

Compte rendu de mission - ordre de mission n° 30.06.20620

Contribution à l'amélioration de la production d'alevins au Cameroun : essais de reproduction et d'élevage de nurserie avec *Clarias gariepinus* et deux autres espèces

Mission effectuée du 7 au 29 novembre 2006
dans le cadre du projet ATP-CIROP animé par Olivier MIKOLASEK
en collaboration avec la station de l'IRAD dirigée par David NGUENGA

Présenté par Philippe CACOT

Le 24 janvier 06



CIRAD
Département Systèmes de
Production et de Transformation
UR Aquaculture (UR 20)

SOMMAIRE

❖ Remerciements.....	3
❖ Introduction.....	4
1. Le contexte de l'étude	7
1.1. L'ATP-CIROP en bref.....	7
1.2. Le contexte de la pisciculture camerounaise en bref.....	7
1.3. Les enjeux techniques de la mission.....	9
2. Le stockage des poissons	10
2.1. Le choix du site pour mener les expérimentations	10
2.2. Les bacs de stockage	10
2.3. Le contrôle de la température	11
2.3.1. Pourquoi ?	11
2.3.2. Comment ?	11
2.3.3. Utilisation de l'effet de serre	12
3. La reproduction de <i>Clarias gariepinus</i>	17
3.1. Sélection et conditionnement des poissons géniteurs	17
3.2. L'induction de l'ovulation	18
3.3. Traitement des mâles et gestion du sperme	18
3.4. Fécondation et incubation.....	19
3.5. Résultats de la reproduction.....	23
4. L'élevage de nurserie de <i>Clarias gariepinus</i>	26
4.1. Présentation des protocoles	26
4.2. Nurserie en bac	27
4.2.1. Stockage et survie	27
4.2.2. Alimentation des alevins.....	27
4.2.3. Croissance des alevins	28
4.3. Nurserie en étangs	29
5. L'approvisionnement en zooplancton	31
5.1. Quête du zooplancton dans les étangs	31
5.2. Essai de production du zooplancton à la station de Koupa-Matapit.....	32
5.2.1. Aménagements préliminaires	32
5.2.2. Préparation des étangs	33
5.2.3. Résultats des essais de production de zooplancton.....	34

6. Autres travaux	42
6.1. Reproduction de la carpe commune <i>Cyprinus carpio</i>	42
6.1.1. Présentation.....	42
6.1.2. La reproduction.....	42
6.1.3. Elevage larvaire	44
6.2. Reproduction du poisson-chat <i>Heterobranchus longifilis</i>	44
6.3. La confection d'implants hormonaux.....	46
6.4. Confection d'un chalut à plancton.....	47
6.5. Conception d'un bâtiment d'écloserie-nurserie réchauffé	47
6.6. Considérations sur la domestication des espèces indigènes.....	48
❖ Conclusion	51
❖ Références.....	53
Annexe 1 : Liste des participants à l'atelier qui s'est tenu tout au long de la mission.....	54
Annexe 2 : Comparaison du prix des traitements hormonaux pour l'induction de la reproduction de <i>Clarias gariepinus</i> avec l'hCG ou le GnRHa (Suprefact TM).	55
Annexe 3 : Recommandations données par Viveen <i>et al.</i> (1985) concernant la nurserie en bac de <i>Clarias gariepinus</i>	56
Annexe 4 : Recommandations données par Viveen <i>et al.</i> (1985) concernant la nurserie en étang de <i>Clarias gariepinus</i>	57
Annexe 5 : Protocole de production de zooplancton (<i>Moina</i> sp.) en bac en Thaïlande.....	58
Annexe 6 : Plan du bâtiment d'écloserie-nurserie réchauffé par effet de serre.	60

❖ Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont rendu possible cette mission et celles qui ont participé au travail de terrain. M. Olivier MIKOLASEK et M. David NGUENGA ont organisé de longue date ma venue et le déroulement de la mission. M. Jérôme LAZARD a soutenu notre démarche et Mme Sylvie LEWICKI-DHAINAUT a apporté son soutien administratif relatif aux formalités de séjour et au financement. M. Victor POUMOGNE a participé à la logistique de l'atelier et il nous a offert le gîte dans sa famille pour une partie de l'hébergement. M. Ousman YIOGUIGUI nous a accueillis à la station de Koupa-Matapit dont il est responsable technique ; il nous a grandement facilité le travail au niveau des infrastructures, de l'accès au stock de poissons et au niveau de la disponibilité de son personnel. Merci également à l'épouse d'Ousman qui nous a régales de couscous et autres riz-haricot. Pardon Ousman pour la coupure à ton talon ... Merci à M. Mama, pisciculteur de Foumban, que la chance a mis sur notre chemin dans la quête du zooplancton. Je remercie toutes les personnes qui ont pris part aux travaux pratiques et dont la liste est présentée en Annexe 1; toutes et tous ce sont impliqués avec intérêt et motivation, gentillesse et patience aussi. Une attention spéciale à Claudine pour la saisie des notes ainsi qu'à Zango et Martial pour la constance de leur soutien technique assuré 24h/24. Merci également au laboratoire du Département des Productions Animales de Faculté d'Agronomie et des Sciences Agricoles de l'Université de Dschang (UDs) pour avoir mis à notre disposition ses équipements pour la confection des implants. Merci enfin à mon collègue M. Lankéo PHENGAROUNI, manager de la station du Km8 à Paksé au Sud-Laos, qui a contribué à la préparation de cette mission par ses conseils et par la collecte et la confection du matériel qui a été amené au Cameroun.

❖ Introduction

Partenariat. La présente mission fait suite à des discussions entre deux chercheurs du CIRAD, Dr. Olivier MIKOLASEK¹ et Dr. Philippe CACOT², et le partenaire camerounais d'O. MIKOLASEK, le Docteur David NGUENGA³. Elle s'est déroulée dans le cadre du projet du CIRAD d'Action Thématique Programmée intitulée «Construction des Innovations et ROle du Partenariat». L'amélioration de l'approvisionnement en alevins a été identifiée comme un axe de recherche prioritaire de l'ATP-CIROP. La disponibilité en alevins s'avère être en effet un facteur limitant majeur au développement de la pisciculture camerounaise. L'expertise acquise par Philippe CACOT dans ce domaine, de par sa pratique personnelle ainsi que par ses observations effectuées en Asie du Sud-est, constituait un atout pour aborder la question.

Déroulement de la mission. La mission s'est déroulée du 7 au 29 novembre 2006⁴, durant 22 jours au lieu des 15 prévus initialement ; elle a été prolongée d'une semaine afin de terminer les travaux qui avaient été engagés. Ces travaux ont été conduits principalement à la station de Koupa-Matapit⁵, située à une dizaine de kilomètres de la ville de Foumban dans le Centre-Ouest du Cameroun. Nous avons également effectué des visites chez plusieurs pisciculteurs privés dont un en particulier situé à Foumban (M. Mama) pour l'approvisionnement répété en zooplancton. Nous avons visité deux autres pisciculteurs privés parmi les plus actifs de la région, MM. Michel et Bernard, tous deux basés à Batié. Une demi-journée a été passée à l'Université de Dschang pour préparer des implants hormonaux à la Faculté d'Élevage. Enfin, la mission s'est terminée par deux journées passées à Yaoundé pour la restitution de la mission auprès de la Déléguée Régionale du CIRAD pour l'Afrique Centrale, Mme Dr. Sylvie LEWICKI-DHAINAUT, ainsi qu'au siège de l'IRAD en présence du Directeur de l'IRAD lui-même ainsi que de trois autres personnes responsables du secteur des productions animales et halieutiques.

Activités. L'excellent réseau mis en place dans le cadre de l'ATP-CIROP a permis de mobiliser la participation d'une dizaine de personnes aux travaux pratiques de la mission ; le groupe ainsi constitué rassemblait des chercheurs de l'IRAD, des chercheurs et enseignants de l'Université de Dschang et des pisciculteurs privés (Annexe 1). Nous avons abordé les sujets suivants : (1) l'arrangement des structures de la station de Koupa-Matapit, (2) la reproduction des poissons, (3) l'élevage de nurserie avec les larves produites et, pour les besoins de la nurserie, (4) l'approvisionnement en zooplancton. Nous avons initialement prévu de travailler sur deux espèces, le poisson-chat *Clarias gariepinus* et la carpe commune *Cyprinus carpio*. Le premier est une espèce locale et le second a été introduit au Cameroun dans les années 70 pour les besoins de la pisciculture. Nous avons également étudié la reproduction d'un autre poisson-chat, *Heterobranchus longifilis*. La reproduction d'une quatrième espèce, *Clarias jaensis*, a été tentée sur deux femelles mais sans succès.

¹ : O. MIKOLASEK est chercheur au CIRAD. Basé au Cameroun dans la ville de Dschang, il collabore avec l'IRAD et l'UDS dans le cadre du PCP-Grand Sud. Il coordonne le projet CIRAD « ATP-CIROP ».

² : P. CACOT est chercheur au CIRAD et basé au Laos au LARReC où il étudie la domestication de plusieurs espèces indigènes de poissons du Mékong.

³ : D. NGUENGA est chercheur à l'IRAD et il est responsable de la station de l'IRAD implanté à Foumban et à laquelle est rattachée la station aquacole de Koupa-Matapit.

⁴ : Dates de départ et de retour entre Vientiane au Laos et Douala au Cameroun.

⁵ : La localisation exacte de la station est 5°45,826' de latitude nord et 10°48,516' de longitude est, à 1147 m d'altitude. D'après un relevé GPS effectué durant le séjour.



République du Cameroun
Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Innovation
Institut de Recherche Agricole pour le Développement (I.R.A.D.)
BP 2123, Yaoundé, Tel/fax : (237) 223 35 38 / 222 33 62 / 222 59 24
Email : irad.pnrva@yahoo.com site web : www.irad-cameroon.org



Zones Agro-écologiques, Centres, Stations et Antennes



Figure 1 : La station de l'IRAD à Koupa-Matapit est située près de Fouban.



Photos 1 : Les trois espèces qui ont été étudiées et reproduites durant cette étude : les poissons-chats africains de la famille des Clariidae, *Clarias gariepinus* (a) et *Heterobranchus longifilis* (b), et la carpe commune *Cyprinus carpio* (c).

1. Le contexte de l'étude

1.1. L'ATP-CIROP en bref

La mission s'est effectuée dans le cadre de L'Action Thématique Programmée du CIRAD (2005-2007) «Construction des Innovations et ROle du Partenariat» (ATP-CIROP). En voici brièvement présenté le contenu (d'après communication de Dr. Jérôme Lazard, 2006) :

L'Action thématique programmée du CIRAD (2005-2007) «Construction des Innovations et ROle du Partenariat» (ATP-CIROP) a pour objectif de formaliser ce que met en jeu le partenariat au sens de l'ensemble des liens qui se nouent entre les acteurs ou le territoire pour fédérer les moyens autour de projets élaborés en commun en vue d'atteindre des objectifs partagés. On fait l'hypothèse que pour s'inscrire dans une perspective de développement durable (DD), les sociétés locales doivent accroître leur capacité à anticiper et à s'adapter rapidement aux transformations de leur environnement économique, social et naturel. L'évaluation de cette capacité passe par la réponse à deux questions : quels sont les dispositifs qui favorisent la conception des innovations et des processus sociotechniques et organisationnels dans leurs différentes dimensions ? Quels sont les types et modes de partenariat entre les différents acteurs (individuels et institutionnels) qui favorisent les apprentissages individuels et l'action collective dans une perspective de DD.

Le travail qui a été réalisé durant la mission paraît être un bon cas de figure pour l'approche CIROP. Il a été en effet question d'innovation, de partenariat et d'environnements.

1.2. Le contexte de la pisciculture camerounaise en bref

La présente mission s'est focalisée sur des questions techniques abordées localement. Le contexte global a été très peu appréhendé ; sont donc présentés ici des brides d'information et surtout des éléments de réflexion personnelle. Il semble que la pisciculture camerounaise soit très limitée, réduite à quelques centaines de tonnes au total produites chaque année. Ce pays tout comme les autres de la région a pourtant reçu des aides diverses pour développer ce secteur. C'est entre autres ce constat qui motive la présente approche de l'ATP-CIROP. J'ai pu moi-même me rendre compte de l'existence d'infrastructures piscicoles relativement importantes mais laissées dans un état de quasi-abandon au Cameroun. Parmi les raisons qui peuvent expliquer le non-démarrage de la pisciculture au Cameroun on peut citer :

- (1) **Le bon approvisionnement en poissons marins** de qualité et relativement bon marché même dans l'intérieur des terres. Vendu à 600-900 FCFA le kilo, ce poisson marin est clairement un concurrent du poisson de pisciculture. De mémoire, le prix de revient de l'alimentation de bonne qualité pour produire un kilo de poisson de pisciculture correspondrait à peu près au prix d'un kilo de poisson marin ... Cependant les poissons d'eau douce, dont *Clarias gariepinus* notamment, ont une valeur marchande plus élevée surtout lorsqu'ils sont vendus vivants.
- (2) **La richesse relative du milieu naturel continental** qui se traduit par une pêche relativement abondante quoi que saisonnière. On trouve ainsi sur le marché des poissons fumés d'eau douce (claridés et tilapias) en relative abondance même en

saison sèche. D'une manière générale, du fait de la relative faiblesse de la densité de population (30 habitants par km²) et des conditions géo-climatiques plutôt favorables (8 mois de saison des pluies), le Cameroun dispose d'une certaine marge avant que ne soit ressentit la nécessité d'intensifier les systèmes de production agricoles vivriers.



