

Centre du Pacifique
Département Aquaculture en Calédonie

ifremer

Août 2005

Rapport d'activité 2004

Laboratoire Aquacole de Calédonie



Département Aquaculture en Calédonie
BP 2059 – 98846 Nouméa Cedex
Nouvelle-Calédonie



Sommaire

Introduction	2
Effectifs et moyens au 31/12/04	5
Activités du projet DESANS	9
WP 1 : Mise au point et optimisation d'outils et méthodes	9
WP 1. Tâche 1 : Calibrer et standardiser les techniques d'infection expérimentale	9
WP 1. Tâche 2 : Rechercher, mettre au point, valider et calibrer de nouveaux outils de l'état physiologique et immunologiques des crevettes	10
WP 1. Tâche 3 : Mise au point d'une zootechnie appliquée à la génétique	12
WP 2 : Caractérisation des phénomènes in situ	14
WP 2. Tâche 1 : Dans le cadre du syndrome d'été	14
WP 2. Tâche 2 : Dans le cadre du syndrome 93	14
WP 3 : Etude expérimentale des hypothèses explicatives	19
WP 3. Tâche 1 : Virulence des pathogènes	19
WP3. Tâche 2 : Interactions entre paramètres de l'environnement et crevette	21
WP 3. Tâche 3 : Etude de la base génétique du caractère de sensibilité des crevettes	24
WP 4 : Sortir de la crise, les solutions potentielles	26
WP 4. Tâche 1 : Pratiques culturales et gestion du bassin	26
WP 4. Tâche 2 : Rechercher des souches de crevettes résistantes aux Vibrios	26
WP 4. Tâche 3 : Evaluation des risques de mortalité en élevage	28
Activités hors projet DESANS	31
Génétique	31
Ecloserie	32
Programme ZONECO	34
Fonctionnement général du laboratoire	36
Publications et communications 2004	38
Annexe	44

Introduction



La filière crevette calédonienne

Après une période de croissance rapide, la filière aquacole crevette de Nouvelle-Calédonie a connu, entre 1999 et 2003, une phase de stabilisation tant au niveau de la quantité produite qu'au niveau du nombre d'exploitations et des surfaces cultivées. Cette situation a évolué en 2003 avec la construction de 4 nouvelles fermes (115 hectares au total) qui sont entrées en production en 2004 et avec l'agrandissement de certaines fermes existantes. Afin de suivre cette augmentation des surfaces d'élevage et de sécuriser l'approvisionnement en post larves, les écloséries se sont agrandies et ont modernisé leurs structures de production. La capacité de traitement des crevettes a également été augmentée grâce à la création de 2 nouvelles unités de conditionnement, l'une à Koné et l'autre à La Foa.

En 2004 la production totale de crevettes calédoniennes s'est élevée à 2211 tonnes, soit une hausse de près de 30% par rapport à 2003. Les volumes exportés se sont accrus de 18.3% pour un total de 1508 tonnes. Les principaux marchés restent la France, le Japon et l'Australie sans oublier le marché local qui absorbe environ 540 tonnes. Les prochaines années vont être décisives pour le développement durable (bio-techniquement, écologiquement et socio-économiquement) de la filière crevette calédonienne dans un contexte mondial de forte concurrence. Compte tenu du volume réduit produit (environ 0.1% de la production mondiale) et des forts coûts de production, la filière exportation cherche à valoriser au mieux la qualité de ses produits pour accéder aux marchés de « niches » plus rémunérateurs. L'objectif des 5000 tonnes produites à l'horizon de l'an 2010 devrait conforter la filière grâce à sa structuration, au dynamisme des entrepreneurs et investisseurs, aux incitations financières à l'investissement que sont les lois de défiscalisation et au support des collectivités provinciales.

L'accompagnement scientifique et technique de l'Ifremer

Le contrat de développement 2000-2004, prolongé pour l'année 2005, a permis à l'Ifremer et à son Département Aquaculture en Calédonie (DAC) d'accentuer son effort de recherche en appui à la filière crevette calédonienne. Les travaux de rénovation ont débuté en 2004 sur le site de

Saint-Vincent et la livraison du futur laboratoire de Koné est prévue pour le deuxième semestre 2005.

Le programme pluriannuel de recherche DESANS (DEfi SANTé Stylirostris), initié fin 2003 et centré sur la compréhension des phénomènes de mortalités atypiques affectant les élevages en saison froide ou chaude, commence à produire ses premiers résultats scientifiques et techniques, qui sont résumés dans le présent rapport. La recherche d'améliorations et de solutions aux problèmes complexes abordés repose sur ces résultats : de nouvelles expérimentations sont prévues en 2005-2006 pour tester les solutions les plus prometteuses.

L'apport de sang neuf est passé dans une phase active avec l'achat de la souche de *Litopenaeus stylirostris* hawaïenne par l'UPRAC et la mise en place d'une structure de quarantaine sur la commune de Boulouparis ; l'arrivée des animaux est prévue pour le premier trimestre 2005.

Les actions suivantes, qui entrent dans les missions confiées au laboratoire de Koné ont été exécutées depuis le DAC/Saint-Vincent, dans l'attente de la disponibilité des nouveaux locaux de Koné :

- ◆ la mise en place et l'exploitation d'une base de données fermes et écloséries ;
- ◆ une veille zoosanitaire sur les élevages, en partie en relation avec les services vétérinaires ;
- ◆ un rôle d'avis et d'expertise, au service de l'administration et des services techniques provinciaux ;
- ◆ une assistance technique ponctuelle, notamment pour le démarrage des nouveaux projets.

En outre, le DAC a travaillé à la mise en place de nouveaux projets s'intégrant dans l'étude de l'écosystème lagonnaire en relation avec ses partenaires locaux.

Evolution de la production de la filière crevette en Nouvelle-Calédonie (données par année civile et non par campagne de pêche)

Fermes	année	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
	surface (ha)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)	Production (tonnes)
SASV	7	24,4	23,4	26,2	29	21,7	31,1	21,9	3	0	0	0	1
SODACAL (1983)	132	243	243,9	225,5	201,3	213,6	350,2	564,6	412	489	323	364	432
AQUAMON (1983)	51 42	146	113,5	126,5	estimée 170	estimée 140	estimée 180	165	166	180	160	146	161
Bassins Dumbea (1988)	19	24,1	39,3	26,8	25,7	23,9	23,2	estimée 25	Estimée 30	Estimée 30	Estimée 30	Estimée 40	Estimée 30
Aquafarm (FAO)(1990)	7 18	36	25	23,1	37,4	15,5	31	34	34	44	77	56	61
Sea Farm (1991)	34 36	158,4	123,7	160,5	155,5	143	110,3	127,9	70	75	98	56	79
Webuihoone	42 55	construct.	102,2	132	92,0	146,9	169,8	186,7	170	190	285	222	244
Aquamer	40	construct.	20,6	86,5	147,7	121,8	157,1	174,2	227	207	158	153	122
Pénéide Ouano	30		construct.	71,3	133,5	157	92,5	161,5	196	177	125	162	154
Blue Lagon Farm	76			construct.	construct.	123,3	389,2	403,9	381	375	468	367	361
Tournier	11					construct.	34,8	41,2	36	43	42	30	43
Styli Bleue	15									construct.	49	69	86
April	12 21										construct.	34	50
Gwenguy	11												32
Montagnes Blanches	16											construct.	76
Aigue Marine	30											construct.	51
Kapuidéa	52											construct.	184
Pointe Monot	15											construct.	26
Aquawa	42											construct.	17
TOTAL	613 (2003)	631,9	691,4	878,5	992,2	1106,6	1569,2	1905,9	1725	1810	1815	1703	2211
Ecloseries	capacité (m3)	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls	Production 10 ⁶ Pls
Dumbea	30	0,5	6,0	3,9	2,1	2,9	2,5	0	0	0	Estimée 5	Estimée 5	Estimée 4
Mara	180	67,6	65,0	55,2	70	74,0	43,2	46,3	43	48,1	25,2	41,2	70,6
Montagnès	120	32,5	32,1	44,1	48,2	37,7	40,3	47,5	41,3	42,9	33,9	43,3	61,8
SASV	30	7,3	4,2	3,0	5,2	7,0	3,8	3,1	0	0	0	0	0
Eclos. du Nord	120			construct.	26,8	46	45,3	42	41,4	53,1	44,1	65,9	49,1
TOTAL	480 (2001)	107,9	107,3	106,2	152,3	167,6	135,1	138,9	125,7	144,1	108,2	155,4	185,5

Données fournies par les fermes et écloséries, et extraites des rapports annuels du Groupement des Fermes Aquacoles de Nouvelle-Calédonie (GFA) à partir de l'année 2000 (cf. rapport annuel IFREMER du Laboratoire Aquacole de Calédonie pour les années antérieures). Les rapports du GFA abordent aussi bien les aspects techniques que les aspects économiques de la filière crevette avec des données sur le conditionnement et l'exportation. Il fait également état des perspectives d'avenir de la filière.

Effectifs et Moyens au 31/12/2004

Pour accompagner la croissance de la filière crevette en Nouvelle-Calédonie, les effectifs IFREMER ont été renforcés ces dernières années. Les compétences en place permettent maintenant d'aborder les différents thèmes du programme DESANS et de développer les missions de soutien à la profession.

Cependant le dispositif ne sera pleinement efficace que lorsque les infrastructures et les aménagements du Laboratoire de Koné seront achevés (2^{ème} semestre 2005) et que le Laboratoire de Saint-Vincent aura été réhabilité. Après quelques retards, ces travaux devraient se poursuivre durant le 2^{ème} semestre 2005.

Le personnel

		Yves HARACHE	Délégué IFREMER Chef du Laboratoire
Personnel scientifique	Cadres	Liet CHIM	Santé-Nutrition
		Denis COATANEA	Chef DAC Koné
		Luc DELLA PATRONA	Environnement
		Cyrille GOARANT	Pathologie
		Emmanuel GOYARD	Génétique
		Alain HERBLAND	Environnement (03/04)
		José HERLIN	Suivi filière
		Hugues LEMONNIER	Environnement
		Chantal MUGNIER	Physiologie
		Jacques PATROIS	Zootechne
		Dominique PHAM	Ecloserie
		Benoit SOULARD (CDD)	Base de données
	Techniciens	Dominique ANSQUER	Pathologie
		Francis BROUTOI	Ecloserie
		Pierre BRUN	Zootechne
		Christian LAMBERT	Zootechne
		Pierrette LEMAIRE	Santé-nutrition/analyses
		Jean-René MAILLEZ	Ecloserie
		Jean-Marie PEIGNON	Génétique
		Etienne PITA	Zootechne
	Technicien IAC	Anne Laure MARTEAU	Analyses
	Doctorants	Julien DELORGERIL	Immunologie
		Nelly WABETE	Physiologie
	VCAT	Sophie De Decker	Pathologie
Personnel logistique et administratif	Logistique	Henri MICHAUT	Electricité
		Jack PICHON	Suivi des travaux
		Jean-Michel RANOUIL	Informatique
		Georges SERY	Chef d'atelier
	Administration	Philippe BOISARD	Attaché administratif
		Loïc GOURMELEN	Responsable administratif
		Evelyne SAULNIER	Secrétariat
		Jean-Philippe SENSEBE	ACS

Formation du personnel Parmi les formations réalisées dans le cadre du plan de formation du DAC on retiendra particulièrement :

P. Lemaire à Grenoble (octobre 2004) : Stress oxydatif
14 agents au DAC : utilisation des logiciels Word, Excel, Power Point, Front Page

Stagiaires **Sophie De Decker** : DEA Exploitation Durable des Ecosystèmes, Université de La Rochelle. Stage de 5 mois sur la résistance de la crevette *Litopenaeus stylirostris* à la bactérie pathogène *Vibrio penaeicida*.

Hugues Gossuin : Etudiant INTECHMER, Cherbourg. Diplôme de Technicien Supérieur de la mer. Stage de 4 mois sur le suivi in situ d'un élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie exposé au syndrome 93.

Priscillia Grimigni : Stage de formation de 3 mois sur les activités zootechniques au DAC.

Yann Reynaud : DEA Océanographie Biologique et Environnement Marin, Université de Paris VI. Stage de 5 mois sur l'utilisation de bactéries probiotiques comme substituts aux antibiotiques en élevage larvaire de crevette. Stage financé par le GFA.

Lionel Moretti : Etudiant CREUFOP, Montpellier. Stage de 8 mois sur la qualité des pontes de la crevette *Litopenaeus stylirostris*. Stage financé par le GFA.

Les moyens

Infrastructures

DAC Saint Vincent

Le Laboratoire est encore dans l'attente du début des travaux de réhabilitation. L'ancien hangar logistique a cependant été réhabilité. Son aménagement intérieur est prévu pour 2005.

Parmi les infrastructures existantes (certaines destinées à être agrandies ou détruites pour être remplacées) on notera particulièrement :

- * un bâtiment rénové comprenant :
 - 2 salles expérimentales, chacune équipée de 16 bacs thermorégulés froid et chaud de 250 l.
 - une salle d'aquariums climatisée ; les effluents de ces 3 salles peuvent être traités dans des cuves de récupération avant leur rejet à la mer dans le cadre de leur utilisation en pathologie expérimentale.
 - une pièce permettant le prélèvement et le traitement d'échantillons.
 - une pièce pour les analyses d'eau et de sédiments.
- * un conteneur aménagé pour l'observation microscopique et la biologie moléculaire de base (PCR et gels d'agarose).
- * un conteneur spécialement aménagé et équipé pour les études et expérimentations sur la physiologie respiratoire de la crevette.
- * un bâtiment préfabriqué de 70 m² totalement équipé comprenant un laboratoire de microbiologie, un laboratoire d'analyses et les salles techniques annexes. Une extension viendra compléter le bâtiment actuel pour permettre la mise en place de nouveaux moyens d'analyse.
- * une zone expérimentale extérieure sous ombrage avec 16 bacs de 1500 l et 32 bacs de 500 l.



* une série de bassins en terre pour l'élevage de géniteurs, les expérimentations et les élevages de soutien aux programmes : 1 bassin de 1 ha, 6 de 500 m², 8 de 1200 à 1500 m². L'un de ces bassins est équipé spécialement pour les expérimentations en cages (24 cages de 2m²). Plusieurs bassins ont déjà été équipés de filets anti-oiseaux ; la mise en place de filets sera poursuivie en 2005. Des travaux de terrassements sont prévus pour fractionner certains bassins en unités de plus petite taille et refaire les sorties de bassin.

* une écloserie expérimentale (dont une salle de 32 bacs de 200 l) pour l'élevage larvaire de pénéides ; un nouveau bâtiment comprenant une salle de maturation thermorégulée, des salles d'élevage larvaires, une salle d'algues et des annexes viendra remplacer les installations actuelles lors de la rénovation des infrastructures.

DAC Koné



Bâtiment bureaux et laboratoire

La construction du laboratoire de Koné a débuté en mai 2004, sous la maîtrise d'ouvrage de la Province Nord. Le budget de l'opération s'élève à 120 millions XPF (1 millions d'Euros), sur financement Etat / P. Nord / P. Sud dans le cadre du Contrat de Développement Intercollectivités 2000-2004.

En perspective, zone vie et laboratoire



En décembre, l'essentiel du gros œuvre était terminé. La livraison du laboratoire est prévue pour la fin du premier semestre 2005.

Matériel

Le matériel scientifique a été acquis principalement ces dernières années. Il est constitué par :

- 3 microscopes (dont 1 à épifluorescence et 1 inversé)
- Ensemble imagerie permettant l'acquisition d'images ou de vidéo, avec un moniteur couleur et 1 caméra 3-CCD
- 6 loupes binoculaires
- 1 étuve bactériologique réfrigérée
- 1 fluorimètre TURNER
- 2 fluorimètres de terrain TURNER
- 1 osmomètre à tension de vapeur WESCOR
- 2 spectrophotomètres
- 1 centrifugeuse réfrigérée
- 2 hottes microbiologiques (flux horizontal et flux vertical)
- 1 congélateur à -80°C
- 1 autoclave
- 1 table UV
- 5 étuves

- 2 lecteurs de microplaques dont 1 thermorégulé
- 1 hotte chimique
- 1 bain à sec
- 3 balances de précision
- 1 four à moufle
- 1 thermocycleur 60 puits
- 1 four micro ondes
- 1 lyophilisateur
- 2 générateurs et 10 cuves d'électrophorèse
- 1 station eau Easypure
- 1 Cryothermostat Variostat
- 1 Dewar transport à sec
- 1 sonde multi paramètres WTW
- 1 broyeur de sédiments
- Tout ce matériel est complété par des appareils et équipements de paillasse permettant d'effectuer les mesures et analyses de routine.

Activités du projet DESANS

Le projet a été initié fin 2002 par une vaste campagne d'échantillonnage lors du suivi réalisé sur deux fermes pour mieux appréhender les conditions d'apparition du syndrome d'été. De nombreuses expérimentations ont eu lieu depuis lors, tant sur le terrain qu'en laboratoire, et les analyses commencent à fournir leurs premiers résultats.

De nouvelles méthodes analytiques et expérimentales ont également pu être mises au point ou perfectionnées ainsi que de nouveaux outils.

Toutes ces avancées sont présentées dans le cadre des actions (Work Packages, WP) prévues par le projet DESANS, et réparties dans les différentes tâches et sous tâches correspondantes.

WP 1 : Mise au point et optimisation d'outils et méthodes

WP1. Tâche 1 : Calibrer et standardiser les techniques d'infection expérimentale

Mise au point d'une quantification de *Vibrio penaeicida* par PCR en temps réel (collaboration IPNC)

Des essais d'hybridation sur colonies (colony blotting) ont été menés à 2 reprises afin de parvenir à une technique de dénombrement de *Vibrio penaeicida* et d'isolement de souches environnementales. Ces essais, ciblant 2 séquences géniques différentes (*rrs* et *gyrB*) se sont heurtés à un manque de spécificité. La PCR classique, portant sur l'amplification d'une partie du gène *rrs* permet une détection de *V. penaeicida* mais celle-ci demeure non quantitative (réponse de type « présence / absence »). Par ailleurs, la détection dans des échantillons environnementaux (eaux de bassins ou de pompage, eau interstitielle de sédiment) se heurtait à la présence d'inhibiteurs de PCR.

Un travail visant à pallier ces deux difficultés a été entrepris en collaboration avec l'Institut Pasteur de Nouvelle-Calédonie (IPNC) au sein de l'Unité de Recherche sur les Leptospires (Dr F. Mérien) : d'une part comparer différentes techniques d'extraction (chelex, phénol-chloroforme-AIA, kit Roche, kit QIAGEN) d'autre part parvenir à une technique de quantification de *V. penaeicida* dans les échantillons cliniques et environnementaux.

La PCR en temps réel (real time PCR) a été réalisée sur un appareil Light Cycler® de Roche à l'IPNC. Les travaux menés ont permis, à l'aide des mêmes amorces que pour la PCR classique de parvenir à de bonnes quantifications de *V. penaeicida* à partir d'extraits d'hémolymphe de crevette, d'eaux de renouvellement et de bassins ainsi que d'eaux interstitielles de sédiment. L'extraction au chelex est satisfaisante pour des hémolymphe, qu'il s'agisse d'animaux indemnes, porteurs sains, ou septicémiques. Une extraction satisfaisante des ADN à partir d'échantillons environnementaux n'a pu être obtenue qu'avec le kit Roche. Ces résultats feront l'objet d'une publication.

