

Octobre 2007

E. Goyard, C. Goarant, D. Ansquer, F. Broutoi, P. Brun, S. de Decker, R. Dufour, C. Galinié, J-R. Mailliez, J-M. Peignon, D. Pham, E. Vourey, Y. Harache, J. Patrois

Ifremer

Introduction en Nouvelle-Calédonie de la souche de crevette *Litopenaeus stylirostris* domestiquée à Hawaii :

Bilan de l'opération après deux années de testage de performances des crevettes de types génétiques « Calédoniennes », « Hawaïennes » et « Hybrides »



Introduction en Nouvelle-Calédonie de la souche de crevette *Litopenaeus stylirostris* domestiquée à Hawaii :

Bilan de l'opération après deux années de testage de performances des crevettes de types génétiques « Calédoniennes », « Hawaïennes » et « Hybrides »

Résumé

Plusieurs études préalables portant sur la diversité génétique résiduelle de la souche de *L. stylirostris* domestiquée en Nouvelle-Calédonie et sur les effets de la consanguinité chez les pénéides ont conduit les acteurs de la crevetticulture calédonienne à considérer comme prioritaire l'introduction d'une souche de *L. stylirostris* domestiquée à Hawaii. Le présent rapport présente les principaux résultats du testage des animaux de type « Hawaii » et « Hybrides de première génération » obtenus par croisement entre les souches « Calédonie » et « Hawaii » (aussi dits « Hybrides-F1 ») par rapport aux animaux « Calédoniens ».

Ainsi, pour chaque type génétique, ont été évaluées dans différentes conditions (en bassins terre, en cages flottantes, en salles d'infection) :

- la croissance jusqu'à taille commerciale en élevage ;
- la survie jusqu'à taille commerciale en élevage ;
- la survie aux infections à deux bactéries pathogènes (*Vibrio penaeicida* et *V. nigripulchritudo*).

D'autres paramètres (reproduction, élevage larvaire, résistance à IHHNV) ont également été étudiés.

Il apparaît que la souche Hawaïenne constitue un matériel génétique précieux pour le développement de la crevetticulture Calédonienne, non pas particulièrement pour ses propres performances qui n'apparaissent pas supérieures à celle de la souche Calédonienne, mais parce qu'elle permet de produire en croisement avec la souche Calédonienne des Hybrides de première génération dont les performances de croissance, de survie et par voie de conséquence de production de biomasse sont toujours supérieures à celles des Calédoniennes. Il semble que cette supériorité s'avère d'autant plus marquée, en ce qui concerne la survie et la production de biomasse, que les conditions environnementales et/ou zoosanitaires sont mauvaises. A ensemencement égal, la production de biomasse dans les bassins d'élevage pourrait être multipliée par un facteur 1,4 à 2,3 grâce à l'utilisation des hybrides. L'objectif des producteurs devra être clairement défini par les acteurs du développement, dans un souci de durabilité : il pourrait être non pas de produire plus à intrants équivalents, mais au contraire de produire la même biomasse avec moins d'intrants (moins de post-larves, moins d'aliment, etc...) et peut-être avec des animaux de plus grosses tailles finales (et donc mieux valorisables).

Introduction en Nouvelle-Calédonie de la souche de crevette *Litopenaeus stylirostris* domestiquée à Hawaii :

Bilan de l'opération après deux années de testage de performances des crevettes de types génétiques « Calédoniennes », « Hawaïennes » et « Hybrides »

1	INTRODUCTION	4
2	ORGANISATION DES DIFFERENTS ACTEURS DE L'INTRODUCTION DE LA SOUCHE HAWAII	7
3	DEFINITION DE LA STRUCTURE GENETIQUE DE LA SOUS-POPULATION D'INDIVIDUS HAWAIIENS A INTRODUIRE EN NOUVELLE-CALEDONIE	9
4	EVALUATION DE LA RESISTANCE DE LA SOUCHE HAWAIIENNE AU VIRUS IHNV	11
4.1	EVALUATION AVANT INTRODUCTION.....	11
4.2	EVALUATION APRES INTRODUCTION.....	11
4.2.1	<i>Matériel et méthode</i>	11
4.2.2	<i>Résultats</i>	12
5	PASSAGE EN QUARANTAINE DE LA SOUCHE HAWAII	13
5.1	CONCEPTION, CONSTRUCTION, GESTION DE LA QUARANTAINE : PERSPECTIVES EN TERMES DE CONSERVATION DES RESSOURCES.....	13
5.2	PRINCIPAUX RESULTATS ZOOTECHNIQUES.....	13
6	CONTROLE PAR BIOLOGIE MOLECULAIRE DE LA VARIABILITE EFFECTIVEMENT INTRODUE	15
6.1	LE TRANSFERT DU GENOTYPAGE DES CREVETTES PAR MICROSATELLITES A UNE ENTREPRISE PRIVEE	15
6.2	CONTROLE DE LA VARIABILITE INTRODUE.....	15
7	TESTAGE D'ANIMAUX DE TYPES HAWAIIEN, CALEDONIEN ET HYBRIDE- F1	17
7.1	REPRODUCTION DES CREVETTES HAWAIIENNES, EN INTRA SOUCHE ET EN CROISEMENT AVEC LES CALEDONIENNES.....	17
7.1.1	<i>Objectifs et méthodes</i>	17
7.1.2	<i>Résultats</i>	18
7.1.2.1	<i>Généalogie de la souche Hawaii</i>	18
7.1.2.2	<i>Performances reproductives comparées des souches Hawaii et Calédonie</i>	21
7.1.2.3	<i>Production d'Hybrides-F1</i>	21
7.1.2.4	<i>Survies en élevage larvaire</i>	21
7.1.3	<i>Conclusions</i>	22
7.2	TESTAGE DES HYBRIDES ET DES HAWAIIENNES.....	23
7.2.1	<i>Matériel biologique commun aux différentes expériences</i>	23
7.2.2	<i>Testage en bassin terre</i>	24
7.2.2.1	<i>Matériel et méthode</i>	24
7.2.2.2	<i>Résultats sur la croissance</i>	24
7.2.2.3	<i>Résultats sur la survie</i>	26
7.2.3	<i>Testage en cages flottantes</i>	26
7.2.3.1	<i>Matériel et méthode</i>	27
7.2.3.2	<i>Résultats sur la croissance</i>	27
7.2.3.3	<i>Résultats sur la survie</i>	29
7.2.3.4	<i>Résultats sur les indices de conversion</i>	30
7.2.3.5	<i>Résultats sur le portage et la prévalence</i>	31
7.2.4	<i>Testage en salle d'infection expérimentale</i>	32
7.2.4.1	<i>Matériel et méthode</i>	32
7.2.4.2	<i>Résultats</i>	33
7.2.5	<i>Discussion</i>	33
8	CONCLUSION GENERALE	37

9	ANNEXES	38
9.1	ANNEXE 1 : DONNEES GENEALOGIQUES DE LA SOUCHE HAWAII	38
9.2	ANNEXE 2 : TESTS DE SENSIBILITE A IHNV PAR L'UNIVERSITE D'ARIZONA.....	39
9.3	ANNEXE 3 : COMPTE RENDU DES PRODUCTIONS D'ECLOSERIE ET DE NURSERIE EN 2005	41
9.4	ANNEXE 4 : COMPTE RENDU DES PRODUCTIONS D'ECLOSERIE ET DE NURSERIE EN 2006	43
10	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	45

1 Introduction

La souche de crevettes *Litopenaeus stylirostris*, à partir de laquelle toute l'industrie crevetticole de Nouvelle-Calédonie s'est développée, résulte d'une introduction réalisée à la fin des années 70 à partir d'un très faible nombre d'individus originaires du Mexique et de Panama. Cette souche domestiquée en Nouvelle-Calédonie depuis plus de 35 générations présente des performances zootechniques (croissance) ou sanitaires (résistance à l'IHHN) qui en font un matériel génétique précieux. Mais l'étroitesse de cette base génétique initiale ainsi que les pratiques adoptées pour sa reproduction depuis son introduction ont induit une très faible variabilité résiduelle et un fort niveau de consanguinité qui limitent certainement ses capacités d'adaptation à d'éventuels changements des conditions d'élevage contrôlés ou non : évolution des techniques d'élevage, aptitude à tolérer un aliment plus économique, apparition de nouveaux pathogènes par exemple.

Le développement de cette filière a été relativement rapide jusqu'en 1993, année au cours de laquelle une pathologie hivernale à caractère épizootique, le « Syndrome 93 », a fait son apparition sur l'ensemble de la filière, l'obligeant à « contourner » la saison fraîche. En 1997-1998 une nouvelle pathologie bactérienne, baptisée « Syndrome d'été » a fait son apparition sur une ferme, puis sur une seconde en 2003 dans la même baie, dès sa première année d'exploitation. L'extension du Syndrome d'été à d'autres fermes mettrait en péril toute l'activité aquacole de Nouvelle-Calédonie, même si elle reste indemne des principales pathologies virales affectant la quasi-totalité des grandes zones de production (Asie, Amérique latine). En première analyse, l'apparition des mortalités hivernales et estivales résulte de l'interaction de différents facteurs concernant à la fois les conditions environnementales du bassin, la présence et la virulence de deux bactéries pathogènes (*Vibrio penaeicida* pour le syndrome 93 et *V. nigripulchritudo* pour le syndrome d'été), et l'état physiologique de la crevette, qui dépend lui-même en partie de facteurs génétiques.

L'opportunité de réintroduire du "sang neuf" est ainsi apparue comme une question incontournable, mais complexe, coûteuse et ayant justifié des expertises extérieures commanditées par les services calédoniens (Lightner et Mahler, 1999) et des investigations visant à caractériser la souche Calédonienne mais aussi à rechercher d'autres souches candidates à l'introduction.

L'étude de la variabilité génétique des crevettes *L. stylirostris* domestiquées en Nouvelle-Calédonie, à Tahiti et à Hawaii (Goyard et al., 2002a et 2002b) a permis de confirmer sur des bases objectives :

- la très faible variabilité génétique résiduelle des cheptels de ces 3 pays insulaires (2 à 7 allèles par locus au lieu de 14 à 27 en population sauvage ; 20% à 60% d'hétérozygotie au lieu de 90%),
- la faible différenciation génétique des souches « Calédonie » et « Tahiti »,
- la forte différenciation génétique entre les souches Calédonienne et Hawaïenne (qui n'ont en commun qu'un seul allèle sur les 3 locus étudiés).

Il n'a cependant pas été possible (faute d'échantillons conservés) de retracer l'historique de cette perte de variabilité, dont une partie importante a sans doute été perdue très rapidement. La différenciation génétique entre les souches d'Hawaïi et de Nouvelle-Calédonie s'explique vraisemblablement à la fois par leurs origines géographiques différentes (respectivement Equateur et Mexique-Panama), ainsi que par le faible nombre de géniteurs fondateurs estimé a posteriori par une approche biomoléculaire (respectivement 2 à 9 et 2 à 4, [Goyard et al., 2003](#)).

La consanguinité d'un individu né de parents consanguins mais non apparentés entre eux étant nulle¹, cette étude a permis de conclure que les hybrides de première génération entre individus Hawaïiens et individus Calédoniens présenteraient tous la caractéristique d'être non consanguins, et par voie de conséquence faiblement homozygotes², contrairement à leur parents. Or [Bierne et al. \(2000\)](#) ont montré que chez *L. stylirostris* le niveau d'hétérozygotie est fortement corrélé à la vitesse de croissance et d'autres auteurs ont montré chez d'autres espèces de pénéides qu'il en est de même avec la résistance ou la capacité à survivre en élevage ([De Freitas et Junior, 2002](#) ; [Keys et al., 2004](#)).

En outre, les souches de *L. stylirostris* disponibles à Hawaïi au début de cette étude avaient été domestiquées par l'entreprise privée High Health Aquaculture inc., spécialisée dans la production et la commercialisation de crevettes de différentes espèces dites SPF (Specific Pathogen Free - garanties par les services américains compétents exemptes de 4 virus : WSV, YHV, IHHNV, TSV) ([Lotz et al., 1995](#)). De ce fait, les représentants des souches Hawaïiennes commercialisés par cette entreprise jouissaient d'un statut sanitaire favorable : les risques de transfert de pathogènes liés à l'introduction de représentants de cette souche étaient donc limités, sans pour autant être absolument nuls.

Les discussions et démarches entreprises entre les différents acteurs Calédoniens ont permis de clarifier les choix possibles (introduire ou non du « sang neuf », et si oui de quelle origine, domestiquée ou sauvage). Un consensus s'est progressivement dégagé entre ces différents acteurs pour considérer la somme des actions suivantes comme un compromis raisonnable permettant d'introduire du sang neuf dans le cheptel Calédonien (Figure 1) :

- i. Organisation des acteurs de la crevetticulture Calédonienne vis-à-vis de l'introduction de la souche Hawaïi ;

¹ Par définition :

- Deux individus sont apparentés s'ils ont au moins un ancêtre commun. Leur niveau d'apparentement est d'autant plus fort que leurs ancêtres communs sont récents et nombreux.
- Un individu est consanguin si et seulement si ses parents sont apparentés.

On peut donc avoir tous les cas de figure :

- individu non consanguin issu de parents non consanguins (le cas habituel en populations sauvages)
- individu consanguin issu de parents non consanguins (par exemple : descendance commune d'un frère et d'une sœur)
- individu non consanguin issu de parents consanguins mais non apparentés (par exemple, descendance d'un mâle et d'une femelle correspondant tous les deux au 2^{ème} cas de figure, mais sans liens entre eux)
- individu consanguin issu de parents consanguins et apparentés (cas des lignées où l'on « force » la consanguinité, comme dans les « races pures »)

² Un individu est homozygote en un point donné de son génome si les 2 gènes qu'il a reçus respectivement de son père et de sa mère sont identiques.

- ii. Définition par l’Ifremer de la structure génétique de la sous-population d’individus Hawaïens à introduire en Nouvelle-Calédonie afin de transférer la variabilité génétique de la souche Hawaï³ ;
- iii. Evaluation de la résistance de la souche Hawaïenne au virus IHHN, présent en Nouvelle-Calédonie ;
- iv. Introduction de cette souche en Nouvelle-Calédonie par les professionnels, avec l’aide technique de l’Ifremer, via une quarantaine placée sous contrôle sanitaire de l’autorité compétente (la DAVAR) ;
- v. Contrôle par biologie moléculaire de la variabilité effectivement introduite ;
- vi. Production simultanée d’animaux Hawaïens, Calédoniens et « Hybrides F1 »⁴ par l’Ifremer afin (a) de comparer les performances respectives des 3 types génétiques et (b) de maintenir les souches parentales pures ;
- vii. Définition par les acteurs de la filière, et à partir d’éléments de prospective fournis par l’Ifremer, d’une stratégie de conservation des ressources génétiques de *L. stylirostris* disponibles ;
- viii. A plus long terme, évaluation par l’Ifremer de l’intérêt de créer une population composite à partir de ces deux populations et de démarrer un programme de sélection sensu stricto à partir de cette population composite.

Le présent rapport rend compte des étapes i à vi. Les étapes suivantes s’inscrivent sur le plus long terme et ne pourront être envisagées qu’une fois les résultats des étapes précédentes consolidés.

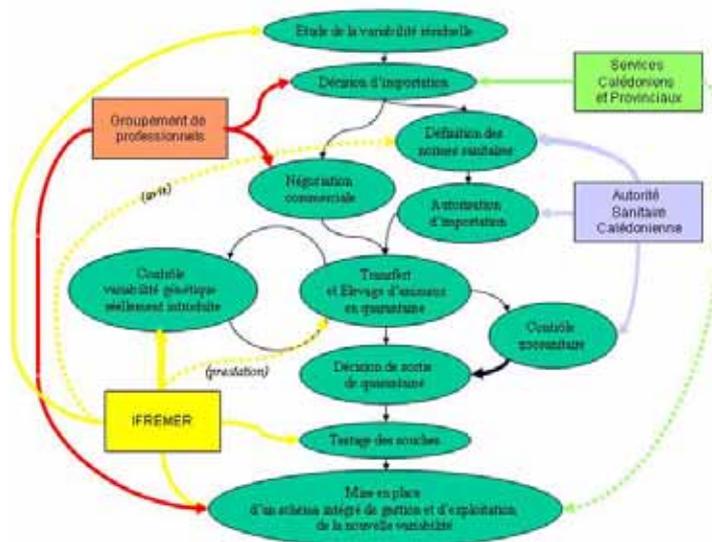


Figure 1 : schéma consensuel d’organisation des partenaires pour l’introduction et le testage de la souche Hawaï en Nouvelle-Calédonie

³ NB : Avant que l’étape ii ne commence, l’entreprise HHA a décidé de se concentrer sur d’autres espèces de pénéides que *L. stylirostris* (en particulier *L. vannamei*). Elle a donc décidé, sans préavis, de ne maintenir qu’une seule des 2 souches dont elle disposait et de supprimer la seconde. Les étapes ultérieures n’ont donc concerné que la seule souche domestiquée à Hawaï encore disponible, qui, par soucis de simplification, a été dénommée dans la suite du présent rapport la souche « Hawaï ». Cette souche était domestiquée depuis 6 générations lors des études préliminaires menées par Goyard et al. (2003).

⁴ C’est à dire des hybrides intra-spécifiques issus du croisement de première génération entre les deux souches pures.

2 Organisation des différents acteurs de l'introduction de la souche Hawaii

Compte tenu des risques encourus (introduction potentielle de pathogènes), des coûts d'une telle opération (achats d'animaux, transport, quarantaine), et des conséquences en termes de développement (accès à une nouvelle ressource), l'introduction de la souche Hawaii ne pouvait être envisagée par l'Ifremer sans que les professionnels soient non seulement convaincus de l'intérêt de la démarche mais aussi moteur dans les étapes relevant de leurs compétences (négociation et achat de la souche identifiée à Hawaii comme potentiellement intéressante ; demande d'autorisation d'introduction aux Services du Gouvernement en charge de la santé animale (DAVAR) ; gestion ultérieure de cette souche).

Compte tenu de cette situation nouvelle pour la profession et pour les structures provinciales d'encadrement, une association dénommée UPRAC-NC (Unité de Promotion et de sélection des Races Aquacoles de Crevettes de Nouvelle-Calédonie) a été créée en août 2003, à la suite du colloque Styli 2003 (Goarant et al., 2004). Elle regroupe les producteurs prêts à investir dans la génétique (9 fermes et 3 écloseries en 2006) et son objectif est la mise en œuvre des moyens permettant de gérer et d'améliorer le capital génétique des crevettes d'élevage de Nouvelle-Calédonie. Un Comité Technique Consultatif a été constitué au sein de cette association dans le but de conseiller les activités des adhérents de l'association dans le domaine de la génétique des crevettes et peut être consulté sur tout sujet technique d'importance, en particulier les sujets collectifs d'expérimentations ou les orientations techniques impliquant l'association dans son ensemble ou au moins l'un de ses membres et relevant de l'intérêt collectif (à commencer par les points à inclure lors de la négociation de la souche). Ce comité technique est composé du Président du Conseil d'Administration, d'un représentant de la Province Nord, de la Province Sud, de la DAVAR, et de l'Ifremer.

C'est donc l'UPRAC-NC qui a négocié et acheté la souche à HHA inc. et qui a officiellement demandé l'autorisation d'introduction à la DAVAR qui a à son tour défini les conditions zoosanitaires de cette opération, réglementairement placée sous son contrôle.