Photo 1 : *Clarias gariepinus* fumés vendus sur le marché de Fouban en novembre 2006.

- (3) **La quasi-inexistence de la riziculture.** Avec le recul de mon expérience asiatique, il me semble que la pratique de la « riziculture inondée » soit un élément propice au développement de la pisciculture, surtout sous sa forme familiale et vivrière. Les rizières sont généralement implantées dans des sites où les conditions hydrologiques sont favorables à la pisciculture d'étangs (disponibilité en eau prolongée, imperméabilité des sols) même si la vidange par gravité des étangs n'y est pas toujours évidente. De plus les étangs peuvent bénéficier de la fertilisation apportée aux rizières environnantes. Le système est relativement flexible puisqu'une rizière peut être convertie en étang et vice-versa. Enfin, et c'est un atout majeur, le process du riz paddy génère du son de riz (10-15 %) qui est l'ingrédient principal de l'alimentation des animaux domestiques monogastriques en Asie du Sud-est, poissons compris. Le process du riz paddy génère également de la balle de riz (18-24 %) qui est utilisée comme combustible pour la cuisson du son de riz ce qui améliore sa digestibilité. Par contraste, la pisciculture sans riziculture semble nécessiter un investissement important dans la construction des étangs et une gestion spécifique de l'eau. Elle est aussi forcément commerciale puisqu'elle nécessite l'achat de la quasi-totalité de l'aliment. Il s'agit donc d'une activité relativement technique et risquée qui requière spécialisation et capital.
- (4) **L'absence d'investissement privé** dans le secteur piscicole au Cameroun. Ce constat est lié en grande partie à la conjonction capital + technicité + risque explicitée ci-dessus. Une illustration vient encore du rapprochement avec une situation en Asie : au Viêt Nam même les infrastructures aquacoles publiques ont un management privé (gestion intéressée assurée par un professeur d'Université par exemple) ; à Koupa-Matapit la station était dans un état végétatif alors qu'un des membres de l'IRAD dispose en privé d'un important élevage de volaille.

Alors, en attendant que l'hypothèse soit étudiée, on peut se demander si la riziculture n'est pas le premier et important pré-requis au développement de la pisciculture paysanne. Ceci étant, le développement de la riziculture irriguée s'accompagnerait au Cameroun de la

mise en valeur des zones humides dans les bas-fonds. Cela s'accompagnerait de l'altération du biotope des poissons d'eau douce et donc de leur raréfaction. Et ce d'autant plus rapidement que la riziculture s'intensifierait de par l'utilisation d'engrais et de pesticides. C'est ce qui s'est passé et qui se passe en Asie ...

Enfin, si le son de riz manque au Cameroun il semble qu'on y trouve assez facilement divers tourteaux oléagineux (soja, coton, coco). Il s'agirait là d'un atout pour la préparation à la ferme de l'alimentation des poissons.

1.3. Les enjeux techniques de la mission

Les enjeux techniques ont été de deux ordres : (1) les objectifs affichés dont l'élevage larvaire incluant l'approvisionnement en zooplancton et (2) le fait de surmonter ou de contourner des contraintes matérielles locales.

La problématique de base était le constat que la production d'alevins est grandement insuffisante en raison des mauvais résultats de la nurserie. Cette hypothèse a été confirmée par M. Ousman qui nous a communiqué les résultats suivants pour une reproduction telle que pratiquée en conditions standards à la station de Koupa-Matapit :

N femelles reproduites	7,5 (7-8) ^(a)
Poids vif moyen (g).....	400 ^(b)
Biomasse totale des femelles (kg).....	3,0
Fécondité moyenne (N ovules.kg ⁻¹)	41 100 ^(b)
N ovules total	123 100
Taux d'éclosion (%).....	82,3 ^(b)
N larves stockées en étang	101 210
N fingerlings récoltés par étang	2 500 ^(a)
Surface de l'étang (m ²).....	300-465 ^(ab)
Taux de survie (%).....	2,5
N fingerlings/N ovules (%)	2,0
N larves écloses/m ²	337-218
N fingerlings/m ²	8,3-5,4

^(a) : Données fournies par Ousman,

^(b) : données collectées durant nos expérimentations,
les autres données sont calculées.

On constate que le taux de survie au stade fingerling est de l'ordre de seulement 2,5 % (pourcentage de larves écloses) après un mois et demi de stockage en étang. Ce faible résultat semble essentiellement lié à une forte mortalité durant la phase d'alevinage en étang. Il est peu probable qu'un problème survienne durant la reproduction car la technique de reproduction est bien maîtrisée. Il n'est cependant pas impossible que l'éclosion puisse être altérée par un problème survenant durant l'incubation. Ce pourrait être causé par le développement de champignon saprolegna sur les œufs, favorisé par une température relativement basse.

Les conditions d'alevinage ne paraissent donc pas optimales. Cette hypothèse est confirmée par Steve SULEM qui indique que la production en étang de nurserie ne dépasse pas 20 fingerlings/m² dans les conditions standards du Cameroun. La première raison semble être l'alimentation insuffisante des larves en début de nurserie en particulier. Le zooplancton constitue le premier aliment des larves or sa disponibilité serait limitée. D. NGUENGA indiquait que les eaux camerounaises seraient naturellement pauvres en plancton. Enfin, la température de l'eau, parfois trop fraîche, peut être aussi incriminée dans la faible survie des alevins. Nous avons donc travaillé sur le thème de l'élevage larvaire de *C. gariepinus* avec une attention particulière à l'alimentation avec le zooplancton et la température.

2. Le stockage des poissons

2.1. Le choix du site pour mener les expérimentations

Nous avons eu le choix entre deux sites dans la station de Koupa-Matapit pour réaliser nos expériences : le bâtiment de l'écloserie et la zone située en amont de la station, au niveau de la prise d'eau sur le lac réservoir. Nous avons choisi ce second site en raison de la disponibilité de quatre grands bacs en ciment pour les essais de production de zooplancton. Nous aurions volontiers travaillé aussi dans le bâtiment de la station, ou juste à côté, pour les autres activités (reproduction, incubation, élevage larvaire), mais nous devons nous concentrer sur un seul site compte-tenu de la nécessité de produire l'électricité avec un groupe électrogène. Nous avons donc déplacé quatre bacs en toile de 1200 litres installés près du bâtiment vers le site des bacs en ciment. Ces bacs en ciment étaient si grands⁶ que nous avons pu disposer dans un seul les quatre bacs en toile. Cette disposition s'est avérée judicieuse car nous avons par la suite aménagé une serre en bâche plastique sur le bac en ciment. Cet aménagement n'aurait pas été possible, ou du moins nettement moins aisément, près du bâtiment.

Le manque d'électricité a constitué la contrainte majeure de notre travail : consommation importante d'essence (20 litres par jour), gestion de deux groupes électrogènes tournant en alternance, pannes à réparer, circuit électrique précaire voire dangereux. Ceci étant dit, cette contrainte nous a amené à abandonner le chauffage de l'eau avec des résistances chauffantes au profit de l'effet de serre qui s'est avéré être une très bonne option. Contrainte mère de l'innovation ?

2.2. Les bacs de stockage

Les bacs utilisés étaient de forme carrée de 160 cm de côté pour une profondeur totale de 60 cm et une profondeur d'eau utilisée de 45 cm soit un volume d'environ 1200 litres. Ces bacs sont faits d'une poche en toile plastifiée, étanche et suspendue à une armature faite de tubes métalliques. L'IRAD s'est procuré ces bacs auprès de la société européenne « Fastank » il y a une dizaine d'années ; ils sont d'excellente qualité puisqu'ils sont restés en bon état tout en étant installés à l'extérieur. Ces bacs ont été utilisés successivement pour le stockage des poissons géniteurs avant et durant la reproduction, l'incubation des œufs et l'élevage larvaire.

⁶ : Chacun des quatre bacs en ciment mesure 8,2 m de longueur, 3 m de large et 70-93 cm de profondeur. Ils sont juxtaposés sur la longueur.

2.3. Le contrôle de la température

2.3.1. Pourquoi ?

Nos expérimentations ont eu lieu en fin de période de reproduction, au mois de novembre lorsque la température diminue. Il nous apparaissait donc impératif de travailler à une température maintenue relativement élevée afin de s'affranchir des problèmes causés par une température trop basse. Nous avons en effet enregistré des minimas nocturnes de température de 13°C pour l'air ambiant et de 19°C pour l'eau de surface. Or, chez un autre Clariidae, *Heterobranchus longifilis*, Nwosu et Holzlohner (2000) indiquent que l'éclosion des œufs est nulle à 20°C, qu'elle est minimale à 23°C et optimale entre 25 et 27°C ; l'optimum thermique est le même pour la survie larvaire après 11 jours. Chez un poisson-chat asiatique, un Pangasiidae, *Pangasius hypophthalmus*, les larves sont particulièrement sensibles durant les premiers jours et la survie après quatre jours augmente notablement avec la température (Raynaud, 2005). Le taux de survie est de 23-64-89-92 % pour les températures correspondantes de 23-25,5-28-33 °C ; le gain entre 23 °C et 25 °C ou 28 °C est considérable. On constate donc que le contrôle de la température est essentiel pour assurer à la fois une bonne éclosion et une bonne survie larvaire.

2.3.2. Comment ?

Nous avons dans un premier temps disposé des résistances chauffantes dans deux bacs de 1200 litres. Chaque bac était équipé de deux résistances de 300 watts chacune, soit 600 watts par bac ou 0,5 watt.L⁻¹. Chaque bac était lui-même recouvert d'une plaque de linoléum posée à 15 cm de la surface pour maintenir les bacs à l'ombre et pour limiter la déperdition de chaleur. Pour réduire davantage la déperdition de chaleur surtout durant la nuit, un système de recyclage de l'eau a été mis en place dans chacun des deux bacs. Il s'agit d'une filtration comprenant un filtre physique fait de mousse de kapokier ou « perlon » et d'un filtre biologique fait de pouzzolane (pierre volcanique très poreuse) (Figure 2, Figure 3). La mousse a été importée de Thaïlande et la pouzzolane a été trouvée localement. La pompe immergée utilisée était de 100-150 watts, ce qui était une puissance bien supérieure à nos besoins ; une pompe de 50-60 watts aurait suffi. Nous avons donc dû brider la pompe avec une vanne. Le débit à travers le filtre était compris entre 0,4 et 1,2 litre par minute ce qui semblait suffisant au vue des faibles teneurs en ammoniacque et nitrite mesurées, 0,5-1 mg.L⁻¹ et 0,3 mg.L⁻¹, respectivement (Tableau 1). Avec un débit supérieur durant l'élevage larvaire nous craignons de drainer trop fortement l'eau à travers le manchon en filet et ainsi de le colmater avec le zooplancton en particulier. Le débit appliqué correspondait à seulement 0,5 à 1,5 fois le volume total du bac par jour. Cela peut paraître un peu faible sachant qu'il était de l'ordre de 5-7 fois par jour dans le cas d'une autre expérimentation en larviculture avec *Pangasius hypophthalmus* (Cacot, 2005) mais les quantités d'aliment distribuées étaient plus importantes (au moins trois fois plus de zooplancton). Quoiqu'il en soit, il est important d'ajuster le débit à travers le filtre pour maintenir une bonne qualité d'eau. De plus, nous gardions faible mais constant le renouvellement du bac en circuit ouvert, de l'ordre de 20 % par jour. Nous aurions pu augmenter ce dernier mais cela n'a pas été nécessaire. La pouzzolane s'avère être un très bon matériau pour la filtration biologique. Au niveau de la maintenance du bac, le fond du bac était nettoyé par siphonage une ou deux fois par jour. La mousse du filtre était rincée une ou deux fois par jour.

Tableau 1 : Qualité de l'eau dans les bacs utilisés pour le stockage des larves de *C. gariepinus*.

Jour	Ammoniaque total (N-NH ₄ ⁺ + N-NH ₃)	Nitrite NO ₂	pH
1	1	0,3	6,5-7
2	1	0,3	6,5-7
3	1	0,3	6,5-7
4	0,5	0,3	6,5-7
5	1	0,3	6,5-7
6	1	0,3	6,5-7
7	1	0,3	6,5-7
8	0,5	0,3	6,5-7

2.3.3. Utilisation de l'effet de serre

Après quelques jours nous avons décidé de réduire notre consommation d'électricité en supprimant les résistances chauffantes. Nous les avons remplacées par le chauffage par « effet de serre ». Une grande bâche plastique transparente a été disposée au dessus du bac en ciment où étaient disposés les quatre bacs à poissons. La bâche était maintenue à une certaine hauteur pour permettre le passage des opérateurs sous cette serre ; les bords de la bâche étaient maintenus appliqués sur le rebord du bac en ciment par des pierres. Chaque bac était lui-même recouvert d'une plaque de linoléum posée à 15 cm de la surface pour maintenir les bacs à l'ombre. Ce système s'est avéré relativement efficace puisque la température de l'eau des bacs en circuit fermé sous la serre était de 23,5°C le matin contre 19,1°C pour le bac à l'extérieur de la serre soit un écart de 4,4°C (P < 0,01 ; Tableau 2). L'écart était plus faible l'après-midi mais toujours significatif et en faveur du bac sous la serre ; la température moyenne était également significativement plus élevée. Le bac sous la serre maintenu en circuit ouvert présentait une température sensiblement plus faible que le bac en circuit fermé, mais toujours supérieure à celle du bac extérieur le matin. Enfin, l'écart au niveau de la température ambiante le matin est de 8°C entre l'extérieur et l'intérieur de la serre avec 13,3°C et 21,3°C, respectivement (P < 0,001).

