analyse et interprétation des échantillons de la « mine d'huile » de Koumac

Cette phase comprend différents types d'analyses géochimiques et six jours pour traiter et interpréter les résultats et entreprendre des analyses pour comprendre les relations avec les familles d'huile et de roches-mères de Nouvelle-Zélande.

Analyses à effectuer : Précipitation à l'asphaltène, iatroskan, GC de la composition des huiles, analyses des bio-markers (GC-MS), MPLC pour obtenir les fractions aromatiques et saturées, analyses des isotopes du carbone des fractions saturées et aromatiques.

Coût : 16 300 NZD ~ 1 250 000 CFP

Phase 3 : Analyses et interprétation de la maturité des charbons et du type de charbon basique

Cette phase comprend des analyses et 4 jours pour le traitement de données et l'interprétation du type chimique de charbon, du rang, de la maturité thermique et des relations/comparaisons avec le référentiel de Nouvelle-Zélande.

Analyses et travaux à effectuer :

- Deux jours de préparation des échantillons par un technicien de GNS-Science
- Analyse de la réflectance de la vitrinite sur 20 échantillons (? incertitude sur le nombre d'échantillons recueillis)
- Analyses des sulfures totaux et des valeurs calorifiques sur 20 échantillons

Analyses des formes de sulfures et pyrolyse SRA (équivalent du rock-eval) sur 20 échantillons (? incertitude sur le nombre d'échantillons recueillis)

Coût : 22 600 NZD ~ 1 730 000 CFP

Phase 4 : Synthèse des résultats et rédaction d'un rapport technique

Cette phase comprend :

- 10 jours de rédaction et de compilation des résultats
- 1 jour de gestion du projet
- 1 jour pour deux relectures internes à GNS-Science

Coût : 18 600 NZD ~ 1 425 000 CFP

Cout total : 70 000 NZD ~ 5 360 000 CFP

FINALITE :

Les résultats de cette étude pilote seront un point de départ pour la mise en place d'un plan d'action à mener sur les roches mères de Nouvelle-Calédonie.

POPULATIONS CIBLES :

Partenaires du programme, compagnies pétrolières, décideurs politiques, scientifiques

RESPONSABLE DE L'OPERATION :

Pierrick ROUILLARD, chargé de recherche ZoNéCo

Julien COLLOT, géophysicien au SGNC (DIMENC)

PLANNIFICATION :

CALENDRIER PREVISIONNEL 2013 :

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Phase 1					x							
Phase 2						x	x					
Phase 3						x	x					
Phase 4								x				

INTERVENANTS :

Pierrick ROUILLARD (ADECAL-ZoNéCo): Géologue marin – Sédimentologue

pierrick.rouillard@gouv.nc ; Tel : 27 02 30

Julien COLLOT (SGNC-DIMENC) : Géophysicien

julien.collot@gouv.nc; Tel : 27 17 29

RATTACHEMENT AU PROGRAMME ZONECO

Cette opération se rattache à la thématique « Amélioration de la connaissance du système pétrolier en partenariat avec le secteur privé » (RA 39) développée par la CRM et approuvée par le CTI du 19 juin 2012.

BESOINS :

Moyens humains :

Cette opération nécessite la prise en charge des honoraires de Richard Sykes, géochimiste expert des systèmes pétroliers et des roches-mères de Nouvelle-Zélande, à son taux de chercheur (\$200) et non de consultant privé.

Cette opération nécessite également la participation de deux personnes de la CRM à temps plein pendant la phase 1 et le suivi du projet par le chargé de recherche de la CRM

Fonctionnement :

Frais de mission + billet d'avion A/R Wellington – Nouméa pour l'expert géochimiste

Prise en charge des analyses qui seront effectuées sur les roches-mères.

Frais de mission sur le terrain pour une durée de quatre jours pour le chargé de recherche de la CRM

Equipement:

Achat de petit matériel pour prélèvements des échantillons

RESULTATS ATTENDUS :

Produits ZoNéCo :

Un rapport technique rédigé en anglais contenant une synthèse sur la connaissance et les caractéristiques géochimiques des roches-mères de Nouvelle-Calédonie.