Infections de *Litopenaeus stylirostris* par balnéation dans une suspension de *Vibrio nigripulchritudo*

Une première estimation de la pathogénicité des nombreuses souches de *Vibrio nigripulchritudo* a été effectuée par injection intramusculaire à des crevettes saines. Toutefois, cette technique d'infection reflète probablement très mal les modalités d'infection naturelle, puisqu'elle porte atteinte à l'intégrité corporelle des animaux tests. La technique d'infection par balnéation développée au COP pour *V. penaeicida* (balnéation des crevettes pendant 2 heures dans une suspension de *Vibrio* ($\sim 10^4$ à 10^5 CFU.ml⁻¹) puis transfert en eau claire a été testée sur des souches pathogènes de *Vibrio nigripulchritudo*. Cette modalité d'infection permet d'obtenir une infection des animaux exposés. La cinétique de la mortalité induite est comparable à celle induite par une infection à *V. penaeicida*. Cette technique pourrait permettre une meilleure discrimination entre souches hautement pathogènes et souches modérément pathogènes.

Techniques d'étude de la croissance des *Vibrio* dans différents milieux de culture : outil d'étude de la physiologie bactérienne

Le projet DESANS prévoit d'étudier les conditions de la croissance et d'expression de la virulence des souches de *Vibrio* pathogènes. Les courbes de croissance de bactéries peuvent être suivies au spectrophotomètre par lecture de l'absorbance à 600 nm. A la suite de l'acquisition par le DAC d'un lecteur de microplaque thermorégulé, cette technique a été adaptée en microplaque (avec une lecture à 630 nm) et utilisée pour suivre la croissance de *Vibrio penaeicida* AM101, de *V. nigripulchritudo* AM102 (Syndrome 93) et de *V. nigripulchritudo* SFn1 (Syndrome d'été) dans différents milieux de culture (cf. WP3).

Mise en place de la PCR diagnostique du virus IHNV selon les normes de l'OIE

Le virus IHNV, qui est réputé particulièrement pathogène pour *Litopenaeus stylirostris* est enzootique en Nouvelle-Calédonie. La souche de crevettes élevée ici est réputée résistante à ce virus, la résistance se traduisant par un portage asymptomatique. L'importation par la profession de *L. stylirostris* indemnes de pathogènes à des fins d'apport de sang neuf risquait de se trouver confrontée à l'exposition de ces animaux au virus IHNV lors de leur sortie de quarantaine. Des animaux de cette souche ont été soumis, avant décision d'importation, à une infection expérimentale à IHNV à l'Université d'Arizona. Le Dr Lightner conclut à la résistance des animaux testés, leur survie étant identique à celle de témoins non infectés. Toutefois, des lésions pathognomoniques de l'IHNV étaient observées en histologie, à un niveau supérieur à ce qui est observé sur la souche élevée en Nouvelle-Calédonie. Ainsi, en prévision des sollicitations qui risquent de survenir, nous avons souhaité disposer d'un outil diagnostique validé et normé de ce virus. A cette fin, la PCR diagnostique de ce virus a été mise en place selon les amorces et normes de l'OIE. Les quelques échantillons calédoniens étudiés nous ont permis de confirmer que le portage asymptomatique est fréquent et de disposer ainsi d'un témoin positif pour d'éventuelles analyses à venir.

WP1. Tâche 2 : Rechercher, mettre au point, valider et calibrer de nouveaux outils de l'état physiologique et immunologique des crevettes

WP1. Sous tâche 2.1 : Mise au point, validation ou optimisation d'outils en physiologie et immunologie

Essais de mise au point du dosage du lysozyme dans l'hémolymphe de *Litopenaeus stylirostris*

Des travaux réalisés en 2003 par Julien de Lorgeril dans le cadre de sa thèse montraient une différence d'expression du lysozyme entre les populations témoin et sélectionnés pour leur survie au Syndrome 93. Il est apparu intéressant de mettre au point, au DAC, un protocole simple et rapide, utilisable en routine, de mesure de l'activité du lysozyme dans l'hémolymphe de la crevette *Litopenaeus stylirostris*. Ce paramètre serait en effet susceptible de constituer un indicateur de santé, voire, dans un second temps, un critère de sélection génétique.

L'activité du lysozyme est classiquement évaluée (par rapport à une gamme étalon de lysozyme de blanc d'œuf) par la cinétique de digestion du substrat *Micrococcus lysodeikticus*. Il est apparu souhaitable de réaliser ces essais en microplaque (faible volume d'hémolymphe disponible, facilité de constituer des répliqués, lecture rapide de nombreux échantillons).

Les essais ont tout d'abord porté sur les conditions physico-chimiques permettant de mettre en évidence cette activité dans l'hémolymphe de crevette. Ces conditions ont été ciblées puis confirmées par une série d'expérimentations au cours de laquelle une activité de type lysozyme a été mise en évidence dans plusieurs échantillons de 100µL d'hémolymphe fraîche.

Parmi les difficultés rencontrées, le fait que l'absorbance de l'hémolymphe seule à la même longueur d'onde que le substrat de la réaction (450 nm) variait au cours du temps nous a amené à réaliser des blancs sans substrat pour chaque échantillon d'hémolymphe ainsi qu'une pré-incubation de la microplaque avant ajout du substrat au moment où la diminution d'absorbance de l'hémolymphe atteint une phase de plateau.

Les travaux complémentaires à réaliser avant d'envisager le dosage de cette activité en routine sont d'une part la miniaturisation (essais sur de plus petits volumes d'hémolymphe, 20µl étant souhaitable), d'autre part les modalités de préparations de l'hémolymphe permettant un dosage différé. Ainsi, cet outil pourrait être étudié, comme d'autres indicateurs physiologiques ou immunitaires, dans le cadre de comparaisons entre crevettes saines, porteuses ou infectées, entre crevettes survivant ou non à une infection expérimentale (prélèvement avant infection), entre crevettes issues de populations témoin et sélectionnée ou encore ayant subi divers traitements ou stress...

Enfin, l'évaluation de l'activité de ce lysozyme sur les *Vibrio* affectant les crevettes en Nouvelle-Calédonie (*V. penaeicida* et *V. nigripulchritudo*) apparaît intéressant dans un plus long terme.

WP1. Sous tâche 2.2 : Calibration des outils pour les études en nutrition

Le stress oxydant est l'expression de l'équilibre entre la production et l'élimination des radicaux libres qui dénaturent, en les peroxydant, les macromolécules biologiques comme les lipides. Les biomarqueurs du stress oxydant qui ont été adaptés au modèle crevette sont classés en prooxydants, le dialdéhyde malonique (MDA), et en antioxydants : parmi les antioxydants, les dosages ont été mis au point pour le glutathion (réduit ou total), le groupe des enzymes dits « éboueurs » avec les superoxydes dismutases (SOD), la catalase et les glutathions peroxydases à cofacteurs sélénium. La mesure sur les crevettes du pouvoir oxydant ou Total Antioxydant Status (TAS) a également été mise au point. En 2004 ce travail a été réalisé pour les marqueurs suivants :

Le Malondialdéhyde - MDA - Au cours de la peroxydation lipidique, un nombre important d'aldéhydes sont formés par cassure des hydroperoxydes lipidiques. La plupart de ces aldéhydes sont très réactifs et peuvent être considérés comme de seconds messagers toxiques qui augmentent les dommages initiaux dus aux radicaux libres.

Principe de la mesure : après traitement acide à chaud, les aldéhydes réagissent avec le TBA (acide thiobarbiturique) pour former un produit de condensation chromogénique consistant en 2 molécules de TBA et une molécule de MDA. L'absorption intense de ce complexe ($\epsilon = 153000$ à $\lambda = 532\text{nm}$) et sa forte fluorescence à 553 nm rendent cette mesure très sensible. In vitro, le MDA est le principal aldéhyde qui peut réagir avec le TBA, mais ce n'est pas toujours le cas pour les échantillons d'expériences in vivo. Un des désavantages de cette méthode est le nombre important de substances capables de réagir avec le TBA pour former des chromogènes absorbant entre 530 et 535 nm. Le manque de spécificité explique la dénomination de TBARS (Thio Barbituric Acid Reactive Substances) et non celle de MDA (malondialdéhyde). L'absence de standardisation de la méthode rend difficile la comparaison des valeurs dans la littérature (0 à 47 µmolTBARS /l plasma). Les mesures de MDA réalisées au DAC sont basées sur la méthode de Grenoble (Laboratoire du Prof Favier) avec un fluorimètre Turner TD700 et passage de cuves 4 faces pour fluorimètre.

Le Total Antioxydant Status. TAS - Ce paramètre donne une réponse globale du pouvoir antioxydant d'un organisme. Il rassemble aussi bien les antioxydants exogènes (apportés par l'aliment) tels les vitamines C, E et caroténoïdes que les antioxydants endogènes, glutathion, superoxyde dismutase, catalase et glutathione peroxydase.

Principe du dosage : L'ABTS (2,2-azino bis) est incubé avec une peroxidase (Horse Radish) et H₂O₂ (comme pro-oxydant) pour donner un radical cationique ABTS⁺. Celui-ci a une couleur bleu-vert mesurée à 600nm et lue à 3mn. Les antioxydants présents dans l'échantillon mesuré induisent une diminution de la production de couleur, proportionnellement à leur concentration. Grenoble opère le dosage de la Tas sur un automate selon la méthode RANDOX que nous avons adaptée au dosage sur microplaque. Par cette méthode il suffit d'une prise d'essai de 6µL répétée sur 4 puits.

La Superoxyde Dismutase -SOD totale.- Les Superoxydes dismutases sont capables d'éliminer l'anion superoxyde par une réaction de dismutation. Elles sont constituées d'un puit hydrophobe au centre de la protéine dans lequel se glisse l'anion superoxyde. Il existe deux SOD, la SOD cuivre-zinc et la SOD manganèse. Pour simplifier la mesure, c'est la mesure de la SOD totale qui a été choisie.

Principe du dosage : L'auto oxydation du pyrogallol en présence d'EDTA, est inhibée jusqu'à 90% par la Superoxyde Dismutase à pH 7.9 à 9. Le dosage enzymatique se fait à 25 °C, la lecture à 405nm directement dans les puits pour une prise d'échantillon de 20µl avec répétition sur 4 puits.

WP1.Tâche 3 : Mise au point d'une zootechnie appliquée à la génétique.

Mise au point d'un module d'élevage en circuit fermé et mise en place des installations de quarantaine

L'importation de sang neuf dans les meilleures conditions de biosécurité impose que de multiples précautions soient prises afin d'éviter que la présence d'un pathogène, non identifié lors des tests préliminaires à l'importation, puisse se propager à l'ensemble de la filière.

L'utilisation d'installations de quarantaine fonctionnant en circuit fermé permet de répondre à ce souci en réalisant l'élevage des crevettes importées, sur une période de plusieurs mois, dans des conditions d'isolement tout en permettant la réalisation de tests de détection de pathogènes.

Les contraintes initiales

Un certain nombre d'exigences sanitaires, biologiques et techniques répondant aux besoins de biosécurité, d'importation d'un maximum de variabilité génétique et de fiabilité des installations, a été fixé respectivement par la DAVAR, l'UPRAC et l'Ifremer dans leurs domaines de compétence respectifs.

- Zoosanitaires :
 - Durée d'élevage minimale de 4 mois
 - Localisation de la quarantaine à l'intérieur des terres, loin de la zone maritime
 - Traitement des rejets et déchets
 - Protection de la quarantaine/extérieur
 - Réglementation de l'accès à la quarantaine et à la zone d'élevage
- Biologiques : 16 familles de 100 individus de 1g pour une survie finale de 50% à 20-25g, soit une biomasse en élevage de 20kg
- Techniques :
 - Circuit fermé
 - Animaux répartis entre plusieurs bacs pour limiter les risques
 - Eau de mer artificielle pour éviter une contamination possible par l'eau de mer de NC et les aléas d'un ravitaillement par citernes
 - Utilisation d'équipements standard, interchangeables pour faciliter l'entretien et leur réutilisation après la période de quarantaine
- Financières : limitation des coûts

Le projet

Les contraintes ont permis de définir la taille des installations et le type de matériel qui allait être utilisé

- 2 modules d'élevage chacun composé de 2 bacs circulaires de 5 m³
- Ecumeur, filtre biologique, filtres et UV
- Bacs de 2.5m³ pour la préparation de l'eau de mer
- Citernes de 5m³ pour le traitement et le stockage des effluents

Le module expérimental

Afin de vérifier la pertinence du choix technique tant pour la qualité du matériel que pour la capacité du circuit fermé à supporter une charge de 1 kg/m³, un module simplifié (sans UV et filtre) a été mis en place provisoirement au DAC.



Les conditions d'élevage

- charges croissant progressivement de 80g à plus de 1kg/m³ par ajout de nouvelles crevettes (pm de 13 à 21g)
- température non contrôlée baissant de 27° à 19°C
- nitrification se mettant en place naturellement dans le filtre biologique
- eau de mer naturelle de salinité variant entre 32‰ et 37‰ en fonction de l'évaporation, des changements d'eau et de l'addition d'eau douce

- alimentation journalière en 3 distributions avec mélange de granulé SICA et MSV à 5% de la biomasse ; une distribution par semaine de calamar à 10% de la biomasse

Les résultats

- La survie (Figure 1) : faible mortalité chronique tout au long de l'élevage mais forte mortalité suite aux transferts d'animaux à partir des bassins. Ces mortalités sont typiques des transferts d'animaux en saison froide. Survie totale sur la période = 60%. Les croissances n'ont pas été mesurées pour ne pas entraîner de mortalités.
- Le filtre biologique : taux d'ammoniaque total montant jusqu'à 20ppm sur plusieurs jours lors de la mise en place de la flore nitrifiante. Ces forts taux qui correspondent à l'apparition de « black spots » sur près de 30% de la population en élevage, n'ont pas eu de répercussions sensibles sur la survie. Par la suite les taux se sont stabilisés à des valeurs entre 0.1 et 1ppm. Les taux de nitrite et nitrate ont été régulés grâce à des changements d'eau. Le pH est stable autour de 7.5.
- Les changements d'eau : leur périodicité (de 1 à 3/semaine) et leur importance (de 5 à 20%) ont varié en fonction de la qualité de l'eau. Sur l'ensemble de la période, le changement journalier extrapolé a été inférieur à 5%.
- L'oxygène : les concentrations sont constantes dans la gamme 7.9 – 8.7 ppm.
- Le taux de recirculation : supérieur à 200%/heure, il assure une bonne oxygénation de l'eau, en grande partie grâce à l'écumeur. Afin d'optimiser le rendement du filtre biologique, une vanne permettant un retour direct dans l'un des bacs a été mise en place pour la régulation du débit vers le filtre biologique.
- L'alimentation : les crevettes sont très actives pour s'alimenter malgré les basses températures. Les 3 rations journalières sont rapidement consommées. L'apport hebdomadaire de calamar semble nécessaire et a fait disparaître la coloration bleue qui apparaissait.

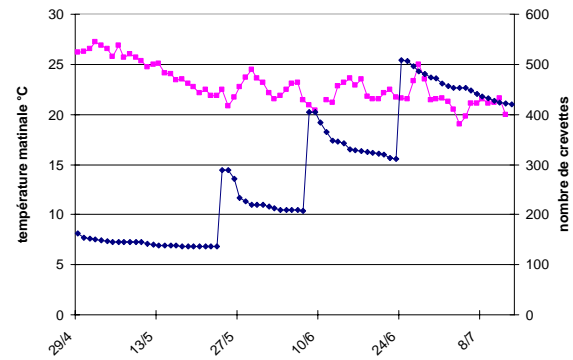


Fig. 1 : survie et évolution de la survie et du nombre total de crevettes

Conclusion

Malgré l'influence négative des faibles températures, les résultats sont globalement satisfaisants et confirment la fiabilité du circuit fermé. Ils doivent pouvoir être améliorés dans les installations définitives grâce aux plus fortes températures, à de petites modifications dans la gestion et l'agencement du système et à un aliment de meilleure qualité. Des survies de 50% peuvent être espérées avec des charges atteignant plus de 1kg/m³ qui restent compatibles avec la capacité des systèmes à épurer l'eau.



L'eau de mer artificielle n'a pas pu être testée mais son utilisation (même qualité) dans des installations similaires ne paraît pas poser de problèmes.

La disponibilité d'un dock aménageable en quarantaine sur la commune de Boulouparis a permis de concrétiser un projet intégrant les installations d'élevage et les aménagements particuliers liés au fonctionnement de la quarantaine et à sa composante biosécurité. Ce projet a été validé par la DAVAR.

WP 2 : Caractérisation des phénomènes in situ

WP2.Tâche 1 : Dans le cadre du syndrome d'été

La première opération du programme DESANS a consisté à suivre l'évolution de deux élevages de crevettes en saison chaude (de la mi-octobre 2002 à la mi-janvier 2003) pour décrire la dynamique d'apparition des mortalités du « Syndrome d'été », et tenter d'en comprendre les causes.

On se contentera ici d'un rappel puisque la phase terrain de cette tâche s'est déroulée fin 2002-début 2003 et que le colloque « Styli 2003 », qui s'est tenu en juin 2003 en Nouvelle-Calédonie lui a été largement consacré.

Deux élevages avaient été choisis en fonction de la forte probabilité d'apparition (Sea Farm, SF) et de non apparition (Pénéide de Ouano, PO) du syndrome. Les conditions environnementales, les caractéristiques biologiques, physiologiques et immunitaires des crevettes, la présence et la virulence du pathogène *Vibrio nigripulchritudo* dans le milieu et dans les crevettes ont été suivis simultanément avec un pas de temps approprié (hebdomadaire pendant 5 semaines puis tous les deux jours ensuite).

WP2. Sous tâche 1.3 : Propositions d'hypothèses explicatives

Un **scénario hypothétique** présentant le plus d'éléments cohérents pour expliquer le déclenchement du syndrome d'été et sa récurrence a pu être élaboré au cours de l'année 2004 (et tout début 2005).

Pour des raisons « historiques » (voir **WP4 - 3.2**) dont le déterminisme initial reste incertain, le site de Sea Farm posséderait aujourd'hui des niveaux élevés de *V. nigripulchritudo* pathogènes, dès le début de chaque élevage. En revanche à Pénéide de Ouano, *V. nigripulchritudo* n'est détecté qu'à faible concentration et plus tardivement. Les crises répétitives auraient en quelque sorte « cultivé », avec le syndrome d'été récurrent, le pathogène sur son site, voire dans la baie.

- L'eutrophisation précoce et variable à Sea Farm favoriserait le développement des *Vibrio* dont certaines souches pathogènes attaquent et affaiblissent la crevette en phase de forte croissance. Cette eutrophisation précoce pourrait avoir aussi un impact négatif direct sur les crevettes, auxquels pourraient s'ajouter d'autres facteurs de sensibilité propre à la crevette comme la mue et/ou une éventuelle "crise de croissance". Au contraire à Pénéide de Ouano, l'eutrophisation plus tardive et plus « douce » et un niveau de *Vibrio* plus faible au début de l'élevage retardent, voire permettent de maîtriser, les conditions de son développement.