Il serait intéressant de répéter le même type de comparaison un peu plus tard, en décembre-janvier, lorsque la température ambiante est encore plus basse. Par ailleurs, le gain par l'effet de serre serait certainement meilleur en optimisant la structure, notamment en limitant au mieux les fuites d'air.

Enfin, il faut signaler que ce système présente un inconvénient : la forte condensation durant la nuit sur la face intérieure de la bâche. Elle aboutit à un certain ruissellement et il convient de protéger les installations électriques en dessous.

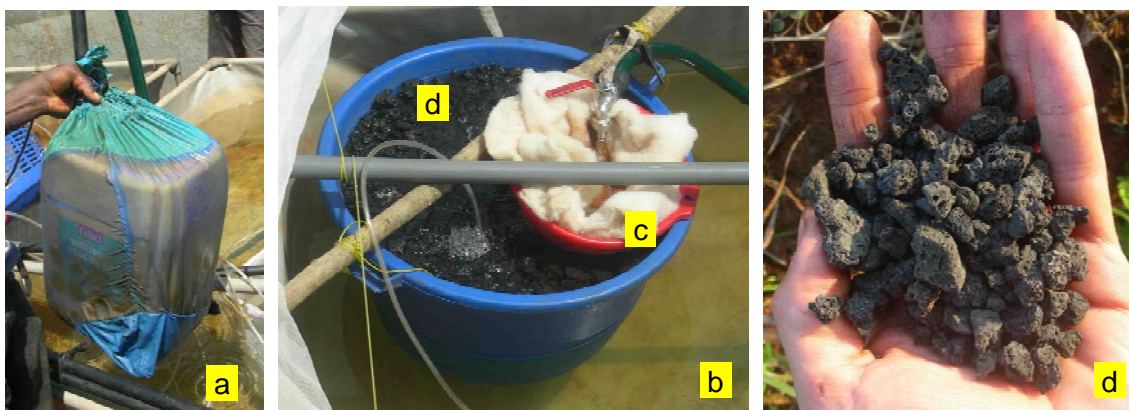
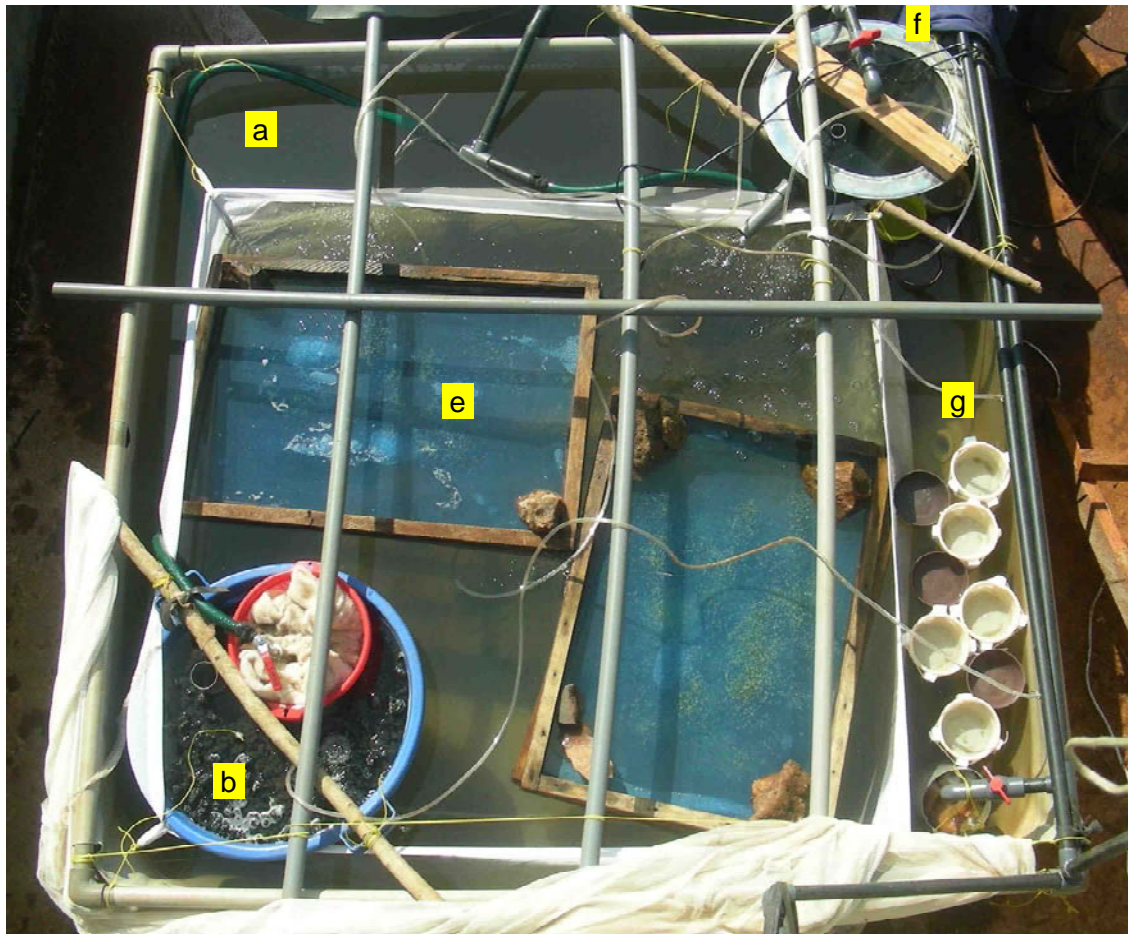
Tableau 2 : Récapitulatif des températures moyennes mesurées dans différents milieux entre le 21 et le 25 novembre 2006 à la station de Koupa-Matapit.

Milieu	Matin (N = 4)	Après-midi (N = 4)	Moyenne (N = 3)	Amplitude (N = 3)
Air ambiant à l'extérieur	13,3	23,7 (N = 3)	19,0 (N = 2)	11,0 (N = 2)
Air ambiant sous la serre	*** 21,3	NS 25,5	NA 23,5	NA 6,3
Bac extérieur en circuit ouvert	19,1	23,1	21,0	3,7
Bac sous la serre en circuit ouvert	° 22,5	NS 25,0	NS 23,7	NS 2,0
Bac sous la serre en circuit fermé	°° 23,5	° 25,9	° 24,6	NS 2,5

Les différences significatives entre l'extérieur et l'intérieur de la serre et ont été testées pour l'air ambiant (***) : $P < 0,001$) et pour l'eau des bacs (° : $P < 0,05$; °° : $P < 0,01$; NS : non-significatif). Le test n'a pas été fait lorsque l'effectif était trop faible (NA).

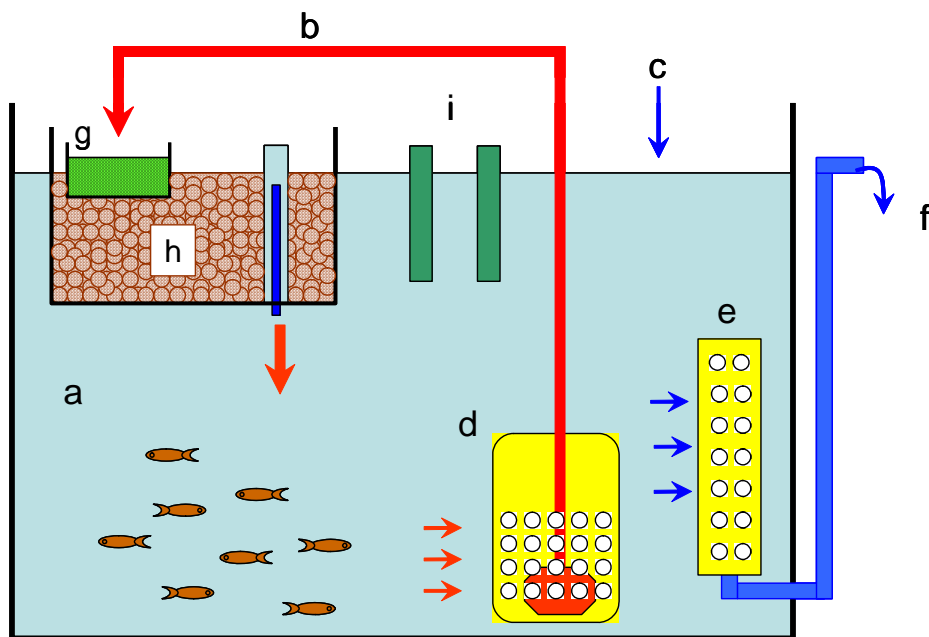


Photos 2 : Les quatre bacs en ciment (8,2 x 3 m) utilisés pour notre dispositif (a). Dans l'un d'eux ont été disposés quatre « Fastank » de 1200 litres dans lesquels étaient stockés les poissons (b) ; il a été recouvert d'une bâche pour créer un effet de serre : vue extérieure (c) et vue intérieure (d). Enfin deux autres bacs ont servi pour les essais de production de zooplancton.



- a : prise d'eau du filtre : pompe placée dans un fût recouvert d'un manchon en filet,
- b : compartiment de filtration,
- c : mousse du filtre (filtration physique),
- d : pouzzolane dans le filtre (filtration biologique),
- e : claie en filet pour incubation des œufs collants,
- f : incubateur de type Mc Donald pour des œufs non collants,
- g : boîtes flottantes pour les tests d'éclosion.

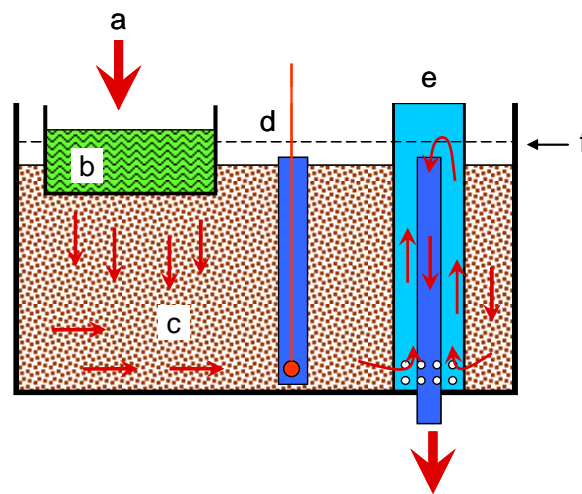
Photos 3 : Bac de 1200 litres en circuit fermé et équipé pour l'incubation.



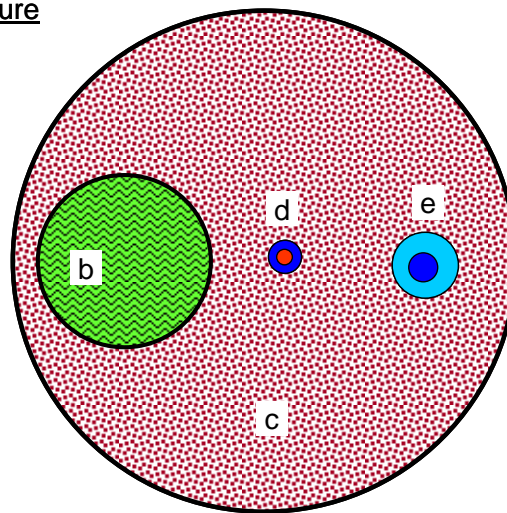
- a : compartiment pour les poissons (1200 L),
- b : arrivée d'eau du filtre (flux principal),
- c : arrivée d'eau en circuit ouvert (circuit mineur),
- d : prise d'eau pour le filtre : pompe immergée (100-150 watts) dans un caisson de 20 litres percé et recouvert d'un machon de filet à plancton (maille 200 μ m),
- e : crépine d'évacuation de l'eau pour le circuit ouvert : tuyau PVC diamètre 10 cm, percé et recouvert d'un manchon de filet à plancton,
- f : évacuation du circuit ouvert par trop plein,
- g : mousse pour la filtration physique,
- h : pierre volcanique poreuse (pouzolane) pour la filtration biologique (40 L),
- i : résistances chauffantes (300 watts pièce), optionnelles.

Figure 2 : Bac d'élevage larvaire équipé d'un système de filtration.

Vue de profil



Vue supérieure



- a : arrivée d'eau du filtre,
- b : mousse pour la filtration physique,
- c : pierre volcanique poreuse (pouzolane) pour la filtration biologique (40 L),
- d : tuyau d'aération du filtre (air lift avec un diffuseur au fond),
- e : tuyaux emboîtés pour une évacuation d'eau drainée du fond et par trop plein,
- f : niveau d'eau dans le filtre.

Figure 3 : Détail du système de filtration.