La création de l'UPRAC-NC a conduit à définir contractuellement les interventions de l'Ifremer vis-à-vis de cette opération à travers :

- Une convention-cadre ayant pour objet de définir le cadre général dans lequel l'UPRAC-NC et l'Ifremer s'engagent à promouvoir leur coopération, en ce qui concerne la gestion et l'exploitation de la variabilité génétique des crevettes d'élevage en Nouvelle-Calédonie. Cette convention cadre indique que l'UPRAC-NC et l'Ifremer réaliseront en partenariat des projets découlant d'objectifs stratégiques communs.
- Une première convention particulière définissant les conditions dans lesquelles l'Ifremer a mis à la disposition de l'UPRAC-NC du matériel d'élevage en vue d'une phase de quarantaine et lui a apporté son expertise en matière de zootechnie quarantaine.
- Une seconde convention particulière définissant les conditions dans lesquelles l'Ifremer testerait la souche de *L. stylirostris* introduite d'Hawaii par l'UPRAC-NC en vue de proposer à l'UPRAC-NC un plan d'exploitation de cette nouvelle variabilité génétique. Cette convention particulière précisait :

- Les modalités de testage et de multiplication de la souche Hawaïenne ;
 - Le soutien scientifique de l'Ifremer durant la phase de testage et de multiplication de la souche Hawaïenne ;
 - Les conditions d'utilisation de licence d'usage à des fins d'expérimentation que l'UPRAC accorde à l'Ifremer ;
 - que l'UPRAC-NC serait propriétaire des animaux de pure souche Hawaïenne ou hybrides produits par l'Ifremer dans ce cadre.
- un avenant à la convention cadre qui engage mutuellement l'Ifremer et l'UPRAC-NC à signer un contrat de valorisation financière des résultats de la recherche à l'issue de la première année d'exploitation commerciale des résultats et prenant en compte les coûts supportés par chacun sur l'ensemble de l'opération.

3 Définition de la structure génétique de la sous-population d'individus Hawaïens à introduire en Nouvelle-Calédonie

Goyard et al. (2002b et 2003) ont montré avec une méthode faisant appel à des simulations de tirages aléatoires (Figure 1) pour chacune des deux souches « Hawaii » initialement disponibles chez HHA que :

- 10 géniteurs par souche assuraient en moyenne le transfert d'au moins 90% de la diversité allélique Hawaïenne ;
- Aucun tirage aléatoire de plus de 22 individus au sein de chacune de ces populations ne faisait perdre d'allèle (hormis un allèle rare).

Le transfert de 32 géniteurs par souche devait donc permettre d'introduire l'ensemble de la variabilité disponible à Hawaii et d'initier un schéma de croisements utile à sa gestion ultérieure.

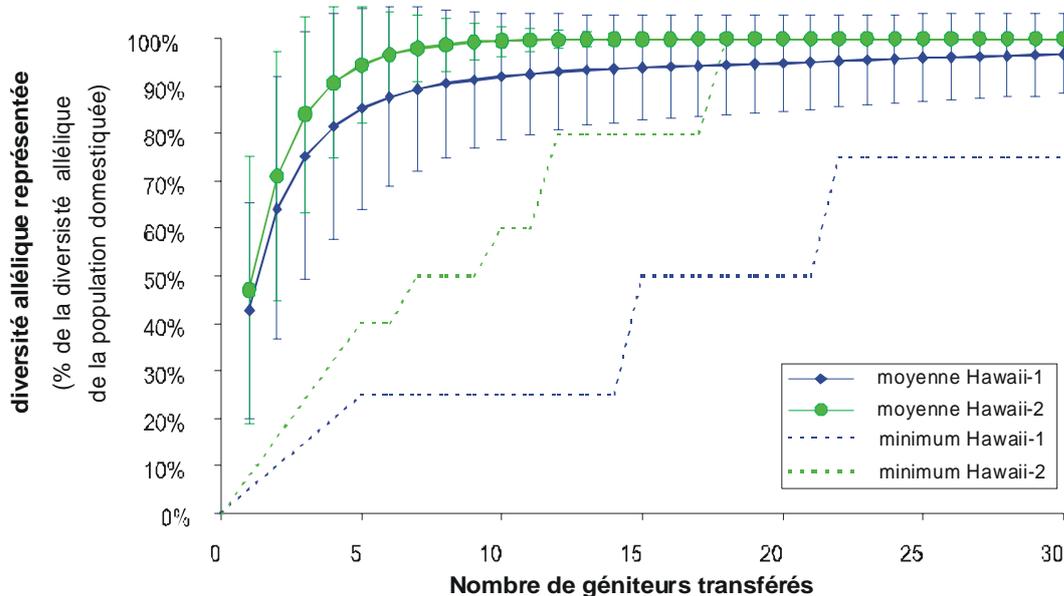


Figure 1 : évaluation de la part de diversité allélique transférable en fonction du nombre de géniteurs de chacune des 2 populations Hawaïennes utilisés

L’Ifremer a donc recommandé que la souche Hawaii soit introduite dès que possible sous la forme de 16 familles biparentales issues de 32 géniteurs différents. Plusieurs contraintes devaient être prises en compte pour atteindre cet objectif :

- au moment de la négociation de la souche par les professionnels Calédoniens, en 2003, la population Hawaïenne était structurée en 4 familles biparentales identifiées et appartenant à la 6^{ème} génération de domestication (« G6 ») ;
- la génération suivante « G7 », à naître fin 2003, ne serait pas introduite en Calédonie, du fait que la quarantaine ne serait pas prête ;
- les familles de la génération « G8 » à naître fin 2004 pourraient être prégressées séparément à Hawaii avant d’être marquées puis transférées dans la quarantaine en Calédonie.

Dans ces conditions, un plan de croisement a été conseillé par l’Ifremer à partir des 4 familles de la G6 disponibles en 2003. Le fournisseur Hawaïen ne l’a suivi que partiellement fin 2004, si bien que sur les 11 familles de la génération G7 nées fin 2003, 3 étaient issues de croisements frère-sœur. Le plan de croisement préconisé pour la production des 16 familles de la G8 nées fin 2004 à introduire a été modifié en conséquence : parmi elles, 8 bénéficiaient d’une contribution équilibrée des 4 familles grand-parentales initiales, et chacune des 8 autres était issue de 3 familles grand-parentales. Les 2 séries de croisements effectués à Hawaï dans le cadre du projet sont explicitées dans l’[annexe 1](#).

4 Evaluation de la résistance de la souche Hawaïenne au virus IHHN

4.1 Evaluation avant introduction

L'étape d'évaluation de la résistance de la souche Hawaïenne au virus IHHN, que la DAVAR avait conseillée sans l'imposer aux producteurs importateurs de la souche Hawaii, se justifiait par la présence du Virus IHHN en Nouvelle-Calédonie et par le fait que la résistance de la souche Calédonienne à ce virus n'était pas un caractère de toute l'espèce *L. stylirostris* mais de seulement certaines populations (Weppe et al., 1992)

Cette évaluation a été financée directement par les producteurs et a été totalement sous-traitée au laboratoire de référence de l'OIE de Université d'Arizona. La méthodologie employée et les résultats obtenus sur les animaux de la génération G7 sont fournis pour mémoire en annexe 2.

Cette étude menée suivant un protocole standardisé a permis de conclure que l'IHHNV ne provoquait pas de mortalité sur la souche Hawaii (annexe 2), bien que des lésions plus sévères que celles généralement observées sur les individus Calédoniens aient pu être observées (Goarant, comm. pers).

Par conséquent, le risque que les animaux Hawaïens une fois sortis de quarantaine subissent des mortalités liées au virus IHHN est apparu comme faible et ne justifiant pas de précautions sanitaires particulières.

4.2 Evaluation après introduction

4.2.1 Matériel et méthode

Afin d'évaluer la prévalence et le portage comparés du virus IHHN dans les deux souches de crevettes Hawaïenne et Calédonienne et chez leurs hybrides intra-spécifiques, nous avons mis en place au laboratoire une PCR diagnostique du virus IHHN selon une des méthodes normalisées de l'Office International des Epizooties. Les amorces 389F et 389R permettent l'amplification d'un fragment de 389 paires de bases du génome du virus IHHN. Au sein de ce fragment, des amorces ont été redessinées (5'-TTCGAAGAGAGCGTAGGA-3' et 5'-TCCTACGCTCTCTTCGAA-3') afin de permettre de réaliser une *nested-PCR* en ré-amplifiant un fragment de 96 paires de bases au sein de ce premier amplicon afin de rendre la méthode plus sensible que la PCR traditionnelle.

Nous avons appliqué cette *nested-PCR* à 106 crevettes, 37 de souche Calédonienne (11 mâles et 26 femelles), 39 de souche Hawaïenne (15 mâles et 24 femelles) et 30 hybrides intra-spécifiques (30 femelles), issues d'un des élevages en bassin de terre expérimentaux de 2005 décrits plus loin et qui avaient été préalablement marquées avant mélange.

4.2.2 Résultats

Sur les 106 crevettes testées, aucune n'a été trouvée positive en PCR traditionnelle et seules deux ont été trouvées positives en *nested-PCR* (aucune Calédonienne, un mâle Hawaïen et une femelle hybride). Ces résultats, qui n'ont été obtenus que sur un seul lot de crevettes issues d'un seul et même bassin, ne peuvent être considérés comme représentatifs de la prévalence et du portage réels au sein de l'ensemble du cheptel Calédonien, qui révéleraient très probablement une forte variabilité inter-bassins et inter-sites. (Par exemple, le témoin positif d'amplification est issu de l'amplicon obtenu à partir de l'extraction d'ADN d'une crevette de la ferme voisine, positive lors de la PCR traditionnelle).

Toutefois, malgré ces limites, les résultats obtenus confirment que le portage du virus IHHNV par les crevettes élevées en Nouvelle-Calédonie est limité, résultant en une charge virale faible. Ils démontrent d'autre part que la souche Hawaïenne ne présente pas non plus de forte sensibilité au virus IHHNV, ni les hybrides entre les deux souches.

5 Passage en quarantaine de la souche Hawaii

5.1 Conception, construction, gestion de la quarantaine : perspectives en termes de conservation des ressources

L'UPRAC-NC a construit et géré un outil de quarantaine aquacole répondant aux exigences de la DAVAR, situé à l'intérieur des terres et éloigné de tout site aquacole afin de minimiser les risques de contamination en cas d'accident.

L'Ifremer a contribué à la conception et à la gestion de cet outil dans le cadre de la convention évoquée plus haut. Un rapport spécifique décrit l'ensemble de différentes phases liées à l'expérience acquise dans la quarantaine et fournit des éléments de prospective sur les stratégies de conservation de souches de crevettes (Patrois et al., 2007).

5.2 Principaux résultats zootechniques

L'ensemble des résultats zootechniques obtenus en quarantaine sont donnés dans le rapport de Patrois et al., (2007).

Dans le présent rapport, on rappellera seulement qu'aucune des 16 familles de la G8 introduites n'a subi à la fois de fortes mortalités pendant les 15 premiers jours après transfert en avion et de fortes mortalités après ces 15 premiers jours et jusqu'à la sortie de quarantaine (Figure 2). Aucune famille introduite ne présentant donc de signe majeur de fragilité, des représentants des 16 familles ont été transférés dans 2 bassins de terre à l'Ifremer pour atteindre le stade de géniteurs (Figure 3).

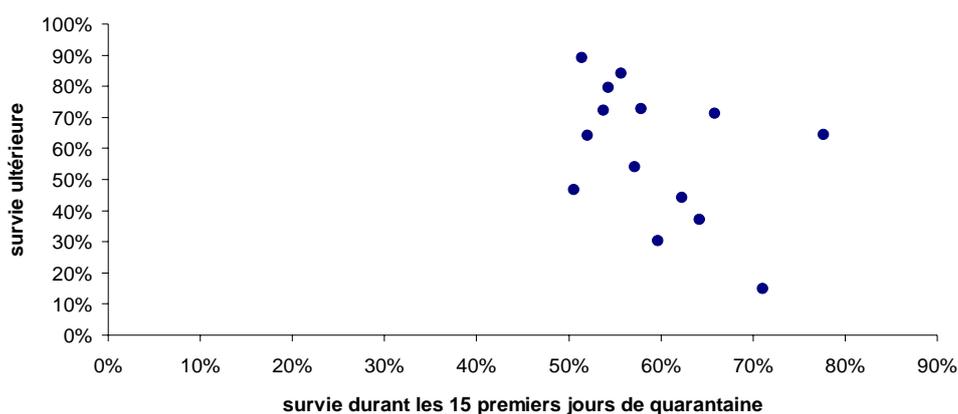


Figure 2 : survie des familles Hawaiiennes introduites après transfert en quarantaine et survie ultérieure

La survie des individus Hawaiiens en bassins terre entre la sortie de quarantaine en Août 2005 et leur entrée en salle de maturation en octobre 2005 a atteint 95%, l'intégralité des 16

familles étant représentées. Afin de ne pas stresser les animaux et pour ne pas hypothéquer la reproduction d'aucune des 16 familles, aucun échantillonnage n'a été fait à ce stade. Cependant il est à noter que l'observation visuelle de ces animaux a suggéré leur fort potentiel de croissance, leur retard en sortie de quarantaine semblant rattrapé.

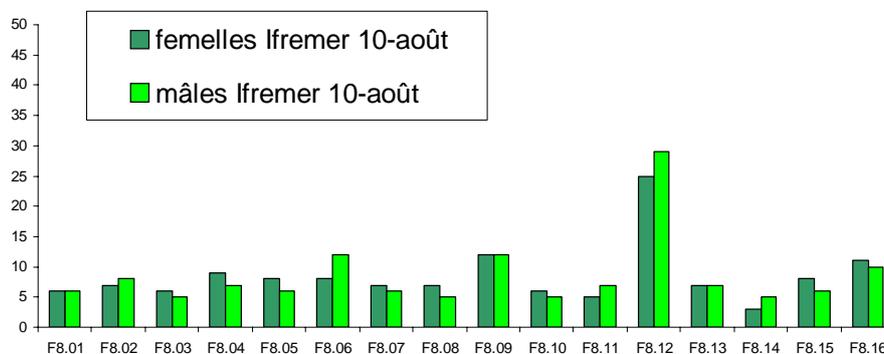


Figure 3 : effectifs des 16 familles Hawaïennes introduites à la date du transfert d'environ la moitié du cheptel dans les installations de l'Ifremer

6 Contrôle par biologie moléculaire de la variabilité effectivement introduite

6.1 Le transfert du génotypage des crevettes par microsatellites à une entreprise privée

Trois marqueurs microsatellites avaient été utilisés dans le laboratoire de biologie moléculaire d'Ifremer-Tahiti pour l'évaluation de la variabilité génétique du cheptel Calédonien et la recherche de souches candidates à l'introduction en Calédonie (Vonau et al., 1999 ; Goyard et al., 2002a, 2002b et 2003). Il avait été montré que deux de ces trois marqueurs permettaient d'assigner les individus à la population Calédonienne ou à la population Hawaïenne et qu'ils pouvaient donc constituer un outil utile à l'expérimentation et à la gestion ultérieure des deux souches par les professionnels.

Une collaboration a été établie à partir de 2004 avec l'entreprise privée GENINDEXE⁵ afin que cet outil soit disponible en routine. Le multiplexage en PCR des 3 marqueurs microsatellites sur le séquenceur ABI 3100 a été mis au point à partir des données de base disponibles (séquences des amorces, température d'annealing, taille des allèles, protocole d'extraction d'ADN –Vonau et al., 1999 ; Bierre et al., 2000). C'est finalement l'extraction de l'ADN au Chelex qui a été retenue (Baron, comm. pers). En 2005, GENINDEXE était en mesure de proposer le génotypage à façon à tout client potentiel (Ifremer, UPRAC-NC ou autre).



Figure 4 : laboratoire Genindexe

6.2 Contrôle de la variabilité introduite

Les individus Hawaïens de la génération G8 qui étaient disponibles pour la reproduction (c'est-à-dire ceux qui avaient survécu en quarantaine puis en bassin terre à l'Ifremer, puis en salle de maturation) ont subi un prélèvement de pléopodes qui ont été conservés dans l'alcool avant expédition à GENINDEXE.

Parallèlement à l'opération d'introduction de la souche Hawaii, la recherche d'autres souches candidates à l'introduction a été prolongée au cours du projet DESANS : des échantillons de pléopodes prélevés sur des animaux de la population récemment introduite à Fidji en provenance de Brunei ont été obtenus, et ont également été conservés dans l'alcool.

L'ensemble de ces échantillons « Fidjiens » et « Hawaïens » ont été expédiés à GENINDEXE en même temps qu'une série d'échantillons de pléopodes d'animaux Calédoniens. La Figure 5 rend compte de la variabilité allélique disponible chez ces 3 populations aux 3 locus microsatellites précités.

⁵ GENINDEXE/ 6, rue des Sports/ 17000 LA ROCHELLE / FRANCE
Tel. : +33 (0)5 46 30 69 66/ Fax : +33 (0)5 46 30 69 68

Ces résultats montrent que l'essentiel de la variabilité allélique disponible au début du projet avait effectivement été introduite, car seul un allèle rare observé dans la souche Hawaïenne par Goyard et al. en 2002 n'a pu être détecté : le plan de croisement pratiqué entre la G6 et la G8 et la stratégie d'indentification des familles ont donc bien joué leur rôle.

En outre, d'un point de vue génétique, la population « fidjienne » introduite de Brunei s'avère une candidate à l'introduction compte tenu de la diversité allélique (3 à 5 allèles supplémentaires par locus, spécifiques de cette souche par rapport aux souches Hawaii et Calédonie). Un rapprochement avec les données de génotypage des souches qui étaient disponibles à Hawaii lors des études préliminaires permet en outre d'affirmer que la souche « Fidji » est très proche génétiquement de la souche de *L. stylirostris* que HHA inc a supprimée avant le début des négociations avec l'UPRAC-NC. Mais cette souche « Fidji » ne présente pas les mêmes garanties sanitaires que la souche Hawaii et son introduction en Nouvelle-Calédonie, tout comme celle de la souche disponible à Brunei et dont elle est issue (Pickering, comm. pers), ne pourrait être envisagée sans des précautions sanitaires maximales.