Produits scientifiques :

Une base de données sur les roches de Nouvelle-Calédonie

Des résultats d'analyses et un rapport technique publiquement disponibles

Une publication scientifique de rang A sur la comparaison des roches-mères néo-calédoniennes et néo-zélandaise si les résultats le permettent

INDICATEURS D'IMPACTS :

Nombre de demandes externes de consultation du rapport technique final

Liste de cinq experts capables d'évaluer le projet

Liste des 5 experts capables d'évaluer le projet		
Nom - Prénom	Université/institut/organisme	Contact mail
Dr Yves LAFOY	Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie	yves.lafoy@gouv.nc
Dr Pierre MAURIZOT	BRGM	
Dr Roland VIALLY	IFPEN	
Dr Bernard PELLETIER	IRD - Nouméa	bernard.pelletier@ird.fr
Pr Dominique CLUZEL	UNC	

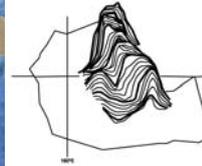
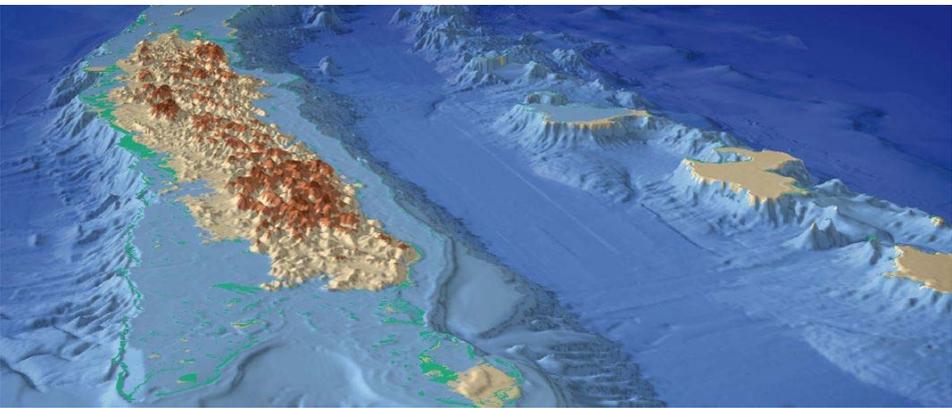
FINANCEMENT ⁽³⁾:

	Budget 2013 de l'étude	Participation demandée à ZoNéCo ⁽⁴⁾
Equipement ⁽⁵⁾	Voir détail contenu du projet	100%
Fonctionnement	Voir détail contenu du projet	100%
Moyens Humains ⁽⁶⁾	Voir détail contenu du projet	100%
TOTAL	5 360 000	5 360 000

REFERENCES

Kroeger, K. F., Funnel, R., 2011. Generation and flow-path migration modelling of the Fairway Basin, New Caledonia, GNS-Science Consultancy Report 2011/349.

« Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie »



ZoNéCo

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

Programme ZoNéCo : ressources marines de Nouvelle-Calédonie

Appel à projets 2013

Formulaires de proposition d'opération

Date limite de dépôt des propositions : 15 février 2013, 18h00 (GMT +11),

Auprès du secrétariat de l'ADECAL : adecal@adecal.nc

Plus de renseignements sur : www.zoneco.nc ou manuel.ducrocq@adecal.nc

Proposition numéro : ZNC 2013-19 RM

Date de réception de la proposition (JJMMAA):

TITRE DE L'OPERATION
Etat des connaissances sur les ressources minérales grands fonds de la ZEE de la Nouvelle-Calédonie
ACRONYME (le cas échéant)

Présentation des intervenants et de leur organisme de rattachement

Présentation générale

Résumé du projet : contexte, objectifs, finalité, populations cibles, méthodologie, résultats attendus (2000 caractères maxi + abstract)

En raison de l'évolution de l'offre et de la demande en certains minéraux dits stratégiques et de la volonté des gouvernements de réduire leur dépendance en matière d'approvisionnement, l'attention se tourne de plus en plus vers les environnements marins profonds qui peuvent être le siège de teneurs élevées en minéraux stratégiques. C'est ainsi que la région de Wallis et Futuna est aujourd'hui le lieu de recherches sur ce sujet par un consortium public/privé mené par Ifremer. Le gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, dans le cadre de l'accord cadre engagé avec l'Ifremer, a récemment affiché son soutien au développement de la recherche sur cette thématique dans sa ZEE.

L'étude des données géologiques et géophysiques existantes, et notamment celles, encore inexploitées, provenant d'une campagne récente menée par l'Université de Tasmanie dans la ZEE de Nouvelle-Calédonie, devrait nous aider à évaluer le potentiel en minéralisations profondes que ce soit en termes d'encroûtements ferromagnésiens, de nodules polymétalliques ou de dépôts sulfurés massifs.

La CRM propose donc, dans le cadre d'un stage de Master 2 recherche, une étude préliminaire établissant un état de l'art sur les différents types de minéralisation et leur présence dans la ZEE en utilisant les données existantes en Nouvelle-Calédonie afin de proposer des prospectives futures, et le cas échéant, de nouvelles campagnes d'acquisition.