3. La reproduction de *Clarias gariepinus*

3.1. Sélection et conditionnement des poissons géniteurs

Nous avons utilisé le stock de poissons géniteurs disponible à la station de Koupa-Matapit. Ce stock est constitué de poissons à l'origine issus de la pêche dans le milieu naturel ; ils sont restés un à deux ans en étang avant d'être reproduits. Ils étaient nourris avec un aliment composé fabriqué à l'IRAD à base de diverses matières premières locales. Les poissons géniteurs matures ont été sélectionnés les 12 et 13 novembre. Les femelles présentaient un abdomen relativement rebondi et quelques ovocytes pouvaient être émis lors d'un léger stripping. Les mâles ne présentaient pas de signes particuliers, nous avons toutefois pris soin de ne choisir que des spécimens qui n'avaient pas encore été utilisés pour la

reproduction⁷. Les poissons ont été stockés individuellement dans des récipients en plastique de type égouttoir recouverts d'un filet. Tous les égouttoirs contenant les femelles à l'exception de deux étaient disposés dans un bac réchauffé avec les résistances chauffantes à la température de 24-26°C. Les égouttoirs contenant deux femelles et les mâles étaient placés dans un bac maintenu à la température ambiante (19-22°C).

3.2. L'induction de l'ovulation

L'ovulation a été induite par stimulation hormonale avec du mGnRHa (ou LHRHa) associé à du dompéridone (molécule antidopaminergique). Le mGnRHa employé était de l'acétate de Buséréline commercialisé sous l'appellation SuprefactTM. Le dompéridone employé est commercialisé sous l'appellation MotiliumTM. Ces deux produits ont été importés de Thaïlande où ils sont disponibles en pharmacie. Leur usage pour la reproduction est un usage dérivé. Le traitement associant suprefact et motilium est très populaire dans les écloserie en Thaïlande et au Laos pour la plupart des espèces de poissons.

Le suprefact contient une solution relativement concentrée de GnRHa (1 mg.ml⁻¹) conditionnée en flacon de 10 mg (existe aussi en flacon de 5 mg). Une partie du flacon est diluée dix fois dans du sérum physiologique (NaCl 9 g.L⁻¹) pour une utilisation plus pratique, la dilution de l'hormone est alors de 100 µg.ml⁻¹. La solution mère et la solution diluée sont conservées au réfrigérateur (5-6 °C). Le motilium est conditionné sous forme de cachets de 10 mg chacun qui sont broyés dans un petit mortier puis mis en solution avec le suprefact et un volume supplémentaire de sérum physiologique. La quantité de sérum physiologique est ajustée pour que le volume total de solution à injecter soit de 1 ml par kilogramme de poids vif (1 ml.kg⁻¹).

Deux injections de suprefact ont été appliquées à la dose de 10 µg.kg⁻¹ et 20 µg.kg⁻¹ espacées de 6 h ; la dose associée de motilium était de 10 mg.kg⁻¹ par injection. Une dose deux fois plus faible de motilium aurait certainement été aussi efficace. Sitôt l'ovulation constatée, les femelles ont été anesthésiées par balnéation dans un bain de phénoxy-2-éthanol à 0,2-0,3 ml.L⁻¹ puis les œufs collectés par stripping. La fécondation a été faite individuellement femelle par femelle.

3.3. Traitement des mâles et gestion du sperme

Trois mâles ont été traités avec une injection unique de suprefact (10 µg.kg⁻¹) associé au motilium (10 mg.kg⁻¹) appliquée lors de la seconde injection des femelles. Un quatrième poisson a été utilisé mais sans recevoir d'injection. Ils ont tous été disséqués 5 h après l'injection pour prélever un fragment de testicule en suivant une technique mise au point par Nguenga (1996). Cette technique consiste à disséquer le poisson préalablement anesthésié (bain de phénoxy-2-éthanol à 0,2-0,3 ml.L⁻¹). Un fragment représentant entre la moitié et les deux tiers de chaque testicule est prélevé puis l'abdomen du poisson est recousu et badigeonné de permanganate de potassium. Le poisson est ensuite ranimé et remis en étang. Il cicatrise assez rapidement, les testicules se régénèrent puis un second prélèvement peut être

⁷ : Chaque mâle est opéré et une portion des testicules est prélevée pour en extraire le sperme. Ensuite la plaie est suturée et le poisson remis en étang ; il se remet rapidement de l'opération mais garde une cicatrice sur l'abdomen.

effectué après un délai d'au moins six mois. Cette technique permet ainsi d'éviter le sacrifice systématique des mâles qui peuvent ainsi être utilisés au moins deux fois.

Les mâles employés pesaient en moyenne 550 g pour une longueur totale de 44 cm. Le poids moyen des fragments de testicule était de 0,9 g, soit un rapport gonado-somatique de 0,17 %. Le sperme extrait a été dilué environ 5-10 fois dans le sérum physiologique ($\text{NaCl } 9 \text{ g.L}^{-1}$) et la solution de sperme versée dans un flacon placé au frais dans une glacière. La durée de conservation n'a pas excédé une heure. La bonne motilité du sperme a été vérifiée sous microscope (grossissement 100 fois) au contact de la solution d'activation, eau pure ou bien solution saline ($\text{NaCl } 2 \text{ g.L}^{-1}$ et urée 4 g.L^{-1}). Par rapport à l'eau pure cette solution saline améliore sans doute la fécondation en prolongeant la motilité des spermatozoïdes. Elle permet surtout de réduire temporairement l'adhésivité des œufs qui apparaît rapidement durant la fécondation et le rinçage des œufs.

3.4. Fécondation et incubation

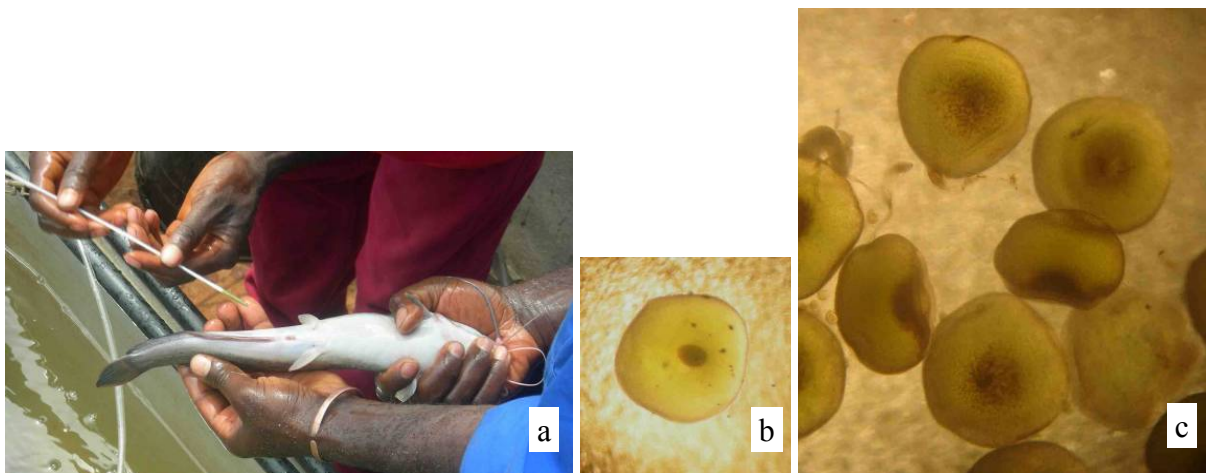
La fécondation a été effectuée avec une dilution d'environ 100 fois du sperme pur dans la solution d'activation, eau pure ou solution saline. Les ovules, le sperme et la solution d'activation ont été mélangés durant 1-1,5 minute. Puis les œufs ont été rincés avec la même solution d'activation. Ensuite, pour sept femelles sur les neuf, les œufs ont été étalés sur une claie en filet selon la méthode classique d'incubation. Un petit échantillon d'œufs a été placé dans une barquette pour évaluer la fécondation pour chaque ponte.

Nouveau mode d'incubation. Nous avons testé un autre mode d'incubation avec les œufs des deux autres femelles, il s'agissait de mettre les œufs en suspension dans l'eau dans un incubateur de type bouteille Mac Donald. Cette technique avait déjà été testée avec les œufs de *C. gariépinus* au Laos (Cacot, 2005b) ; elle avait donné un résultat satisfaisant au niveau de la qualité de l'incubation, par l'absence de développement de champignon saprolegna et une durée d'incubation sensiblement réduite.

Après la fécondation et le rinçage avec la solution saline, les œufs ont été rincés avec une solution de tanin afin de supprimer définitivement l'adhésivité des œufs. La solution de tanin est préparée en ajoutant à la solution saline d'activation ($\text{NaCl } 2 \text{ g.L}^{-1}$ et urée 4 g.L^{-1}) le tanin à la concentration de 3 g.L^{-1} . Le rinçage au tanin est fréquemment employé avec les œufs de carpe commune ou de *Pangasius* sp. mais à une concentration moindre en tanin ($0,5\text{-}0,8 \text{ g.L}^{-1}$). Ici la concentration élevée en tanin pour les œufs de *C. gariépinus* se justifie en raison de leur forte adhésivité (Cacot, 2005b). Les œufs sont versés dans la solution de tanin (environ 5 volumes de solution de tanin pour 1 volume d'œufs) tout en remuant vigoureusement les œufs ; la solution est ensuite rapidement éliminée pour que le temps de rinçage n'excède pas 10-15 secondes. Un contact prolongé dans la solution de tanin endommagerait les œufs. Les œufs sont rincés deux autres fois avec la solution saline puis placés dans un incubateur type bouteille Mac Donald. Cet incubateur est un cône fabriqué dans une plaque inoxydable de 33 cm de diamètre et 46 cm de hauteur, soit un volume de 20 litres (Photo 2). Le débit d'eau a été ajusté pour que les œufs soient bien mis en suspension tout en restant dans le quart inférieur de la bouteille. Le débit a ensuite été augmenté en fin d'incubation pour permettre aux larves écloses d'être évacuées de l'incubateur plus rapidement. Pour ces deux femelles un échantillon d'œufs a été placé dans une barquette avant et après rinçage au tanin.



Photos 4 : Induction hormonale de la reproduction (ovulation ou maturation des testicules) par injection d'une solution de SuprefactTM (source de GnRH α) et de MotiliumTM (source de dompéridone) effectuée sur un géniteur de *Heterobranchus longifilis*.



Photos 5 : Observation des ovocytes de *Clarias gariepinus* : prélèvement d'un échantillon d'ovocytes par biopsie ovarienne (a), ovocytes avant et après induction hormonale de l'ovulation (b et c) : le noyau passe de la position centrale à la position périphérique puis il éclate.



Photos 6 : Opération d'un géniteur mâle de *Clarias gariepinus* (a) ou *Heterobranchus longifilis* (b) pour le prélèvement d'un fragment de testicule (c). La paroi abdominale est ensuite suturée (d) et enduite de permanganate de potassium. On note la masse grasseuse qui rend l'opération délicate chez *H. longifilis*, elle ne doit pas être coupée.



Photos 7 : Collecte des ovules par stripping d'une femelle *Clarias gariepinus* (gauche) et *Cyprinus carpio* (droite).



Photos 8 : Œufs de *C. gariepinus* durant l'incubation : à gauche des œufs embryonnés normaux (avec le disque adhésif bien visible) tels que prélevés dans l'incubateur Mc Donald et à droite un œuf mort atteint de saprolegna, fréquent sur la claie en filet.

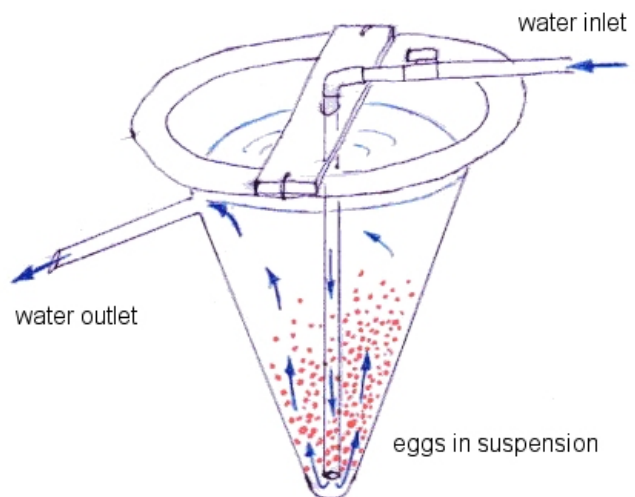


Photo 2 : Incubateur de type Mc Donald confectionné dans une plaque de métal inoxydable et utilisé pour l'incubation des oeufs de *Clarias gariepinus* maintenus en suspension.

3.5. Résultats de la reproduction

Fécondité et éclosion. Les résultats sont présentés dans le Tableau 3. La totalité des neuf femelles traitées ont correctement ovulé. L'ovulation a été observée en moyenne 5:15 (h:mn) après la seconde injection ; elle est probablement survenue un peu plus tôt. Globalement la fécondité moyenne est de 41 200 ovules.kg⁻¹ et le taux de fécondation, proche du taux d'éclosion, de 82,3 %. Les résultats obtenus avec les femelles maintenues à la température ambiante ne sont pas significativement différents de ceux obtenus avec les femelles maintenues à une température plus élevée, à l'exception du temps de latence mais le stripping des femelles à température ambiante avait été volontairement effectué en dernier.