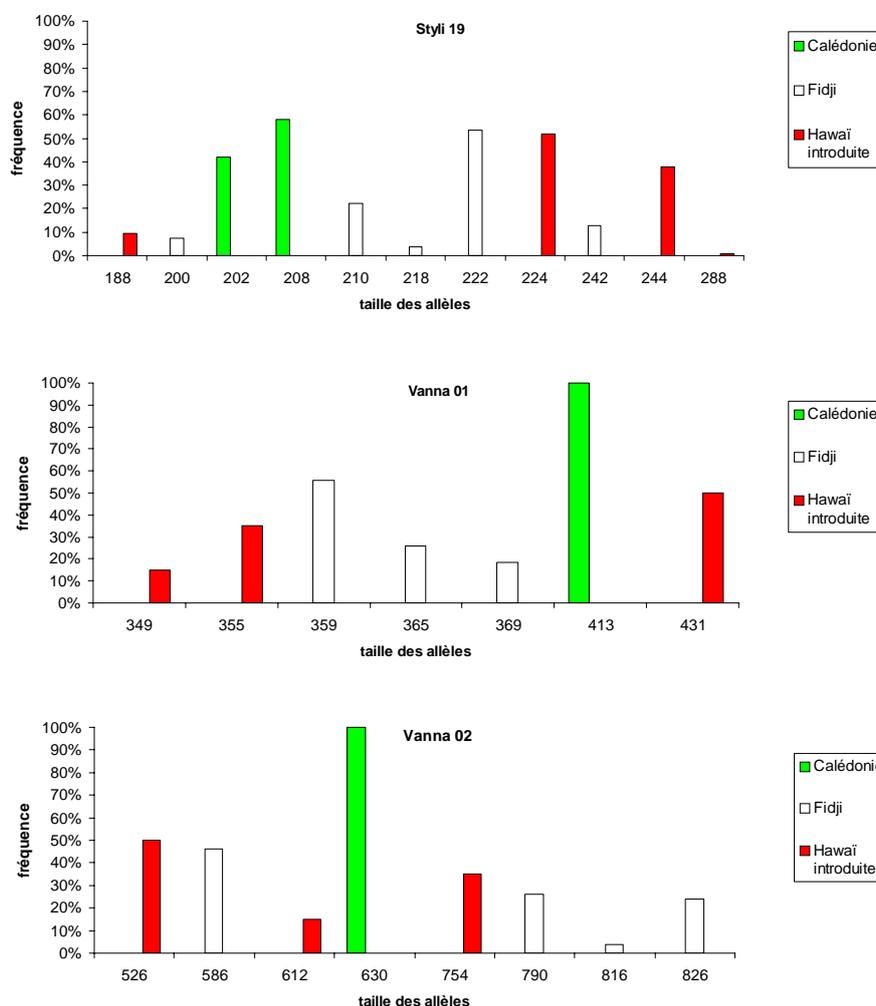


Figure 5 : fréquences alléliques observées en 3 locus (Styli 19, vanna 01 et vanna 02) dans la population Calédonienne, chez les animaux Hawaïens sortis de quarantaine et reproduits en Calédonie en 2005, et dans une population récemment introduite à Fidji

7 Testage d'animaux de types Hawaïen, Calédonien et Hybride- F1

7.1 *Reproduction des crevettes Hawaïennes, en intra souche et en croisement avec les Calédoniennes*

7.1.1 Objectifs et méthodes

Les animaux de la génération Hawaï-G8 introduits en Nouvelle-Calédonie via la quarantaine ont été élevés à très faible densité ($0,3/m^2$) en bassins terre à partir d'un âge moyen de 263 jours. Ils ont reçu une alimentation fraîche (calmar) 3 fois par semaine en plus de leur ration de granulés commerciaux. Leur reproduction a été effectuée fin 2005, lorsque ils avaient un âge moyen de 350 jours. Cette reproduction répondait à plusieurs objectifs :

- Reproduire chacune des 16 familles importées par au moins un mâle ou une femelle
- Produire une nouvelle génération de la souche Hawaï, baptisée Hawaï-G9, structurée en au moins 16 familles biparentales à généalogie connue, en limitant le plus possible la consanguinité et en équilibrant le plus possible les contributions des 4 familles de la génération G6 nées à Hawaï en 2002, date à partir de laquelle les croisements effectués ont été enregistrés.
- Constituer à partir de ces familles de la nouvelle génération Hawaï-G9 :
 - o Un stock de futurs reproducteurs de généalogie connue et marqués individuellement ;
 - o Au moins un stock de futurs reproducteurs Hawaïens pour les écloséries privées de l'UPRAC-NC ;
 - o Une population issue du mélange des familles pour le testage de la souche
- Croiser des animaux Hawaïens avec des animaux Calédoniens pour produire une population « Hybride-F1 » baptisée « F1-2005 » pour une première évaluation de leurs performances.

La reproduction des animaux de la génération Hawaï-G9 répondait à des objectifs équivalents (production de la nouvelle génération Hawaï-G10 et production d'Hybrides F1-2006). Cependant les conditions d'élevage et de reproduction de la G9 diffèrent de celles de la G8 :

- L'élevage en eau claire s'est achevé à J80 avec le double marquage des différentes familles
- Les bassins en terre ont étéensemencés à la densité de $4/m^2$.
- L'alimentation a suivi le standard calédonien (Alimentation fraîche une fois par semaine)
- De multiples transferts ont dû être effectués compte tenu des travaux de réhabilitation de la station de Saint Vincent.

La reproduction de la G9 a été tentée en août 2006 dès que les animaux ont eu 9 mois d'âge moyen (J285), mais sans succès. Elle a en fait été effectuée en deux épisodes entre fin 2006 et début 2007 (âges moyens respectifs : J345 et J415).

Chaque année, des animaux de la même lignée Calédonienne que ceux utilisés pour produire des Hybrides-F1 ont été reproduits simultanément entre eux pour constituer une population

Calédonienne, structurée en 16 familles biparentales et servant de « témoin » lors du testage des différents types génétiques. Le choix a été fait d'utiliser pour ces expérimentations les animaux Calédoniens issus de la sélection expérimentale pour la résistance au syndrome 93 plutôt que la population non sélectionnée afin de comparer les Hybrides et les Hawaïennes à la meilleure population Calédonienne disponible à Saint-Vincent.

Pour chaque ponte, ont été mesurés ou calculés les paramètres suivants en tenant compte des différents types de croisements :

- poids des géniteurs utilisés
- nombre d'œufs récoltés
- nombre d'œufs par gramme de femelle
- nombre d'œufs fécondés
- taux de fécondation
- nombre de nauplii éclos
- taux d'éclosion
- pourcentage de nauplii par œuf récolté

Chaque ponte a été élevée séparément des autres dans des bacs de 100 à 150 litres suivant le protocole d'écloserie en vigueur. La survie a été évaluée au stade post-larve par comptage.

7.1.2 Résultats

7.1.2.1 Généalogie de la souche Hawaii

En 2005, 22 familles Hawaïennes appartenant à la génération Hawaii-G9 ont été produites et sont issues de l'intégralité des 16 familles de la génération G8 introduites via la quarantaine ; les croisements pratiqués ont permis aux 4 familles initiales de la G6 de contribuer à chacune de ces 22 familles, et que leurs contributions respectives soient comprises entre 22 et 27% au sein de 10 de ces 22 familles (Figure 8 et annexe 1).

La reproduction de génération Hawaii-G9 a été plus complexe suite aux problèmes décrits plus loin, si bien qu'on distingue 2 groupes parmi les 16 familles de la génération Hawaii-G10, issues au total des 17 familles de la génération Hawaii-G8 (Figure 8 et annexe 1) :

- groupe « Hawaii G10a » : 11 familles nées entre le 9/11/06 et le 30/11/06 et issues de 12 familles de la G8
- groupe « Hawaii G10b » : 5 familles nées entre le 13/01/07 et le 20/01/07 et issues de 7 familles de la G8 (dont 2 ayant contribué à la « G10a »)

Malgré ces difficultés, les contributions respectives des familles G6-Green, G6-Red, G6-Yellow, G6-Purple à la génération G10 étaient de 26%, 25%, 27% et 21%.

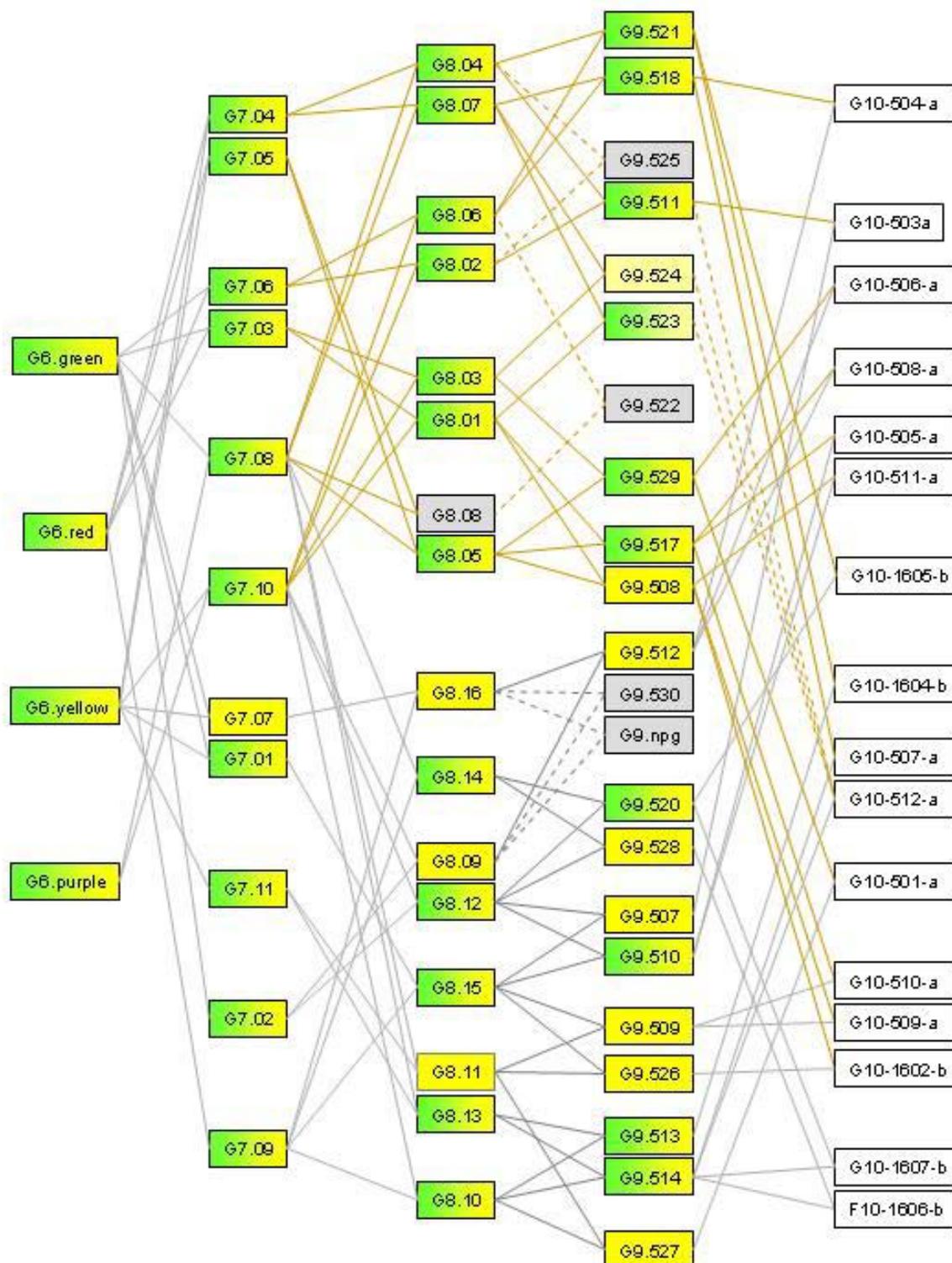


Figure 8 : Croisements des familles Hawaïennes effectués de la génération G6 à la génération G10 pour le maintien de la souche.

En jaune : familles Hawaïennes des générations G6, G7, G8 et G9 ayant des descendants dans la G10

En vert : familles Hawaïennes des générations G6, G7, G8 et G9 ayant contribué à la production de familles hybrides en 2005 (testage 2006) et fin 2006 – début 2007 (testage 2007)

En gris : familles sans descendance

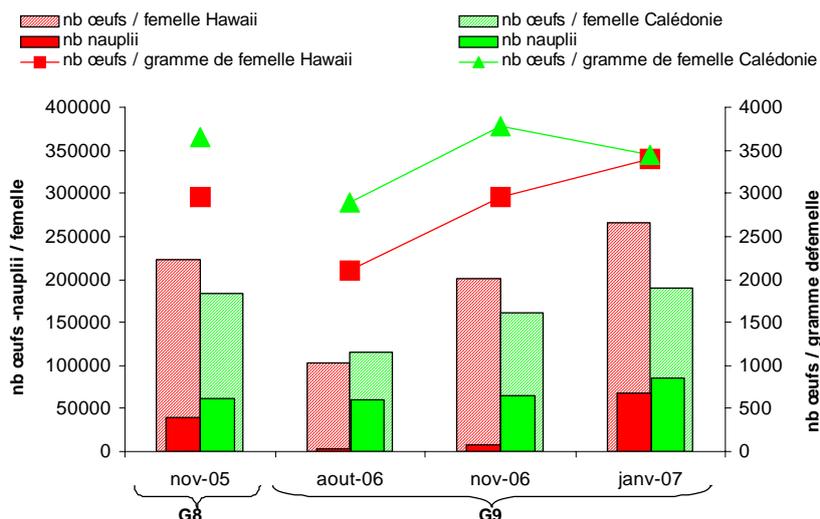


Figure 9 : production d'œufs et de nauplii dans les souches Calédonie et Hawaii (8^{ème} et 9^{ème} génération) en fonction des essais

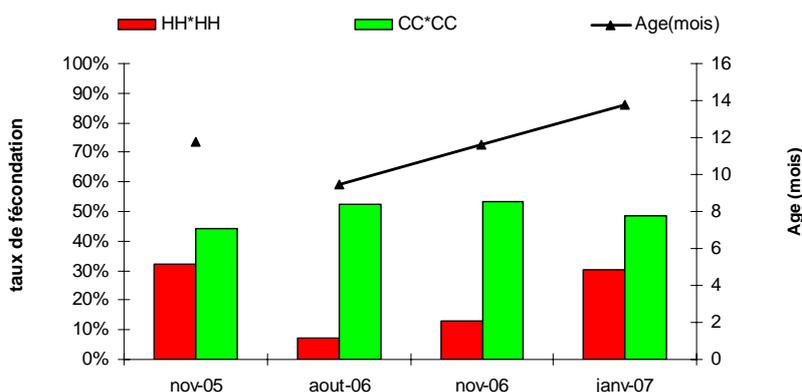


Figure 10 : Evolution des taux de fécondation observés dans les souches Calédonie et Hawaii (8^{ème} et 9^{ème} génération) en fonction des essais

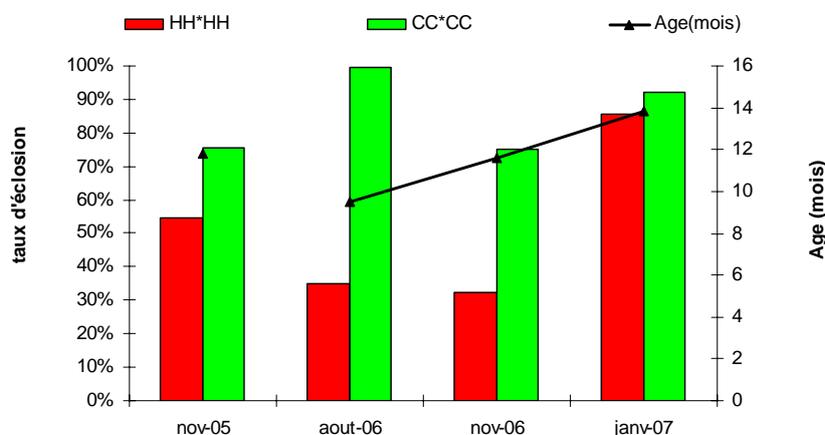


Figure 11 : Evolution des taux d'éclosion des pontes observés dans les souches Calédonie et Hawaii (8^{ème} et 9^{ème} génération) en fonction des essais

7.1.2.2 Performances reproductives comparées des souches Hawaii et Calédonie

Malgré un parcours zootechnique atypique (passage en quarantaine), la reproduction des Hawaiiennes de la G8, tentée à un âge moyen de 12 mois environ, n'a pas posé de problème particulier bien que la fécondité des femelles, les taux de fécondation et les taux d'éclosion soient plus faibles dans la population Hawaiiienne que dans la population Calédonienne (figures 9, 10 et 11). Ces performances plus faibles ont été compensées par des poids moyens de femelles supérieurs (75 g contre 50 g) : en final, 39000 nauplii ont été récoltés par femelle Hawaiiienne en 2005 contre 61000 nauplii par femelle Calédonienne.

En 2006, contre toute attente, la reproduction des Hawaiiennes a posé plus de problèmes (figures 9, 10 et 11) :

- En août 2006, à l'âge de 9 mois environ, les Hawaiiennes ont montré pour tous les paramètres suivis des performances inférieures à celles des Calédoniennes : au bilan la quantité de nauplii récoltés n'a été que de 2500 par femelle, ce qui a conduit à ajourner l'opération.
- En novembre 2006, à l'âge de 12 mois environ, le nombre de nauplii par femelle Hawaiiienne est resté faible, mais compatible avec le lancement des élevages larvaires correspondants (8400 nauplii/femelle en moyenne contre 60000 pour la souche Calédonienne). Cette mauvaise performance est liée à de faibles taux de fécondation et d'éclosion.
- En janvier 2007, à l'âge de 14 mois environ, les performances des Hawaiiennes se rapprochent des standards Calédoniens, comme en Novembre 2005 pour la génération précédente : en final, 69000 nauplii ont été récoltés par femelle Hawaiiienne contre 85000 nauplii par femelle Calédonienne.

7.1.2.3 Production d'Hybrides-F1

En 2005, 11 familles hybrides ont été constituées et mélangées au stade post-larve pour le testage de performance (6 croisements mâle Hawaii x femelle Calédonie et 5 croisements mâle Calédonie x femelle Hawaii)

En 2006, 8 croisements mâle Hawaii x femelle Calédonie et 5 croisements mâle Calédonie x femelle Hawaii ont été obtenus. Les familles correspondant au même sens de croisement ont été mélangées au stade post larve, mais chaque type de croisement a été élevé et testé séparément.

Dans un souci de simplification de la présentation des résultats, le présent rapport ne fait état que des résultats obtenus globalement sur les hybrides indifféremment du sens de croisement (le sens du croisement n'a eu d'effet sur aucun des paramètres suivis).

7.1.2.4 Survies en élevage larvaire

La Figure 12 rend compte à partir des données de l'annexe 3 des survies observées en élevage larvaire (du stade nauplii aux stades PL6-8 et PL10-11) fin 2005 et fin 2006-début 2007 respectivement, pour l'ensemble des types génétiques étudiés. Les élevages d'Hybrides-F1

enregistrent des survies moyennes de l'ordre de 50% chaque année, alors que les survies des populations pures sont soit moins bonnes (cas des Hawaïennes) soit variables (cas des Calédoniennes).