- Une fois le syndrome d'été déclenché dans le bassin, la maladie se développe par contagion puisque les crevettes infectées sont autant de foyers infectieux. Le pathogène se dissémine dans l'eau, s'adsorbe sur les aliments et les particules, ou se propage directement par cannibalisme.

- La conjonction de ces trois facteurs à Sea Farm (niveau initial de *Vibrio* élevé, eutrophisation précoce et instable, auxquels sont soumises les crevettes en phase de croissance forte) semble, dans l'état actuel de nos connaissances, le scénario le plus probable de déclenchement de la maladie. Cette conjonction n'existe pas à Pénéide de Ouano où la maladie n'est jamais apparue.

WP2.Tâche 2 : Dans le cadre du syndrome 93

Le syndrome d'hiver est une pathologie saisonnière qui se caractérise par des mortalités dues à *V. penaeicida* dans les bassins de grossissement en saison fraîche.

Un suivi du même type que celui du syndrome d'été a été réalisé en 2004 à la station de Saint-Vincent avec comme objectif de mesurer, le long d'un cycle d'élevage, les variables les plus pertinentes dans chacun des compartiments identifiés (crevette, pathogène, environnement) pour décrire précisément les conditions d'apparition du syndrome d'hiver. Le choix de Saint-

Vincent a été dicté par le fait que les fermes évitent des élevages pendant la principale période de risque.

WP2. Sous tâche 2.1 : Stratégies d'échantillonnage



Comme pour le suivi d'été, cette opération a mobilisé une grande partie des forces du DAC au cours du premier semestre 2004, et ceci d'autant plus que la gestion zootechnique de l'élevage était assurée par le laboratoire.

La stratégie d'échantillonnage a été très proche de celle appliquée au syndrome d'été. Le plus grand bassin de la station (le bassin H, 1,2 ha) a été ensemencé à la mi-février 2004 à une densité de 19 PL/m². La fréquence des prélèvements pour les variables environnementales était hebdomadaire pendant les 5 premières semaines, tous les 2 jours ensuite. L'opération a s'est terminée fin

juin (durée 112 jours).

Les caractéristiques biologiques (poids, sexe, aspect extérieur) et l'état physiologique et immunitaire des crevettes, incluant le stade de mue ont été mesurés. L'hémolymphe et la glande digestive ont été prélevées sur des animaux en intermue (stade C) et en prémue avancée (stade D₂), aux 28^{ème} et 35^{ème} jours d'élevage, puis, à partir du 41^{ème} jour, tous les deux jours. Des paramètres physiologiques tels que la capacité osmorégulatrice (CO) également exprimée en pression osmotique (PO), les concentrations en oxyhémocyanine (OH), protéines totales (PT), glucose, magnésium (ion Mg) et calcium (ion Ca) ont été mesurés dans le plasma. Le nombre total d'hémocytes (THC) a été compté. Des prélèvements ont également été réalisés sur des crevettes moribondes relevées sur les bords du bassin.

Suivi des variables relatives aux pathogènes : Le suivi quantitatif de la flore vibrionacée dans l'eau d'élevage a été réalisé par étalement en triplicats sur milieu TCBS, décrit comme spécifique de la flore Vibrionacée. Des extractions d'ADN par la technique du « chelex » ont été réalisées sur l'eau de renouvellement, l'eau du bassin, l'eau interstitielle du sédiment, sur les 30 animaux prélevés ainsi que sur les crevettes moribondes. Ces extractions, destinées à être analysées par la technique de diagnostic par PCR, ont pour objectif de détecter spécifiquement la présence de *Vibrio penaeicida* dans les crevettes et le milieu d'élevage comme l'un des paramètres descriptifs du système.

Analyse de l'évolution de l'état physiologique des crevettes au cours de l'élevage en relation avec les mortalités d'hiver et relation avec l'environnement et le pathogène.

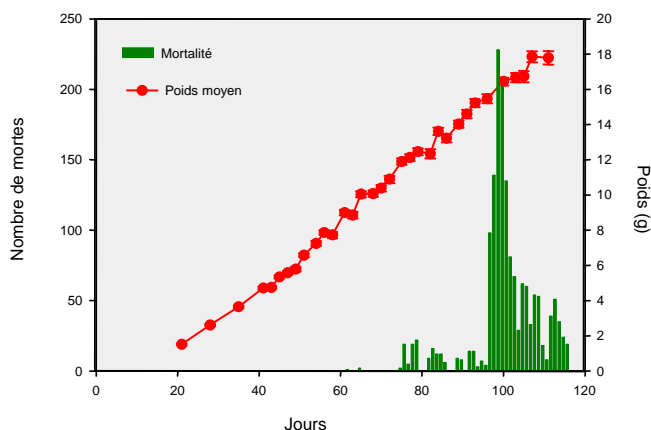


Fig. 2 : Evolution du poids moyen et des mortalités au cours de l'élevage dans le cadre du suivi *in situ* du syndrome 93

Les premières crevettes moribondes ont été observées à partir de J62 régulièrement, sans jamais dépasser 24 individus. A partir de J97, on observe alors une nette augmentation du nombre de mortes/moribondes, avec un pic vers J100 (Figure 2). De J62 à J94 les crevettes ne semblaient pas présenter les caractéristiques d'une septicémie à *Vibrio*, comme le suggère une analyse histologique réalisée à J83. L'évolution du poids moyen est présentée sur la figure 2.

D'un point de vue physiologique, les crevettes moribondes présentaient un profil physiologique très différent des crevettes pêchées à l'épervier, avec des niveaux des différents paramètres soit inférieurs (CO, glucose, PT, OH), soit supérieur (ions Mg), signes d'une physiologie perturbée. Les résultats pour les animaux en intermue, regroupés par périodes, sont présentés sur la figure 2. En ce qui concerne les crevettes pêchées à l'épervier,

l'analyse de détection par PCR de *V. penaeicida* dans l'hémolymphe des crevettes n'étant pas terminée, il n'est pas possible pour le moment de différencier les crevettes porteuses du *Vibrio* de celles qui ne le sont pas. Cela peut avoir une importance pour le traitement des données. En effet, le suivi réalisé sur le syndrome d'été a mis en évidence une différence entre les deux groupes. Lorsque la détection sera réalisée, les résultats permettront de voir si une telle différence peut être observée avec *V. penaeicida* et, le cas échéant, séparer les deux groupes pour l'analyse. L'observation préliminaire de l'évolution des différents paramètres montre que la PO augmente entre le début du suivi et jusqu'à la période J81-90, puis diminue au moment du pic de mortalité (Figure 3). Le glucose présente une chute sur la période où les premières moribondes sont observées (J71-80, figure 2), et dans une moindre mesure les PT. Cette première analyse reste à être confirmée.

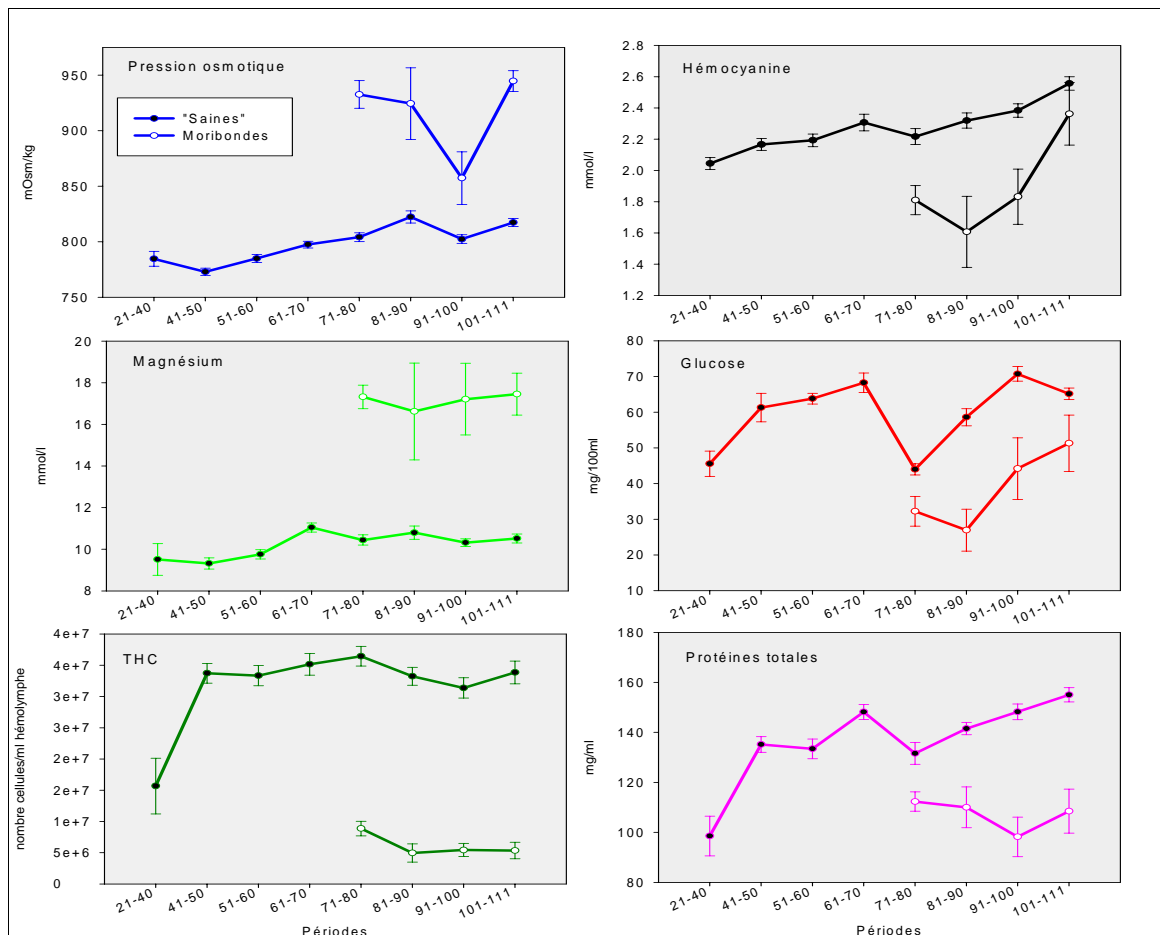


Fig. 3 : Evolution de la pression osmotique et des concentrations plasmatiques de l'hémocyanine, du magnésium, du glucose, du nombre total d'hémocytes (THC) et des protéines totales chez des crevettes en stade C du bassin H apparemment saines ("saines", ronds noirs) et moribondes (ronds blancs). Moyenne \pm erreur standard.

Evolution des conditions environnementales du bassin.

Une belle décroissance de la température, mais irrégulière, a été observée entre le début et la fin de l'expérience. Cette évolution est conforme au schéma saisonnier habituel « en dents de scie ». Pas de différence pour les températures du matin entre le fond et la surface, ce qui traduit une bonne homogénéisation de la colonne d'eau pendant la nuit. En revanche à partir de J68, la température du soir est plus élevée en surface qu'au fond, ce qui est l'expression d'une stratification pendant la journée (Figure 4).

La concentration en O₂ (mg/l) diminue très régulièrement le matin, et comme pour la température, on n'observe aucune différence entre le fond et la surface (Figure 4). Les concentrations du matin remontent à partir de J90, jour de mise en service des aérateurs. Les concentrations du soir, quasi systématiquement plus élevées en surface à partir de J68 confirment l'existence d'une stratification diurne. Or à partir de J68 les pourcentages de

saturation en O₂ du matin sont au-dessous de 50%, pour atteindre 25-30% à J88 (non montré).

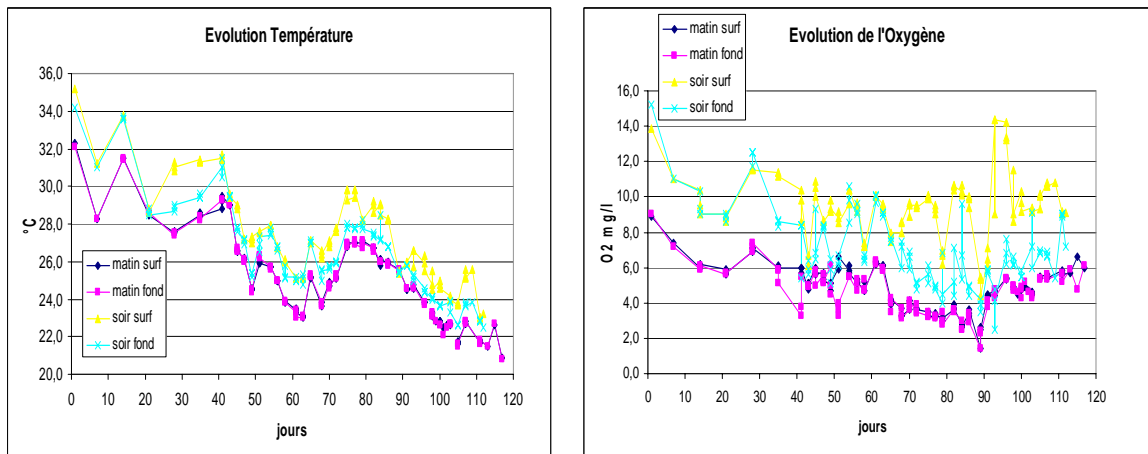


Fig. 4 : Evolution des températures et de l'oxygène au cours du suivi pour l'étude du syndrome d'hiver.

Il est intéressant de noter que la mise en route des aérateurs (J91) précède de quelques heures une augmentation spectaculaire des concentrations en ammonium (Figure 5) et en phosphore tant en surface qu'au fond pour l'ammonium. Ce pic de sels nutritifs est suivi, 3 à 5 jours plus tard, d'un maximum de chlorophylle jamais atteint auparavant largement dominé par des cellules nanoplanctoniques (2-20µm)(Figure 5).

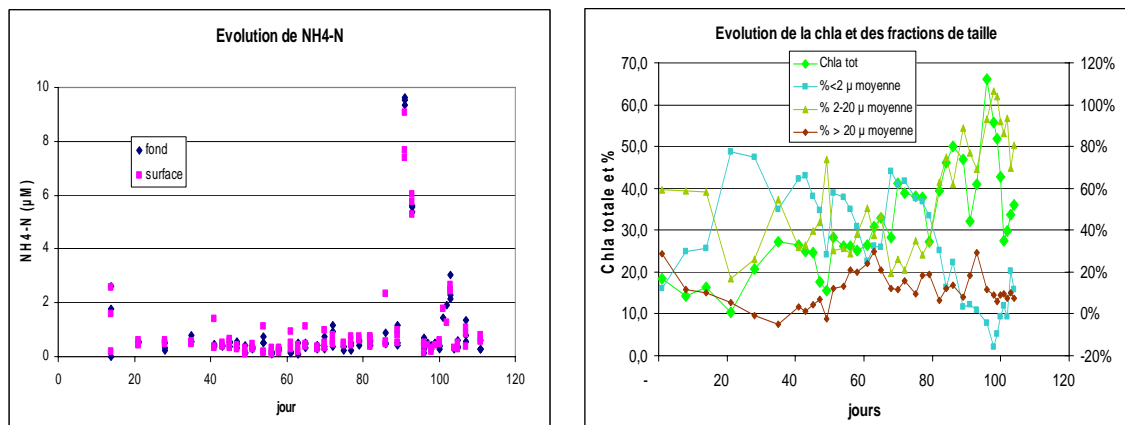


Fig. 5 : Evolution de l'ammonium, de la chla totale et des différentes catégories de taille du phytoplancton au cours du suivi pour l'étude du syndrome d'hiver.

Présence du vibrio dans l'eau et mortalités.

Le *V. penaeicida* (présence/absence mesurée par la technique PCR) a été détecté dans l'eau du bassin pour la première fois à J61 et de façon chronique à partir de J91. Cette évolution est en accord avec l'apparition des moribondes puis des mortalités (Figure 2 plus haut).

WP2. Sous tâche 2.3 : Propositions d'hypothèses explicatives

Un scénario environnement du déclenchement du syndrome 93

Tout se passe bien dans les deux premiers mois de l'élevage. Mais à partir de cette date une succession (ou une coïncidence) de phénomènes va entraîner des perturbations dans les équilibres environnement-crevette-pathogène.

A ce stade de l'élevage la température atteint un premier minimum (23°C) qui, sans être critique, peut fragiliser la crevette. à ce moment Le pathogène apparaît dans l'eau à ce moment, ainsi que des moribondes puis les mortes, mais sans qu'il soit possible pour l'instant

(faute d'analyse) de les attribuer à une attaque bactérienne. La mise en place d'une stratification de la colonne d'eau accentue la diminution de l'oxygène du matin dont les concentrations deviennent critiques (2mg/l, 30% de saturation) ce qui oblige la mise en route des aérateurs. Ce qui a pour conséquences une remise en suspension des sédiments et une libération de sels nutritifs dans la colonne d'eau, et peut-être, une augmentation du *Vibrio penaeicida* qui provoquerait alors des mortalités importantes (syndrome d'hiver).

La brusque libération de nutriments (et d'autres éléments ?) contenus dans le sédiment après 3 mois d'élevage) par une action mécanique a probablement accéléré le déclenchement du syndrome. Cette action fortuite montre l'importance des processus à l'interface eau-sédiment et la nécessité de les étudier afin de mieux gérer les échanges (comme par exemple éviter les « à coup ») à ce moment.

Un scénario physiologie du déclenchement du syndrome 93

La crevette est extrêmement sensible aux variations thermiques dès lors que celles-ci se situent aux marges de la zone de son confort physiologique (22°C à 30°C).

Les mortalités massives en relation avec le syndrome 93 apparaissent généralement en entrée de saison froide lorsque les variations thermiques passent en dessous du seuil des 22°C. Une chute de température autour du seuil des 22°C induit une baisse de la capacité osmorégulatrice

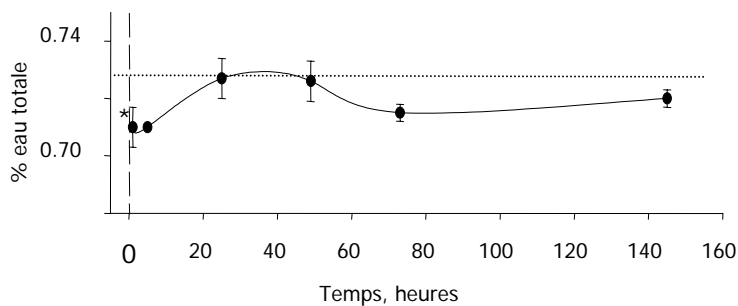
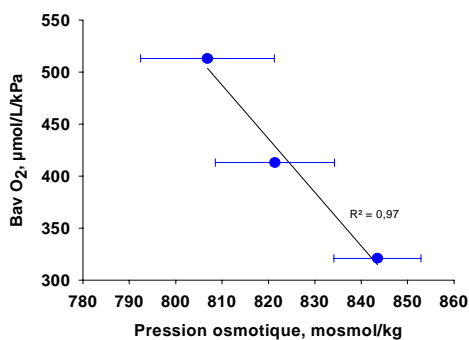


Fig. 6 : Evolution de la teneur en eau des animaux suite à un stress en hiver.



de la crevette entraînant une importante fuite d'eau. Cette fuite d'eau (Figure 6) est « colmatée » très lentement (6-7 jours) en saison froide lorsque la crevette est exposée à des températures de 20°C. Ce phénomène a de nombreuses répercussions sur la physiologie de l'animal dont une baisse notable de l'affinité du pigment respiratoire (hémocyanine) pour l'oxygène (Figure 7) conduisant à un abaissement du pouvoir oxyphorique (quantité d'O₂ pouvant se trouver dans un volume donné d'hémolymphe).