Comparaison avec des poissons du Laos. A titre de comparaison nous présentons dans le Tableau 4 les performances de reproduction obtenues avec *Clarias gariepinus* durant la présente étude et au Laos l'an dernier. Au Laos, de même que dans les pays voisins, cette espèce est relativement populaire en aquaculture, elle y a été introduite dans les années 80. La fécondité par kilo de poids vif des poissons du Cameroun représente 39 % de celle des poissons du Laos ; cet écart est lié au plus faible poids de ponte (59 %) ainsi qu'au plus faible nombre d'ovules par gramme (66 %). En d'autres termes les poissons du Cameroun auraient des ovaires moins développés mais des ovules sensiblement plus gros. Par ailleurs les poissons du Cameroun sont trois fois plus petits en poids vif que ceux du Laos, probablement en raison d'un écart d'âge mais peut-être aussi de conditionnement. Le coefficient de condition est par contre similaire entre les deux.

Entre autres facteurs explicatifs de la plus faible fécondité des poissons du Cameroun, rappelons que les pontes y ont été obtenues en fin de saison de reproduction. Le conditionnement des géniteurs avec une alimentation adaptée au Laos (granulés extrudés à 30-35 % protéines) est également un facteur possible. Enfin, les poissons que nous avons utilisés au Laos étaient issus d'une dizaine de générations maintenues en captivité ; ces poissons peuvent donc être considérés comme relativement bien domestiqués, avec notamment une fécondité qui pourrait être devenue supérieure à celle des poissons sauvages.

Par ailleurs, le poids de ponte de *C. gariepinus* dans les écloséries africaines rapporté par Viveen *et al.* (1985) est de l'ordre de 10 % du poids vif des femelles (500 g). Ce chiffre est intermédiaire entre le résultat obtenu avec les poissons du Cameroun (7,4 %) et ceux du Laos (12,5 %).

L'intérêt du Suprefact. Il s'avère que le traitement au suprefact de *C. gariepinus* est environ 17 fois moins cher que le traitement pratiqué classiquement au Cameroun avec l'hCG (Annexe 2). De plus ce nouveau traitement est relativement facile à mettre en œuvre. Par contre il nécessite d'acheter une quantité d'hormone relativement importante, un seul flacon contenant 10 mg GNRHa permet en effet de traiter quelques 800 femelles *C. gariepinus* ... Mais il peut être conservé au réfrigérateur au moins un an et le contenu du flacon pourrait être partagé entre plusieurs pisciculteurs.

Tableau 3 : Fécondité et taux de fécondation obtenus chez *Clarias gariepinus*.

Température	Femelle n°	PV (g)	Ls (cm)	Lt (cm)	K ^(a)	Ovules / femelle (g)	N ovules / g ovules	N ovules / femelle	Ovules / kg PV (g)	N ovules / kg PV	Taux de fécondation (%) ^(b)		Latence (h:mn) ^(c)
											sans tanin	avec tanin	
Elevée ^(d)	1	350	30	35	0,82	44,3	552	24 500	126,6	70 000	80,2	86,2	5:15
	4	350	31	36	0,75	34,1	516	17 600	97,4	50 300	86,3	90,0	5:10
	3	400	34	37	0,79	21,7	790	17 100	54,3	42 800	95,5	-	5:00
	5	410	33	37	0,81	25,5	335	8 500	62,2	20 700	80,0	-	4:25
	6	460	35	40	0,72	35,2	426	15 000	76,5	32 600	80,0	-	5:35
	7	350	32	36	0,75	15,7	338	5 300	44,9	15 100	56,0	-	5:50
	Moyenne	387	33	37	0,77	29,4	493	14 700	77,0	38 600	79,7	-	5:10
Ambiante ^(e)	2	370	30	35	0,86	24,3	685	16 600	65,7	44 900	80,6	-	6:05
	8	500	35	40	0,78	34,5	725	25 000	69,0	50 000	89,7	-	6:35
	9	370	32	36	0,79	24,9	660	16 400	67,3	44 300	92,6	-	6:30
	Moyenne	413	32	37	0,81	27,9	690	19 300	67,3	46 400	88		^(*) 6:25
Moyenne		396	32	37	0,79	28,9	559	16 200	73,8	41 200	82,3	-	5:15
SD		53	2	2	0,04	8,7	168	6 400	24,6	16 500	11,5	-	5:10

^(a) : « K » est le coefficient de condition [$K = 10^5 \times \text{poids vif (g)} / \text{longueur totale (mm)}^3$],

^(b) : Taux de fécondation estimé par comptage des œufs blancs et des œufs normaux au stade où les embryons bougent, ce taux est donc proche du taux d'éclosion,

^(c) : délai entre la seconde injection et la collecte des ovules par stripping,

^(d) : femelles maintenues en bac en circuit fermé et chauffé (24-26°C),

^(e) : femelles maintenues en bac en circuit ouvert à température ambiante (19-22°C).

Différence significative entre les deux températures : ^(*) (P < 0,05).

Tableau 4 : Performances moyennes de reproduction des femelles *Clarias gariepinus* au Cameroun et au Laos.

Origine des poissons (année)	Cameroun (2006)	Laos (2005)
N femelles	9	15
Traitement hormonal (doses par kg PV)	2 injections en solution : suprefact (10 + 20 µg) + motilium (10 + 10 mg)	1 injection implant hormonal (dose 50, 100 ou 200 µg)
Poids vif (kg)	0,4	1,5
Longueur totale (cm)	37	57
Coefficient de condition K ^(*)	0,79	0,81
Poids des ovules par femelle (g)	29	180
Poids des ovules.kg ⁻¹ (g)	74	125
N ovules par gramme d'ovules	559	848
N ovules par femelle	16 200	152 900
N ovules.kg ⁻¹	41 200	106 200
Taux de fécondation (%)	82,3	77,6

(*) : « K » est le coefficient de condition [$K = 10^5 \times \text{poids vif (g)} / \text{longueur totale (mm)}^3$].

Incubation en bouteille Mc Donald. Enfin, le résultat de l'incubation des œufs en suspension dans la bouteille de type Mc Donald est très bon puisque le taux de fécondation, proche du taux d'éclosion, est de 94,2 % (estimation sur un échantillon d'œufs prélevé dans l'incubateur). Les œufs placés en barquettes et rincés au tanin ont un taux de fécondation de 88,1 %, sensiblement supérieur à celui des mêmes œufs non rincés (83,3 %). L'incubation des œufs en suspension apparaît donc comme une méthode efficace par rapport à l'incubation classique sur des claies en filet. Sur ces dernières un développement de saprolegna est apparu en fin d'incubation. Le délai d'incubation était de l'ordre de 26:15 (h:mn), un peu plus court pour les œufs dans la bouteille Mc Donald.

Bilan des larves produites. Sur les neuf pontes obtenues le nombre total d'ovule était de 146 000 et le nombre total d'alevins collecté est de 99 400, soit un taux d'éclosion global de 68 %. Le nombre d'alevins collecté était de 11 000 par femelle soit 27 800 alevins.kg⁻¹.

Estimation du nombre de larves (ou d'alevins). Elle a été effectuée par comptage d'échantillons d'eau prélevés dans un récipient contenant toutes les larves et dont le volume était connu. Le détail est indiqué ci-dessous :

Echantillon	N larves
1	94
2	104
3	84
4	53
5	85
(a) Moyenne	84

(b) Volume échantillon (ml)	33,8
(c) N larves / L = (a) / (b) x 1000	2 485
(d) Volume du récipient (L)	40
(e) N larves total = (c) x (d)	99 408

4. L'élevage de nurserie de *Clarias gariepinus*

4.1. Présentation des protocoles

Deux protocoles d'élevage larvaire ont été mis en place :

Etape de l'élevage de nurserie	Protocole 1	Protocole 2
1) Résorption de la vésicule vitelline (J1-J3). Larves → alevins	Bac	Bac
2) Première prise alimentaire avec du zooplancton et début de sevrage par passage progressif à l'aliment complet (J4-J9). Alevins	Bac	Etang
3) Poursuite de l'élevage (J10-J45). Alevins → fingerlings	Etang	Etang

L'objectif de cette démarche était de tester l'intérêt d'une première phase de nurserie en bac durant 10-15 jours avant le stockage des alevins en étang. Nous espérons ainsi mieux contrôler la phase critique que constituent la première prise alimentaire et le sevrage durant laquelle la mortalité est la plus importante. Cette mortalité est causée en étang principalement par la prédation et le manque de nourriture (zooplancton). Le contrôle de la prédation et la disponibilité en zooplancton sont conditionnés par une bonne préparation de l'étang de nurserie incluant les opérations de vidange, chaulage et fertilisation. Cette préparation n'est pas toujours parfaite et c'est pour cela que nous avons pensé à tester la phase initiale de nurserie en bac.

Cette approche a déjà été rapportée par Viveen *et al.* (1985) qui décrivent la phase de nurserie complète en bac, durant 30-45 jours, jusqu'à un poids vif de 1 g (voir Annexe 3 p 56). Des auges de 200 litres sont utilisées et alimentées en eau en circuit ouvert. Les nauplii d'artémia constituent l'aliment de référence durant les 15 premiers jours d'alimentation avec un sevrage progressif durant les 3 derniers jours de nauplii. L'utilisation de zooplancton naturel est mentionnée mais sans description précise. Dans notre cas nous devons appréhender deux contraintes majeures qui étaient le contrôle de la température et l'utilisation obligatoire de zooplancton, les nauplii d'artémia étant très coûteuses.

4.2. Nurserie en bac

4.2.1. Stockage et survie

Initialement nous avons prévu de stocker toutes les larves dans deux petites auges de 70 litres chacune durant la résorption de la vésicule vitelline, les larves étaient posées à la surface d'un bac réchauffé. Nous avions l'intention de réaliser le protocole 1 dans un bac avec une densité de stockage initiale de 50 alevins.L⁻¹ soit environ 60 000 alevins. Cette densité semblait raisonnable compte tenu d'un bon résultat obtenu dans une autre expérimentation réalisée sur le poisson-chat *Pangasius hypophthalmus* avec une densité de stockage de 36 larves.L⁻¹. Mais le stockage n'a pas été réalisé de façon aussi rigoureuse ; la plupart des larves se sont échappées des auges dans le grand bac. Nous n'avons récupéré des petites auges qu'environ 9 000 alevins après résorption (J3) qui ont été stockés dans un étang de 280 m² soit 32 alevins/m² (protocole 2). Le nombre d'alevins stockés dans le bac pour le protocole 1 était de l'ordre de 85 400, soit théoriquement 71 alevins.L⁻¹. A J4 nous avons eu un gros problème : une quantité importante d'alevins ont été aspirés par la pompe du circuit fermé ; celle-ci était mal protégée par un manchon en filet trop étroit qui a été arrangé par la suite. Le nombre final d'alevins récoltés à J9 était de 8 057 (estimation avec le protocole décrit en § 3.5 p 25) soit 9 % des alevins après résorption. Il est impossible de déterminer le taux de survie des alevins à ce stade compte-tenu de la perte causée par l'incident de la pompe. Nous avons juste observé que les larves semblaient en bonne santé durant toute la durée de la nurserie en bac ; un faible nombre de larves mortes étaient récupérées lors du nettoyage quotidien par siphonage. Ceci étant, il n'est pas impossible qu'un certain nombre de larves affaiblies aient été aspirées par la pompe lors de l'incident.

4.2.2. Alimentation des alevins

Les alevins ont été nourris avec du zooplancton de J4 à J8 et avec de l'aliment composé à J7 et J8 (Tableau 5). Le zooplancton était collecté dans des étangs, il était essentiellement composé de copépodes et de cladocères. Nous souhaitions maintenir une densité de plancton d'environ 2 000 organismes.L⁻¹ mais la quantité disponible était insuffisante ; la densité appliquée n'a pas excédé 676 organismes.L⁻¹. L'intérêt du zooplancton d'eau douce est qu'il reste vivant dans le bac, ainsi nous avons observé des quantités résiduelles deux fois près de 24 h après la distribution. L'aliment composé était un granulé extrudé broyé et tamisé sur place (taille 220-750 µm) ; le granulé était destiné à des alevins et contenait 40 % de protéines ; il avait été importé de Thaïlande.

Il est difficile d'extrapoler le taux de conversion compte tenu de la mortalité massive survenue à J4 et de l'absence de données sur le poids des alevins. Toutefois, en considérant un poids vif de 10 mg à J9 (pour une longueur totale de 9,6 mm) et uniquement les alevins récoltés (8 057 unités), le taux de conversion serait de 2 pour le zooplancton et de 0,7 pour l'aliment. Ces chiffres paraissent relativement faibles quoique plausibles.

Tableau 5 : Alimentation des larves de *Clarias gariepinus* en bac.