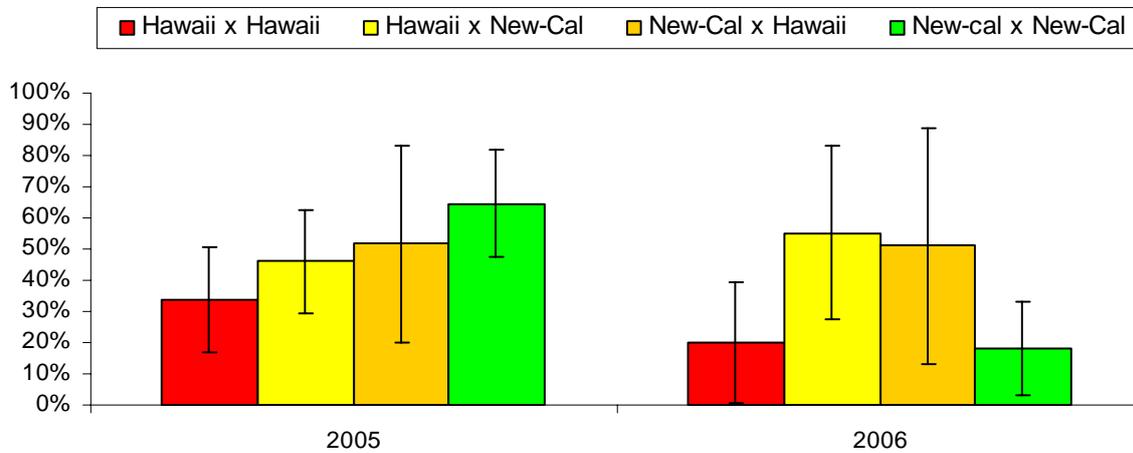


Figure 12 : survies observées en élevage larvaire chez les différents types génétique (Le type génétique des parents femelles est donné en premier, celui des parents mâles en second)

7.1.3 Conclusions

Les mauvaises performances reproductives de la souche Hawaï enregistrées sur la G9, qui sont préoccupantes en termes d'utilisation de cette souche par la filière, doivent être relativisées : il semble que la souche Hawaï ne mature pas aussi précocement que la souche Calédonienne puisque ses performances de la G9 se sont améliorées d'essai en essai. A ce stade, on retiendra seulement les points suivants :

- la souche Hawaï semble avoir besoin d'au moins 12 mois d'âge et/ou 75 g de poids moyen pour les femelles pour enregistrer des performances reproductives se rapprochant de celles de la souche Calédonienne
- les conditions de pré-maturation en bassin terre sont à soigner particulièrement, à la fois en termes de nutrition (apport d'aliment frais supérieur au standard Calédonien ?) et en termes de densité, 4/m² semblant être trop élevé.

7.2 Testage des hybrides et des Hawaïennes

A partir du matériel biologique décrit ci-dessus, plusieurs expérimentations ont été menées en 2006 et 2007, successivement ou en parallèle, afin de caractériser les populations Hawaïenne, Calédonienne et métisse-F1 pour les paramètres suivants :

- Croissance jusqu'à taille commerciale en bassin terre
- Survie jusqu'à taille commerciale en bassin terre
- Survie aux infections à *V. penaeicida* et *V. nigripulchritudo*

Les structures d'élevages utilisées lors de ces tests sont de différents types :

- bassins terre de 500m² de Saint Vincent
- cages flottantes de 8m³ installées dans un bassin d'une ferme affectée par le syndrome d'été
- salle d'infection expérimentale

L'ensemble de ces expérimentations a fait l'objet d'une publication qui présente les résultats obtenus en privilégiant les comparaisons de performances des hybrides-F1 avec la moyenne des souches pures (Goyard et al., soumis). Il s'agissait d'apporter une réponse à la question suivante : quels gains une filière aquacole quelconque peut tirer d'une stratégie d'amélioration par croisement de souches ?

Dans le présent rapport, les résultats sont présentés en privilégiant les comparaisons de performances de la souche Hawaii et des Hybrides-F1 avec celles de la souche Calédonienne. Il s'agit d'apporter une première réponse à la question suivante : quel gain les producteurs Calédoniens pourraient-ils tirer de l'importation de « sang neuf », soit par utilisation de la souche Hawaii, soit par la production d'hybrides-F1 ?

7.2.1 Matériel biologique commun aux différentes expériences

Les populations testées en 2006 correspondent aux populations CC-2005, HH-2005 et F1-2005 produites fin 2005 comme décrit plus haut. Une fois sorties d'écloserie, elles ont été élevées séparément pour la phase de prégrossissement avant marquage en bassin terre jusqu'à ce qu'elles atteignent le poids moyen de 3,3 g (+/- 0,8 g), 3,4 g (+/- 1,3 g) et 2,9 g (+/- 0,4 g) respectivement. Elles ont été ensuite marquées par injection de silicone coloré (Godin, 1996) et réparties en fonction des expériences décrites plus loin. Les différences de poids au moment du marquage n'étaient pas significatives entre CC-2005 et HH-2005 ($p > 0.10$), mais les animaux de la F1-2005 étaient significativement plus légers que les autres ($p < 0.01$).

De façon similaire, les populations testées en 2007 correspondent aux populations CC-2006, HH-2006 et F1-2006 produites fin 2006 ; leurs poids respectifs au moment du marquage étaient de 4,0 g (+/- 1,2 g), 11,1 g (+/- 2,9 g) et 3,8 g (+/- 1,2 g). Les différences de poids n'étaient pas significatives entre CC-2006 et F1-2006 ($p > 0,10$) mais les animaux HH-2006 étaient significativement plus lourds que les autres ($p < 0,01$), vraisemblablement à cause des faibles densités d'élevage induites par une très mauvaise survie pendant la phase de prégrossissement.

7.2.2 Testage en bassin terre

7.2.2.1 *Matériel et méthode*

Afin d'évaluer les performances de croissance et de survie des différents types génétiques dans des conditions propices à l'expression du syndrome, deux bassins de terre de 500 m² de la station de Saint Vincent ont étéensemencés en milieu de saison chaude (mois de février) en 2006 et 2007 avec des animaux prégrossis et marqués décrits ci-dessus et appartenant respectivement aux populations CC-2005, HH-2005, F1-2005 d'une part et CC-2006, HH-2006, F1-2006 d'autre part (Tableau 1). Les bassins ont été gérés comme des bassins de grossissement (Clifford, 1992; Della Patrona et Brun, in prep.).

Les bassins ont été pêchés après le début de la saison froide, 134 et 126 jours après ensemencement en 2006 (populations CC-2005, HH-2005 et F1-2005) et en 2007 (populations CC-2006, HH-2006 et F1-2006) respectivement. Les animaux pêchés ont été triés suivant leur marque, comptés, puis échantillonnés et pesés afin d'estimer les taux de survie et de croissance.

Tableau 1 : Nombre d'animaux prégrossis, marqués et ensemencés dans les bassins terre expérimentaux et survies finales observées

		Nombre initial d'animaux marqués				Durée d'élevage (jours)	Survies finales (%)		
		CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006	total		CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006
		Expérience en bassins – année 1	Bassin 1-année 1	2000	4000		4000	10000	134
	Bassin 2-année 1	2000	4000	4000	10000	134	50%	60%	60%
Expérience en bassins – année 2	Bassin 1-année 2	3000	296	6454	9750	126	37%	27%	55%
	Bassin 2-année 2	3000	300	6450	9750	126	32%	38%	52%

7.2.2.2 *Résultats sur la croissance*

Les courbes de croissance obtenues sont données par les Figures 13a et 13b. Chaque année, les poids finaux des hybrides-F1 ont été significativement supérieurs à ceux des populations Calédoniennes et Hawaïennes (Tableau 2 ; p<0,001). Si l'on prend en compte la durée de chaque expérience et les poids initiaux au moment du marquage et du mélange des animaux, la vitesse de croissance moyenne sur la période correspond à 0,16 g/jour, 0,16 g/jour et 0,21 g/jour pour les populations CC-2005, HH-2005 et F1-2005 respectivement, et à 0,17 g/jour, 0,17 g/jour et 0,24 g/jour pour les populations CC-2006, HH-2006 et F1-2006 respectivement (Tableau 2).

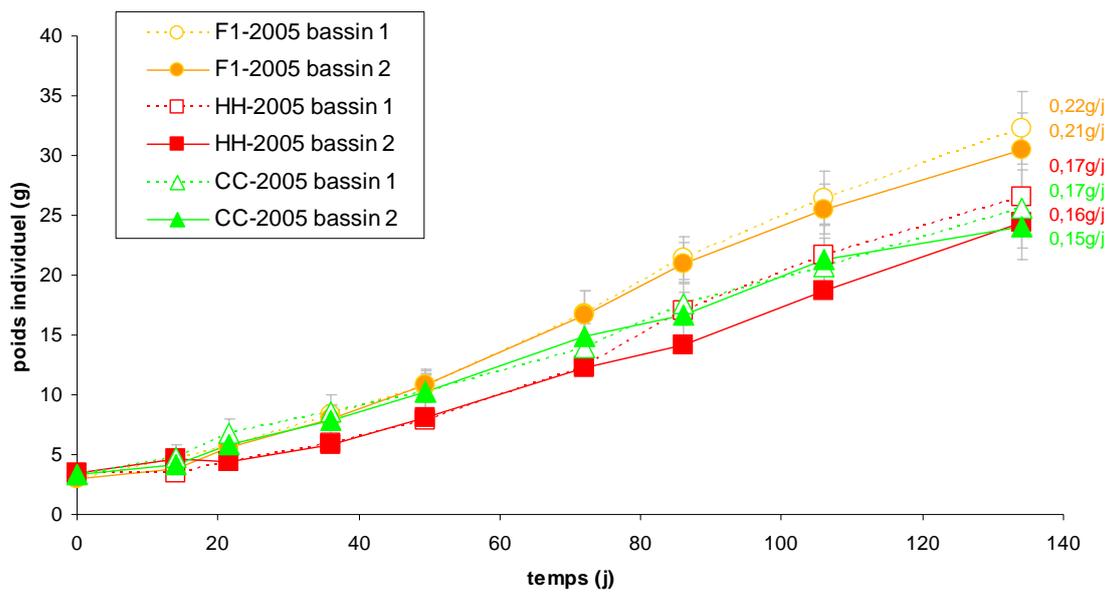


Figure 13a : croissances observées en 2006 chez des Calédoniennes (CC-2005), des Hawaiennes (HH-2005) et des « Hybrides F1 » (F1-2005) marquées et élevées en mélange dans 2 bassins terre

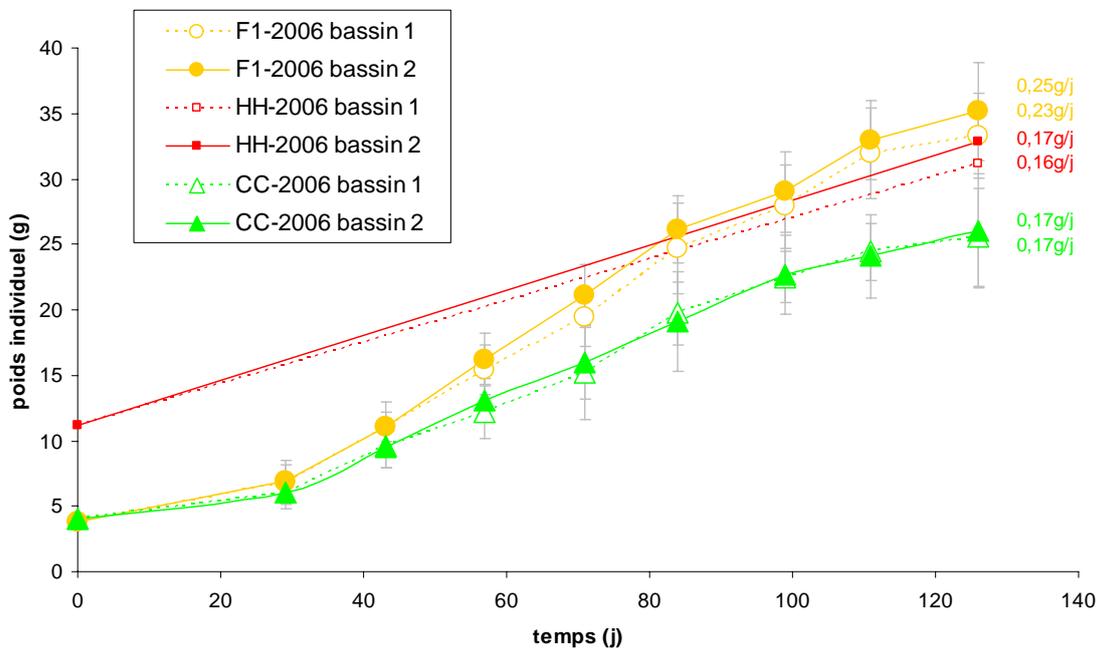


Figure 13b : croissances observées en 2007 chez des Calédoniennes (CC-2006), des Hawaiennes (HH-2006) et des « Hybrides F1 » (F1-2006) marquées et élevées en mélange dans 2 bassins terre

Tableau 2 : Poids et vitesses moyennes de croissance observées chez les Calédoniennes (CC-2005 ou CC-2006), les Hawaïennes (HH-2005 ou HH-2006) et les « Hybrides F1 » (F1-2005 ou F1-2006) dans les différentes expériences de grossissement en bassin terre

	Poids initial lors du marquage et de l'ensemencement (g)			Durée de l'élevage (jours)	Poids final (g)			Vitesse moyenne de croissance (g/j)		
	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006		CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006
	Bassin 1-année 1	3,3 +/- 0,8	3,4 +/- 1,3		2,9 +/- 0,4	134	25,5 +/- 3,3	26,6 +/- 2,5	32,3 +/- 3,0	0,17
Bassin 2-année 1	3,3 +/- 0,9	3,4 +/- 1,4	2,9 +/- 0,5	134	24,0 +/- 2,8	24,5 +/- 2,3	30,4 +/- 3,1	0,15	0,16	0,21
Bassin 1-année 2	4,0 +/- 1,2	11,1 +/- 2,9	3,8 +/- 1,2	126	25,5 +/- 3,7	31,2 +/- 5,0	33,3 +/- 3,2	0,17	0,16	0,23
Bassin 2-année 2	4,0 +/- 1,3	11,1 +/- 2,1	3,8 +/- 1,3	126	26,0 +/- 4,3	32,8 +/- 4,3	35,2 +/- 3,7	0,17	0,17	0,25

7.2.2.3 Résultats sur la survie

Chaque année, la survie des hybrides-F1 a été significativement supérieure à celle de la population Calédonienne (Tableau 1 – $p < 0,01$). La survie des hybrides-F1 a également été supérieure à celle de la population Hawaïenne la seconde année de testage (Tableau 1; $p < 0,01$). Pour la première année de testage, les 10 points de survie d'écart moyen entre Hybrides et Calédoniennes font que le nombre de survivants Hybrides est de 18% supérieur à celui des Calédoniennes. Pour la seconde année de testage, les 19 points de survie d'écart moyen entre Hybrides et Calédoniennes font que le nombre de survivants Hybrides est de 55% supérieur à celui des Calédoniennes.

Les mortalités n'ont pas pu être reliées directement à *V. penaeicida* parce qu'aucune crevette moribonde n'a pu être trouvée et analysée sur la durée de l'élevage, mais les quelques observations de crevettes mortes correspondent typiquement à des crises de syndrome 93 survenant juste après des chutes de température.

7.2.3 Testage en cages flottantes

Dans le cadre de la plate forme expérimentale mise en place par les producteurs sur la ferme Aigue Marine impactée par le syndrome d'été lié à *V. nigripulchritudo*, il est apparu opportun de compléter les résultats obtenus en bassin terre par une expérimentation visant à comparer les performances de croissance et de survie des 3 différents types génétiques dans un milieu favorable aux pathologies à *V. nigripulchritudo*, et ceci en les mettant en compétition (élevage d'animaux marqués mélangés) et hors compétition (élevage sans mélange de lots génétiquement différents).

7.2.3.1 Matériel et méthode

Trente cages flottantes de 8 m² et de 60 cm de profondeur telles que décrites par [Chim et al. \(2007\)](#) ont été installées dans un bassin de productionensemencé en décembre 2006. Ces cages ont été ensemencées début février 2007 suivant le Tableau 3.

Tableau 3 : effectifs ensemencés en cages dans un bassin de la ferme Aigue Marine impactée par le syndrome d'été

population	Nombre d'animaux par cage à J0 (le 07/02/2007)				Nombre de cages relevées			
	CC	CH	HC	HH	à J29	à J57	à J77	total
CC non marquées	300	-	-	-	2	2	3	7
CH non marquées	-	300	-	-	2	2	3	7
HC non marquées	-	-	300	-	2	2	3	7
Mélange CC, CH, HC, HH marquées	75	75	75	75	2	2	5	9

Les différents types de cages ainsi obtenus ont été répartis de chaque côté d'un ponton et le long de ce dernier. Chaque cage ainsi constituée a été alimentée 2 fois par jour suivant un taux de distribution de 4 à 5%/j avec un granulé commercial tout au long de l'expérience. Le calcul des taux de distribution quotidien moyen et des indices de conversion des différents types génétiques a pu être réalisé sur les cages non mélangées.

Ces cages ont été relevées à 3 dates différentes (à J29, J57 et J77 post ensemencement) pour évaluer la survie et la croissance de chaque type génétique. La survie a été évaluée par comptage et la croissance par pesée globale des animaux ; en outre 30 individus par cage et par type génétique ont été tirés au sort et pesés individuellement afin de compléter le jeu de données.

Enfin, aux mêmes dates, des prélèvements d'hémolymphe ont été effectués sur les différents types génétiques d'une même cage de mélange CC, Hybrides-F1 et HH afin d'évaluer leur prévalence⁶ et leur portage⁷ de *V. nigripulchritudo*.

Rappel : dans un souci de simplification de la présentation des résultats, le présent rapport ne fait état que des résultats obtenus globalement sur les Hybrides indifféremment du sens de croisement (le sens du croisement n'a eu d'effet sur aucun des paramètres suivis).

7.2.3.2 Résultats sur la croissance

Les Hawaïennes n'ont pas maintenu leur avantage pondéral initial (de plus de 6 g par rapport aux autres types génétiques) et elles ont été rattrapées en final par les Hybrides (Tableau 4 et Figure 14a).