Fig. 7 : Evolution de la capacitance (Bav) en fonction de la pression osmotique de l'hémolymphe. Plus la Bav est élevée plus grande est l'affinité de l'hémocyanine pour l'oxygène. La pression osmotique augmente en relation avec la perte du pouvoir de régulation de l'animal.

Dans cette situation il y aurait déficit d'oxygène au niveau des tissus de la crevette dont la survie reposerait alors sur sa capacité à compenser cette pénurie. L'animal dispose en théorie de trois voies pour augmenter l'apport d'oxygène au niveau de

ses tissus :

- la première voie est d'accélérer sa respiration (hyperventilation) pour augmenter le passage de l'oxygène à travers ses branchies, Sur la Figure 8 on observe que la valeur de base de la PaO₂ est égale à 2 Kpa et que cette valeur augmente à 5Kpa juste après que le stress soit appliqué aux crevettes. Cette augmentation de la PaO₂ du sang traduit une accélération de la respiration

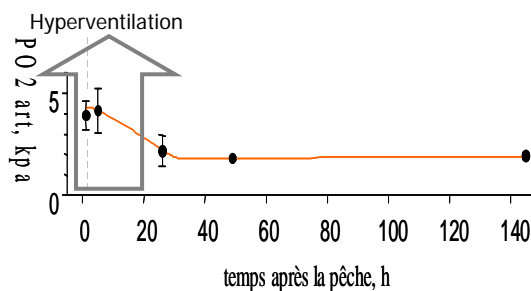


Fig. 8 : Evolution de l'oxygène libre du sang artériel (PO₂ art) des crevettes suite à un stress en saison froide. L'augmentation de la PO₂art traduit une accélération de la respiration (hyperventilation) de la crevette.

(hyperventilation) des animaux. Cependant cette hyperventilation compensatrice ne dure que 24h et le relais doit être pris par les deux voies exposées ci après,

- la deuxième voie est d'accroître le flux sanguin en augmentant son débit cardiaque. Des mesures sont en cours au LAC afin de montrer ce phénomène qui a par ailleurs été décrit chez la crevette *Litopenaeus vannamei*. Chez cette espèce, l'augmentation du flux sanguin est associée à un accroissement du volume cardiaque. Une composante physiologique explicative des mortalités du S93 serait donc des complications cardiaques faisant suite à une baisse du pouvoir oxyphorique sanguin conséquence d'une perturbation de l'équilibre ionique des crevettes stressées en saison froide. Chez *stylirostris*, en minimisant expérimentalement les perturbations ioniques associées à un stress en hiver, et en accélérant la vitesse de récupérer des animaux on évite les mortalités caractéristiques du « syndrome 93 induit ».
- la troisième voie est d'augmenter le pouvoir oxyphorique du sang par amplification de la synthèse d'hémocyanine (protéine contenant du cuivre = pigment respiratoire chez la crevette). Ce phénomène a été décrit chez quelques décapodes et deux facteurs pourraient limiter l'utilisation de cette voie chez *L. stylirostris*. Le premier serait une carence en cuivre des animaux. Cette carence serait le résultat d'un trop faible apport de ce métal conséquence d'un sous dosage dans l'aliment commercial et/ou d'une baisse de la prise de nourriture chez les crevettes élevées aux températures hivernales. Le deuxième facteur serait un ralentissement de la synthèse de l'hémocyanine conséquence également de la baisse de la température.

Connaissant les causes physiologiques conduisant à la mort des animaux en saison froide il a été possible de développer une méthode pour prévenir cette mortalité chez les géniteurs au cours de leur transfert en écloserie (voir transfert géniteurs). Cette méthode n'est pas applicable en bassin d'élevage où les volumes d'eau mis en jeu ne permettent pas le contrôle de la température et de la salinité. Par contre, en bassin d'élevage, la solution au syndrome 93 pourrait passer par l'alimentation. Cette solution engloberait (1) une gestion adaptée des repas aux périodes de grandes variations thermique autour du seuil des 22°C, (2) un enrichissement de l'aliment en cuivre afin de permettre aux animaux de répondre à une augmentation de leurs besoins en oxygène et (3) un enrichissement en acides gras essentiels pour améliorer l'adaptation des crevettes aux températures hivernales. Le Cuivre étant un élément très oxydant, notamment pour les acides gras polyinsaturés, son incorporation dans l'aliment doit se faire avec beaucoup de précaution au risque de provoquer une peroxydation des lipides membranaires (stress oxydant, **WP1-2.2**). L'apport en cuivre doit donc être associé à celui des vitamines antioxydantes (vitamines C, vitamines E et caroténoïdes). L'enrichissement des granulés en ces différents éléments devrait également compenser la baisse de l'appétit des animaux élevés en saison froide.

WP 3 : Etude expérimentale des hypothèses explicatives

WP3. Tâche 1 : Virulence des pathogènes

WP3. Sous tâche 1.1 : Compléter et entretenir une banque de bactéries isolées sur les crevettes ou le milieu d'élevage. Caractérisation de leur pouvoir pathogène

Caractérisation du pouvoir pathogène et typage moléculaire d'une sélection de souches de *Vibrio nigripulchritudo* de différentes origines géographiques et isolées dans différents contextes : interprétation épidémiologique

Un grand nombre de souches de *V. nigripulchritudo* isolées ont été conservées pour être étudiées. Une sélection de ces souches a été étudiée de façon plus précise, d'une part en pathologie expérimentale (par un modèle d'injection intramusculaire), d'autre part en typage moléculaire (technique d'AP-PCR). Une présentation visuelle de l'ensemble des résultats de ces travaux est présentée dans la Figure 9. Cette étude permet d'apporter des informations complémentaires quant à l'épidémiologie de *V. nigripulchritudo* et contribue à l'analyse de son risque d'expansion :

- ◆ Toutes les souches associées au « Syndrome d'été » présentent une forte proximité génétique et peuvent être regroupées en un seul groupe.
- ◆ Ce groupe contient également des souches de nombreuses autres origines géographiques couvrant l'ensemble de la côte Ouest de la « Grande Terre ».
- ◆ Parmi ces souches qui ne sont pas associées au « Syndrome d'été », certaines ont un pouvoir pathogène expérimental pour les crevettes tout aussi élevé que les souches responsables du « Syndrome d'été », notamment quelques souches de la ferme voisine Pénéide de Ouano.
- ◆ D'autres enfin ne présentent aucun pouvoir pathogène expérimental ou qu'un pouvoir pathogène moyen.

Ces éléments démontrent que les facteurs de pathogénicité de ces souches ne sont pas pris en compte dans cette technique de typage. Aussi une étude plus précise de l'épidémiologie devrait-elle être faite sur la base de la recherche de ces facteurs de virulence (sujet d'une thèse de sciences actuellement en cours). Toutefois, on peut d'ores et déjà penser que la vaste répartition géographique de souches très proches de celles responsables du Syndrome d'été, alliée à la « circulation » de gènes de virulence, rend plausible le risque d'une extension géographique de cette maladie.

- ◆ Les souches historiques isolées d'épisodes de « Syndrome 93 » ne sont pas apparentées aux souches responsables du Syndrome d'été. Elles se trouvent par contre dans un groupe qui contient également des souches isolées de mortalités opportunistes en saison chaude, montrant que ce groupe ne présente pas de caractère saisonnier prononcé.

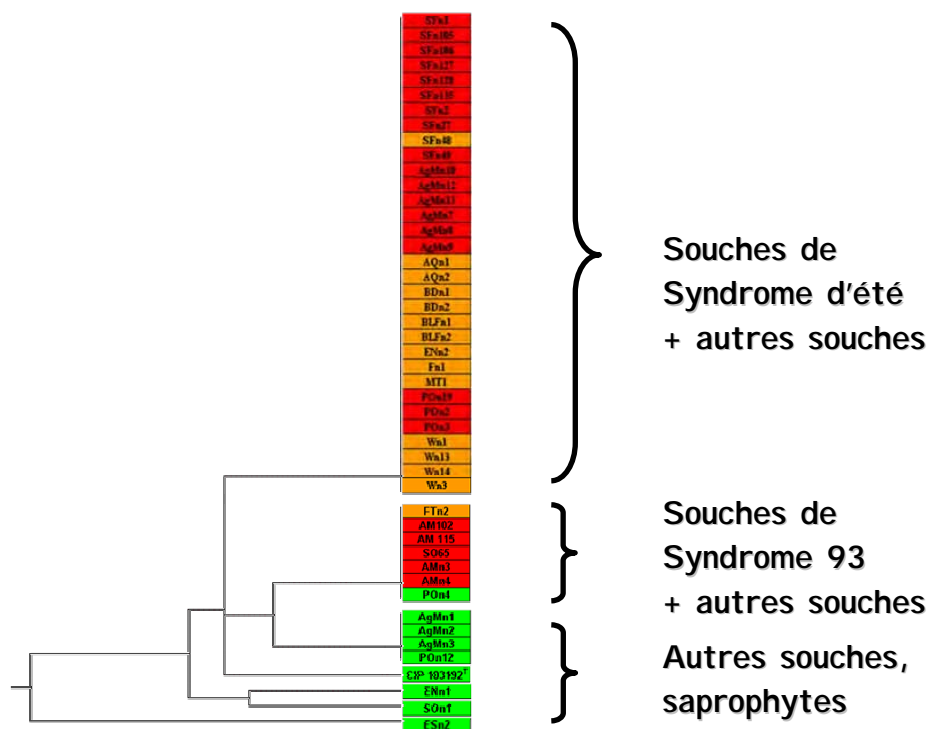


Fig. 9 : Dendrogramme synthétisant les résultats du typage moléculaire par AP-PCR (amorce RSP) et des essais d'infections expérimentales avec des souches de *Vibrio nigripulchritudo* de différentes origines géographiques et provenant de différents contextes d'isolement. Les souches en rouge sont des souches hautement pathogènes, les souches en orange, moyennement pathogènes, les souche en vert, non pathogènes, la proximité génétique entre les souches, telle qu'estimée par cette technique, est représentée par l'arborescence située sur la gauche de la figure. (les initiales dans le nom des souches correspondent aux noms abrégés des fermes où les souches ont été isolées)

WP3. Sous tâche 1.6 : Conditions d'expression de la virulence et de la croissance

Étude de la croissance des *Vibrio* pathogènes : effet des concentrations en Ca^{2+} et Mg^{2+}

Les courbes de croissance de *Vibrio penaeicida* AM101, de *V. nigripulchritudo* AM102 (Syndrome 93) et de *V. nigripulchritudo* SFn1 (Syndrome d'été) ont été comparées en fonction des concentrations en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} du milieu de culture. Les concentrations étudiées ont été choisies en fonction de celles qui peuvent être trouvées dans une hémolymphe de *Litopenaeus stylirostris* : 0mM (ajout d'EDTA : témoin sans ion divalent), 5, 10 et 20 mM (les crevettes présentant une bonne régulation ionique ont des concentrations d'environ 5 à 10 mM, les crevettes très stressées ou moribondes ont une concentration de 20 mM).

Les essais montrent un effet limité des concentrations de Mg^{2+} sur les courbes de croissance. A l'opposé, la concentration de Ca^{2+} semble avoir un effet important :

- ♦ pour *Vibrio penaeicida* AM101, la croissance initiale (phase exponentielle) est plus précoce (phase de latence raccourcie) et plus rapide à de faibles concentrations de calcium. La phase de plateau atteint par contre des concentrations plus élevées en présence de fortes concentrations de calcium.
- ♦ pour *V. nigripulchritudo* AM102 (Syndrome 93) les faibles concentrations de calcium favorisent la croissance à toutes les phases de culture.
- ♦ pour *V. nigripulchritudo* SFn1 (Syndrome d'été), le même phénomène est observé, quoique moins marqué.

WP3. Tâche 2 : Interactions entre paramètres de l'environnement et crevette

Interaction entre infection à *Vibrio nigripulchritudo* et stress à l'ammoniaque sur la réponse de *L. stylirostris*

Le suivi *in situ* réalisé dans le cadre de l'étude sur le syndrome d'été en 2002/2003 avait mis en évidence une différence de profil physiologique entre les crevettes indemnes et les crevettes porteuses de *V. nigripulchritudo*. Par ailleurs, les crevettes indemnes de la ferme touchée par les mortalités estivales présentaient un profil différent des crevettes de la ferme témoin sur la première période de mortalité, suggérant un possible effet de l'environnement sur la crevette. La question était alors de savoir si le profil des crevettes porteuses du *Vibrio* était différent parce que les animaux étaient affaiblis par un stress et, de fait, devenus sensibles au *Vibrio*, ou si la présence du *Vibrio* dans la crevette était responsable de ce changement physiologique.



Une étude expérimentale a donc été conduite sur la relation entre infection et stress sur la réponse de la crevette. La réponse au stress à l'ammoniaque en conditions expérimentales ayant déjà été étudiée chez *L. stylirostris*, et l'ammoniaque étant une possible source de stress dans les bassins d'élevage, en particulier sous sa forme la plus toxique NH_3 , ce stress a été retenu pour cette étude. Deux expérimentations ont été réalisées avec le même protocole, l'une en février 2004, et l'autre en novembre 2004. Dans les deux cas les crevettes pesaient en moyenne 10.3g. Elles étaient issues

d'un bassin de production d'une ferme privée (exp. 1), et d'un bassin de la station de St Vincent (exp. 2). Elles ont été acclimatées pendant 5 jours en salle d'infection expérimentale dans des bacs aérés, et n'ont pas été nourries 12h avant et pendant l'expérimentation. Elles ont été soumises à une concentration sub-létale de 35.7 mg/l (exp. 1) ou 28 à 37 mg/l (exp. 2) d'ammoniaque-N total correspondant respectivement à 1.99 et 0.8 à 1.26 mg/l NH_3 pendant 24 heures (traitement A) et/ou infectées (traitement Vn) par immersion pendant deux heures

avant (Vn+A)/après (A+Vn) avec une souche pathogène de *V. nigripulchritudo* (respectivement 10^3 et 10^4 CFU/ml). Les températures moyennes étaient de 28°C et 26°C, le pH moyen de 7.9 et les salinités de 35 et 33.5 ‰. L'hémolymphe des animaux en stade d'intermue (stade C) et de prémue avancée (stade D2) a été prélevée le jour suivant pour tous les traitements et plusieurs paramètres ont été mesurés, dont la capacité osmoréglatrice (CO), les ions Mg et Ca, le glucose, les protéines totales (PT), l'oxyhémocyanine (OH) et le THC. La mortalité a été notée. La pression osmotique, le pH, la température, la salinité et l'ammoniaque-N total ont été mesurés dans l'eau des bacs.

Dans la première expérimentation, le pourcentage de crevettes ayant du *V. nigripulchritudo* dans l'hémolymphe était important, y compris chez les témoins et les crevettes simplement soumises au traitement à l'ammoniaque (plus de 50% des crevettes), alors que dans la deuxième expérimentation, seulement 6.5% des crevettes non infectées étaient porteuses du *Vibrio*. Vingt quatre heures après l'infection, aucune mortalité n'a été observée pour les contrôles et traitements à l'ammoniaque (Figure 10). Dans la première expérimentation, l'infection a tué 16% des crevettes, et 33% des animaux lorsque les crevettes étaient ensuite soumises à l'ammoniaque. Dans la deuxième expérimentation, les mortalités ont été plus faibles, et seule la mortalité des crevettes infectées puis stressées à l'ammoniaque est significative (Chi2, $p < 0.05$) (7%) (Figure 10).

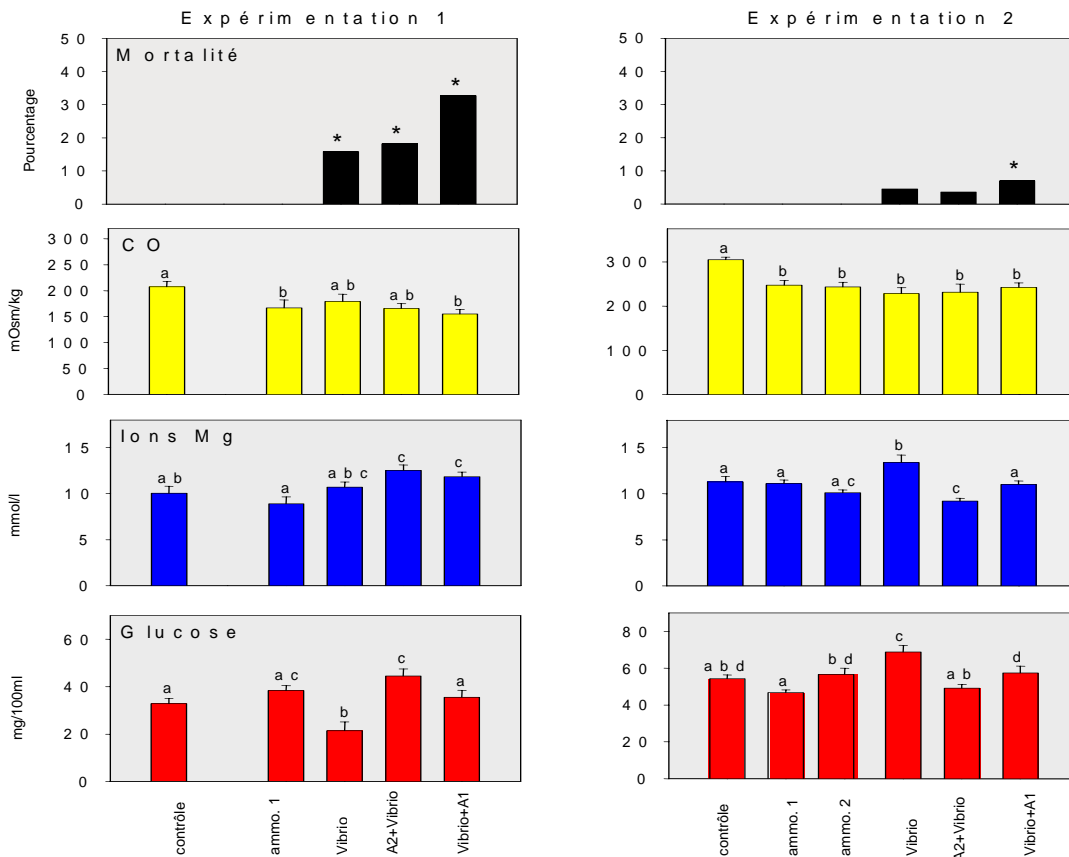


Fig. 10 : Mortalités, capacité osmoréglatrice (CO), concentrations plasmatiques en magnésium (ions Mg) et en glucose chez des crevettes traitées à l'ammoniaque (ammo. 1 et 2), infectées avec *Vibrio nigripulchritudo* (Vibrio) ou les deux (A2+Vibrio et Vibrio+A1) dans deux expérimentations (1 et 2). Voir texte pour le détail des traitements. Moyenne \pm SD pour les paramètres physiologiques. * différence significative par rapport au contrôle (Chi2, $p < 0.05$); les lettres différentes indiquent des différences significatives (ANOVA, $p < 0.05$).