	J4	J5	J6	J7	J8	Total
Plancton ajouté (N organismes)	548 300	576 000	459 000	250 000	0	1 833 300
Plancton résiduel (N)	0	235 100	67 200	0	0	-
Total plancton (N)	548 300	811 100	526 200	250 000	0	-
Densité plancton (N.L ⁻¹)	457	676	438	208	0	-
Aliment composé (g)	0	0	0	20	30	50

Estimation de la quantité de zooplancton. Elle a été effectuée par le comptage des organismes dans des échantillons d'eau prélevés dans le bac de collecte du zooplancton ou bien dans le bac d'élevage des alevins ; le volume des échantillons est de 2 ml et de 20-50 ml, respectivement. Un exemple de comptage du zooplancton récolté est décrit ci-dessous :

Echantillon	N organismes du zooplancton
1	43
2	69
3	63
4	66
(a) Moyenne	60,3

(b) Vol. échantillon (ml)	2,0
(c) N organismes / litre = (a) x (b) x 1000	30 125
(d) Vol. total récipient (L)	30
(e) N organismes total	903 750

4.2.3. Croissance des alevins

La croissance des alevins a été suivie avec quatre mesures effectuées entre J3 et J9 pour la longueur totale, mesurée sur 10 alevins à chaque fois (Figure 2). La largeur de la bouche était de 0,66 mm à J3 et de 0,8 mm à J9. Ces tailles de bouche sont suffisantes pour permettre l'ingestion d'une bonne partie du zooplancton en première prise alimentaire (taille moyenne des cladocères de l'ordre de 0,8 mm) et l'ingestion des particules d'aliment composé lors du sevrage.

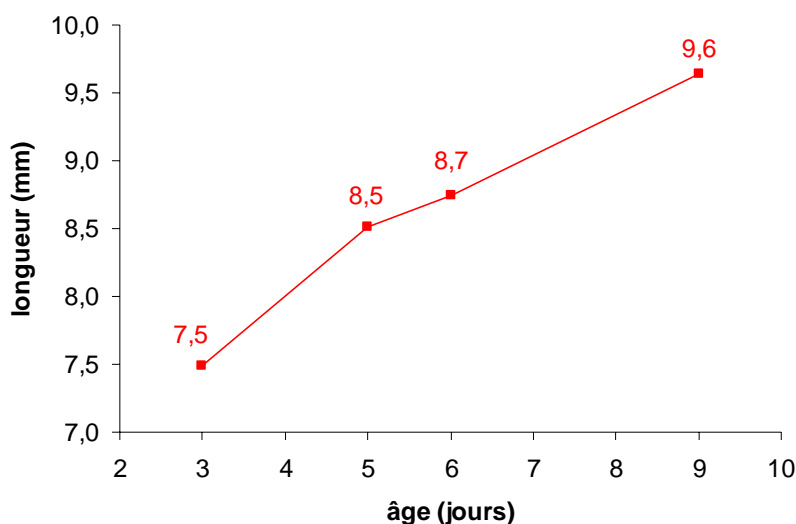


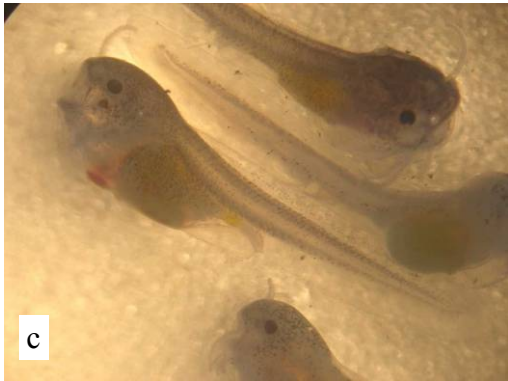
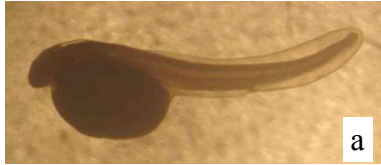
Figure 4 : Croissance des alevins de *C. gariepinus* en longueur totale.

4.3. Nurserie en étangs

Le nombre de fingerlings récoltés après 45 jours d'élevage en étang n° 1 était de 438 pour les 9 000 alevins stockés à J3 (protocole 2) soit un taux de survie de 5 % avec une densité finale de 1,6 fingerlings/m². Par contre aucun fingerling n'a pu être récolté de l'étang n° 7 après le stockage des 8 057 alevins à J9 (protocole 1), la survie est donc nulle.

La survie du protocole 2 confirme le mauvais résultat généralement obtenu après le stockage en étang des alevins après résorption de la vésicule vitelline (cf. § 1.3, p 9). Ce résultat est certainement à attribuer à la quantité insuffisante de zooplancton en dépit de la fertilisation appliquée, de la concurrence pour la consommation de plancton par les têtards, et la prédation par les batraciens adultes. L'occurrence de ces trois éléments est avérée.

La survie nulle du protocole 1 est probablement liée à une mauvaise qualité de l'eau dans l'étang 7. Cet étang était à l'origine destiné à la production de zooplancton, il avait été volontairement « surfertilisé » avec un mélange d'engrais organique et minéraux (Tableau 7). Le phytoplancton était très abondant (eau très verte), trop peut-être, causant certainement une forte réduction de la teneur en oxygène dissous durant la nuit. Ce point n'a cependant pas été vérifié. Enfin, il est aussi possible que d'autres facteurs soient intervenus comme l'alimentation insuffisante avec un aliment complet et la prédation par les batraciens adultes.



Photos 9 : Développement des larves de *Clarias gariepinus* : à l'éclosion(a), après 2 jours (b) et 3 jours (c). Le sac vitellin se résorbe progressivement.



Photos 10 : Récolte des alevins de neuf jours du bac de nurserie pour le stockage en étang.

5. L'approvisionnement en zooplancton

5.1. Quête du zooplancton dans les étangs

Des eaux pauvres ? Il était indispensable de disposer de zooplancton pour les deux protocoles d'élevage larvaire envisagés, *in situ* dans l'étang d'alevinage (protocole 2) ou pour le récolter de l'étang et le distribuer aux alevins stockés en bac (protocole 1). Or D. NGUENGA nous avait prévenus : les eaux de la région sont pauvres en plancton. Le basalte constitue la roche mère de la région et les eaux de surface sont donc acides et faiblement minéralisées ; nous avons ainsi observé un pH de 6-6,5 dans ces eaux. Nous n'avons effectivement pas trouvé de zooplancton, ou très peu, dans la plupart des plans d'eau que nous avons analysés dont un grand lac situé près de la ville de Foumban, tous les étangs du centre de formation agricole de Melpa, tous les étangs de la station de Koupa-Matapit et ceux d'une autre station située près de Foumban. Dans tous les cas l'eau était relativement transparente (50 cm et plus) pas ou très peu fertilisée et relativement bien renouvelée, il y avait des macrophytes dans la plupart de ces étangs.

Il y en a ! Nous avons fini par trouver trois étangs qui présentaient une densité importante en zooplancton ; dans l'un d'entre eux entre un demi et un million d'organismes pouvaient y être récoltés en une heure de temps avec un chalut à plancton. Deux de ces étangs sont présentés dans le Tableau 6. Le troisième étang était situé près du village de Batié à la station de M. Bernard ; il s'agissait d'un étang de petite taille (environ 200 m²) et peu profond et fertilisé par le drainage des effluents d'une porcherie. Ces étangs avaient plusieurs caractéristiques en commun : fertilisation organique importante ou régulière, renouvellement d'eau modéré et permanent, pas de chaulage appliqué depuis plusieurs mois et, au moins pour un des étangs, une couche de vase importante. Le pH mesuré dans un de ces étangs est de 6,5 ce qui indique que le zooplancton présent est adapté à une eau relativement acide. Par ailleurs l'acidité de l'eau semble ralentir le processus de dégradation et de minéralisation de la matière organique ; ainsi la vase des étangs contient une bonne proportion de débris végétaux non décomposés, d'autant plus que des compostières sont fréquemment employées.

Nous pouvons donc affirmer que les eaux de la région de Foumban peuvent être riches en zooplancton pour peu qu'elles soient fertilisées. L'oxygénation de l'eau semble être un autre paramètre important comme le suggère l'application d'un faible mais régulier renouvellement d'eau.

Autres observations. (1) La présence abondante d'insecte aquatique de type dytique était associée à l'absence ou la rareté de zooplancton ; peut-être cet insecte est-il prédateur du zooplancton ou bien sa présence indique-t-elle une qualité d'eau qui ne convient pas au zooplancton. (2) La prédominance de cladocères dans les étangs où le zooplancton est abondant alors que ce sont les copépodes qui dominent dans les étangs où le zooplancton est peu abondant. Cette différence peut s'expliquer par la prolificité des cladocères (reproduction parthénogénétique) lorsque les conditions de leur développement sont favorables (fertilisation, oxygénation).

Tableau 6 : Caractéristiques de deux étangs présentant une quantité importante de zooplancton.

	Etang de M. Mama	Etang de M. Michel
Localisation	Ville de Fouban	Village de Batié
Site	Bas-fond	Bas-fond
Surface	500 m ²	500 m ²
Renouvellement d'eau	5 % par jour en continu	Environ 5 % par jour en continu
Nature du fond	Couche de vase très épaisse (40-50 cm)	?
pH	6,5	?
Fertilisation	fiente de volaille (600 g/m ²) + Bouse de vache (300 g/m ²) + débris végétaux dans une compostière	4 porcs à l'engrais de 50 kg au moins
Fréquence de fertilisation	Appliquée trois semaines avant la pêche du zooplancton	Environ 9 kg de lisier sec par jour soit 18 g/m ²
Chaulage précédent	Remonte à plus de 6 mois	Remonte à plus de 6 mois
Type de zooplancton	Cladocères (<i>Moina</i> sp.) à plus de 95 %	Indéterminé

5.2. Essai de production du zooplancton à la station de Koupa-Matapit

Nous avons envisagé de développer la production et l'utilisation de zooplancton selon trois modalités : (1) production en étang de nurserie, (2) production en étang et récolte du zooplancton et (3) production en bac et récolte du zooplancton. La première modalité est la pratique la plus classique en pisciculture. La seconde a été observée dans le delta du Mékong au Viêt Nam. Enfin la troisième est pratiquée en Thaïlande.

5.2.1. Aménagements préliminaires

Contrôle de l'adduction d'eau. Nous avons d'abord constaté que les étangs de la station avaient un renouvellement d'eau non-contrôlé, c'est-à-dire que de l'eau venant du canal d'adduction y entrant en permanence. Ceci a été observé par l'écoulement d'eau au niveau de la surverse de plusieurs étangs. Cette arrivée d'eau intempestive est néfaste à la fertilisation des étangs car les engrais organiques et minéraux mis dans l'étang se trouvent emportés à l'extérieur. Nous avons donc commencé par aménager un barrage sur le canal d'adduction en amont de la station. Le barrage comportait trois forts tuyaux PVC qui pouvaient être fermés ou ouverts en fonction des besoins de remplissage des étangs. Ainsi cela permet de bloquer l'arrivée d'eau lorsque l'adduction des étangs n'est pas nécessaire, dans ce cas l'eau est dérivée vers le canal d'évacuation via deux autres tuyaux PVC. Ce système est satisfaisant, après quelques jours nous n'avons plus d'entrée d'eau dans la

plupart des étangs. Cependant au moins un étang situé en amont de la station continuait à recevoir de l'eau non pas du canal mais d'une nappe phréatique située en dessous.

Contrôle des poissons prédateurs. Un autre aménagement a consisté à prévenir l'entrée de poissons prédateurs dans les étangs par le tuyau d'adduction. Il se trouve en effet que le canal d'adduction héberge un certain nombre de ces prédateurs (*Hemichromis* sp.) qui sont visiblement abondant dans le lac réservoir. D'après Ousman la présence d'un seul de ces poissons dans un étang peut entraîner la perte de tous les alevins. Nous avons donc confectionné des manchons dans du tuyau PVC, percé et recouvert de filet qui ont été placés sur les entrées d'eau lors du remplissage des étangs. Par ailleurs, le barrage placé sur le canal, en asséchant périodiquement celui-ci, permet d'éliminer une bonne partie des prédateurs. Malgré tout il restait un *Hemichromis* dans un des étangs fertilisé (étang n°1) et celui-ci a dû à nouveau être vidangé à nouveau, chaulé, rempli et fertilisé ... Le poisson avait pu survivre dans une rigole sur le fond de l'étang à cause de l'arrivée d'eau de la nappe phréatique.

Batraciens indésirables. Il y a sur le site de la station une importante population de batraciens, grenouilles et crapauds. Ceux-ci entrent dans les étangs où ils doivent avoir un impact certain sur les résultats de la nurserie ; les individus adultes sont prédateurs des alevins et les têtards entrent en compétition pour l'alimentation des alevins, certains têtards pourraient même être prédateurs. C'est notamment le cas des têtards de *Bufo regularis* ou « crapaud panthère » comme cela a été montré avec des alevins de *Heterobranchus longifilis* par Nguenga (2000). Les têtards pullulent dans plusieurs étangs ; au moins un kilo de têtards a ainsi été pêché dans l'étang n° 1 avant le stockage des alevins de *C. gariepinus*, et il en restait encore ... Les étangs devraient être ceinturés par un filet de nylon empêchant l'intrusion des batraciens, le gain sur la nurserie serait certain ; cela n'a pas pu être fait durant notre étude.

5.2.2. Préparation des étangs

Trois étangs ont été choisis, vidangés et chaulés alors que le fond était encore humide (Tableau 7). Après 48 h les étangs ont été remplis et fertilisés. Les différents éléments de la fertilisation ont été mis en suspension (fientes) ou dissous (engrais minéraux) avant d'être répartis sur la surface de l'étang.