⁶ Prévalence : paramètre mesuré sur un lot d'animaux et correspondant au pourcentage d'animaux porteurs au sein de ce lot

⁷ Portage : paramètre mesuré individuellement et correspondant à la concentration en pathogène chez cet individu. On peut donc avoir des lots à faible portage et forte prévalence (= beaucoup d'animaux faiblement porteurs)

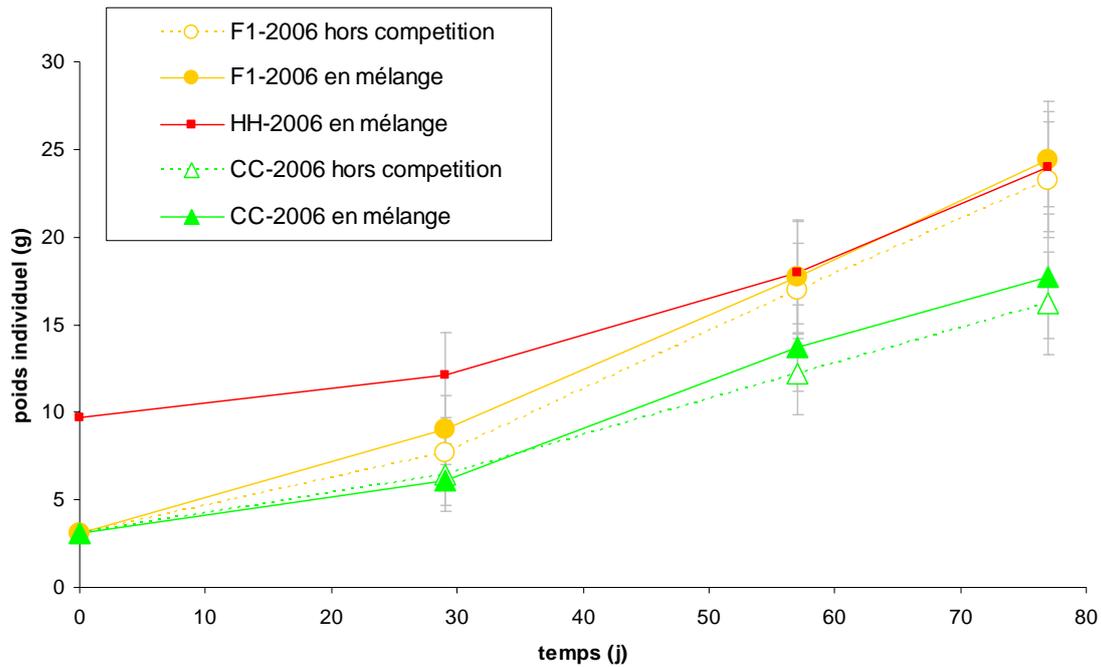


Figure 14a : croissance des 3 types génétiques testés en cages dans deux conditions différentes (en mélange susceptible d'induire un phénomène de compétition ou hors mélange)

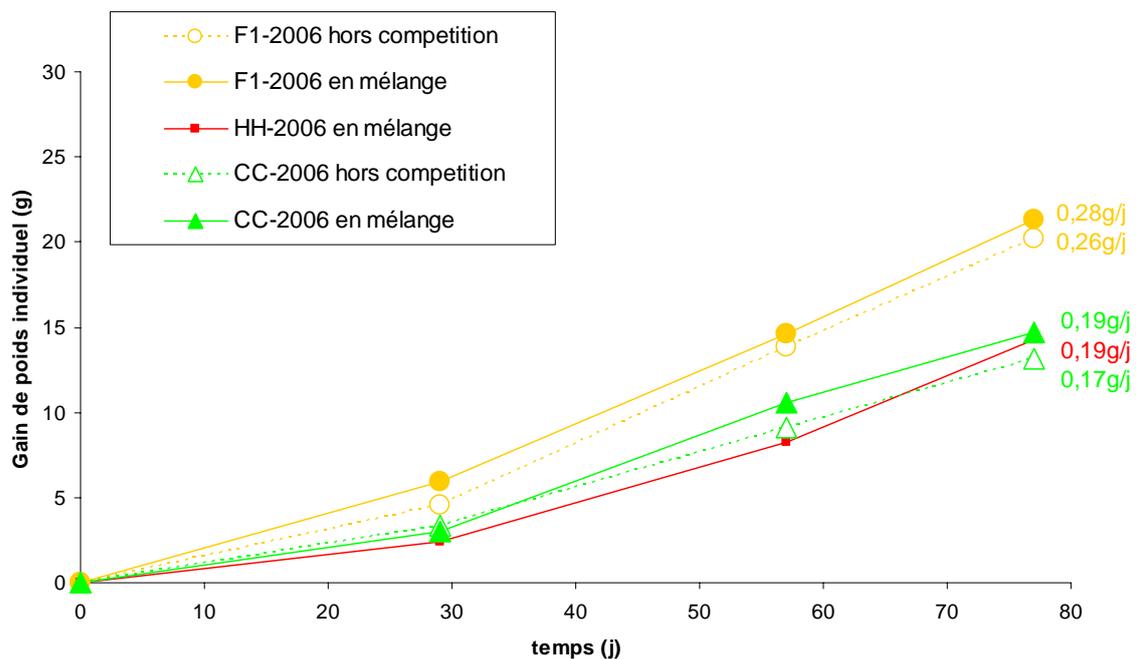


Figure 14b : gains de poids des 3 types génétiques en cages depuis le jour d'ensemencement

Tableau 4 : Poids et vitesses moyennes de croissance observées chez les Calédoniennes (CC-2005 ou CC-2006), les Hawaiennes (HH-2005 ou HH-2006) et les « Hybrides F1 » (F1-2005 ou F1-2006) dans les cages flottantes

	Poids initial lors du marquage et de l'ensemencement (g)			Durée de l'élevage (jours)	Poids final (g)			Vitesse moyenne de croissance (g/j)		
	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006		CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006
	Cages "hors compétition" (populations non mélangées)	3,1 +/- 1,1	-		3,1 +/- 1,0	77	16,2 +/- 3,0	-	23,3 +/- 3,3	0,17
Cages "en compétition" (populations marquées et mélangées)	3,1 +/- 1,1	9,7+/- 1,6	3,1 +/- 1,0	77	17,7 +/- 3,6	24,0 +/- 3,7	24,4 +/- 2,7	0,19	0,19	0,28

Les courbes de gain de poids depuis le début de l'expérience de la Figure 14b montrent que :

- les Hybrides ont enregistré un gain de poids de plus de 40% supérieur à celui des populations Calédoniennes et Hawaiennes (0,28 g/j contre 0,19 g/j)
- les résultats sont du même ordre que le testage se fasse en condition de compétition (cages en mélange) ou hors compétition (cages monotypes « pures »)

7.2.3.3 Résultats sur la survie

Les courbes de survie de la Figure 15 font apparaître la supériorité des hybrides par rapport aux Calédoniennes et Hawaiennes, en compétition et hors compétition : en fin d'expérience, les 10 points de survie d'écart moyen entre Hybrides et Calédoniennes correspondent à un nombre de survivants Hybrides de 24% supérieur à celui des Calédoniennes. Aucune différence n'apparaît entre Calédoniennes et Hawaiennes.

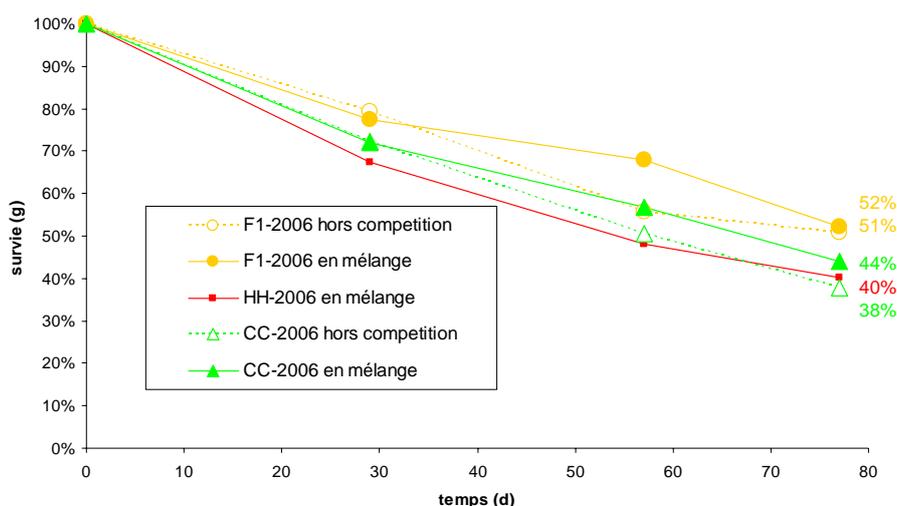


Figure 15 : Survie des différents types génétiques testés en cages dans deux conditions différentes (en mélange susceptible d'induire un phénomène de compétition ou hors mélange)

7.2.3.4 Résultats sur les indices de conversion

Compte tenu des quantités d'aliment distribuées, les taux de nutrition effectivement réalisés dans les cages d'Hybrides CH et HC ont évolué de 4,6% à 3,8% de la biomasse par jour alors que celui des Calédoniennes s'est maintenu à 5,1%. (Figure 16a). Avec ces données, les indices de conversion réalisés dans les cages de Calédoniennes sont supérieurs (et donc moins favorables) à ceux réalisés dans les cages d'Hybrides. En corrigeant ces données de distribution d'une valeur calculée de façon à ce que le taux de nutrition corrigé soit le même dans toutes les cages (c'est-à-dire en augmentant fictivement la quantité d'aliment distribuée aux Hybrides, et en considérant que cette quantité supplémentaire distribuée n'a pas été transformée), l'indice de conversion corrigé reste plus faible (et donc plus favorable) dans les cages d'Hybrides (Figure 16b).

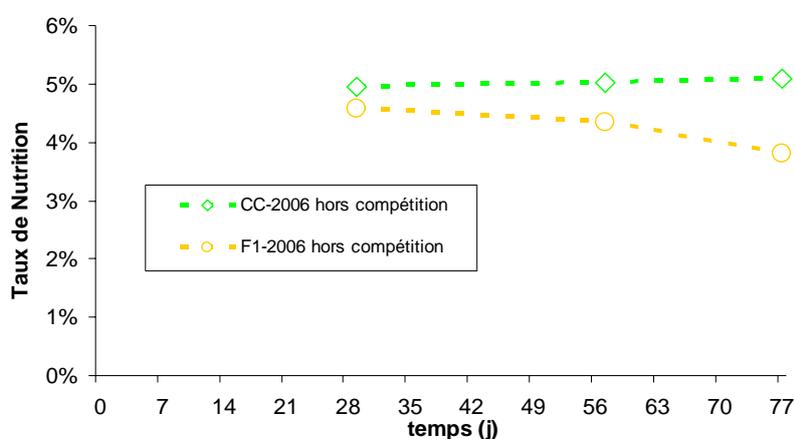


Figure 16a : Taux de Nutrition quotidien moyen dans les cages non mélangées de Calédoniennes et d'Hybrides (CH et HC confondus)

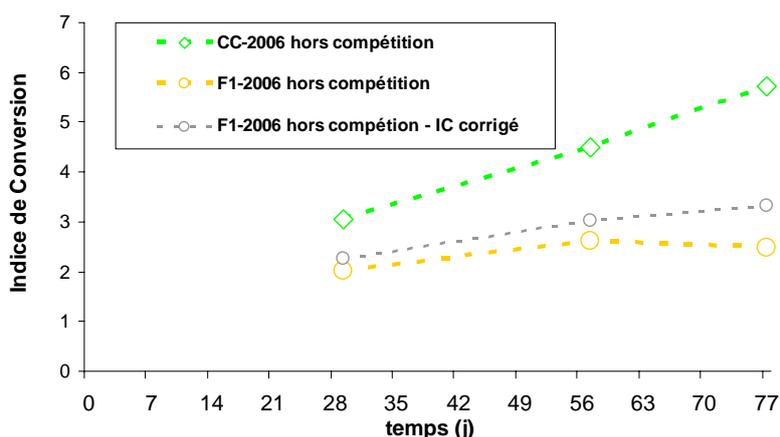


Figure 16b : Indices de conversion dans les cages non mélangées de Calédoniennes et d'Hybrides.

NB : L'indice « corrigé » correspond à un calcul théorique de l'indice à partir d'une quantité d'aliment fictive calculée de façon à égaliser les Taux de nutrition moyen des différents types génétiques.

7.2.3.5 Résultats sur le portage et la prévalence

Le 7 mars (J29 post ensemencement des cages), alors que le syndrome d'été est déclaré dans les bassins, les prévalences des CC, F1 et HH des cages sont respectivement de 100%, 90% et 100% d'animaux porteurs de *V. nigripulchritudo* (différences de prévalence non significatives). Cependant, l'analyse plus détaillée du niveau de portage fait apparaître des différences significatives entre Calédoniennes (CC) et non Calédoniennes (HH et F1) : près de 50% des Calédoniennes portent plus de 300 *V. nigripulchritudo* par prélèvement d'hémolymphe, alors que plus de 70% des Hybrides et des Hawaïennes en portent moins de 50 (Figure 17).

Le 4 avril (J57 post ensemencement des cages), les prévalences des CC, F1 et HH des cages sont respectivement de 63%, 47% et 43% d'animaux porteurs de *V. nigripulchritudo*. L'analyse plus détaillée du niveau de portage ne fait apparaître qu'une tendance non significative de différences entre Calédoniennes et non Calédoniennes : la majorité des Calédoniennes porte entre 1 et 10 *V. nigripulchritudo* par prélèvement d'hémolymphe, alors que la majorité des Hybrides et des Hawaïennes n'en portent aucun.

Le 24 avril (J77 post ensemencement des cages), les prévalences des CC, F1 et HH des cages sont respectivement de 53%, 73%, et 50% d'animaux porteurs de *V. nigripulchritudo*. Mais le niveau de portage est faible avec en moyenne respectivement 3, 4 et 2 vibrios par prélèvement d'hémolymphe.

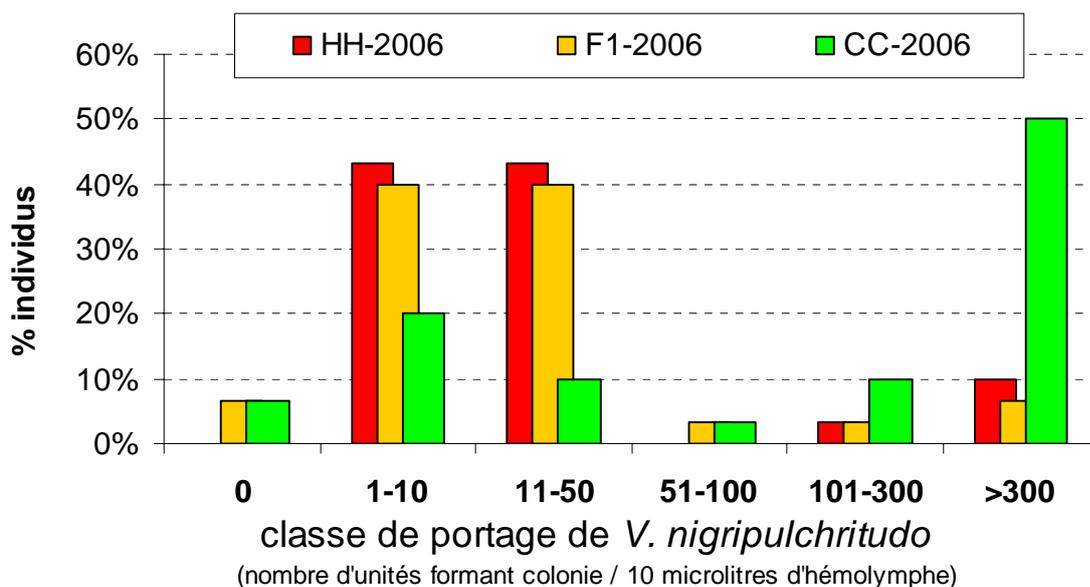


Figure 17 : niveau de portage à *V. nigripulchritudo* dans une cage relevée à J29 où les trois types génétiques étaient élevés en mélange

7.2.4 Testage en salle d'infection expérimentale

7.2.4.1 Matériel et méthode

En 2006 et 2007, un troisième bassin de terre a étéensemencé avec des animaux marqués des 3 types génétiques à tester afin de servir d'animalerie pour six infections expérimentales successives (3 par an).

Les animaux ont été recapturés au moins 3 semaines après ensemencement. Pour chaque expérience, 168 à 420 animaux par type génétique ont été transférés et répartis aléatoirement en 16 ou 32 bacs de 200 litres (tableau 5) ; après une acclimatation d'une semaine, les animaux ont subi une infection artificielle (soit par baignade, soit par injection) avec la souche de *V. penaeicida* AM 101 (Costa et al., 1998) suivant le protocole décrit par Saulnier et al. (2000a et 2000b). Les concentrations en *V. penaeicida* utilisées en baignade ou en injection sont indiquées dans le Tableau 5.

La survie finale a été évaluée par comptage direct des survivants 3 à 7 jours après infection, en fonction de la mortalité observée.

Tableau 5 : Caractéristiques des infections expérimentales

	Nombre d'animaux marqués utilisés			Caractéristiques des infections			Taux de survie avant infection artificielle (7 jours post transfert)			Survies finales			Pathogènes détectés dans les animaux moribonds	
	CC-2005 or CC-2006	HH-2005 or HH-2006	F1-2005 or F1-2006	Type d'infection	pathogène utilisé	quantité de pathogènes utilisés (UFC/animal ou UFC/volume)	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006	CC-2005 ou CC-2006	HH-2005 ou HH-2006	F1-2005 ou F1-2006	Avant infection artificielle	Après infection artificielle
infection 1 - année 1	233	162	235	baignade	<i>V. penaeicida</i>	5-10.10 ⁴ UFC/ml	49%	56%	56%	32%	37%	42%	<i>V. nigripulchritudo</i>	Non disponible
infection 2 - année 1	137	140	140	baignade	<i>V. penaeicida</i>	7,5-15.10 ⁴ UFC/ml	76%	75%	81%	64%	63%	72%	<i>V. nigripulchritudo</i>	Non disponible
infection 3 - année 1	168	168	168	injection	<i>V. penaeicida</i>	240 UFC/animal	68%	64%	78%	61%	43%	66%	<i>V. nigripulchritudo</i>	Non disponible
total - année 1	538	470	543				62%	64%	70%	49%	47%	57%		
infection 1 - année 2	298	-	420	injection	<i>V. penaeicida</i>	240 UFC/animal	49,0%	-	60,5%	1,3%	-	4,0%	<i>V. nigripulchritudo</i>	<i>V. nigripulchritudo</i> et <i>V. penaeicida</i>
infection 2 - année 2	219	-	303	injection	<i>V. penaeicida</i>	120-240 UFC/animal	70,3%	-	75,6%	2,7%	-	10,2%	<i>V. nigripulchritudo</i>	<i>V. nigripulchritudo</i> et <i>V. penaeicida</i>
infection 3 - année 2	180	60	248	injection	<i>V. penaeicida</i>	120-240 UFC/animal	83,9%	71,7%	85,1%	3,9%	1,7%	5,2%	<i>V. nigripulchritudo</i>	<i>V. nigripulchritudo</i> et <i>V. penaeicida</i>
total - année 2	697	60	971				64,7%	71,7%	71,5%	2,4%	1,7%	6,3%		

7.2.4.2 Résultats

Des mortalités ont eu lieu dans chaque expérience, mais elles n'ont pas toujours pu être reliées au pathogène utilisé pour l'infection expérimentale. Des septicémies à *V. nigripulchritudo* ont été observées après le transfert des animaux en salle d'infection, pendant la phase d'acclimatation. Une contamination persistante à *V. nigripulchritudo* a duré pendant la phase d'infection à *V. penaeicida*, en particulier la seconde année.

Les survies une semaine après transfert (avant l'infection artificielle) et les survies finales (après infection artificielle) sont plus élevées chez les Hybrides F1 que dans les populations Calédoniennes et Hawaïennes dans chacune des 6 expériences (Tableau 5). En moyenne, la survie finale des animaux F1-2005 après transfert et infection a été de 57% : elle est significativement plus élevée que celle des animaux des populations CC-2005 et HH-2005 (50% et 47% respectivement). Une tendance similaire est observée la seconde année de testage, mais les niveaux de survie, exceptionnellement bas, ne permettent pas de conclure sur la significativité des différences observées : la survie moyenne des animaux F1-2006 après transfert et infection est de 6,3%, alors que la survie moyenne des populations pures est de 2,4%.

7.2.5 Discussion

Dans les expériences de grossissement, les poids moyens initiaux des Hybrides F1 étaient significativement plus faibles que ceux des 2 souches pures (jusqu'à 3 fois plus faible si on compare F1-2006 à HH-2006). Malgré cela, les Hybrides F1 ont grandi si vite que leur poids final dépassait significativement celui des souches pures (bassins, années 1 et 2), ou était au moins équivalent au poids final de la population pure qui était la plus lourde à l'ensemencement (cages, année 2). En fait, les vitesses de croissance qui prennent en compte les poids initiaux et finaux ainsi que la durée de chaque expérience (Tableau 2) sont très cohérents et peu variables d'une expérience à l'autre : les vitesses moyennes de croissance des Hybrides F1 en bassins terre ont été 37% (+/- 7%) plus élevées que celles des deux populations pures et 40% plus élevées que celle de la population Calédonienne de référence (Figure 18). Ces résultats ont été confirmés en cages avec des vitesses de croissance très proches de celles observées en bassins (Tableaux 2 et 4). De plus, l'expérience en cages a montré que les différences de vitesse de croissance observées n'était pas la conséquence d'un phénomène de compétition qu'on aurait pu craindre entre différentes populations mélangées et élevées ensemble : en effet, les résultats en cages sont équivalents qu'ils soient obtenus en conditions de compétition (cages de mélanges) ou hors compétition (cages ne contenant qu'un seul type génétique). Autrement dit, les Hybrides-F1 sont incontestablement des animaux à forte vitesse de croissance, indépendamment des conditions de testage. Parallèlement, on note que les différences de croissances entre Hawaïennes et Calédoniennes sont faibles (Figure 19).