Sur cette deuxième expérimentation, en moyenne 50% des crevettes étaient mortes 5 jours après l'infection, quel que soit le traitement. Parmi les mortes, il est intéressant de noter que la majorité de celles dont le stade de mue a pu être identifié étaient en postmue (stade B). Au niveau physiologique, la comparaison des crevettes indemnes du *Vibrio* avec les porteuses montre une baisse du THC et de l'oxyhémocyanine chez les porteuses. D'autre part, on observe une baisse de la concentration en glucose chez les crevettes infectées par rapport aux témoins

non infectés (exp. 1) (Figure 10). L'exposition à l'ammoniaque a entraîné une baisse de la CO dans les deux expérimentations, et une baisse du glucose dans la première. L'association stress plus infection a entraîné une augmentation des ions Mg (exp. 1), et une baisse de la CO (Figure 10).

L'origine différente des crevettes, la présence du *Vibrio* dans l'hémolymphe des crevettes non infectées, et les traitements (moins de NH₃ dans l'exp. 2) rendent la comparaison des deux expérimentations et l'interprétation des résultats plus difficiles. Cependant, en conclusion, *L. stylirostris* en présence d'une souche pathogène de *V. nigripulchritudo* semble être moins résistante au stress à l'ammoniaque sur 24h. Cependant 5 jours après l'infection on ne met pas en évidence de différence en terme de mortalité entre les différents traitements (exp. 2 uniquement). Le stress à l'ammoniaque ne semble pas augmenter la susceptibilité au *Vibrio*. La présence du *Vibrio* dans l'hémolymphe des crevettes a bien un effet sur la physiologie de l'animal, en particulier sur le glucose, le THC et l'OH. Il est donc fort probable que l'effet observé sur les crevettes porteuses des crevettes analysées dans le cadre du suivi *in situ* du syndrome d'été soit du à la présence du *Vibrio* dans la crevette.

WP3. Sous tâche 2.3 : Contribution trophique du bassin en terme lipidique et antioxydants sur la tolérance des crevettes aux stress thermiques, leur état immunitaire et leur résistance à une infection par le *vibrio penaeicida*

La productivité naturelle entre pour une part importante dans l'aliment de la crevette. En saison chaude les rations de maintenance (pas de croissance) et optimale (meilleur rapport de la croissance sur la ration) sont respectivement de 1.5% et 4% chez les animaux élevés en eau filtrée (pas de productivité naturelle) et de 0.2% et 2% chez les crevettes élevées en bassin (Fig. 11). En d'autres termes il faut en eau claire 7.5 fois plus de granulés pour couvrir les besoins énergétiques de maintenance des animaux et 2 fois plus de granulés pour leur croissance optimale. Le bassin apporte donc un complément d'énergie sous forme d'aliment naturel. Au delà d'une ration de 4%, les croissances supérieures de 1.5 à 1.7 fois dans le bassin s'explique par un apport de nutriments essentiels (facteurs de croissances ? enzymes ?..) provenant de la productivité naturelle et faisant défaut dans le granulé.

L'apport de la productivité naturelle dans les élevages d'hiver est considérablement diminué, en effet les différences de croissance entre les animaux élevés en eau claire et en bassin sont beaucoup plus faible en cette saison (Fig. 12). Cependant il faut prendre en compte que les températures basses en saison froide diminuent la croissance des animaux ainsi que la fréquence et la taille de leurs repas.

En saison froide l'appauvrissement du milieu d'élevage associé à une perte d'appétit des animaux pourrait conduire à des carences. Il est possible de pallier à ces phénomènes en renforçant les aliments par des éléments nutritifs essentiels afin notamment de renforcer la capacité de l'animal à s'adapter aux variations thermiques (complémentation en PUFA) et à gérer le flux d'oxygène (complément en Cu, pouvoir oxyphorique **WP2-1.3**) et des radicaux libres associés (complément en antioxydants, **WP1-2.2**)

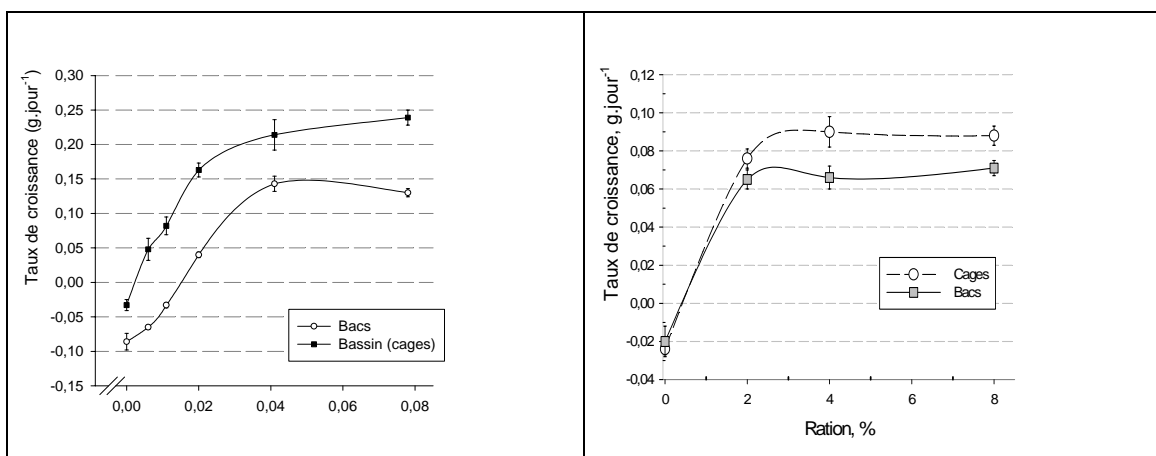


Fig. 11 : évolution du taux de croissance en fonction de la ration et des conditions d'élevage (bacs versus bassin). Elevage d'été.

Fig. 12 : évolution du taux de croissance en fonction de la ration et des conditions d'élevage (bacs versus bassin). Elevage d'hiver.

Production naturelle planctonique et benthique dans les bassins d'élevage semi-intensif de crevettes *L. stylirostris* à deux saisons

L'abondance, la composition et les successions des assemblages planctoniques et de la méiofaune benthique ont été examinées sous deux régimes saisonniers dans des bassins de terre d'élevage semi intensif de *L. stylirostris* (expérience antérieure à DESANS).

La dynamique du zooplancton est largement influencée par la température, en particulier ses variations brutales enregistrées en automne et au printemps.

La biomasse des copépodes planctoniques varie aussi en fonction des quantités de granulé apportées. Les « micro-cyanophycées » sont spécifiquement stimulées par la fertilisation minérale, ce qui favorise en retour leurs prédateurs : rotifères et cirripèdes (Figure 13).

Le zooplancton est peu consommé directement par *L. stylirostris*. Ce n'est qu'après être entré dans la chaîne trophique benthique qu'il joue un rôle alimentaire chez la crevette.

Les bassins ensemencés en saison chaude développent une biomasse méiofaunique 10 fois plus forte que ceux démarrés en saison fraîche. La fertilisation minérale (N/P 46 at/at) favorise aussi considérablement le développement des communautés de la méiofaune. La biomasse des copépodes harpacticoides évolue de façon concomitante aux quantités de granulé destinées aux crevettes mais ce groupe est sensible aux basses températures qui affectent d'une manière globale la prédation des crevettes sur les communautés benthiques. Des pics d'abondance de nématodes succèdent aux chutes de blooms de rotifères planctoniques sur le sédiment. *L. stylirostris* se nourrit activement de manière opportuniste des communautés méiofauniques les plus abondantes. Cependant les nématodes sont absents des contenus stomacaux.

En conclusion, ni la bioturbation physique des crevettes, ni la prédation du cheptel ne sont suffisantes pour stabiliser la biomasse de la méiofaune qui augmente de manière continue entre le début et la fin de l'élevage. (Figure 14).

Fig. 13 : Relation phytoplancton-zooplancton

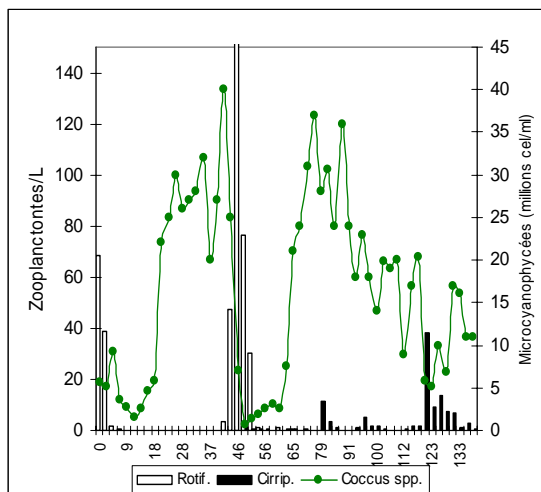
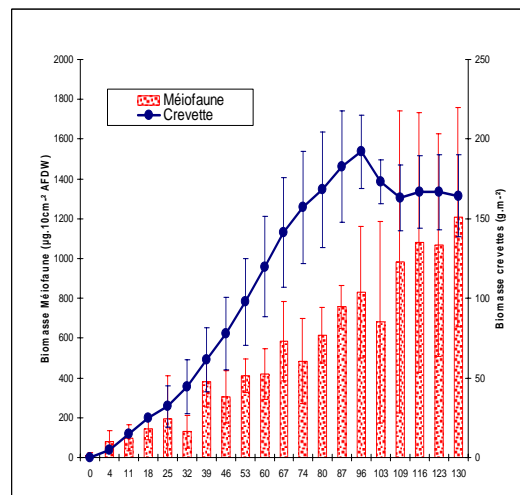


Fig. 14 : Relation biomasse crevettes-méiofaune



WP3. Tâche 3 : Etude de la base génétique du caractère de sensibilité des crevettes

Une des hypothèses explicatives de la sensibilité des crevettes aux syndromes d'hiver et d'été est leur faible variabilité génétique, mise en évidence dès 2001-2002. L'étude de la base génétique de cette sensibilité (ainsi que la recherche de solutions de sortie de crise - **WP4-2**) passe par l'étude de la sensibilité d'animaux génétiquement plus variables. L'introduction de la souche Hawaïenne de *L. stylirostris*, programmée dans le projet DESANS afin d'augmenter la variabilité génétique du cheptel calédonien, est une opération dont les modalités juridiques, techniques et financières devaient intégrer les rôles des 3 types de partenaires calédoniens :

- L'UPRAC (Union pour la Promotion des Races Aquacoles de Nouvelle-Calédonie, créée en 2003) regroupe les écloséries et la majorité des fermes de crevettes. Elle assure la coordination de l'opération d'importation de sang neuf sous tous ses aspects et a négocié la souche avec le fournisseur privé Hawaïen.
- La DAVAR (Direction des Affaires Vétérinaires Alimentaires et Rurales) assure le contrôle zoosanitaire de l'opération (définition des règles sanitaires d'introduction, validation de la quarantaine de l'UPRAC, contrôle de son fonctionnement)
- L'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la MER) apporte son expertise en :
 - o Génétique pour la définition des normes génétiques d'importation et l'exploitation de la variabilité génétique introduite
 - o Zootechnique pour la définition, la mise en place et le fonctionnement de la quarantaine (voir **WP1-3**)

Un accord cadre a été signé en 2004 pour définir les modalités de la coopération entre l'Ifremer et l'UPRAC-NC.

Cette introduction avait été programmée pour fin 2004 lors de la signature du contrat avec le fournisseur hawaïen en 2003.

En début d'année 2004, le plan de croisement à faire appliquer à Hawaii pour les parents de la génération à introduire a été revu par l'Ifremer pour tenir compte des croisements réellement effectués en octobre 2003 dont ils étaient issus. L'objectif était d'équilibrer le plus possible les contributions génétiques des différentes familles disponibles lors de la signature du contrat avec le fournisseur. Ce nouveau plan de croisement a été respecté par le fournisseur Hawaïen et les 16 familles biparentales à introduire ont été produites durant le 4^{ème} trimestre. Ce léger retard a conduit à reprogrammer l'introduction effective en début d'année 2005 seulement.

Parallèlement, dans la perspective de gérer et d'exploiter au mieux la variabilité introduite, l'Ifremer a proposé, une liste de principes à intégrer au cahier des charges de l'UPRAC¹. Ces principes ont été retenus, et classés en deux catégories :

PRINCIPES A RETENIR POUR LA GESTION DES SOUCHES

- Principe N°1 : Maintenir la diversité génétique disponible, y compris celle qui n'est pas directement et immédiatement exploitable.
- Principe N°2 : cloisonner les populations entre écloséries
- Principe N°3 : utiliser un nombre de géniteurs efficaces suffisamment élevé
- Principe N°4 : Freiner l'augmentation de consanguinité en limitant la fréquence des croisements frère sœurs.
- Principe N°5 : Validation des modalités de fonctionnement des écloséries adhérentes à l'UPRAC-NC

¹ Exposé oral « Eléments pour la rédaction du Cahier des charges des Ecloséries de l'UPRAC pour l'exploitation durable des souches de *L. stylirostris* Hawaii et Calédonie » dans le cadre du comité technique consultatif de l'UPRAC-NC

PRINCIPES A RETENIR POUR L'UTILISATION DES SOUCHES, DES HYBRIDES ET DES POPULATIONS COMPOSITES

Principe N°6 : Eviter la diffusion de la souche Hawaii en dehors de l'UPRAC-NC

Principe N°7 : Contrôler l'exportation de crevettes vivantes

Principe N°8 : Obligation des éleveurs non écloveurs de fournir des animaux vivants aux écloveurs qui en feraient la demande

WP 4 : Sortir de la crise, les solutions potentielles

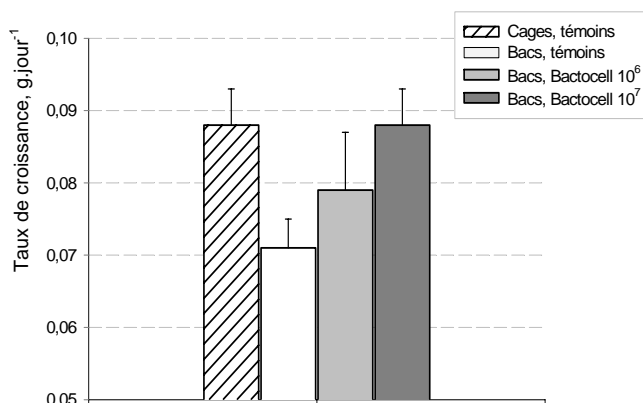
WP4. Tâche 1 : Pratiques culturales et gestion du bassin

WP4. Sous tâche 1.2 : l'alimentation

Probiotique

En 2004 nous avons testé par voie alimentaire sur *stylirostris* le probiotique de la société Lallemand nommé Bactocell® (*P. acidilactici*). Le test a été réalisé à deux niveaux d'inclusion (10^6 and 10^7 UFC par gramme de granulé) et sur deux périodes d'élevage (20 jours et 28 jours). Le test a été entrepris simultanément dans les bacs (eau filtrée) et dans un bassin, les traitements étant dans ce dernier cas séparés par des cages. Le profil thermique durant ces essais était caractéristique de l'entrée en saison froide avec une baisse de la température moyenne et d'importantes variations thermiques. Des chutes importantes de la température entre les jours 7 et 10 et les jours 20 à 26 ont provoqué de fortes mortalités associées au Syndrome 93. La mortalité suite à la première chute de température concernait uniquement les crevettes du lot témoin (absence de Bactocell). Les survies étaient de 28,8% et 73% plus élevées pour les traitements Bactocell 10^7 et Bactocell 10^6 . Cependant, le deuxième pic de mortalité était équivalent pour tous les traitements. Au cours de ce travail nous avons montré un effet positif du Bactocell® sur la croissance des crevettes ($p = 0.012$) qui était supérieure au lot témoin de 12.8% et de 25.7% respectivement pour les traitement Bactocell® 10^6 et 10^7 CFU (Figure 15). Par ailleurs, les paramètres immunitaires mesurés ont été significativement modifiés par le Bactocell dosé à 10^7 .

Finalement nous avons montré que le Bactocell ne colonise pas le tractus digestif de la crevette et qu'il est donc nécessaire d'ensemencer l'animal à chacun de ses repas. Néanmoins, la présence de Bactocell 6 heures après le repas de la crevette prouve que la bactérie survie et résiste aux actions mécaniques et enzymatiques intervenant dans la digestion de la crevette.



La température a une influence fondamentale sur la physiologie de la crevette et naturellement module l'activité de *P. acidilactici*. Les résultats résumés ici doivent donc être interprétés en prenant en compte que l'expérience a été entreprise en saison froide.

Un second contrat avec la société Lallemand nous permettra en 2005 de tester le Bactocell en saison chaude et de clarifier le rôle de ce probiotique sur les populations bactériennes du tractus digestif de la crevette.

Fig. 15 : croissance des animaux élevés en bacs sans probiotique (témoins) et avec probiotique à deux doses. Comparaison avec la croissance des animaux sans probiotique élevés en cages dans un bassin.

WP4. Tâche 2 : Recherche des souches de crevettes résistantes aux Vibrios

La sélection phénotypique au sein de la population calédonienne sur un critère de survie lors des crises de mortalités de type syndrome 93 avait donné en 2003 des résultats significatifs sur la 3^{ème} génération : des infections expérimentales à *V. penaeicida* avaient mis en évidence une survie des animaux sélectionnée significativement supérieure à celle d'animaux témoin non sélectionnés (20% d'animaux survivants en plus). Cette expérience de sélection a été prolongée sur une quatrième génération en 2004 pour confirmer les résultats obtenus en 3^{ème} génération. En 2004, les infections réalisées à différentes doses ont permis d'obtenir les résultats suivants (Figure 16) :

- dans 7 cas sur 9, survie des sélectionnés supérieure à celle des témoins (test de rang significatif au seuil de 10% et non significatif au seuil de 5%)
- nombre de survivants en fin d'infection supérieur de 14% pour les sélectionnés, toutes expériences confondues, mais différence non significative statistiquement selon un test du Khi2.

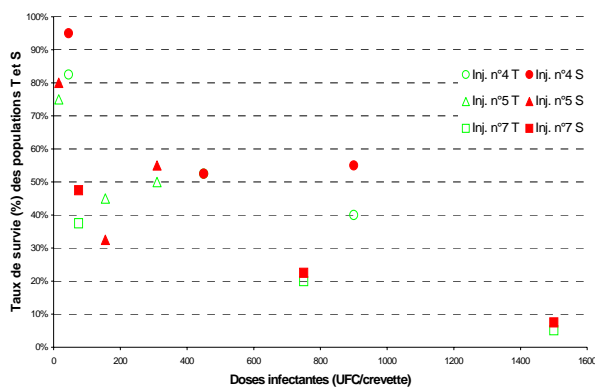


Fig. 16 : survie comparée de la lignée sélectionnée pour la résistance au syndrome 93 et la lignée témoin lors d'infections expérimentales à différentes doses

Ces résultats, moins concluants qu'à la génération précédente, ont conduit à s'interroger sur la qualité du témoin utilisé : son histoire zootechnique, avec des survies faibles en bassin géniteurs, et le faible nombre d'animaux s'étant effectivement reproduits permettent de formuler l'hypothèse que ce témoin a pu subir une

pression de sélection ou une dérive qui en ferait un faux témoin.