Tous les éléments de la fertilisation sont relativement disponibles localement à l'exception notable de la chaux. De la chaux vive est en fait disponible mais il s'agit d'un produit destiné à la peinture de bâtiment ; elle est donc de très bonne qualité mais relativement onéreuse. Le pot de 20 kg est vendu 3800 FCFA, soit 190 FCFA le kilo. Le chaulage d'un étang de 400 m² avec 100 g/m² nécessite 40 kg de chaux qui coûtent 7 600 FCFA (15,2 USD). Ce prix est relativement élevé pour les conditions locales de production. De plus, il s'agit de chaux vive qui a un effet marqué sur la qualité de l'eau ; elle devient très alcaline avec un pH de 8-8,5 alors qu'il était de 6 avant traitement. Ce changement altère probablement le développement du zooplancton et donc la survie des alevins. De plus un pH trop élevé laisse craindre un certain risque de toxicité de l'ammoniaque (NH₃) et ce d'autant plus qu'une fertilisation riche en azote (engrais organique et urée) est appliquée juste après le chaulage. Idéalement il faudrait disposer de deux types de chaux dont l'usage serait combiné : de la chaux vive pour éliminer les organismes nuisibles lors de l'assec et de la chaux de type agricole pour la fertilisation en carbonate de calcium. Or la chaux agricole n'est pas disponible localement ce qui pose à terme un problème pour la pisciculture.

La fertilisation de l'étang n° 1 a été faite de façon standard au niveau des doses appliquées (Viveen *et al.*, 1984, voir Annexe 4 p 54). La fertilisation a cependant été appliquée après un délai relativement court après le chaulage (au moins 7 jours sont recommandés). La fertilisation des bacs en ciment (1^{er} essai) s'inspirait d'un protocole observé au Laos dans des bacs d'eau stagnante, la fertilisation minérale est très élevée. Nous avons appliqué le même genre de fertilisation à l'étang n° 7 pour la production spécifique de plancton.

5.2.3. Résultats des essais de production de zooplancton

Echecs. Aucun des essais de production de zooplancton n'a été concluant. Nous avons réussi à induire un bon développement du phytoplancton en étang et en bac mais qui n'a pas été suivi de celui du zooplancton. Cependant, nous avons obtenu un développement tangible du zooplancton dans un étang *qui n'a pas été volontairement traité* ; jusqu'à un demi-million d'organismes ont été capturés par jour dans cet étang (principalement des copépodes). Il s'agissait de l'étang n° 8 jouxtant en aval l'étang n° 7 qui avait été massivement fertilisé. Ce « bloom » a été probablement induit par la fuite de la fertilisation de l'étang 7 à travers la digue. A la différence des autres étangs fertilisés, l'étang 8 n'avait pas été vidangé ni chaulé car nous n'avions pas l'intention de l'utiliser ; il ne contenait pas (ou peu ?) de poissons. Par conséquent, nous pouvons supposer que l'assec et le chaulage sont néfastes au développement du zooplancton. Ces opérations causent probablement la destruction de la population de zooplancton existante ; sa régénération est lente et probablement retardée par le pH durablement élevé, de 8-8,5 contre 6 naturellement. Cette hypothèse est renforcée par l'observation d'une forte population de zooplancton dans d'autres étangs qui n'ont pas été chaulés (cf. § 5.1 p 31). La Figure 5 montre que l'installation de la biocénose en étang (ou sa régénération ?) prend du temps ; 15-25 jours sont nécessaires à la (re)constitution des populations de zooplancton⁸.

Exemple asiatique ? En Thaïlande les bonnes stations de nurserie disposent d'une production intensive en bac de cladocères (*Moina* sp.). Plusieurs kilogrammes de moinas fraîches sont récoltés chaque jour de ces bacs pour être déversés dans les étangs de nurserie. Les moinas sont consommées par les alevins et elles servent probablement aussi à ensemercer les étangs afin de régénérer la population de zooplancton. Les étangs de nurserie sont en effet préalablement vidés et chaulés puis fertilisés. Un tel itinéraire technique pourrait être développé sur la station de Koupa-Matapit et d'autant plus facilement que des grands bacs en ciment y sont déjà disponibles ; il resterait à y installer une forte pompe d'aération. Il sera nécessaire de préciser le protocole en détail au niveau de la fertilisation, de l'aération et de l'ensemencement (phytoplancton puis zooplancton) ; un protocole est présenté en Annexe 5 mais il mérite d'être confirmé et testé.

⁸ : La température du cas de figure présenté est à préciser. Il s'agit probablement d'une situation printanière en climat tempéré, donc à une température proche ou légèrement inférieure à celle observé dans notre étude.

Tableau 7 : Protocoles et résultats des essais de production de zooplancton à la station de Koupa-Matapit.

Système de production envisagé		Structure	Fertilisation	Résultats (pH après 24 h)
1) En étang de nurserie	Zooplancton directement consommé par les alevins	1 étang (n° 1) 280 m ² Prof. 0,6-0,8 m	<u>Initialement :</u> Chaux 100 g/m ² Fiente sèche 200 g/m ² <u>Après 5 jours :</u> Urée + N-P-K 20-10-10 : 5 g/m ² de chaque	pH 8,5 Développement de phytoplancton après 2-3 jours. Pas de zooplancton après 8 jours.
2) Production spécifique en étang	Récolte du zooplancton qui est distribué aux alevins élevés en bacs	1 étang (n° 7) 322 m ² Prof. 0,6-0,8 m	Chaux 100 g/m ² Fiente sèche 200 g/m ² [N-P-K 20-10-10, urée, superphosphate : 100 g/m ² de chaque]	pH 8 Développement de phytoplancton tardif (après 5-6 jours) mais massif et durable. Pas de zooplancton après 8 jours.
3) Production spécifique en bac	Récolte du zooplancton qui est distribué aux alevins élevés en bacs	2 bacs, dimensions : 3 x 8,2 x 0,45 m, volume 11, 5 m ³	<u>Essai 1 :</u> Chaux, Fiente sèche, son de blé, N-P-K 20-10-10, urée, superphosphate : 1,8 kg de chaque soit environ 150 g.L ⁻¹ <i>Bacs aérés avec une pompe</i> <i>Ensemencement avec 40 litres d'eau verte</i>	pH 8,5-9 pas de développement de phytoplancton après 5 jours ; les bacs ont été vidés.
			<u>Essai 2 :</u> - Fond recouvert de vase d'étang (1 brouette), - fertilisation avec de la fiente sèche (250 g/m ²), de l'urée (150 g/m ²) et de la chaux (50 g/m ²), <i>Bacs aérés seulement durant 2 jours</i>	pH 7,5 Développement de phytoplancton après 3 jours, massif et durable.

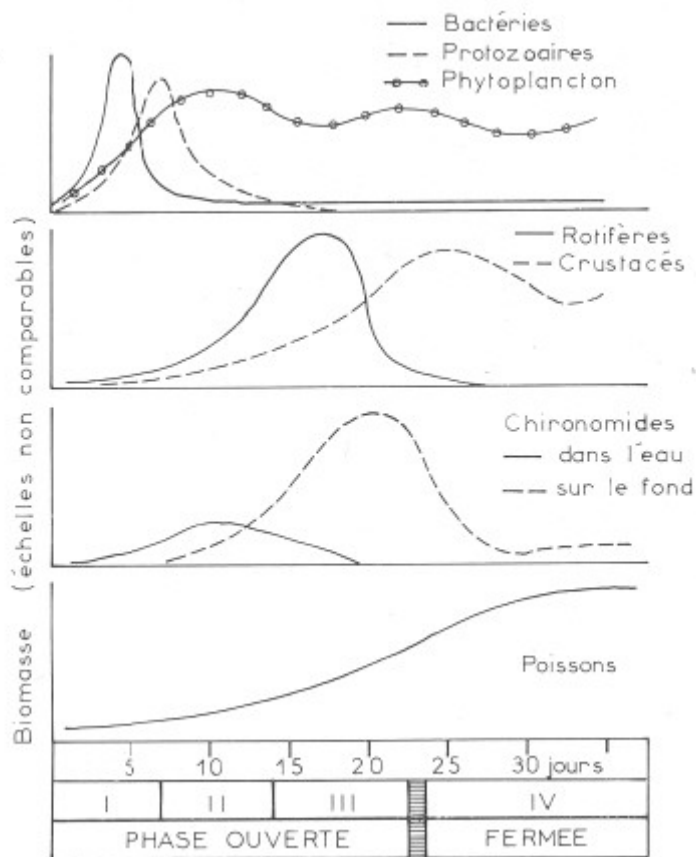


Figure 5 : Les différentes phases de la succession des organismes lors de l'installation d'une biocénose d'étang (d'après Grygierek et Wasilewska, 1979).

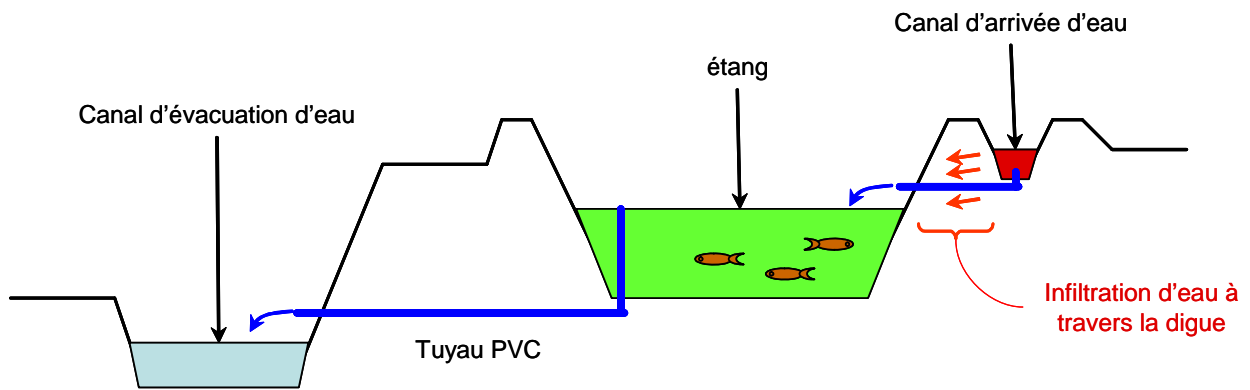
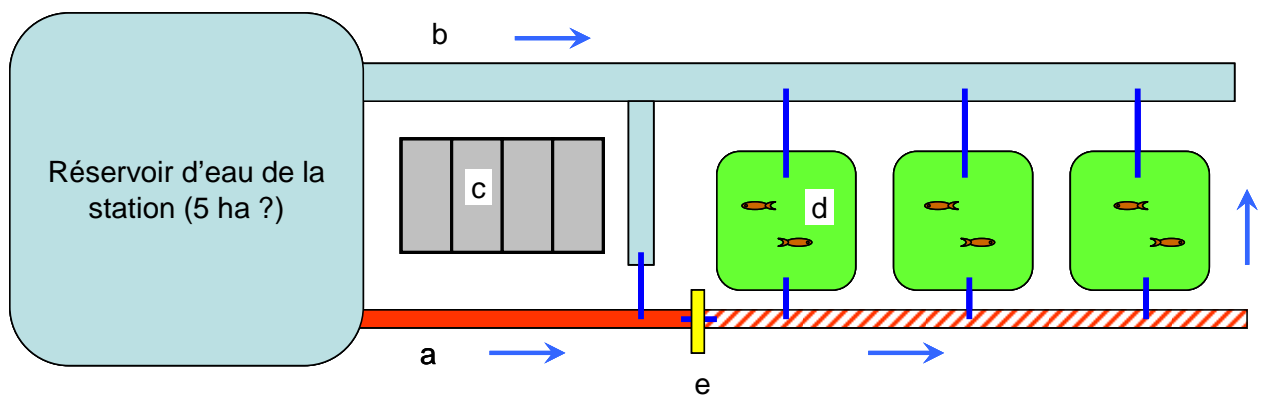


Figure 6 : Coupe transversale du système d'adduction et d'évacuation d'eau des étangs de la station de Koupa-Matapit.



- a : canal d'adduction d'eau
- b : canal d'évacuation d'eau
- c : bacs en ciment
- d : étangs
- e : barrage sur le canal d'adduction d'eau

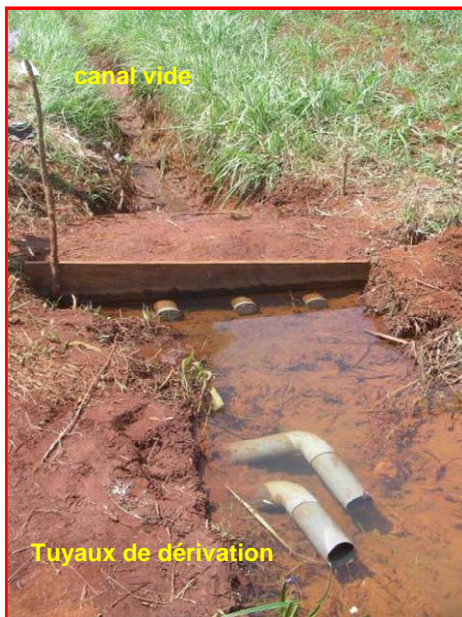
Figure 7 : Disposition des étangs et du barrage aménagé sur le canal d'adduction pour contrôler l'arrivée d'eau dans les étangs.