En ce qui concerne les survies, l'interprétation des résultats est plus complexe. Pendant la première année de testage, alors que la survie en bassin de la population Calédonienne était de 51%, celle de la population Hawaïenne était de 60% et celle des Hybrides de 61%. A ensemencement égal, le différentiel de survie de 9 points entre Calédoniennes et Hybrides F1 correspond donc à une augmentation du nombre de survivants de 18% en première année.

Pendant la seconde année de testage, alors que la survie moyenne en bassin de la population Calédonienne n'était que de 34%, la survie moyenne des Hawaïennes était très proche (32%), et celle des Hybrides-F1 atteignait 54% : ce différentiel de survie de 20 points entre Calédoniennes et Hybrides-F1 correspond à une augmentation du nombre de survivants de 55% (Figure 18). Lors de ces deux expériences en bassins, la mortalité observée a eu lieu principalement lorsque la température a chuté, ce qui est caractéristique du syndrome 93 causé par *V. penaeicida* (Costa et al., 1998 ; Goarant et al., 1999). Cependant, aucun animal moribond n'a pu être analysé, si bien que ces essais ne permettent que de suggérer que les Hybrides-F1 sont plus résistantes aux stress et/ou aux pathogènes que les populations pures, et en particulier que la population Calédonienne. Il semble que l'écart relatif entre les survies des Hybrides-F1 et des Calédoniennes serait d'autant plus important lorsque les conditions environnementales sont mauvaises et conduisent à des survies médiocres (Figure 18). Les résultats obtenus en cages flottantes dans des conditions favorables à l'expression de *V. nigripulchritudo* pathogène sont intermédiaires et cohérents avec les résultats obtenus en bassins : alors que la survie moyenne en cages des Calédoniennes en mélange était de 44%, la survie des Hawaïennes était de 40% et celle des Hybrides-F1 était de 52%. Le différentiel de survie de 8 points entre Hybrides-F1 et Calédoniennes correspond à une augmentation de 24% du nombre de survivants final à ensemencement égal (Figure 17). Parallèlement on note que les différences de survie entre Hawaïennes et Calédoniennes ne sont pas toujours dans le mêmes sens et aucune tendance claire ne se dégage entre les souches pures en terme de survie.

Les infections expérimentales n'ont pas permis de démontrer une résistance spécifique à un pathogène donné car les 2 pathogènes *V. penaeicida* et *V. nigripulchritudo* ont vraisemblablement interagi dans la plupart des essais. La seule conclusion possible est une meilleure résistance globale des Hybrides-F1 à la combinaison de stress induits par les manipulations et de stress liés aux vibrios pathogènes. Les survies obtenues lors des infections expérimentales de la première année sont cependant cohérents avec les différences observées dans les bassins la même année : lorsque la survie des souches pures était de 49% en moyenne en infection expérimentale, la survie des Hybrides-F1 était de 57%, et correspondait à une augmentation du nombre de survivant de 18% pour une même quantité d'animaux manipulés et infectés. Pendant la seconde année, les survies après infection ont été très faibles dans ces conditions et cela pourrait être dû à l'interaction des 2 espèces de vibrios. En effet, des mortalités septicémiques à *V. nigripulchritudo* ont été observées après manipulation pour la première fois dans notre laboratoire (Goarant, comm. pers.). La survie moyenne des deux souches pures n'a été que de 2% sur l'ensemble des infections de la seconde année, tandis que la survie des Hybrides-F1 a atteint 6% en moyenne (soit 3 fois plus), ce qui suggère encore que l'intérêt des Hybrides-F1 serait d'autant plus grand que les conditions sont mauvaises. Enfin, au jour 29 de l'expérimentation en cages, lorsque des mortalités sévissaient dans le bassin contenant les cages, les concentrations en *V. nigripulchritudo* dans l'hémolymphe étaient significativement supérieures chez les Calédoniennes que chez les 2 autres types génétiques. Cela va dans le sens de l'hypothèse d'une sensibilité plus élevée de la souche calédonienne. Mais des expérimentations supplémentaires seraient nécessaires pour conclure sur ce point particulier.

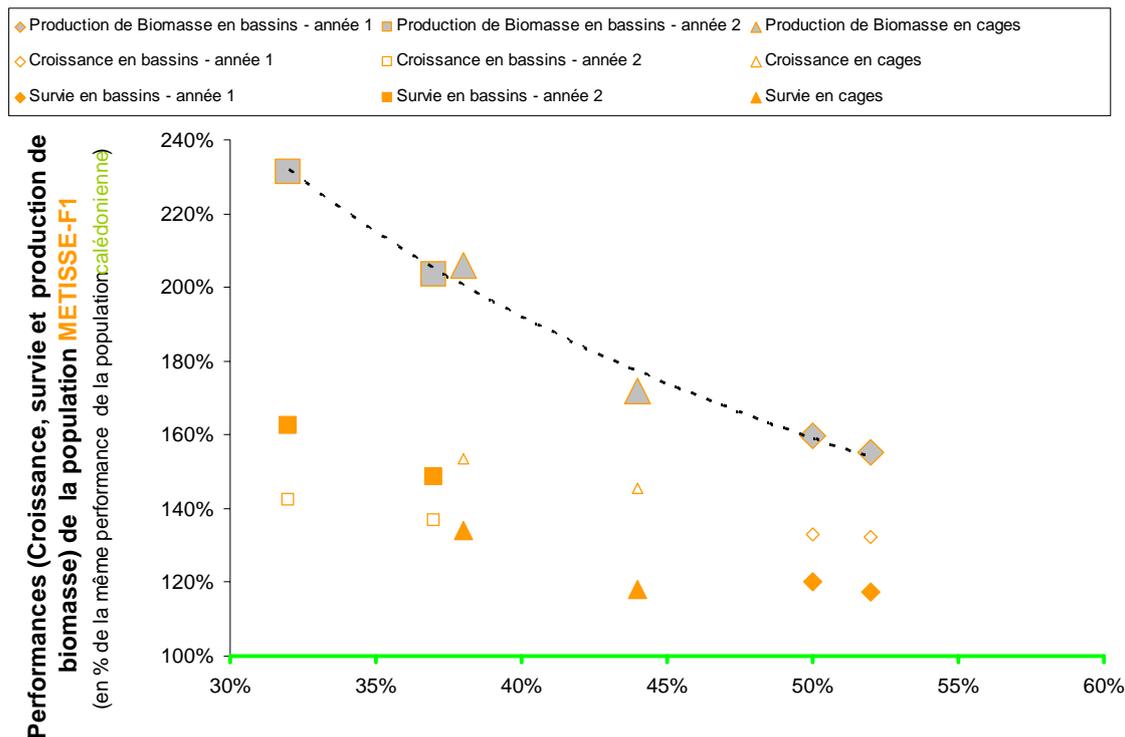


Figure 18 : Performances relatives des Hybrides-F1 par rapport aux Calédoniennes, en fonction de la survie des Calédoniennes : les valeurs de croissance, de survie et de production de biomasse observées chez les Hybrides-F1 sont exprimées en pourcentage des valeurs des mêmes paramètres mesurés chez les Calédoniennes de référence (base 100%)

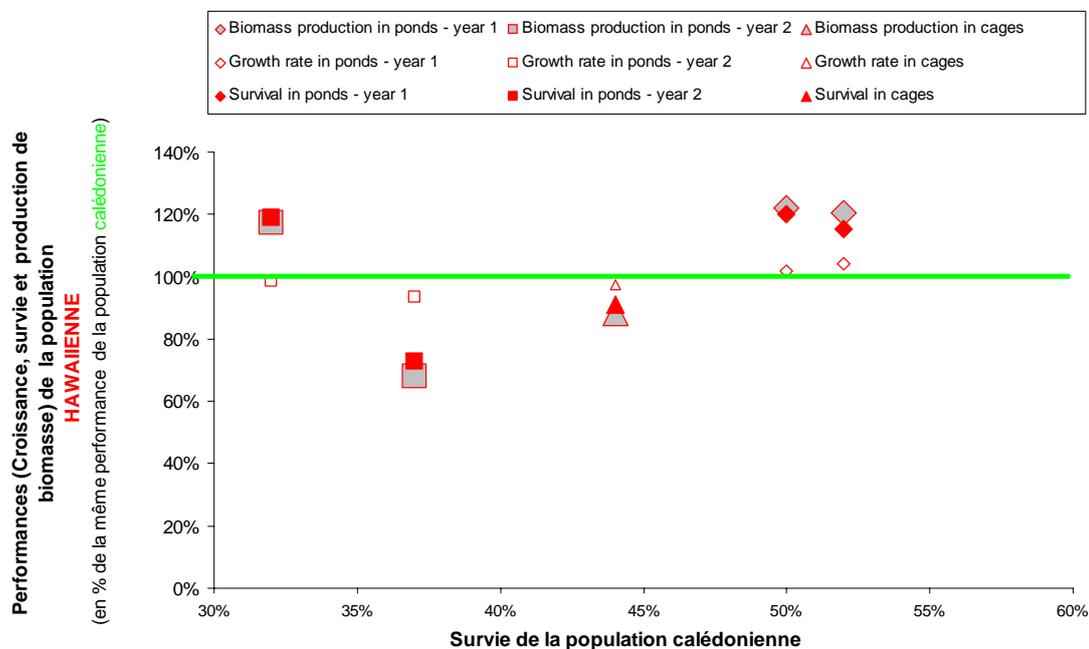


Figure 19 : Performances relatives des Hawaïennes par rapport aux Calédoniennes, en fonction de la survie des Calédoniennes : les valeurs de croissance, de survie et de production de biomasse observées chez les Hawaïennes sont exprimées en pourcentage des valeurs des mêmes paramètres mesurés chez les Calédoniennes de référence (base 100%)

Lorsqu'on combine les résultats de croissance et de survie, on arrive à la conclusion que la production de biomasse est bien plus forte chez les Hybrides-F1 que chez les autres types génétiques, à ensemencement égal (Figure 18) : la production de biomasse en bassins a été augmentée par un facteur 1,4 la première année et par un facteur 2,3 la seconde année de testage en bassins, et par un facteur 1,9 dans les cages. L'intérêt des Hybrides-F1 en terme de production de biomasse apparaît donc encore plus élevé lorsque la survie des Calédoniennes (et celle des Hawaïennes) est faible (Figure 18).

Enfin, les résultats obtenus sur les indices de conversion, qui semblent plus favorables chez les Hybrides-F1 que chez les Calédoniennes ne peuvent être considérés que comme des résultats très préliminaires. Cependant, le premier élevage commercial d'Hybrides-F1 réalisé en 2007 a permis d'obtenir un indice de conversion de 1,4 (Bador, comm. pers.) qui suggère que la forte vitesse de croissance des Hybrides-F1 ne s'accompagne pas d'une augmentation démesurée de l'indice de conversion. Des expériences complémentaires dans un environnement contrôlé seront nécessaires pour conclure sur ce paramètre.

8 Conclusion générale

L'introduction et le testage de la souche Hawaii en Nouvelle-Calédonie, recommandée par l'Ifremer dès 2002, a été une opération complexe : la définition claire des différentes étapes et la répartition précise des rôles des différents partenaires du projet sont vraisemblablement les facteurs clefs expliquant que cette opération ait pu être menée.

Les outils biomoléculaires utilisés lors de l'étude préliminaire ont permis de vérifier que la première phase de l'opération (l'introduction *sensu stricto*) a permis de transférer la quasi-totalité de la variabilité allélique qui avait été identifiée au sein de la souche Hawaii lors de l'étude préliminaire. Parallèlement, le suivi des plans de croisement a permis de constituer un stock de géniteurs à généalogie connue permettant de gérer au mieux cette nouvelle variabilité.

Les différentes expériences décrites dans ce rapport permettent de conclure que la souche Hawaïenne constitue un matériel génétique précieux pour le développement de la crevetticulture Calédonienne, non pas particulièrement pour ses propres performances qui n'apparaissent pas supérieures à celle de la souche Calédonienne (Figure 19), mais parce qu'elle permet de produire en utilisation conjointe avec la souche Calédonienne des hybrides de première génération (ou « Hybrides-F1 ») dont les performances de croissance, de survie et par voie de conséquence de production de biomasse sont supérieures à celles des Calédoniennes, et ceci dans toutes les conditions de testage pratiquées (Figure 18). Si l'avantage en terme de vitesse de croissance semble relativement constant d'une expérience à l'autre (de l'ordre de 40%), l'avantage relatif des hybrides en termes de taux de survie semble d'autant plus marqué que les conditions de testage conduisent à de mauvaises survies des Calédoniennes. Dans tous les cas, les résultats décrits dans ce rapport mettent en évidence que l'augmentation de la biomasse dans les bassins d'élevage (qui intègre la part liée à la croissance individuelle et celle liée à la survie) pourrait être multipliée par un facteur 1,4 à 2,3 grâce à l'utilisation des hybrides. Il est évident que cela peut représenter un atout, mais que l'écosystème bassin pourrait également s'emballer dangereusement si la gestion des élevages ne tient pas compte de ce potentiel. Pour éviter cela, l'objectif des producteurs devra être clairement défini : il pourrait être non pas de produire plus à intrants équivalents, mais au contraire de produire la même biomasse avec moins d'intrants (moins de post-larves, moins d'aliment, etc...) et peut-être avec des animaux de plus grosses tailles finales (et donc mieux valorisables). Des essais de grossissement à échelle pilote ou à échelle 1 devraient permettre de trouver progressivement le meilleur compromis entre ces différentes options.

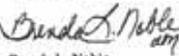
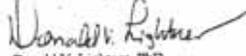
Le transfert de ces résultats repose maintenant en partie sur la levée des problèmes de reproduction de la souche Hawaii rencontrés fin 2006. Ces problèmes semblent pouvoir s'expliquer par le fait que la souche Hawaii mûrirait à un âge plus avancé que la souche Calédonienne, mais cela devra être confirmé. Ce transfert repose également à court terme sur la capacité de la filière à intégrer la contrainte de gérer deux stocks de géniteurs en parallèle, et à plus long terme sur la mise en place d'une véritable politique de conservation des souches disponibles à partir des éléments techniques et de prospective déjà fournis par l'Ifremer aux partenaires Calédoniens (Patrois et al., 2007)

9 Annexes

9.1 Annexe 1 : Données généalogiques de la souche Hawaii

génération	N° de code famille	famille de la mère	famille du père	famille de la grand-mère maternelle	famille du grand-père maternel	famille de la grand-mère paternelle	famille du grand-père paternel	Part de gènes des familles de la G6				Nombre de familles de la G6 représentées
								G6-Green	G6-Red	G6-Yellow	G6-Purple	
G6	G6-Green							100%	0%	0%	0%	1
	G6-Red							0%	100%	0%	0%	1
	G6-Yellow							0%	0%	100%	0%	1
	G6-Purple							0%	0%	0%	100%	1
	<i>moyenne</i>							25%	25%	25%	25%	
G7	G7.1	G6-Yellow	G6-Green					50%	0%	50%	0%	2
	G7.2	G6-Green	G6-Green					100%	0%	0%	0%	1
	G7.3	G6-Red	G6-Green					50%	50%	0%	0%	2
	G7.4	G6-Yellow	G6-Red					0%	50%	50%	0%	2
	G7.5	G6-Red	G6-Yellow					0%	50%	50%	0%	2
	G7.6	G6-Green	G6-Red Male					50%	50%	0%	0%	2
	G7.7	G6-Green	G6-Yellow					50%	0%	50%	0%	2
	G7.8	G6-Purple	G6-Green					50%	0%	0%	50%	2
	G7.9	G6-Red	G6-Red					0%	100%	0%	0%	1
	G7.10	G6-Yellow	G6-Purple					0%	0%	50%	50%	2
	G7.11	G6-Yellow	G6-Yellow					0%	0%	100%	0%	1
	<i>moyenne</i>							32%	27%	32%	9%	
G8	G8.01	G7.10	G7.3	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Red	G6-Green	25%	25%	25%	25%	4
	G8.02	G7.10	G7.6	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Green	G6-Red	25%	25%	25%	25%	4
	G8.03	G7.3	G7.10	G6-Red	G6-Green	G6-Yellow	G6-Purple	25%	25%	25%	25%	4
	G8.04	G7.4	G7.8	G6-Yellow	G6-Red	G6-Purple	G6-Green	25%	25%	25%	25%	4
	G8.05	G7.5	G7.8	G6-Red	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Green	25%	25%	25%	25%	4
	G8.06	G7.6	G7.10	G6-Green	G6-Red	G6-Yellow	G6-Purple	25%	25%	25%	25%	4
	G8.07	G7.8	G7.4	G6-Purple	G6-Green	G6-Yellow	G6-Red	25%	25%	25%	25%	4
	G8.08	G7.8	G7.5	G6-Purple	G6-Green	G6-Red	G6-Yellow	25%	25%	25%	25%	4
	G8.09	G7.10	G7.2	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Green	G6-Green	50%	0%	25%	25%	3
	G8.10	G7.10	G7.9	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Red	G6-Red	0%	50%	25%	25%	3
	G8.11	G7.11	G7.8	G6-Yellow	G6-Yellow	G6-Purple	G6-Green	25%	0%	50%	25%	3
	G8.12	G7.2	G7.10	G6-Green	G6-Green	G6-Yellow	G6-Purple	50%	0%	25%	25%	3
	G8.13	G7.8	G7.11	G6-Purple	G6-Green	G6-Yellow	G6-Yellow	25%	0%	50%	25%	3
	G8.14	G7.8	G7.9	G6-Purple	G6-Green	G6-Red	G6-Red	25%	50%	0%	25%	3
	G8.15	G7.1	G7.9	G6-Yellow	G6-Green	G6-Red	G6-Red	25%	50%	25%	0%	3
	G8.16	G7.9	G7.7	G6-Red	G6-Red	G6-Green	G6-Yellow	25%	50%	25%	0%	3
	<i>moyenne</i>							27%	25%	27%	22%	
G9	G9.511	G8.02	G8.04	G7.10	G7.6	G7.4	G7.8	25%	25%	25%	25%	4
	G9.525	G8.04	G8.02	G7.4	G7.8	G7.10	G7.6	25%	25%	25%	25%	4
	G9.508	G8.01	G8.05	G7.10	G7.3	G7.5	G7.8	25%	25%	25%	25%	4
	G9.517	G8.01	G8.05	G7.10	G7.3	G7.5	G7.8	25%	25%	25%	25%	4
	G9.518	G8.06	G8.07	G7.6	G7.10	G7.8	G7.4	25%	25%	25%	25%	4
	G9.521	G8.06	G8.04	G7.6	G7.10	G7.4	G7.8	25%	25%	25%	25%	4
	G9.522	G8.06	G8.06	G7.8	G7.10	G7.8	G7.8	25%	25%	25%	25%	4
	G9.523	G8.07	G8.01	G7.8	G7.4	G7.10	G7.3	25%	25%	25%	25%	4
	G9.524	G8.07	G8.03	G7.8	G7.4	G7.3	G7.10	25%	25%	25%	25%	4
	G9.529	G8.05	G8.03	G7.5	G7.8	G7.3	G7.10	25%	25%	25%	25%	4
	G9.520	G8.12	G8.14	G7.2	G7.10	G7.8	G7.9	38%	25%	13%	25%	4
	G9.528	G8.12	G8.14	G7.2	G7.10	G7.8	G7.9	38%	25%	13%	25%	4
	G9.513	G8.10	G8.13	G7.10	G7.9	G7.8	G7.11	13%	25%	38%	25%	4
	G9.514	G8.13	G8.10	G7.8	G7.11	G7.10	G7.9	13%	25%	38%	25%	4
	G9.527	G8.10	G8.11	G7.10	G7.9	G7.11	G7.8	13%	25%	38%	25%	4
	G9.509	G8.15	G8.11	G7.1	G7.9	G7.11	G7.8	25%	25%	38%	13%	4
	G9.526	G8.11	G8.15	G7.11	G7.8	G7.1	G7.9	25%	25%	38%	13%	4
	G9.507	G8.12	G8.15	G7.2	G7.10	G7.1	G7.9	38%	25%	25%	13%	4
	G9.510	G8.15	G8.12	G7.1	G7.9	G7.2	G7.10	38%	25%	25%	13%	4
	G9.512	G8.16	G8.09	G7.9	G7.7	G7.10	G7.2	38%	25%	25%	13%	4
G9.530	G8.09	G8.16	G7.10	G7.2	G7.9	G7.7	38%	25%	25%	13%	4	
	<i>moyenne</i>							27%	25%	27%	21%	
G10	G10-501-a	G9.529	G9.527	G8.05	G8.03	G8.10	G8.11	19%	25%	31%	25%	4
	G10-507-a	G9.518	G9.514	G8.06	G8.07	G8.13	G8.10	19%	25%	31%	25%	4
	G10-1604-b	G9.513	G9.521	G8.10	G8.13	G8.06	G8.04	19%	25%	31%	25%	4
	G10-512-a	G9.511 ou 523 ou 524	G9.514	?	?	G8.13	G8.10	19%	25%	31%	25%	4
	G10-1606-b	G9.514	G9.528	G8.13	G8.10	G8.12	G8.14	25%	25%	25%	25%	4
	G10-1607-b	G9.520	G9.514	G8.12	G8.14	G8.13	G8.10	25%	25%	25%	25%	4
	G10-509-a	G9.508	G9.509	G8.01	G8.05	G8.15	G8.11	25%	25%	31%	19%	4
	G10-510-a	G9.517	G9.509	G8.01	G8.05	G8.15	G8.11	25%	25%	31%	19%	4
	G10-1602-b	G9.508	G9.526	G8.01	G8.05	G8.11	G8.15	25%	25%	31%	19%	4
	G10-1605-b	G9.520	G9.521	G8.12	G8.14	G8.06	G8.04	31%	25%	19%	25%	4
	G10-503-a	G9.511	G9.507	G8.02	G8.04	G8.12	G8.15	31%	25%	25%	19%	4