Compte tenu des enjeux (une amélioration du nombre de survivants en fin d'élevage de l'ordre de 15-20% augmenterait la rentabilité des entreprises), il a été décidé de tenter de confirmer les résultats significatifs de 3^{ème} génération et la tendance non significative de 4^{ème} génération en prolongeant l'expérience pendant une génération supplémentaire.

Dans tous les cas, la méthodologie mise au point sera utilisée pour évaluer la résistance des crevettes Hawaïennes et des hybrides Hawaii x Calédonie.

L'approche génétique de sortie de crise étudiera la réponse, en générations suivantes, des différentes familles aux agressions pathologiques. Ces résultats permettront de déterminer si un plan de sélection pour une meilleure résistance est possible. Le couplage avec les facteurs physiologiques et immunitaires des familles pourra aboutir à la définition de marqueurs fonctionnels de sélection.

La réponse à la sélection est dépendante de la quantité de variabilité génétique présente dans la population pour le caractère considéré. Cette action sera donc menée selon deux voies parallèles qui permettront de prendre en compte les deux axes possibles de développement : (1) utilisation de la variabilité existant dans la souche locale calédonienne ; (2) utilisation de la variabilité introduite par l'intermédiaire des souches SPF hawaïennes.

Les actions en génétique dans cette tâche seront les suivantes:

Constitution au sein de la population calédonienne de lots de futurs géniteurs G0 sélectionnés sur un critère de survie à des infections expérimentales à *Vibrio* et constitution des lots témoins correspondants.

Production des G1 et G2 sélectionnées sur des critères de survie aux vibrioses. Testage des populations et mesure de différents caractères (vitesse de croissance, performances reproductives, consommation et conversion de l'aliment, résistance au stress et aux infections, indicateurs physiologiques, qualité...).

Constitution éventuelle de lots de futurs géniteurs G0 sélectionnés sur un critère immuno-physiologique pertinent (en relation avec le projet physiologie), puis production des générations suivantes.

Ces actions seront également menées au sein des souches importées d'Hawaï, et des hybrides entre celles-ci et la souche calédonienne, dès que les conditions préalablement définies pour la sortie de ces animaux hors de quarantaines seront réunies.

Les résultats permettront de vérifier, au sein de chacune des populations disponibles, l'héritabilité réalisée des différents caractères pris en compte, d'estimer les corrélations génétiques entre le critère de survie et les autres caractères d'intérêt, et de vérifier la pertinence d'un plan de sélection pour le caractère de résistance.

Un plan de gestion et d'exploitation de la variabilité importée sera également mis en place au sein de cette tâche. Les éventuels effets d'hétérosis entre souches seront plus particulièrement recherchés afin de juger de la pertinence de la production d'hybrides inter-souches par les fermes.

WP4. Tâche 3 : Evaluation des risques de mortalité en élevage

WP4. Sous tâche 3.2 : Analyse des données environnementales et culturelles « historiques »

Description historique du syndrome d'été.

En complément du suivi des deux fermes une étude d'écopathologie sur la ferme affectée a été entreprise afin, de caractériser la maladie, de décrire sur la durée les conditions environnementales de son apparition et identifier les facteurs de risques susceptibles d'avoir un effet sur l'apparition du Syndrome d'été.

De l'examen des données historiques de SF (1991-2002) émergent les faits suivants (Figure 17) :

- **Les vitesses de croissance ont fortement augmenté** du fait des améliorations techniques des élevages, mais également du fait d'une augmentation significative de la quantité d'aliment distribuée, présentant lui-même une augmentation de sa teneur en azote.
- Ceci a induit une **augmentation sensible de la production de déchets azotés**, en particulier dans la phase initiale de l'élevage (0 à 50 jours).
- Cette « intensification » du système de production, qui ne s'est apparemment pas accompagnée de modification significative des renouvellements d'eau, semble avoir favorisé avec les années une **eutrophisation plus précoce des bassins**, ainsi qu'une **augmentation des variabilités journalières et pluri journalières du milieu**.

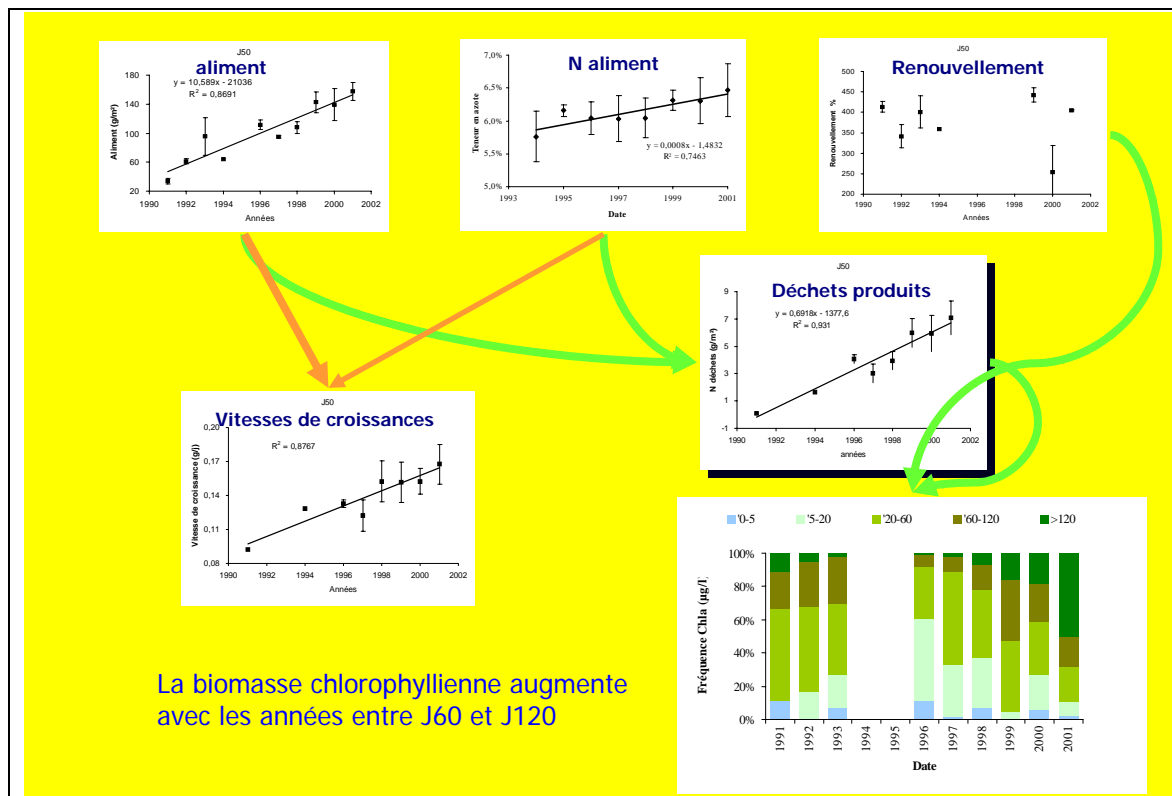


Fig. 17 : évolution pluriannuelle des pratiques zootechniques à Sea Farm

WP4. Sous tâche 3.3 : Mise en place d'une base de données de suivi et de diagnostic

La base de données « STYLOG »

➤ **Module ferme**

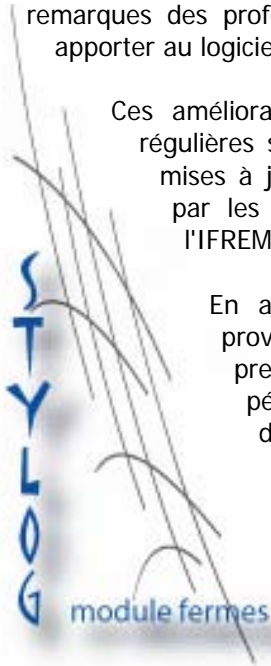
Au cours de la mission d'octobre 2003 d'A.G. MARTIN en Calédonie, un logiciel provisoire de démonstration ("Diacre") a été distribué à cinq producteurs intéressés. Une première phase de testage de plusieurs mois de ce logiciel sur site a permis de récupérer un maximum de remarques des professionnels afin d'établir un cahier des charges des améliorations à apporter au logiciel définitif, et de le rendre fonctionnel pour l'ensemble de la filière.

Ces améliorations ont été apportées progressivement avec des mises à jour régulières sur site de façon à tester les modifications au fur et à mesure. Les mises à jour étaient l'occasion de collecter l'ensemble des données archivées par les professionnels, afin de les sécuriser dans une base centralisée à l'IFREMER.

En août 2004, le Groupement des Fermes Aquacoles (GFA) et deux provinces (Nord et Sud) de Nouvelle-Calédonie se sont mis d'accord pour prendre en charge le financement d'un CDD de 12 mois afin de pérenniser le projet. Un planning de travail leur a été présenté afin de définir les actions à mener et les délais impartis.

En Septembre 2004, le logiciel DIACRE rebaptisé **Stylog module ferme V1.0** est installé sur 13 fermes des 17 en production. Des formations individuelles ont été délivrées aux utilisateurs afin qu'ils soient rapidement autonomes au niveau de l'utilisation du logiciel.

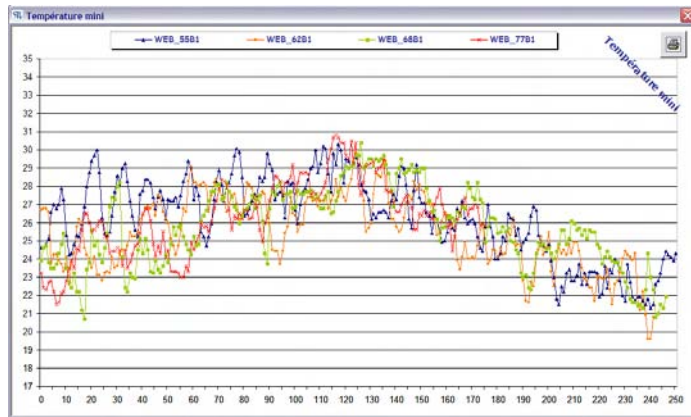
Le 13 décembre, une réunion regroupant l'ensemble des utilisateurs nous a permis de mettre en évidence les dernières



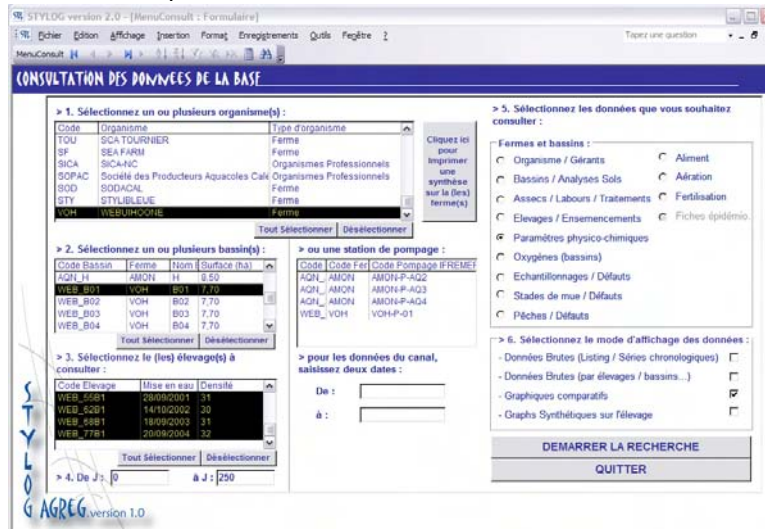
améliorations à apporter et la version 2.0 intégrant ces remarques est maintenant installée sur les différents sites.

Ce module ferme a déjà permis de collecter plus de 250 000 données brutes (zootecniques, physico-chimiques...), et est utilisé par les chercheurs du DAC comme outil de diagnostic et d'analyse des problèmes rencontrés par le filière.

➤ Base centralisée



En parallèle, la conception d'une base MySQL sur le serveur Sercq de Brest dans un but de centraliser les données collectées sur les fermes, nous a permis de mettre en évidence les limites techniques liées aux mauvaises liaisons Internet avec la métropole.



n'étant pas une priorité pour nos partenaires locaux, financiers du poste dédié à ce projet, il a été décidé de reporter la mise en place d'une base en réseau. Temporairement, une base Access permet d'archiver les données de toutes les fermes, dans un double objectif de sécurisation des données d'une part, et de possibilité d'extraction des données pour analyses et interprétations d'autre part. (voir copies d'écran)

➤ Module éclosionerie

Après le module « ferme », le module « éclosionerie » constitue la deuxième étape programmée dans le projet de base de données de la filière crevetticole calédonienne.

Le 24/11/2004, une réunion avec le personnel des éclosioneries privées a eu pour objectif de définir le premier cahier des charges du module éclosionerie. Au cours de cette réunion, plusieurs points ont été abordés :

- sensibilisation sur l'intérêt commun d'une base de données éclosionerie, tant pour la recherche en matière de gestion du patrimoine génétique en cette période d'introduction de sang neuf, que pour l'archivage des données courantes de production.
- définition de leurs attentes en matière d'archivage des données et du mode de saisie.
- rédaction d'un cahier des charges pour la mise en place de ce module.

Le cahier des charges étant maintenant établi, le module éclosionerie est en cours de réalisation.

Activités hors projet DESANS

Génétique

L'équipe génétique du DAC a contribué à différentes actions qui s'inscrivent soit dans la continuité d'opérations pluriannuelles lancées précédemment, soit dans la participation à des actions dont le DAC n'est pas le moteur principal :

Essai pilote d'amélioration génétique de la croissance des crevettes dans les écloseries privées

L'objectif de cette opération est d'évaluer la faisabilité et l'intérêt du tri précoce dans des conditions de production pour l'amélioration de la croissance. Cette opération démarrée en relation avec les écloseries privées s'est prolongée en 2004 avec la production et le tri de la G4 à l'écloserie de Mara (en début d'année) et à l'écloserie du Nord (en fin d'année). Pour pallier au retard pris dans la réhabilitation de la station de Saint Vincent qui ne permet d'y rapatrier ces lignées pour un testage, il a été convenu de réaliser fin 2005 un premier test de comparaison sélectionné/témoin dans une ferme qui devrait disposer d'ici là de petits bassins expérimentaux.



Parallèlement, l'utilisation de nouvelles grilles de tri plus précises et plus faciles à utiliser que les trieurs à barreaux a été généralisée.

Appui à la crevetticulture tahitienne

Les agents du DAC ont apporté leur appui à l'action « surveillance crevetticulture tahitienne » menée par le Département Aquaculture en Polynésie sous plusieurs formes :

- contrôle d'absence d'effet négatif de la sélection croissance sur la résistance des crevettes au stress et à une bactérie pathogène : un agent du DAC s'est rendu au Centre du Pacifique pour réaliser des infections expérimentales à *Vibrio penaeicida* et des stress à l'ammoniaque sur la lignée sélectionnée pour la croissance et sur son témoin non sélectionné. Aucune différence significative n'est apparue, ni en termes de survie lors d'infections expérimentales ou lors d'expositions à de fortes doses d'ammoniaque, ni en termes de paramètres physiologiques lors de d'exposition à des doses non létales d'ammoniaque (THC, Capacité osmorégulatrice, Magnésium, protéines totales)
- définition des plans de croisements pour le maintien des souches de crevettes à Tahiti

Ces contributions s'inscrivent dans une logique de valorisation de la souche sélectionnée pour la croissance par l'Ifremer, dans la perspective d'un démarrage de la crevetticulture tahitienne liée à de nouveaux investissements.

Ecloserie

Utilisation de probiotiques en élevage larvaire de pénéides (Figures 18 & 19).

Les probiotiques sont définis comme des « compléments alimentaires microbiens qui affectent positivement l'animal hôte par amélioration de la balance microbienne intestinale ». Surtout utilisés en alimentation humaine et de plus en plus en alimentation d'animaux terrestres, ce concept est relativement récent en aquaculture. Les espèces couramment utilisées sont du genre *Bacillus* et *Vibrio*.

Au DAC, les premiers essais sur les probiotiques ont été effectués sur des probiotiques « maison » et sur une souche commerciale. Cette année, en collaboration avec le LPI de Brest, deux probiotiques commerciaux (SPC 2004 de Sorbial et Bactocell de Lallemand) et un probiotique mis au point à l'IFREMER Brest, *Lactobacillus* B3G, ont été testés.

Les premiers essais montrent que l'action des probiotiques, comme celle des antibiotiques, est encore mal connue et que d'un lot de larves à l'autre, l'utilisation de l'antibiotique ou du probiotique n'est pas toujours nécessaire. Ce qui dénote le rôle préventif du traitement.

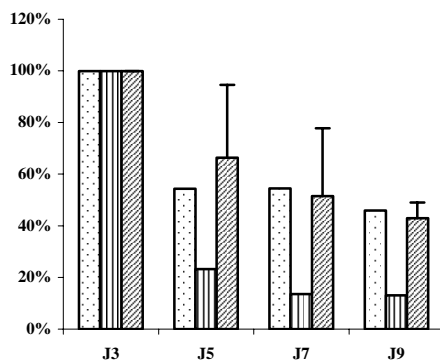
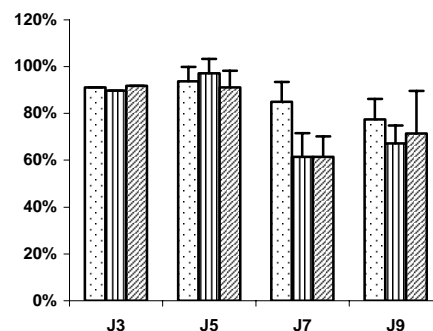


Fig. 18 & 19 : Survies larvaires à J3, J5, J7 et J9 de *L. stylirostris* en fonction du traitement et de l'origine des larves (en pointillé : érythromycine ; en rayure vertical : sans antibiotique ; en rayure oblique : sorbial à 10⁷).



Dans la perspective de fiabiliser la suppression des antibiotiques en élevage larvaire, les points suivants doivent encore être étudiés :

- le mode d'administration des probiotiques (voie alimentaire ? dilution dans le milieu d'élevage ?)
- la fréquence d'administration (tous les jours ? tous les 2 jours ?)
- la dose optimale (10 e7 CFU/ml ?)

Critères de prédiction de la qualité des pontes en écloserie de pénéides.

En 2003, l'examen des caroténoïdes dans les œufs avait permis de mettre en évidence une corrélation entre leur concentration et taux de fécondation. En 2004, il s'agissait de définir un caractère prédictif qui permettrait de définir qualitativement un lot de géniteurs avant même son utilisation. Pour cela, deux critères biochimiques ont été choisis au niveau de l'hépatopancréas des femelles :

- le taux en caroténoïdes déjà utilisé en 2003
- le « Total Anti-oxydant Status » (TAS) dont la mesure est mise au point parallèlement.

Des prélèvements d'hépatopancreas ont été effectués sur une vingtaine de géniteurs de différents lots en saison froide 2003 avant leur exploitation et la mesure des critères biochimique est reliée à la survie des larves issues du lot de reproducteurs.