Responsables du projet		Martin PATRIAT – IFREMER Julien COLLOT – DIMENC/SGNC	
Durée du projet en mois (max 36)		6	
Date de démarrage du projet	avril 2013	Date de restitution des résultats	Septembre 2013

CONTENU DU PROJET :

Ce projet s'effectuera dans le cadre d'un stage de recherche en collaboration avec l'Ifremer et le Service Géologique de Nouvelle-Calédonie.

Le stagiaire aura pour objectifs :

- la rédaction d'une synthèse bibliographique sur les contextes géologiques et environnementaux et les modes de formation des différents types de minéralisations ;
- l'analyse et l'interprétation des données, principalement bathymétrie, imagerie acoustique et dragages, dans des zones identifiées comme potentiellement riches en minéraux profonds
- de proposer des opérations de recherche à conduire dans les prochaines années pour progresser dans la connaissance de ces environnements marins profonds particuliers.

FINALITE :

Cette opération a trois objectifs principaux:

- (i) Un état de l'art de la recherche en matière de minéralisations profondes
- (ii) Une analysée détaillée des données existantes
- (iii) Des préconisations sur les suites à donner et l'identification d'éventuelles zones cibles où pourraient être proposées de nouvelles acquisitions.

POPULATIONS CIBLES :

Partenaires du programme, décideurs politiques, instituts de recherche, grand public

RESPONSABLE DE L'OPERATION :

Martin PATRIAT, chercheur à l'Ifremer Nouméa

Julien COLLOT, géophysicien au SGNC (DIMENC)

PLANNIFICATION :

CALENDRIER PREVISIONNEL 2013 :

	A	M	J	J	A	S
Mission à l'Université de Tasmanie		x				
Synthèse bibliographique	x	x	x			
Traitement, analyse et interprétations de données		x	x	x	x	
Rédaction du rapport					x	x

INTERVENANTS :

- Un étudiant stagiaire de MASTER 2

- Martin PATRIAT (IFREMER) : Géologue

martin.patriat@ifremer.fr

- Julien COLLOT (SGNC-DIMENC) : Géophysicien

julien.collot@gouv.nc; Tel : 27 17 29

- Pierrick ROUILLARD (ZoNéCo) : Géologue – Sédimentologue

Pierrick.rouillard@gouv.nc; Tel : 27 02 30

RATTACHEMENT AU PROGRAMME ZONECO

Cette opération se rattache à la thématique « Potentialités des minéralisations profondes » (RA 40) affichée comme une priorité par le CTI du 19 juin 2012.

BESOINS :

Moyens humains :

Cette opération nécessite la prise en charge de l'indemnité mensuelle du stagiaire sur une période de six mois

Fonctionnement :

1 billet d'avion A/R Paris – Nouméa pour le stagiaire

1 mission d'une semaine à l'Université de Tasmanie pour le stagiaire et de deux intervenants pour engager la collaboration et récupérer des données géologiques et géochimiques.

Equipement:

1 poste informatique avec licence Caraïbes + licences bureautique et graphisme

RESULTATS ATTENDUS :

Produits ZoNéCo :

Rapport de stage incluant des préconisations sur les suites à donner en Nouvelle-Calédonie

Produits scientifiques :

Une publication scientifique annuelle de rang A sur les résultats de l'étude en collaboration avec l'Université de Tasmanie

Une publication scientifique de rang A sur la comparaison des roches-mères néo-calédoniennes et néo-zélandaise si les résultats le permettent

INDICATEURS D'IMPACTS :

Soumission d'une demande de campagne en Nouvelle-Calédonie à la suite de l'étude

LISTE DE CINQ EXPERTS CAPABLES D'ÉVALUER LE PROJET

Liste des 5 experts capables d'évaluer le projet		
Nom - Prénom	Université/institut/organisme	Contact mail
Dr Yves LAFOY	Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie	yves.lafoy@gouv.nc
Dr Yves FOUQUET	IFREMER Brest	yves.fouquet@ifremer.fr
Dr Yves LAGABRIELLE	CNRS Montpellier	
Dr Bernard PELLETIER	IRD - Nouméa	bernard.pelletier@ird.fr
Pr Gilles CHAZOT	UBO Brest	

FINANCEMENT ⁽³⁾:

	Budget 2013 de l'étude (XPF)	Participation demandée à ZoNéCo ⁽⁴⁾
Équipement ⁽⁵⁾	~ 300 000	0
Fonctionnement	930 000	100%
Moyens Humains ⁽⁶⁾	~ 530 000 (50% IFREMER – 50% SGNC)	0
TOTAL	1 760 000	930 000