9.2 Annexe 2 : tests de sensibilité à IHNV par l'Université d'Arizona

<p>MAR 26, 2004 16:27 G F A 00 687 28 57 27 page 1 83/25/2004 16:58 5286214893 * WINDVIC PAGE 82 UPRAC-NC → R. BADOR 5286214893 → E. GOYARD AQUARIUM PATHOLOGY VETERINARY SCIENCE/MICROBIOLOGY THE UNIVERSITY OF ARIZONA TUCSON ARIZONA Building 90, Room 109A PO Box 210090 Tucson, AZ 85721-0090 (520) 621-9414 FAX: (520) 621-9999</p> <p>TO: Chambre d' Agriculture UPRAC-NC 3 rue A. Desmazures BP 111 98 845 Noumea cedex New-Caledonia</p> <p>FROM: Brenda Noble University of Arizona</p> <p>DATE: March 24, 2004</p> <p>RE: Results of UAZ Case 04-021</p> <p>EXECUTIVE SUMMARY:</p> <p>At the request of Regis Bador of UPRAC-NC, UAZ orally challenged one family of early juvenile <i>Litopenaeus setiferus</i> with Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis (IHNV) infected tissue to determine if they showed any significant resistance to it.</p> <p>At termination of the study, survival in the IHNV challenged tank was 77% and survival in the negative control tank was 86%. Therefore, although survival was lower in the IHNV challenged group than in the negative control group, the IHNV infection did not appear have a severe adverse effect on survival or weight gain.</p> <p>ANIMALS AND CHALLENGE DESIGN:</p> <p>A total of 200 juvenile <i>L. setiferus</i>, originally obtained from High Health Aquaculture and raised from PL9 to juvenile size at UAZ, were utilized in this study. A total of 100 animals were counted into one 1000L tank to be challenged with IHNV. Additionally, a separate 1000L tank was stocked with 100 animals and was designated as a negative environmental control.</p> <p>Both tanks were outfitted with an internal biological filter, aeration and were covered with plastic to reduce the risk of cross contamination.</p> <p>An average weight was taken on each tank the day before the first feeding of IHNV tissue and again at termination of the study. On days 16 and 20 of the study, five animals from each tank were frozen for PCR analysis to determine if challenge animals were IHNV infected and to confirm that the negative control animals were not IHNV infected. The study was terminated after 40 days with live animals counted as survivors.</p> <p>CHALLENGE TISSUE:</p> <p>Hawaiian strain IHNV positive tissue was minced and fed to the challenge tank at a rate of 10% body-weight for three feedings on three consecutive days. The IHNV challenge tank was fed a commercially pelleted feed beginning on the day 3 of the challenge. The negative control tank was fed a commercially pelleted feed for the duration of the challenge.</p>	<p>MAR 26, 2004 16:27 G F A 00 687 28 57 27 page 2 83/25/2004 16:58 5286214893 * WINDVIC PAGE 83 5286214893</p> <p>RESULTS:</p> <p>All tanks were checked daily for moribund or dead animals. No mortalities were noted in either tank during the study. At termination of the study, 5 animals from each tank were preserved in Davidson's AFA fixative to be processed by routine histology.</p> <p>On February 3rd, 100 <i>L. setiferus</i> were transferred to one 1000L tank for use as negative controls. That same day, an average weight of the population was taken. The average weight at the start of the study for the negative control group was 0.87 grams. No moribund or dead animals were noted in the negative control tank during the challenge study. On day 16 of the study, five healthy animals were frozen for PCR analysis. The study was terminated on March 15th, which was 40 days after the study was started. At termination, 86 live animals were preserved in Davidson's AFA fixative to be processed for routine histology. The average weight of the animals at termination was 2.64 grams. Total weight gain for the negative control group was 1.77g and the average weight gain for the 6 week period was 0.30 grams per week.</p> <p>On February 3rd, 100 <i>L. setiferus</i> were transferred to one 1000L tank to be challenged with IHNV. That same day, an average weight of the population was taken. The average weight at the start of the study for the IHNV challenge group was 1.03 grams. No moribund or dead animals were noted in the IHNV challenge tank during the study. On day 20 of the study, five healthy animals were frozen for PCR analysis. On March 15th, the tank was terminated with 77 live animals which resulted in a 77% survival rate. Five animals were preserved in Davidson's AFA fixative to be processed for routine histology. The average weight of the animals at termination was 2.35 grams. Total weight gain for the negative control group was 1.32g and the average weight gain for the 6 week period was 0.22 grams per week.</p> <p>PATHOLOGY:</p> <p>Histological examination of the fixed samples was completed by Dr. Donald Lightner. No signs of IHNV infection were detected in the samples taken from the negative control group before or after the study. IHNV was detected in the IHNV challenged group from samples collected at termination of the study. Please refer to tables 1 and 2 for a complete summary of all histological findings.</p> <p>PCR analysis of the samples taken on days 16 and 20 was completed by Kathy Tang-Nelson. No signs of an IHNV infection were noted in the sample taken from the negative control tank on day 16 of the study. IHNV was detected in the sample taken from the IHNV challenged group on day 20 of the study. Please refer to table 3 for a complete summary of the PCR findings.</p> <p>Please feel free to contact me if you have any questions regarding this report. An invoice in the amount of \$1,800.00 accompanies this report.</p> <p>Sincerely,  Brenda L. Noble Research Specialist</p> <p>Reviewed and Approved By,  Donald V. Lightner, PhD. Professor</p>
--	---

page 1

5206214899

TABLE 1. Summary of Histological Findings in UAZ Case 04-021.

Sample I.D.	Sample Definition	Date / Day Sample Collected	IHHNV Histology Results*
04-021 A/1-3	Negative control	2/3/04 Day 0	0 of 3 - IHHNV not detected
04-021 A/6-7	Negative control	3/16/04 Day 41	0 of 2 - IHHNV not detected
04-021 B/1-5	IHHNV Challenge	3/16/04 Day 41	1 of 5 with G1 IHHNV** 2 of 5 with G2 IHHNV 2 of 5 with G3 IHHNV

* Diagnosis of IHHNV infection includes presence of Cowdry A inclusions in one or more of the following tissue: the gills, general cuticular epithelium, the hypodermis of the foregut, and the ventral nerve cord.

** Please refer to Table 2 for severity grade definitions.

TABLE 2. Severity Grade Definitions.

Severity Grade	Clinical or Histological Findings
0	No signs of infection by pathogen, parasite or epicommissal present. No lesions characteristic of syndrome present.
1	Pathogen, parasite, or epicommissal present but in numbers or amounts just above diagnostic procedure minimum detection limits. Lesions characteristic of syndrome present, but "disease" no significant. Prognosis is for insignificant effect, except in developing infections by highly virulent pathogens.
2	Low to moderate numbers of pathogen, parasite, or epicommissal present. Light to moderate lesions characteristic of syndrome present. Prognosis is for possible production losses and or slight increases in mortality if no treatment (if treatable) is applied.
3	Moderate numbers of pathogen, parasite, or epicommissal present. Moderate to severe lesions characteristic of syndrome present. Potentially lethal prognosis if no treatment (if treatable) is applied.
4	High numbers of pathogen, parasite, or epicommissal present. Severe lesions characteristic of syndrome present. Lethal prognosis.

page 4

5206214899

TABLE 3. Summary of all PCR Finding in UAZ Case 04-021.

Sample I.D.	Sample Definition	Day/ Date Sample Collected	IHHNV PCR Results
04-021 A/1	Negative Control	2/20/04 Day 16	IHHNV not detected
04-021 B/1	IHHNV Challenge	2/25/04 Day 21	IHHNV positive

9.3 Annexe 3 : compte rendu des productions d'écloserie et de nurserie en 2005

N° bac Elevage larvaire	TYPE de croisement	Référence famille Femelle	Référence famille Mâle	Elevages larvaires									
				Date JO	nb initial	date pêche	stade sortie PL	% survie larvaire	nb final pêché	Nb PL jetées	nombre PL ensemencées en nurserie familiale	nombre PL ensemencées en nurserie collective	nb total PL ensemencées en nurseries
1 & 2	Hawaii x Hawaii	Orange	Vert	11-nov.-05	50000	30-nov.-05	9	48%	24075	0	1500	22576	24075
3 & 4	Hawaii x Hawaii	Orange	Rouge bleu	11-nov.-05	50000	30-nov.-05	9	49%	24548	0	1500	23048	24548
7	Hawaii x Hawaii	Rose	Pourpre	12-nov.-05	20000	30-nov.-05	6	35%	7000	0	1500	5500	7000
8	Hawaii x Hawaii	Rouge blanc	Rouge Orange	12-nov.-05	25000	30-nov.-05	7	41%	10350	0	1500	8850	10350
9	Hawaii x Hawaii	Rouge blanc	Orange rose	12-nov.-05	25000	30-nov.-05	7	62%	15600	0	1500	14100	15600
10 & 11	Hawaii x Hawaii	Orange	Rouge blanc	12-nov.-05	50000	30-nov.-05	8	17%	8275	0	3000	5275	8275
12	Hawaii x Hawaii	Vert	Bleu	12-nov.-05	25000	30-nov.-05	8	24%	6100	0	1500	4600	6100
13	Hawaii x Hawaii	Blanc	Jaune vert	13-nov.-05	10000	05-déc.-05	12	19%	1900	0	1500	400	1900
16	Hawaii x Hawaii	Jaune	Blanc	15-nov.-05	12500	05-déc.-05	7	30%	3800	0	1500	2300	3800
18	Hawaii x Hawaii	Jaune bleu	Rouge jaune	15-nov.-05	7500	05-déc.-05	8	4%	300	0	0	300	300
19 & 20	Hawaii x Hawaii	Rose	Pourpre	15-nov.-05	54000	05-déc.-05	8	4%	2000	0	1625	375	2000
22 & 23	Hawaii x Hawaii	Rouge vert	Orange rose	17-nov.-05	48000	05-déc.-05	7	28%	13425	0	1500	11925	13425
24	Hawaii x Hawaii	Jaune bleu	Rouge jaune	17-nov.-05	10000	05-déc.-05	8	53%	5275	0	1500	3775	5275
25 & 26	Hawaii x Hawaii	Jaune vert	Blanc	17-nov.-05	46000	05-déc.-05	8	38%	17350	4725	1500	11125	12625
27	Hawaii x Hawaii	Jaune vert	Rose	17-nov.-05	25000	05-déc.-05	6	37%	9225	1725	1500	6800	7500
28	Hawaii x Hawaii	Bleu	Vert	18-nov.-05	25000	05-déc.-05	6	52%	13100	5600	1500	6800	7500
29 & 30	Hawaii x Hawaii	Rouge jaune	Jaune bleu	18-nov.-05	50000	05-déc.-05	6	15%	7500	1100	1500	5700	6400
21 & 31	Hawaii x Hawaii	Jaune	Rouge	22-nov.-05	54000	07-déc.-05	5	51%	27700	19400	1500	6800	8300
32	Hawaii x Hawaii	Rouge	Jaune	22-nov.-05	10000	07-déc.-05	5	53%	5275	0	1500	3775	5275
5	Hawaii x Hawaii	Rouge Orange	Rouge vert	11-nov.-05	6000	30-nov.-05	8	25%	1525	0	1525	0	1525
14	Hawaii x Hawaii	Rose	Jaune vert	23-nov.-05	10000	12-déc.-05	7	15%	1500	0	1500	0	1500
44	Hawaii x Hawaii	Rouge Orange	Rouge vert	23-nov.-05	18000	12-déc.-05	6	41%	7300	5800	1500	0	1500
46	New-Cal x Hawaii	x	rouge	13-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	59%	8800	2300	-	6500	6500
47	New-Cal x Hawaii	x	rouge orange	13-nov.-05	15000	01-déc.-05	7	55%	8225	1725	-	6500	6500
48	New-Cal x Hawaii	x	rouge orange	13-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	64%	9600	3100	-	6500	6500
49	New-Cal x Hawaii	x	rouge vert	14-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	25%	3800	0	-	3800	3800
50	New-Cal x Hawaii	x	vert	14-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	99%	14800	8300	-	6500	6500
56	New-Cal x Hawaii	x	vert & rouge blanc	15-nov.-05	15000	01-déc.-05	5	9%	1275	0	-	1275	1275
51	Hawaii x New-Cal	rose	x	14-nov.-05	15000	01-déc.-05	7	40%	6000	0	-	6000	6000
52	Hawaii x New-Cal	rose	x	14-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	50%	7425	1425	-	6000	6000
53	Hawaii x New-Cal	rose orange	x	14-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	72%	10750	4750	-	6000	6000
54	Hawaii x New-Cal	rouge blanc	x	15-nov.-05	15000	01-déc.-05	6	27%	4000	0	-	4000	4000
55	Hawaii x New-Cal	orange	x	15-nov.-05	15000	01-déc.-05	5	42%	6350	0	-	6350	6350
39	New-cal x New-Cal	2 females x 2 males		10-nov.-05	15000	01-déc.-05	9	53%	7950	2950	-	5000	5000
40	New-cal x New-Cal	2 females x 2 males		10-nov.-05	15000	01-déc.-05	9	66%	9875	4875	-	5000	5000
41	New-cal x New-Cal	1 female x 1 male		11-nov.-05	15000	01-déc.-05	9	63%	9375	6675	-	2700	2700
42	New-cal x New-Cal	3 females x 3 males		12-nov.-05	15000	01-déc.-05	7	49%	7325	0	-	7325	7325
43	New-cal x New-Cal	4 females x 4 males		12-nov.-05	18000	01-déc.-05	7	93%	16650	6650	-	10000	10000
TOTAL	Hawaii x Hawaii	22 Hawaii	22 Hawaii	15-nov.-05	631000	04-déc.-05	7	34%	213123	38350	33150	144024	174773
TOTAL	New-Cal x Hawaii	6 NC	7 Hawaii	13-nov.-05	90000	01-déc.-05	6	52%	46500	15425	0	31075	31075
TOTAL	Hawaii x New-Cal	5 Hawaii	5 hawaii	14-nov.-05	75000	01-déc.-05	6	46%	34525	6175	0	28350	28350
TOTAL	New-cal x New-Cal	12 NC	12NC	11-nov.-05	78000	01-déc.-05	8	66%	51175	21150	0	30025	30025

(suite annexe 3)