Les résultats montrent que la survie larvaire est meilleure quand le taux de caroténoïde est élevé dans l'hépatopancreas des géniteurs ; par contre, la TAS diminue lorsque la survie augmente dans la gamme de 50 à 75 % (Figures 20 & 21).

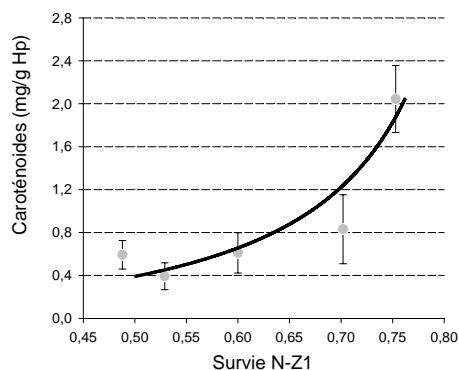


Fig. 20 : Relation entre la survie larvaire et la concentration des caroténoïdes dans l'hépatopancreas

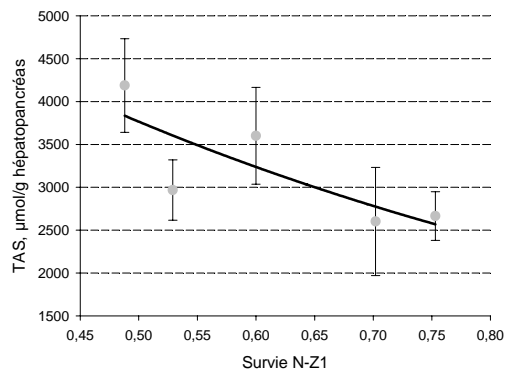


Fig. 21 : Relation entre la survie larvaire et la TAS dans l'hépatopancreas

La gamme de survie (survie proche de 0% et de 100 %) doit être élargie pour établir la relation réelle qui existe entre le taux de caroténoïdes dans l'hépatopancreas et la qualité des larves. D'autre part, les facteurs tels que la saison, doivent être étudiés pour déterminer leur impact sur la fiabilité des marqueurs biochimiques (caroténoïdes et TAS) comme critère prédictif de la performance reproductive des géniteurs.

Impact du transfert des géniteurs du bassin en salle de maturation dans des conditions de confort physiologique (26 ppt, 26 °C et à jeun) en saison froide sur les performances de reproduction.

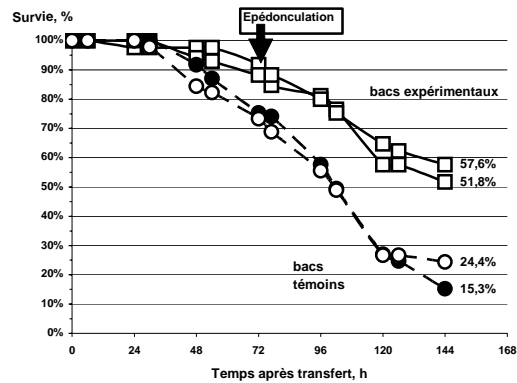
Ces essais, déjà initiés en 2003, avaient montré qu'un stockage des géniteurs en saison froide à 26 °C, à 26 ‰ et à jeun pendant 48 heures permettaient d'améliorer la survie des animaux dans les 4 premiers jours dans la salle de maturation. Cependant, la mortalité après épédonculation (ablation oculaire effectuée une fois la salinité ramenée à 35 ‰) restait élevée. En 2004, Le protocole à 26 ‰ et à 26 °C a été prolongé au-delà de l'épédonculation. Parallèlement, les performances reproductives des deux lots ont été analysées.

Traitement	J0	J1	J2	J3	J4	J5
Témoïn	T°C ambiante S‰ ambiante Nourrissage	T°C ambiante S‰ ambiante Nourrissage	T°C ambiante S‰ ambiante Nourrissage	Montée en température S‰ ambiante Nourrissage Epédonculation	Montée en température S‰ ambiante Nourrissage	Montée en température S‰ ambiante Nourrissage
Expérimental	26 °C 26 ‰ Jeun	26 °C 26 ‰ Jeun	26 °C 26 ‰ Nourrissage	26 °C Epédonculation jeun	26 °C Remontée S‰ Nourrissage le soir	Remontée T°C 35 ‰ Nourrissage

Comme l'an dernier, la mortalité à 48-72 heures a été atténuée et inférieure sur les bacs expérimentaux par rapport aux témoins qui ont profité de précipitations ayant entraîné une diminution de la salinité de l'eau d'arrivée (30 ‰ au lieu de 35 ‰). Par la suite, les résultats montrent que la mortalité liée au stress de l'épédonculation a également été atténuée par le traitement expérimental (26°C, 26 ‰) même si elle reste forte sur l'ensemble des bacs (Figure 22). D'autre part, le suivi pour chaque traitement des critères de performance reproductive a

permis de montrer pour les conditions expérimentales une amélioration de l'indice de ponte et des résultats équivalents pour les taux de fécondation, d'éclosion et de survie Nauplii-Zoé 1. Ce protocole sert maintenant de base au DAC pour la rentrée des géniteurs en saison fraîche.

Fig. 22 : Evolution de la survie des géniteurs femelles en fonction des conditions de stockage



Programme Zonéco

Dans le cadre du programme Zonéco, le DAC a entrepris en 2004, en collaboration avec l'Université de Nouvelle Calédonie, l'IRD, et un consultant privé, une étude sur la modélisation des rejets de fermes, la recherche de bio-indicateurs des effluents à leur sortie et dans le proche lagon et une première évaluation de l'impact sur les mangroves.

Objectif 1 : Connaître la qualité et les quantités de déchets exportés par les fermes d'élevage et trouver des indicateurs permettant de suivre le devenir de ces déchets dans le milieu receveur.

Deux tâches ont été définies pour cette opération : (i) la recherche d'indicateurs permettant de suivre des effluents de fermes dans le milieu receveur, (ii) la modélisation des flux de nutriments (azote et phosphore) dans les bassins d'élevage en intégrant les paramètres de gestion (densité, fertilisants, renouvellement...).

Tâche 1 : Recherche d'indicateurs – Collaboration IFREMER – CNRS Banuyls – IRD Nouméa :

Les bio-indicateurs des effluents sont recherchés dans la colonne d'eau de deux baies : Chambeyron, qui reçoit les effluents d'une ferme intensive de moyenne importance (Pénéide de Ouano, 29 ha) et Teremba qui accueille une ferme semi-intensive de plus grande superficie (Sodacal, 129 ha, la plus grande ferme de Nouvelle Calédonie).

Les variables environnementales suivies, susceptibles d'être les plus sensibles à l'influence des rejets, sont les suivantes : *variables physiques* : turbidité, matières en suspension, PAR (Photosynthetic Available Radiation), température, salinité, oxygène dissous ; *variables chimiques* : sels nutritifs (NO_3 , NO_2 , $\text{NH}_{3,4}$, PO_4 , $\text{Si}(\text{OH})_4$, Matière Organique Particulaire (MOP) et Matière Organique Dissoute MOD, Azote organique dissous ; *variables biologiques* : Chlorophylle-*a* totale et phéopigments (avec fractionnement en classes de taille), Particules Exopolymériques Transparentes (TEP), picoplancton (analyse par cytométrie en flux).

Initiés en Novembre 2004, les prélèvements sont faits : dans l'eau d'entrée des fermes et sur 5 stations se répartissant du fond de la baie, en bordure de mangrove, à la sortie de la baie. La dernière station servant de point de référence. En baie de Chambeyron, une des 5 stations est équipée d'une sonde multiparamétrique (YSI6600) enregistrant en continu (fig.1) : température, salinité, oxygène, turbidité, pH et fluorescence. Une sonde Sea-Bird multiparamétrique permet en plus d'établir des profils verticaux pour les stations profondes (fig.2). La fréquence des prélèvements de 15 jours est prévue sur une période de 1 an (fin de l'opération de terrain novembre 2005).

Tâche 2 : Modélisation des flux. Collaboration IFREMER – Université Nouvelle-Calédonie

La dynamique de l'azote et du phosphore dans un bassin d'élevage sera exprimée tout au long du cycle de mise en culture par un modèle mathématique permettant de rendre compte du

modèle conceptuel exposé en figure 3. Les différentes équations du modèle sont programmées sur le logiciel STELLA® et les simulations sont faites avec un pas de temps journalier. La conception du modèle mathématique et la calibration de ses paramètres s'appuient sur les résultats des suivis expérimentaux établis à la station Ifremer (DAC) et sur les extractions d'une base de données centralisant les paramètres des élevages des fermes Calédoniennes. La validation du modèle sera faite à partir des résultats des campagnes d'échantillonnage (2004-05) effectuées sur les deux fermes évoquées pour la tâche 1.

Objectif 2 : Evaluation de l'impact de l'aquaculture de crevettes sur les mangroves de Nouvelle Calédonie

- Responsable de l'étude : Sabrina Virly Consultant
- Collaborations : Damien Buisson (SMAI Nouvelle Calédonie.), Barry Clough (AIMS Townsville – Australie), Bertrand Richer de Forges, (IRD-Nouméa), Lemonnier Hugues (IFREMER NC)

L'objectif de cette étude était de contribuer à la connaissance des impacts directs et indirects de la crevetticulture sur la mangrove. Deux approches complémentaires ont été proposées et réalisées fin 2004 :

1. Le traitement et l'analyse de photographies aériennes (Figure 23) des mangroves à proximité des fermes aquacoles prises à différentes époques ;
2. La vérification *in situ* des différentes strates végétales mises en évidence par photographies aériennes, de leurs caractéristiques (superficie, densité, etc.) et de leur état de santé global. Le travail de terrain a inclus également l'analyse de



quelques paramètres physico-chimiques, chimiques et biologiques de différents compartiments de cet écosystème (eau, sédiment, feuille, communautés d'invertébrés).

Ces deux approches ont permis :

- d'aboutir à une cartographie thématique et diachronique des mangroves,
- de tester et de mettre en évidence des indicateurs des impacts de l'aquaculture sur les mangroves.

Les conclusions et le rapport final de cette étude ont été remis au programme ZONECO au cours du premier trimestre 2005.

Fig.23 : Vue aérienne de Pénéide de Ouano – Octobre 2004 (Photographie ZONECO)

Fonctionnement général du laboratoire

Avis et expertises

Interventions sur demande de diagnostic

19 interventions sur fermes et 2 en écloséries ont été réalisées à la demande des responsables d'exploitation. Les prélèvements ont fait l'objet d'analyses bactériologiques au DAC, parfois complétés par de l'histologie au LNC et des analyses de toxicités à l'étranger (cas d'Aquamer).

Activités de suivi Syndrome d'été (impliquant *Vibrio nigripulchritudo*) sur les fermes Aigue-Marine et Sea Farm

Sur la ferme Aigue-Marine, une expérimentation en cages a eu lieu en mars 2004 afin d'évaluer l'hypothèse du sédiment du fond de bassin comme source de contamination des crevettes. Des biais dans le déroulement de l'expérimentation n'ont pas permis d'obtenir des résultats fiables.

Un suivi hebdomadaire a été effectué à partir de novembre 2004. Il a porté sur la recherche de *V. nigripulchritudo* dans trois zones du bassin B d'Aigue-Marine (zone amendée en carbonate de calcium, tannes et schiste) et s'est poursuivi jusqu'à mi-février 2005.

Sur SeaFarm, des prélèvements d'eau et de sédiment ont été réalisés en 2 occasions après des travaux entrepris pour orienter les effluents des bassins vers une zone plus éloignée des points de pompage des deux fermes (Aigue-Marine et Seafarm). Les résultats ont indiqué la présence de *V. nigripulchritudo* dans le nouveau canal d'évacuation alors qu'il n'a pas été détecté dans l'ancienne zone de rejets suspectée de servir de « réservoir ».



Septicémie à *Vibrio nigripulchritudo*

Septicémie à *Vibrio penaeicida*



Visites de sites potentiels pour le développement de fermes aquacoles

Quatorze visites de sites ont été réalisées en 2004 (quatre en Province Sud et dix en Province Nord).

Assistance technique

Des avis, conseils et assistances techniques ont été donnés sur divers sujets (qualité d'artémias, usage des antibiotiques en éclosérie, analyses de sols, accompagnement lors de déplacements à l'étranger, poursuite d'une assistance zootechnique à la Ferme Aquacole des Montagnes Blanches).

Poursuite du contrat d'expertise avec le provendier SICA pour le suivi et l'évolution des formulations et de la qualité des aliments crevettes.

Missions

Missions en France, Outre-Mer et étranger

Réunion annuelle de la World Aquaculture Society à Hawaii (28/2 – 5/3) : L. Chim, E. Goyard, Y. Harache et J. Patrois

Réunion annuelle du Chapitre Asie-Pacifique de la World Aquaculture Society (11/3 – 13/3) : Y. Harache

Réunion Australasia Aquaculture à Sydney (25/9 – 3/10) : P. Brun, E. Goyard, Y. Harache, J. Herlin, C. Mugnier et N. Wabete

University of the South Pacific, Fidji : 27/5 – 6/6, participation à cours de formation,
Commission Pacifique Sud, Y. Harache
11/8 – 21/8, cours dans le cadre du Master en
aquaculture, Ambassade de FRANCE, Y. Harache
Centre Océanologique du Pacifique : 21/11 – 28/11, expérimentations sur souches
sélectionnées, J.M. Peignon
9/10 – 16/10, coordination des programmes, E.
Goyard et Y. Harache
FRANCE : 3-17/4, 30/6 – 13/7, 4-29/10, commissions
IRD, A. Herbland
14-28/6, ?????? coordination avec Ifremer, Y.
Harache
5-9/1, Bases de données (architecture de la base
ferme, de la base éclosion, de la base
temporaire MySQL), différents sites Internet à
créer, Ifremer Nantes et La Trinité, B. Soulard

Missions reçues en Nouvelle-Calédonie

J-C. Massabuau, Université de Bordeaux (16/7 – 31/8) : suivi travaux de thèse N.
Wabete
A-G. Martin, Ifremer Brest(?????) : mise en place bases de données
C. Corriou, Ifremer Brest (?????) : sites web et formation bureautique
J-N. Raffin, Ifremer Brest (?????) : logiciel de gestion SIOUX

Manifestations

Fête du cerf et de la crevette : animation du stand Ifremer et posters sur les activités
du Laboratoire.
Journée Portes Ouvertes à la Commission du Pacifique Sud : animation du stand
Ifremer
Assises de la Recherche Française dans le Pacifique (24 - 27 août) : L'Ifremer a apporté
un large soutien à cette opération en participant :
- au comité de pilotage (Y. Harache)
- au comité scientifique sous la forme de la
coordination du thème « Ecosystème – Biodiversité –
ressources : Milieu marin » (E. Goyard et A. Herbland)
- à l'animation, à la restitution publique et à
l'organisation logistique des ateliers de réflexion
thématique (E. Goyard et J-M. Ranouil) (cf. annexe 1 :
**SYNTHESE et RECOMMANDATIONS de l'atelier du
THEME 1 des ARFP-2004 « Biodiversité et
valorisation des ressources marines »**)
- à l'exposition de posters scientifiques
- à la mise en forme des actes de colloque

Réunions

Comité mixte

Réunion du 2/12/2004 à Koné

Réunions avec les professionnels

GFA
Groupe de coordination
UPRAC

Publications et communications 2004

Articles dans revues à comité de lecture

Arnaud-Haond S., Vonau V., Bonhomme F., Boudry P., Blanc F., Prou J., Seaman T., **Goyard E.** (2004). Spatio-temporal variation in the genetic composition of wild populations of pearl oyster (*Pinctada margaritifera cumingi*) in French Polynesia following 10 years of juvenile translocation. *Molecular Ecology* (2004) 13, 2001–2007

Bachère E, Y, Gueguen M. Gonzalez, **J. de Lorgeril**, J. Garnier, B Romestand (2004). Insights into the antimicrobial defense of marine invertebrates: the penaeid shrimps and the oyster *Crassostrea gigas*. *Immunol. Reviews*, 198: 149-168.

Gueguen Y., **J. de Lorgeril**, L. Robert, B. Romestand, E. Bachère (2004). Anti-infectious immune gene expression in penaeid shrimps. *Mar. Biotechnol.* In press.

Lemonnier H., E. Bernard, E. Boglio, **C. Goarant**, J.C. Cochard (2004) : Influence of sediment characteristics on shrimp physiology: pH as principal effect. *Aquaculture* 240, 297-312.

Mugnier C., C. Soyez (in press) : Response of the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* to temperature decrease and hypoxia in relation to molt stage. *Aquaculture*.

Vasquez Boucard C., **J. Patrois**, H.J. Ceccaldi (2004) : Exhaustion of lipid reserves in the hepatopancreas of *Fenneropenaeus indicus* broodstock in relation to successive spawnings. *Aquaculture* 236 : 523-537.

Gohin F., S. Loyer, M. Lunven, C. Labry, J-M. Froidefond, D. Delmas, M. Huret, **A. Herbland** (accepté pour publication) : Satellite-derived parameters for biological modelling in coastal waters : Illustration over the eastern continental shelf of the Bay of Biscay. *Remote Sensing of Environment*.

Articles dans revues sans comité de lecture

Herbland et al. (sous presse). Natural and anthropic forcings on the ecosystems and the main halieutic resources of the Bay of Biscay. *Synthesis 2000-2002. Programme National Environnement Côtier Chantier Golfe de Gascogne*. A paraître aux Editions IFREMER.

Goyard E., **J-M. Peignon**, V. Vonau, **C. Goarant**, F. Imbert, **D. Pham**, **J. Patrois** (2004) : Genetic improvement of pacific blue shrimp addresses syndrome 93 in New Caledonia. *Global Aquaculture Advocate*, 7(2), 86-87.

Lemonnier H., E. Bernard, E. Boglio, **C. Goarant**, J-C. Cochard (2004) : Sediment quality affects shrimp physiology in New Caledonia research. *Global Aquaculture Advocate*, 7(5), 86-87.

Ouvrages

Goarant C., **Y. Harache**, **A. Herbland**, **C. Mugnier** (2004) : *Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie*. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Edition Ifremer, Actes Colloq., 38, 280p.

Articles dans ouvrages

Lemonnier H., (sous presse). *Aquaculture*. In : 101 Mots pour comprendre la géographie de la Nouvelle Calédonie. Ouvrage collectif sous la direction scientifique de Christian Jost (CNRS/UNC) – Editions Ile de Lumière – Nouméa.

Actes de colloques

Arnaud S., **E. Goyard**, J. Prou, V. Vonau, F. Bonhomme, P. Boudry (2004) *Gestion des ressources génétiques de l'huître perlière *Pinctada margaritifera* de Polynésie française :*

Caractérisation génétique des populations et optimisation du recrutement pour l'exploitation perlière. Accepté dans actes de colloques BRG

Bachère E., **J. de Lorgeril**, D. Saulnier, Y. Gueguen, M. Muñoz (2004) : Immunité anti-infectieuse et indicateurs de santé chez les crevettes pénéides. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 57 – 65.

Chim L., R. Galois, J.L.M. Martin, **P. Lemaire**, **N. Wabete**, J.C. Massabuau, G. Cuzon (2004) : Influence de la température sur quelques aspects de la nutrition de *Litopenaeus stylirostris*. Conséquences sur la formulation et la distribution des aliments en fonction des saisons d'élevage. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 99-105.