N° bac Elevage larvaire	TYPE	nurseries familiales			nurseries collectives									NOMBRE TOTAL JUVENILES ENSEMENCES
		N°bac nurserie familiale	nombre PL ensemencés en nurserie familiale	Nombre juvéniles marqués ensemencés en bassins	nombre PL ensemencés en nurserie collective	N°bac nurserie collective	Date pêche nurserie collective	âge PL	survie nurserie collective	nb total juvéniles non marqués pêchés	Nb juvéniles non marqués jetés	Nombre juvéniles non marqués ensemencés en bassins terre	Nombre de bassins ensemencés par juvéniles non marqués	
1 & 2	Hawaii x Hawaii	521	1500	220	22576	1605 & 1607	20-déc	29	81%	68040	24100	43940	4	45480
3 & 4	Hawaii x Hawaii	522	1500	220	23048									
7	Hawaii x Hawaii	520	1500	220	5500									
8	Hawaii x Hawaii	523	1500	220	8850									
9	Hawaii x Hawaii	524	1500	220	14100									
10 & 11	Hawaii x Hawaii	518 & 519	3000	220	5275									
12	Hawaii x Hawaii	525	1500	220	4600									
13	Hawaii x Hawaii	526	1500	220	400									
16	Hawaii x Hawaii	527	1500	220	2300									
18	Hawaii x Hawaii	-	0	-	300									
19 & 20	Hawaii x Hawaii	528	1625	220	375									
22 & 23	Hawaii x Hawaii	529	1500	220	11925									
24	Hawaii x Hawaii	530	1500	220	3775									
25 & 26	Hawaii x Hawaii	509	1500	220	11125									
27	Hawaii x Hawaii	510	1500	220	6800	1608	19-déc	20	72%	21550	0	21550	22650	
28	Hawaii x Hawaii	511	1500	220	6800									
29 & 30	Hawaii x Hawaii	512	1500	220	5700									
21 & 31	Hawaii x Hawaii	513	1500	220	6800									
32	Hawaii x Hawaii	514	1500	220	3775	-	-	-	-	-	-	0	660	
5	Hawaii x Hawaii	517	1525	220	0									
14	Hawaii x Hawaii	507	1500	220	0									
44	Hawaii x Hawaii	508	1500	220	0									
46	New-Cal x Hawai	-	-	-	6500	1602 & 1604	15-déc	20	86%	51150	21150	30000	1	30000
47	New-Cal x Hawai	-	-	-	6500									
48	New-Cal x Hawai	-	-	-	6500									
49	New-Cal x Hawai	-	-	-	3800									
50	New-Cal x Hawai	-	-	-	6500									
56	New-Cal x Hawai	-	-	-	1275									
51	Hawaii x New-Ca	-	-	-	6000									
52	Hawaii x New-Ca	-	-	-	6000									
53	Hawaii x New-Ca	-	-	-	6000									
54	Hawaii x New-Ca	-	-	-	4000									
55	Hawaii x New-Ca	-	-	-	6350									
39	CCsel x CCsel	-	-	-	5000	504	15-déc	23	76%	7600	2600	5000	1	5000
40	CCsel x CCsel	-	-	-	5000									
41	CCsel x CCsel	-	-	-	2700									
42	CCsel x CCsel	-	-	-	7325									
43	CCsel x CCsel	-	-	-	10000	506	15-déc	21	72%	7170	2170	5000	5000	
TOTAL	Hawaii x Hawaii		33150	4620	144024		19-déc	25	78%	111890	24100	87790	4	92410
TOTAL	New-Cal x Hawaii		0	0	31075		15-déc	20	86%	51150	21150	30000	1	30000
TOTAL	Hawaii x New-Cal		0	0	28350									
TOTAL	New-cal x New-Cal		0	0	30025		15-déc	22	68%	20445	5445	15000	1	15000

9.4 Annexe 4 : compte rendu des productions d'écloserie et de nurserie en 2006

N° bac Elevage larvaire	TYPE de croisement	Référence famille Femelle	Référence famille Mâle	Elevages larvaires									
				Date JO	nb initial	date pêche	stade sortie PL	% survie larvaire	nb final pêché	Nb PL jetées	nombre PL ensemencées en nurserie familiale	nombre PL ensemencées en nurserie collective	nb total PL ensemencées en nurseries
33	Hawaii x Hawaii	or-ja	bc-ma	9-nov.-06	2500	30-nov.-06	12	14%	360	0	360	0	360
34 + 35	Hawaii x Hawaii	rg-rs	bc-rs	10-nov.-06	34000	30-nov.-06	12	8%	2600	0	1100	1500	2600
36+37	Hawaii x Hawaii	rs-ma	rs-bc	12-nov.-06	34000	30-nov.-06	10	7%	2400	0	1000	1400	2400
38	Hawaii x Hawaii	ja-bc	rs-or	13-nov.-06	5000	04-déc.-06	12	22%	1100	0	1100	0	1100
39	Hawaii x Hawaii	ma-rs	rs-ve	15-nov.-06	7500	04-déc.-06	11	67%	5000	0	1000	4000	5000
40	Hawaii x Hawaii	ma-rs	rs-bc	15-nov.-06	13000	04-déc.-06	10	50%	6500	0	1000	5500	6500
1	Hawaii x Hawaii	rs-ja	ja-bc	22-nov.-06	15000	18-déc.-06	17	1%	100	0	100	0	100
3	Hawaii x Hawaii	or-ja	rs-ja	28-nov.-06	13000	18-déc.-06	11	4%	500	0	500	0	500
4	Hawaii x Hawaii	rs-ma	rs-ja	28-nov.-06	2000	18-déc.-06	11	50%	1000	0	1000	0	1000
5	Hawaii x Hawaii	rs-ma	rs-ve	29-nov.-06	20000	18-déc.-06	10	15%	3000	0	1200	1800	3000
6	Hawaii x Hawaii	rg-?	rs-or	30-nov.-06	25000	18-déc.-06	10	16%	4000	0	1000	3000	4000
1+2+3+4	Hawaii x Hawaii	rs-or	rs-bl	13-janv.-07	100000	31-janv.-07	8	22%	21600	0	1500	20100	21600
5	Hawaii x Hawaii	or-rs	or-bl	13-janv.-07	25000	31-janv.-07	8	2%	600	0	600	0	600
6+7	Hawaii x Hawaii	ma-rs	ve-rg	15-janv.-07	34000	31-janv.-07	8	17%	5800	0	1500	4300	5800
10	Hawaii x Hawaii	bl-rs	or-bl	19-janv.-07	15000	09-févr.-07	12	4%	600	0	600	0	600
16	Hawaii x Hawaii	bl-rs	rs-or	20-janv.-07	20000	09-févr.-07	11	20%	4075	0	1500	2575	4075
45	New-Cal x Hawaii	X	bu-rs	9-nov.-06	10000	30-nov.-06	12	48%	4800	0	0	4800	4800
46	New-Cal x Hawaii	X	rs-ma,or-rs	11-nov.-06	10000	30-nov.-06	11	81%	8100	0	0	8100	8100
47	New-Cal x Hawaii	X	rg-or	11-nov.-06	15000	30-nov.-06	11	23%	3500	0	0	3500	3500
53	New-Cal x Hawaii	X	or-ja	13-nov.-06	15000	04-déc.-06	11	10%	1500	0	0	1500	1500
54	New-Cal x Hawaii	X	rs-or	13-nov.-06	15000	04-déc.-06	11	5%	800	0	0	800	800
56	New-Cal x Hawaii	X	rg-or	14-nov.-06	15000	04-déc.-06	11	45%	6700	0	0	6700	6700
49-->26	New-Cal x Hawaii	X	rs-bc	12-nov.-06	15000	30-nov.-06	9	100%	15000	0	0	15000	15000
50-->27	New-Cal x Hawaii	X	or-bu	12-nov.-06	15000	30-nov.-06	9	97%	14500	0	0	14500	14500
51-->28	Hawaii x New-Cal	ja-bc	X	12-nov.-06	17000	30-nov.-06	10	69%	11800	0	0	11800	11800
48	Hawaii x New-Cal	rg-rs	X	12-nov.-06	10000	30-nov.-06	9	66%	6600	0	0	6600	6600
52	Hawaii x New-Cal	or-?	X	13-nov.-06	15000	04-déc.-06	12	21%	3100	0	0	3100	3100
55	Hawaii x New-Cal	rs-ma	X	13-nov.-06	15000	04-déc.-06	11	32%	4800	0	0	4800	4800
31 + 38	Hawaii x New-Cal	ma-rs	X	20-nov.-06	30000	07-déc.-06	5	80%	24000	0	0	24000	24000
17	New-cal x New-Cal	3 femelles x 3 mâles		10-nov.-06	30000	30-nov.-06	12	20%	5900	0	0	5900	5900
18	New-cal x New-Cal	3 femelles x 3 mâles		11-nov.-06	30000	30-nov.-06	11	8%	2500	0	0	2500	2500
19	New-cal x New-Cal	1 femelle x 1 mâle		12-nov.-06	30000	30-nov.-06	10	14%	4100	0	0	4100	4100
20	New-cal x New-Cal	2 femelles x 2 mâles		13-nov.-06	30000	04-déc.-06	11	5%	1550	0	0	1550	1550
21	New-cal x New-Cal	1 femelle x 1 mâle		14-nov.-06	30000	04-déc.-06	11	19%	5700	0	0	5700	5700
22	New-cal x New-Cal	2 femelles x 2 mâles		14-nov.-06	30000	04-déc.-06	11	10%	3000	0	0	3000	3000
23	New-cal x New-Cal	1 femelle x 1 mâle		15-nov.-06	30000	04-déc.-06	10	12%	3700	0	0	3700	3700
5	New-cal x New-Cal	4 femelles x 4 mâles		16-nov.-06	150000	07-déc.-06	12	19%	28000	0	0	5200	5200
4	New-cal x New-Cal	3 femelles x 3 mâles		17-nov.-06	250000	07-déc.-06	12	56%	140000	0	0	5200	5200
TOTAL	Hawaii x Hawaii			7-déc.-06	365000	26-déc.-06	11	16%	59235	0	15060	44175	59235
TOTAL	New-Cal x Hawaii			11-nov.-06	110000	01-déc.-06	11	50%	54900	0	0	54900	54900
TOTAL	Hawaii x New-Cal			14-nov.-06	87000	03-déc.-06	10	61%	52800	0	0	52800	52800
TOTAL	New-cal x New-Cal			13-nov.-06	610000	03-déc.-06	11	32%	194450	0	0	36850	36850

(suite annexe 4)

N° bac Elevage larvaire	TYPE	nurseries familiales			nurseries collectives								NOMBRE TOTAL JUVENILES ENSEMENCES			
		N°bac nurserie familiale	nombre PL ensemencés en nurserie familiale	Nombre juvéniles marqués ensemencés en bassins	nombre PL ensemencés en nurserie collective	N°bac nurserie collective	Date pêche nurserie collective	âge PL	survie nurserie collective	nb total juvéniles non marqués pêchés	Nb juvéniles non marqués jetés	Nombre juvéniles non marqués ensemencés en bassins terre		Nombre de bassins ensemencés par juvéniles non marqués		
33	Hawaii x Hawaii	501	360	60	0											
34 + 35	Hawaii x Hawaii	503	1100	241	1500											
36+37	Hawaii x Hawaii	505	1000	196	1400	2900	502	20-déc.-06	32	66%	1900		1900			
38	Hawaii x Hawaii	507	1100	431	0											
39	Hawaii x Hawaii	509	1000	269	4000											
40	Hawaii x Hawaii	511	1000	358	5500	9500	1610	20-déc.-06	27	46%	4400		4400			
1	Hawaii x Hawaii	504	100	20	0											
3	Hawaii x Hawaii	506	500	200	0											
4	Hawaii x Hawaii	508	1000	242	0											
5	Hawaii x Hawaii	510	1200	222	1800											
6	Hawaii x Hawaii	512	1000	227	3000	4800	513	20-déc.-06	12	101%	4850		4850			
1+2+3+4	Hawaii x Hawaii	1606	1500		20100	20100	1610b									
5	Hawaii x Hawaii	1604b	600		0											
6+7	Hawaii x Hawaii	1602b	1500		4300	4300	1608b									
10	Hawaii x Hawaii	1605b	600		0											
16	Hawaii x Hawaii	1607b	1500		2575	2575	1609b									
45	New-Cal x Hawaii	-	-	-	3500											
46	New-Cal x Hawaii	-	-	-	7000	14000	1604	18-déc.-06	29	58%	8150		8150			
47	New-Cal x Hawaii	-	-	-	3500											
53	New-Cal x Hawaii	-	-	-	1500											
54	New-Cal x Hawaii	-	-	-	800	4000	1607	18-déc.-06	24	79%	3150		6450		1,3	
56	New-Cal x Hawaii	-	-	-	1700											
					5000	5000	1609	18-déc.-06	24	66%	3300		3300			
49-->26	New-Cal x Hawaii	-	-	-	7500											
50-->27	New-Cal x Hawaii	-	-	-	7250	14750	1606	18-déc.-06	27	67%	9840		9840			
reste 45+46+26+27	New-Cal x Hawaii	-	-	-	17150											
					5200	22350	1614	18-déc.-06			15300		15300		1,4	
51-->28	Hawaii x New-Cal	-	-	-	6600											
					6600	13200	1608	21-déc.-06	31	68%	9000		9000			
48	Hawaii x New-Cal	-	-	-	6600											
52	Hawaii x New-Cal	-	-	-	1550											
					1550	3100	1611	21-déc.-06	28	44%	1350		1350		1	
55	Hawaii x New-Cal	-	-	-	1550											
31 + 39	Hawaii x New-Cal	-	-	-	26500	26500	1612	21-déc.-06	21	84%	22200	12500	9650			
reste 32-33	Hawaii x New-Cal	-	-	-	4000	4000	1613	18-déc.-06	25	63%	3000		3000		0,3	
17	CCsel x CCsel	-	-	-	5900											
18	CCsel x CCsel	-	-	-	2500	12500	1602	19-déc.-06	31	49%	6166	0	6166			
19	CCsel x CCsel	-	-	-	4100											
20	CCsel x CCsel	-	-	-	1550											
21	CCsel x CCsel	-	-	-	5700											
22	CCsel x CCsel	-	-	-	3000	13950	1601 & 1603	19-déc.-06	26	59%	8240	0	8240		1	
23	CCsel x CCsel	-	-	-	3700											
5	CCsel x CCsel	-	-	-	5200											
4	CCsel x CCsel	-	-	-	5200	10400	1605	19-déc.-06	24	65%	6720	0	6720			
TOTAL	Hawaii x Hawaii		15060	2466	44175	44175		20-déc	24	25%	11150	0	11150	2		13616
TOTAL	New-Cal x Hawaii		0	0	54900											
TOTAL	Hawaii x New-Cal		0	0	52800	107700		19-déc	27	70%	75290	12550	66040	4		66040
TOTAL	New-cal x New-Cal		0	0	36850	36850		19-déc	27	57%	21126	0	21126	1		21126

10 Références Bibliographiques

Bierne, N., Beuzart, I., Vonau, V., Bonhomme, F., Bédier, E., Aquacop 2000. Microsatellite-associated heterosis in hatchery-propagated stocks of the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Aquaculture* 184, 203-219.

Chim, L., Castex, M., Wabete, N., Lemaire, P., Pham, D., Brun, P., 2007. Development of an original tool for shrimp culture studies using floating cages in earthen pond. First trial carried out to evaluate lactic acid probiotic (Bactocell®) in shrimp *Litopenaeus stylirostris* reared in commercial farm subject to vibriosis. World Aquaculture Society, Book of abstracts Asian Pacific Aquaculture 2007, August 5-8 2007, Hanoi, Vietnam; 41.

Clifford, H.C., 1992. Marine shrimp pond management: a review. In: Wvban.,J. (Ed.), Proceedings of the special session on shrimp farming, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA, pp. 110-138.

Costa, R., Mermoud, I., Koblavi, S., Morlet, B., Haffner, P., Berthe, F., Le Groumellec, M., Grimont, P., 1998. Isolation and characterization of bacteria associated with a *Penaeus stylirostris* disease (Syndrome 93) in New Caledonia. *Aquaculture* 164, 297-309.

De Freitas, P.D., Junior, P.M.G., 2002. PCR-based VNTR core sequence analysis for inferring genetic diversity in the shrimp *Litopenaeus vannamei*. *Genet. Mol. Biol.* 25, 431-434.

Goarant, C., Mérien, F., Berthe, F., Mermoud, I., Pérolat, P., 1999. Arbitrarily primed PCR to type *Vibrio* spp. pathogenic for shrimp. *Applied and Environmental Microbiology* 65, 1145-1151.

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

Goarant, C., Ansquer, D., Herlin, J., Domalain, D., Imbert, F., De Decker, S., 2006. Summer Syndrome in *Litopenaeus stylirostris* in New Caledonia: pathology and epidemiology of the etiological agent, *Vibrio nigripulchritudo*. *Aquaculture* 253, 105-113.

Godin, D.M., Carr, W.H., Hagino, G., Segura, F., Sweeney, J.N., Blankenship, L., 1996. Evaluation of a fluorescent elastomer internal tag in juvenile and adult shrimp, *Penaeus vannamei*. Aquaculture 139, 243-248.

Goyard, E., Arnaud, S., Vonau, V., Bischoff, V., Mouchel, O., Goguenheim, J., Goarant, C., Pham, D., Aquacop 2002a. Evaluation de la variabilité génétique de *Litopenaeus stylirostris* disponible en Nouvelle Calédonie. Rapport IFREMER DRV/RST/RA/2002-02 : 18pp.

Goyard E., Arnaud S., Vonau V., Pham D., Boudry P., Aquacop 2002b. Ressources génétiques de la population de crevettes *Litopenaeus stylirostris* domestiquée en Nouvelle-Calédonie: définition d'une stratégie de ré-introduction de la variabilité. Poster présenté au 4ème Colloque national du Bureau des Ressources Génétiques, La Châtre, France, Octobre 14-16, 2002.

Goyard, E., Arnaud, S., Vonau, V., Bishoff, V., Mouchel, O., Pham, D., Wyban, J., Boudry, P., Aquacop 2003. Residual genetic variability in domesticated populations of the Pacific blue shrimp (*Litopenaeus stylirostris*) of New Caledonia, French Polynesia and Hawaii and some management recommendations. Aquat. Living Resour. 16, 501-508.

Goyard, E., Goarant, C., Ansquer, D., Brun, P., de Decker, S., Dufour, R., Galinié, C., Peignon, J-M., Vourey E., Pham, D., Harache, Y., Patrois, J., (soumis). Cross breeding of different domesticated lines as a simple way for genetic improvement in small aquaculture industries: the example of growth and survival rates improvement in the Pacific Blue Shrimp *Litopenaeus stylirostris*.

Keys, S.J., Crocos, P.J., Burrridge, C.Y., Coman, G.J., Davis, G.P., Preston, N.P., 2004. Comparative growth and survival of inbred and outbred *Penaeus japonicus*, reared under controlled environment conditions: indications of inbreeding depression. Aquaculture 241, 151-168.

Lightner, D.V. and Mahler, L., 1999. Disease control and quarantine strategies in New Caledonian Aquaculture. Rapport de mission , 52 pp.

Lotz, J.M., Browdy, C.L., Carr, W.H., Frelter, P.F., Lightner, D.V., 1995. USMFP suggested procedures and guidelines for assuring the specific pathogen status of shrimp broodstock and seed. In: Browdy, C.L., Hopkins, J.S. (Eds), *Swimming Through Troubled Waters: Proceedings of the special session on shrimp Farming*, World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, USA. pp. 66-75.

Patrois, J., Goyard, E., Peignon, J-M., Dufour, R., Ansquer D., 2007. Sécurisation des souches de crevettes d'élevage en Nouvelle-Calédonie : Résultats de la quarantaine et du conservatoire expérimental et éléments pour la définition d'une stratégie de sécurisation des souches de crevettes en Nouvelle-Calédonie. Ifremer/DAC/RST 2007-02, 43 pp.

Saulnier, D., Haffner, P., Goarant, C., Levy, P., Ansquer, D., 2000a. Experimental infection models for shrimp vibriosis studies : a review. *Aquaculture* 191, 133-144.

Saulnier, D., Avarre, J.C., Le Moullac, G., Ansquer, D., Levy, P., Vonau, V., 2000b. Rapid and sensitive PCR detection of *Vibrio penaeicida*, the putative etiological agent of Syndrome 93 in New Caledonia. *Diseases of Aquatic Organisms* 40, 109-115.

Vonau, V., Ohresser, M., Bierne, N., Delsert, C., Beuzart, I., Bedier, E., Bonhomme, F., 1999. Three polymorphic microsatellites in the shrimp *Penaeus stylirostris*. *Anim. Genet.* 30, 234–235.

Weppe, M., Bonami, J.R., Lightner, D.V., Aquacop, 1992. Demostración de las altas cualidades de la cepa de *P. Stylirostris* (SPR 43) resistente al virus IHNV. In : *Memorias del Primer Congreso Ecuatoriano de Acuicultura*, CENAIME, Noviembre 1992, Guayaquil, Ecuador, 229-232.