Della Patrona L., **L. Chim**, S. Capo, **P. Lemaire**, **P. Brun**, J.L.M. Martin (2004) : Stimulation de la chaîne trophique naturelle dans les bassins d'élevage de *Litopenaeus stylirostris* : influence sur les performances zootechniques. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 173-179.

Goarant C., **J. Herlin**, **D. Ansquer**, R. Brizard, **A.L. Marteau** (2004) : *Vibrio penaeicida* et le Syndrome 93 dans les fermes de crevettes de Nouvelle-Calédonie : revue et perspectives. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 203-209.

Goarant C., **J. Herlin**, **D. Ansquer**, F. Imbert, D. Domalain, **A.L. Marteau** (2004) : Épidémiologie de *Vibrio nigripulchritudo* dans le cadre du Syndrome d'été : résultats préliminaires du programme DESANS. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 210-215.

Goarant C., **H. Lemonnier**, **C. Mugnier**, **A. Herbland** (2004) : Synthèse provisoire sur l'approche pluridisciplinaire du syndrome d'été.(Programme DeSanS) in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 255-260.

Goyard E., E. Bédier, **J. Patrois**, V. Vonau, **D. Pham**, G. Cuzon, **L. Chim**, L. Penet, T. Dao, P. Boudry, Aquacop (2004) : Synthèse des travaux de génétique crevette menés à Tahiti : quel bénéfice pour la filière calédonienne ? in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 126- 133.

Harache Y., **A. Herbland** (2004) : L'aquaculture de crevettes en Nouvelle Calédonie. Un exemple d'intégration Recherche-Développement. Conférence invitée aux Assises de la Recherche Française dans le Pacifique. 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Sous presse.

Harache Y., **A. Herbland** (2004) : Le programme DESANS (Défi Santé Stylirostris) : une démarche comparable au Défi MOREST appliquée à la filière crevette calédonienne. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 31-38.

Lapègue S., E. Bédier, **E. Goyard**, L. Dégremont, J.P. Baud, A. Gérard, P. Gouletquer, P. Boudry (2004) : Apport d'un programme de génétique à une filière de production aquacole : l'exemple de l'ostréiculture. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 113-120.

Lefèvre J., **H. Lemonnier**, **C. Goarant**, J. Blanchot (2004) : Évolution des paramètres physico-chimiques et biologiques de bassins d'élevage de crevette soumis à deux régimes de renouvellements en eau avant et pendant des mortalités de type « Syndrome 93 ». in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 158-166.

Lemonnier H., R. Brizard, A. Legrand (2004) : Influence des pratiques zootechniques de la crevette (*Litopenaeus stylirostris*) et de l'âge des bassins sur la qualité des sédiments. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 180– 186.

Lemonnier H. et le personnel du DAC (2004) : Environnement bassin et vibriose dans des élevages de crevettes de saison chaude en Nouvelle-Calédonie : résultats préliminaires du programme DESANS. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 187-195.

Martin A.G., J.C. Masson, **B. Soulard** (2004) : Les bases de données en aquaculture : exemples, intérêts et contraintes, système proposé pour la crevetticulture en Nouvelle-Calédonie in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 246-254.

Martin J.L.M., **H. Lemonnier**, P. Garen (2004) : Influence des pratiques zootechniques et des paramètres environnementaux sur les performances de production, et sur la formation et le devenir des déchets dans les élevages de crevettes. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 142-146.

Mugnier C., Justou C. et le personnel du DAC (2004) : La crevette et le syndrome d'été en Nouvelle-Calédonie: quelles réponses physiologiques et immunitaires? Résultats préliminaires du programme Désans. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 85-92.

Primot P., **J. Herlin**, O Ferré, H. Sadonès, D. Domalain, **C. Goarant** (2004) : Stratégies d'épidémiosurveillance et d'épidémiologie pour la filière crevettes de Nouvelle-Calédonie : présentation des résultats de la campagne 2002. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 229-235.

Saulnier D., **C. Goarant**, J. Charlier, **D. Ansquer**, P. Levy, Y. Labreuche, **J. de Lorgeril**, E. Bachère, G. Aguirre-Guzman, N. Cochennec-Laureau (2004) : Apports d'un modèle d'infection expérimentale de crevettes naïves pour l'étude d'une vibriose. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 216-222.

Wabete N., **L. Chim**, **P. Lemaire**, J.C. Massabuau (2004) : Caractérisation de problèmes de physiologie respiratoire et d'échanges ioniques associés à la manipulation chez la crevette péneïde *Litopenaeus stylirostris* à 20°C. in: Styli 2003. Trente ans de crevetticulture en Nouvelle-Calédonie. Nouméa-Koné, 2-6 juin 2003. Ed. Ifremer, Actes Colloq., 38, 75-84.

Posters et communications orales dans des colloques

Buisson D., **H. Lemonnier**, S. Virly (2004) : Evaluation de l'impact de l'aquaculture de crevettes sur les mangroves de Nouvelle-Calédonie. Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-calédonie. Poster.

Chim L., **D. Pham** (2004) : Reproduction en captivité de la crevette bleue calédonienne *Litopenaeus stylirostris*. Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Poster.

Chim L., **L. Della Patrona**, **N. Wabete**, **P. Lemaire**, **P. Brun**, **D. Pham**, J.L. Martin, J.C. Massabuau (2004) : Alimentation et nutrition des crevettes en élevage. Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Poster.

Chim L., R. Galois, **P. Lemaire**, J.L.M. Martin (2004) : Rearing temperature and dietary lipid effect on fatty acid composition of polar lipids in gills in relation with osmoregulatory capacity of the shrimp *Litopenaeus stylirostris*. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 104. Communication orale.

Della Patrona L., **L. Chim**, **P. Brun**, **P. Lemaire**, J.L.M. Martin (2004) : Black spot necrosis occurrence in blue shrimp *Litopenaeus stylirostris* may be related to the rearing environment conditions. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 106. Poster.

Della Patrona L., **L. Chim**, S. Capo, **P. Brun**, **P. Lemaire**, J.L.M. Martin (2004) : Effect of mineral fertilization on food web development, abundance of ingested prey, growth rate and pelleted feed conversion ratio of the shrimp *Litopenaeus stylirostris* reared in earthen ponds in cold season. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 105. Communication orale.

De Lorjeril J., M. Janech, C. Goarant, E. Goyard, D. Bo, J. Xiang, A. Tassanakajon, K. Somboonwiwat, E. Bachère, D. Piquemal (2004) : Analyse of immune gene expression in shrimps : a tool for health monitoring or genetic selection. European Aquaculture Society Annual Conference, Book of abstracts Europe 2004, p. 284. Communication orale.

Goarant C., H. Lemonnier, C. Mugnier, A. Herbland, Y. Harache (2004). Approche pluridisciplinaire du syndrome d'été affectant la crevetteculture calédonienne dans le cadre du programme Desans. Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Poster.

Goyard E., D. Coatanéa, C. Goarant, J-M. Peignon, J. Patrois, D. Pham, Y. Harache (2004) : Integrating a genetic approach into the new caledonian shrimp industry for biological and economical sustainability. Australasian Aquaculture, 26-29 septembre 2004, Sydney, Australie. Book of abstracts p. 146. Communication orale.

Goyard E., J.M. Peignon, C. Goarant, F. Imbert, D. Pham, J. Patrois (2004) : Selection for resistance to *Vibrio penaeicida* in the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 235. Communication orale.

Harache Y. (2004) : Development of Shrimp farming in New Caledonia (2004), a case study. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts. Communication orale.

Lemonnier H., E. Boglio, C. Goarant, A. Legrand, J.C. Cochard (2004) : Influence of sediment characteristics on prawn physiology: pH as principal effect. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 346. Communication orale.

Mugnier C., J. Patrois, S. De Decker, C. Goarant (2004) : Interaction between *Vibrio* infection and stress on the blue shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Australasian Aquaculture, 26-29 septembre 2004, Sydney, Australie. Book of abstracts p. 346. Communication orale.

Pagand P., **H. Lemonnier, A. Herbland (2004).** Recherche d'indicateurs des effluents des élevages de crevettes de Nouvelle-Calédonie et modélisation des flux de nutriments. Assises de la Recherche Française dans le Pacifique, 24-27 août 2004, Nouméa, Nouvelle-Calédonie. Poster.

Patrois J., J-M. Peignon, S. De Decker, E. Goyard (2004) : Live shrimp grading : Evolution of techniques. Australasian Aquaculture, 26-29 septembre 2004, Sydney, Australie. Book of abstracts p. 236. Poster.

Delmas D., Y. Del amo, J.-F. Maguer, C. Labry, **A. Herbland, C. Madec, M.-P. Crassous (2004) :** Spring primary production and nutrient assimilation fluxes within the loire plume waters in the bay of biscay. 9ème Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Mai 2004, Pau, Communication orale.

Herbland A., E. Goyard, C. Goarant, L. Chim, H. Lemonnier, J. Patrois, D. Coatanea, J. Herlin, Y. Harache, J.L.M. Martin (2004) : Aquaculture de crevettes et durabilité : l'exemple Calédonien. Colloque Bordeaux Aquaculture, septembre 2004, Poster.

Marquis E, N. Niquil, D. Delmas, **A. Herbland, B. Sautour, D. Bonnet, C. Labry, C. Dupuy (2004) :** Caractéristiques du réseau trophique planctonique du Golfe de Gascogne : comparaison de 6 situations spatio-temporelles en fonction de leur position relative par rapport au bloom hivernal. 9ème Colloque International d'Océanographie du Golfe de Gascogne, Mai 2004, Pau. Communication orale.

Wabete N., D. Pham, L. Chim, P. Lemaire, J.R. Mailliez, F. Broutoi, J.C. Massabuau (2004) : Characterisation of physiological disturbances in shrimp *Litopenaeus stylirostris* induced by handling stress. Application in survival improvement and reproduction achievement of breeders during winter in New Caledonia. Australasian Aquaculture, 26-29 septembre 2004, Sydney, Australie. Poster.

Wabete N., L. Chim, P. Lemaire, J.C. Massabuau (2004) : Characterisation of physiological disturbances in shrimp *Litopenaeus stylirostris* induced by catching test in winter. World Aquaculture Society Annual Conference, Hawaii, Book of abstracts p. 107. Poster.

Produits informatiques

Soulard B. (2004) : Logiciel Stylog - Base de données sur l'aquaculture crevettes, « Module Fermes » Version 1.0.

Missions en Nouvelle-Calédonie et à l'étranger

Goyard E., C. Mugnier, P. Brun, J. Herlin, N. Wabete, Y. Harache (2004) : Compte rendu de mission en Australie du 26/09/04 au 02/10/04 : Australasian Aquaculture (Sydney) et visites de sites., 10p.

Lemaire P. (2004) : Calibrage des méthodes d'analyses (MDA, SOD, TAS) au département de biologie intégrée du CHU de Grenoble, 4pp.

Mémoires d'étudiants

De Decker S. (2004) : Résistance de la crevette *Litopenaeus stylirostris* à la bactérie pathogène *Vibrio penaeicida* : Physiologie, immunologie et pathologie comparées d'une population sélectionnée sur un critère de survie aux épisodes de mortalité et d'une population témoin non sélectionnée. DEA Exploitation Durable des Ecosystèmes, Université de La Rochelle, 64 p.

De Decker S. (2004) : L'aquaculture de crevettes: pathologies et solutions envisageables. Rapport bibliographique, DEA Exploitation Durable des Ecosystèmes, Université de La Rochelle, 16 p.

Gossuin, H. (2004). Suivi in situ d'un élevage de crevettes en Nouvelle-Calédonie exposé au syndrome 93. Rapport de fin d'études de technicien supérieur de la mer INTECHMER, 54p.

Grimigni P. (2004) : Les activités zootechniques au DAC. Rapport de stage de formation. 36 p.

Reynaud Y. (2004) : Utilisation de bactéries probiotiques comme substituts aux antibiotiques en élevage larvaire de crevette, *Litopenaeus stylirostris*. DEA Océanographie Biologique et Environnement Marin, Université de Paris VI, 34 p.

Rapports intermédiaires ou de fin de contrat

CHANTIER GOLFE DE GASCOGNE : « Rôle des forçages naturels et anthropiques sur les écosystèmes et les principales ressources halieutiques du Golfe de Gascogne ». Rapport de fin de contrat CNRS (Avril 2003-mai 2004). Rédigé en décembre 2004.

Chim L. (2004) : Bactocell® : Dietary probiotic study to a juvenile marine shrimp *Litopenaeus stylirostris*. Under experimental tanks and earthen pond conditions. 38 p.

Pham D., L. Chim, C. Cahu (2004) : Test of Gemma Micro for *Artemia* replacement in shrimp larval rearing. Rapport d'expérimentation pour Nutreco. 26 p.

Autres types de rapports

DAC (2004) : Rapport d'activité 2003 du Laboratoire Aquacole de Calédonie. 39 p.

Patrois J. (2004) : Les installations de quarantaine pour l'importation de sang neuf de *Litopenaeus stylirostris* en Nouvelle-Calédonie : phase préliminaire. Fiche Biotechnique 2004-03.

Pham D. (2004) : Cycles d'écloserie 2003 du DAC . Fiche biotechnique 2004-01. 33 p.

Pham D. (2004) : Protocole standard pour la comparaison et le testage des caractéristiques de différents lots d'*Artemia* . Fiche biotechnique 2004-04. 1 p.

Pham D. (2004) : Caractéristiques des *Artemia* d'origine russe. Fiche biotechnique 2004-05. 2 p.

Expertises et Avis

Harache Y. (2004) : Avis sur projet « Aqualagon » . Concours National 2004 Aide à la création de Technologies innovantes, du Ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies.

Harache Y. (2004) : Avis sur projet « Nouvelle Ecloserie Marine d'Ornementation-NEMO». Concours National 2004 Aide à la création de Technologies innovantes du Ministère délégué à la Recherche et aux Nouvelles Technologies.

Harache Y. (2004) : Avis sur projet d'importation et de culture de spiruline en Nouvelle-Calédonie. Demande de la Province Nord.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Népouiri, Commune de Poya, 29 janvier 2004. Projet P. Gentou-Metzdorf.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Ouatom, Commune de La Foa, 04 février 2004. Projet B. Néhiti.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Saint-Dié, Commune de Moindou, 04 février 2004. Projet A. Da-Ros.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Taora, Commune de Boulouparis, 11 février 2004. Projet P. Bourguine.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Poya Pâturages, Commune de Poya, 12 février 2004. Projet P. Orezza.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Pout, Commune de Voh, 12 février 2004. Projet N. Boiteux.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Ouaco-Tziba, Commune de Kaala-Gomen, 12 février 2004. Projet J. Barrere.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Bouauni, Commune de Kaala-Gomen, 12 février 2004. Projet Y. Courtot.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Nomodja, Commune de Poum, 13 février 2004. Projet A. Gasse.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Pagop-Narian, Commune de Poum, 13 février 2004. Projet F. Lévêque.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Pindaï, Commune de Pouembout, 28 avril 2004. Projet R. Kuhn – G. Méric.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Taom, Commune de Kaala-Gomen, 03 septembre 2004. Projet G. Méric.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Pointe Aux Serpents 2, Commune de Pouembout, 05 novembre 2004. Projet A. Ben El Hadj.

Herlin J. (2004) : Compte-rendu de visite de site. Pinjen, Commune de Koné, 05 novembre 2004. Projet G. Méric.

Pham D. (2004) : Etude comparative du taux d'éclosion d'*Artemia* des différentes écloséries péneïdes de Nouvelle-Calédonie. 8 p.

Communications extérieures

Chim L. (2004) : conférence à AquaSica

Goyard E. et **Y. Harache** (2004) : Un tour d'horizon de l'Outre-Mer aquacole. Congrès annuel des maires des Départements et Territoires d'Outre-Mer ; La Foa, sept 2004. Présentation Powerpoint.

Lemonnier H. (2004) : Présentation de la filière crevette en Nouvelle Calédonie (zootechnie, contexte géographique et économique, relation filière-environnement) aux étudiants du BTS du Lycée de Pouembout.

Patrois J. (2004) : La filière aquacole crevette en Nouvelle-Calédonie en 2003. Brochure 8ème fête du cerf, de la crevette, de l'écrevisse et du poussin à Boulouparis.

Patrois J. (2004) : Poster sur la filière crevette en Nouvelle-Calédonie en 2003.

Patrois J. (2004) : Triptyque de présentation de la Délégation Ifremer en Nouvelle-Calédonie.

ANNEXE 1

SYNTHESE et RECOMMANDATIONS de l'atelier du THEME 1 des ARFP-2004 « Biodiversité et valorisation des ressources marines »

Spécificité du contexte maritime du Pacifique : Milieu extrêmement diversifié du fait que cet immense océan, présente un milieu côtier très développé dû à la multiplicité de petites îles, réparties entre de nombreux Pays ou Territoires.

1° Grands enjeux et objectifs associés

ENJEU : Assurer le développement social et économique pérenne des populations océaniques en relation avec le milieu marin, auquel la plupart sont culturellement fortement associées.

OBJECTIFS ASSOCIES :

- Préserver le fonctionnement des écosystèmes locaux
- Gérer rationnellement les activités de pêche lagunaire et hauturière
- Développer une aquaculture durable (socialement, économiquement, biologiquement et écologiquement)
-

2° Problématiques et grands Programmes de Recherche

- Typologie et modélisation des milieux insulaires, en particulier pour une meilleure efficacité de la recherche et de ses applications
- Gestion intégrée de l'espace maritime et de ses ressources à l'échelle des ZEE :
 - Connaissance, fonctionnement et préservation des écosystèmes, en particulier milieux coralliens et monts sous-marins :
 - Inventaire qualitatif et quantitatif de la richesse spécifique et évaluation de sa valeur patrimoniale
 - Etudes de la fragmentation et de la connexion entre les systèmes récifaux insulaires
 - Méthodologie et étude de la conservation, de la gestion et de la surveillance de l'état de santé des écosystèmes
 - Usage et réglementation de l'exploitation et de la protection des écosystèmes en concertation avec les populations riveraines
 - Connaissances de la dynamique des populations sauvages exploitées lagunaires et hauturières
 - Interrelation des populations sauvages exploitées avec leur écosystème
 - Faisabilité biologique, socio-économique et technique de la Diversification Aquacole
 - Compréhension et maîtrise des interactions Cheptels aquacoles / Environnement / Pathogènes

3° Moyens à mettre en œuvre

- Meilleure intégration des sciences humaines et sociales dans l'ensemble des problématiques maritimes
- Prise en compte des connaissances et perceptions des communautés locales du milieu marin
- Identification de certains écosystèmes insulaires des PTOM utilisables comme sites ateliers du développement durable en milieu océanique.
- Création et développement d'outils communs inter-institutionnels :
 - Plates formes technologiques, notamment en biologie moléculaire
 - Réseaux locaux et régionaux de veille, de formation et d'information, notamment en matière zoosanitaire
 - Bases de données et SIG à vocation régionale
- Intégration dans la région océanique et dans l'espace Européen de la Recherche
- Ressources humaines
 - recrutement et formation de chercheurs, notamment en taxonomie et en halieutique
 - adéquation des bourses doctorales aux contextes locaux