Tuyaux disposés dans le barrage



Remplissage de terre entre les planches



Barrage en place

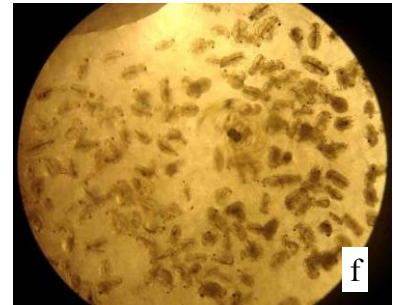


Canal vide
Avec la prise d'eau d'un étang
recouverte d'un manchon en filet



Évacuation de la dérivation du barrage

Photos 11 : Mise en place du barrage sur le canal d'adduction d'eau de la station de Koupa-Matapit pour contrôler l'arrivée d'eau dans les étangs.



Photos 12 : Récolte du zooplancton avec une sorte de chalut (a, b) tiré d'un bord à l'autre de l'étang (c). Le plancton est récupéré à l'extrémité d'une manche (d) et observé à l'œil nu (e) ou bien avec une loupe (f)



Photos 13 : Deux étangs particulièrement productifs en zooplancton : l'étang de M. Mama à Foumban (gauche) et l'étang de Michel DIOGNE à Batié (droite). Dans ce dernier un échantillon est prélevé avec une époussette à plancton.



Photos 14 : Abondance des têtards dans les étangs de la station. Environ un kilo de ces têtards a été pêché avant le stockage des alevins de *C. gariepinus* dans un des étangs.



Photos 15 : La station de Koupa-Matapit : des étangs (a), le lac réservoir (b), développement de macrophytes permis par la transparence de l'eau (c), chaulage d'un étang avant la fertilisation et le stockage d'alevins (d), étang transparent avant fertilisation (e) et après fertilisation (f) avec un fort développement de phytoplancton.

6. Autres travaux

6.1. Reproduction de la carpe commune *Cyprinus carpio*

6.1.1. Présentation

Un stock de plusieurs dizaines de carpes communes était stocké en étang à la station de Koupa-Matapit. Il s'agit a priori d'hybrides entre deux variétés : carpe commune et carpe miroir ; les poissons présentent en effet des écailles de taille variable. Ces poissons sont les descendants d'un stock de géniteurs mis en place au Cameroun dans les années 70 ; la valeur génétique de ces poissons est d'ailleurs sujette à caution.

Nous avons initialement deux objectifs avec ces carpes : (1) tester la reproduction selon les protocoles de reproduction naturelle induite et de reproduction artificielle, et (2) tester l'élevage larvaire en étang. Ces objectifs ont été partiellement atteints compte-tenu des difficultés rencontrées.

6.1.2. La reproduction

Une ponte anarchique. Les carpes matures ont été sélectionnées et placées dans un happas de grande taille (5 x 3 x 1 m profondeur). Les femelles et le mâles ont été placées ensemble et le happas placé lui-même sous l'arrivée d'eau de l'étang. Ces conditions étaient si favorables qu'elles ont induit la ponte naturelle dans le happas ... Cette ponte n'était pas souhaitée et elle a perturbé notre plan. Nous avons quand même pu sélectionner à nouveau huit femelles qui semblaient ne pas avoir encore pondu pour notre expérimentation. De même nous avons pu récupérer les œufs de la ponte non-contrôlée qui adhéraient au filet du happas. Ces œufs avec le happas ont été placés en incubation dans un autre happas à maille fine (filet à plancton) ; 6 584 larves ont pu être récupérées par la suite.

La reproduction naturelle. Quatre femelles ont reçu une injection de suprefact ($20 \mu\text{g.kg}^{-1}$) associé au dompéridone (10mg.kg^{-1}) vers 13:30 le 17 novembre. Le poids moyen de ces femelles était de 390 g. Elles ont été placées avec huit mâles d'un poids moyen de 300 g ; ils n'ont volontairement pas reçu d'injection. Le bac utilisé pour la ponte était un fastank de 1200 litres à la surface duquel étaient disposés des « kakabans », touffes de rafia synthétique constituant le support de ponte. L'adduction d'eau était en circuit ouvert et les bacs simplement recouverts d'un de linoléum pour éviter que les carpes sautent. La température dans ce bac était de 22-26°C. La ponte est survenue environ 8h30 après l'injection des femelles, elle s'est manifestée par des sauts des poissons contre le linoléum. Le lendemain matin les kakabans ont été transférés dans un happas d'incubation en filet à plancton et les géniteurs ont été pêchés et ramenés dans l'étang. Le taux de fécondation tel qu'observé sur les incubateurs semblait bon (au moins 70 %) et 10 900 larves écloses ont été collectées, soit $7032 \text{larves.kg}^{-1}$ de femelle.

Ce dernier chiffre ne représente que le cinquième de ce qui est obtenu dans les mêmes conditions avec des carpes communes au Laos ; mais les poissons sont là-bas plus gros (1,5 kg) et conditionnés avec un aliment spécifique (granulés extrudés 30 % protéines). Enfin, les femelles utilisées ici ne présentaient pas une maturation très avancée (abdomen faiblement rebondi).

La reproduction artificielle. Quatre autres femelles ont été sélectionnées dont deux, les plus grandes, présentaient un bon état de maturation ; les deux autres étaient moins bonnes (Tableau 8). Cependant toutes présentaient des ovocytes bien développés comme indiqué par le prélèvement par canulation. Chaque femelle était placée individuellement dans une poche en filet disposée dans un bac d'eau réchauffé (température 24-26°C). Elles ont toutes reçu le même traitement incluant deux injections de suprefact (10 et 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) associé au dompéridone (10 et 10 mg.kg^{-1}) ; les deux injections ont été faites à 6:15 d'intervalle. Les deux femelles les plus petites n'ont pas ovulé.

Le stripping de la femelle 2 s'est bien passé, les ovules avaient un aspect normal. La fécondation a été effectuée avec du sperme collecté par stripping et conservé dilué dans une solution d'immobilisation ($\text{NaCl } 9 \text{ g.L}^{-1}$). La solution d'activation était une solution spécifique d'urée (3 g.L^{-1}) et de sel ($\text{NaCl } 4 \text{ g.L}^{-1}$) telle qu'indiquée par Horvath *et al.* (1984) qui permet d'éviter l'adhésion des œufs tout en améliorant la fertilité du sperme. Nous avons l'intention de tester l'incubation des œufs en suspension dans la bouteille type Mc Donald telle que décrite pour les œufs de *C. gariepinus* (3.4, p 19). Nous avons cependant échoué car le rinçage des œufs n'a pas été effectué correctement.

D'après Horvath *et al.* (1984), le protocole de gestion des œufs pour une incubation dans un incubateur type bouteille de Zoug est le suivant :

- 1) Fécondation avec la solution d'activation (urée et sel). Un grand volume de solution doit être utilisé (5-10 fois le volume des œufs). Les œufs sont mélangés durant ... une heure voire plus. Ceci pour permettre le gonflement des œufs (hydratation) durant lequel l'adhésivité est neutralisée par la solution d'activation. Ensuite la solution est changée progressivement, tout en continuant à mélanger. Les œufs sont prêts pour l'étape suivante lorsqu'ils sont devenus relativement durs et élastiques (test d'écrasement entre le pouce et l'index).
- 2) La solution d'activation est éliminée et les œufs sont plongés dans une solution de tanin (0,8 g.L^{-1}) pour éliminer définitivement l'adhésivité. Le rinçage est rapide, une dizaine de seconde. Puis la solution de tanin est éliminée et les œufs rincés par la solution d'activation. Un second rinçage peut être fait.
- 3) Les œufs ne collent plus et ils peuvent être placés dans l'incubateur. Le débit doit être relativement faible durant le début de l'incubation (phases de segmentation et de gastrulation). Lorsque les embryons sont bien formés alors le débit peut être augmenté.

Nous avons hélas effectué le changement de la solution d'activation trop rapidement : les œufs ont pris en masse, formant des amas que nous n'avons pas pu dissocier. Nous avons étalé les œufs sur une claie mais aucune larve n'a éclos.

Les œufs de la seconde femelle n'ont pas été collectés de manière satisfaisante ; le stripping était difficile et les ovules s'étaient agrégés en amas. La femelle était peut-être au stade d'ovulation partielle. Il est également possible que la femelle ait déjà eu une ovulation partielle dans le hapas lors de la ponte anarchique.

Recommandations. Outre le problème causé par le délicat rinçage, cette expérience suggère que le protocole de reproduction tel que préconisé par Horvath *et al.* (1984) devrait être suivi à la lettre. Notamment, la papille génitale de la femelle devrait être cousue pour

améliorer la qualité de l'ovulation. L'ovulation est détectée par le comportement de la femelle, lorsque celle-ci saute hors de l'eau ou se frotte à un substrat de ponte (kakaban) ; une demi-heure après la femelle peut être capturée, les points de sutures détachés et le stripping effectué. Ceci étant, ce protocole relativement contraignant est recommandé pour les meilleures femelles, celles qui, de grande taille (1 kg et plus) présentent un abdomen bien rebondi. Pour ce type de ponte la reproduction artificielle est susceptible de donner un bon résultat en termes de fécondité. Pour les autres femelles, plus petites et/ou moins matures, la reproduction naturelle induite est préférable.

6.1.3. Elevage larvaire

Au total 17 484 larves de carpe commune ont été produites. Elles ont été stockées dans un petit happas tendu dans un fastank. Le bac étant réchauffé nous espérions que cela serait plus favorable que de laisser les larves dans un happas disposé dans un grand bac en ciment en circuit ouvert. Mais nous avons eu un problème : le bac n'était pas équipé d'un manchon protégeant la sortie ; le filet du happas s'est collé à la sortie, des larves se sont échappées dans le bac où elles n'ont pas pu être rattrapées. Un certain nombre de larves sont mortes aussi à cause d'une aération insuffisante du bac. Ce problème d'aération a été récurrent durant nos travaux car nous ne disposions pas d'une pompe adaptée ; les nôtres étaient soit trop grosse (une pompe de 370 watts) soit trop petites ; il nous a manqué une pompe de 130 watts environ. Nous avons quand même commencé à nourrir les larves de carpe avec du jaune d'œuf cuit, broyé et tamisé à travers un filet à plancton. Au total 1 748 alevins ont été récoltés le troisième jour et transférés en étang (surface ?) ; après 45 jours 600 fingerlings ont été récoltés soit un taux de survie de 34 %.

Tableau 8 : Résultats de la reproduction artificielle chez la carpe commune.

Femelle	PV (kg)	Maturation ^(a)	Latence ^(b)	Ovules (g)	Ovules.kg ⁻¹ (g)
1	1,15	Bonne	7:30	91,5	79,6
2	1,10	Bonne	4:30	95,6	86,9
3	0,80	Moyenne	-	-	-
4	0,65	Moyenne	-	-	-
Moyenne	0,93	-	6:00	93,6	83,2

^(a) : Indiqué par l'aspect de l'abdomen (rebondi lorsque la maturation est bonne),

^(b) : délai entre la seconde injection et la collecte des ovules par stripping.

6.2. Reproduction du poisson-chat *Heterobranchus longifilis*

La station disposait de deux femelles et de deux mâles de *H. longifilis* stockés dans le même étang que les *C. gariepinus*. Ces poissons avaient été collectés dans le milieu naturel depuis près d'un an. Les deux femelles quoique de forme relativement mince présentaient des ovocytes bien développés. Nous avons appliqué à ces poissons le même protocole de reproduction artificielle que *C. gariepinus* (§ 3, p 17) incluant l'injection de suprefact et de motilium : deux injections pour les femelles et une seule injection pour les mâles (Tableau 9).

Les deux femelles ont ovulé mais seule la femelle n° 2 a donné de bon résultats avec une fécondité de 13 500 ovules.kg⁻¹ et un taux d'éclosion de 77,5 % (Tableau 10). L'ovulation de la seconde femelle a été observée bien plus tard, trop certainement car aucune éclosion n'a été obtenue. Les œufs ont été incubés en conditions standards, sur une claie en filet.

Le stockage temporaire des larves et des alevins en bacs n'a pas été optimal compte-tenu du manque de place. Les deux fastanks réchauffés étaient occupés par les alevins de *C. gariepinus* et de carpe commune, aussi avons-nous maintenus les alevins de *H. longifilis* dans un petit bac blanc de 70 litres maintenu à la surface d'un bac réchauffé. Malheureusement une large proportion d'alevins se sont échappés du bac et non pu être rattrapés. Les alevins ont reçu du zooplancton durant deux jours. A J4 environ 3 000 alevins ont été transférés dans un petit étang (50 m²) pour l'élevage de nurserie. Après 45 jours le nombre de fingerlings collectés était de 825, soit un taux de survie de 27,5 %.

Tableau 9 : Caractéristiques des mâles utilisés pour la reproduction de *H. longifilis*.

Mâle n°	1	2
PV (kg)	3,4	1,7
Longueur totale (cm)	72	60
Longueur standard (cm)	68	58
Coefficient de condition K ^(a)	0,91	0,79
Latence ^(b)	22:25	10:35
Fragment testicule ^(c) (g)	1,5	1,7
Fragment testicule (% PV)	0,04	0,10

^(a) : $K = 10^5 \times \text{poids vif (g)} / \text{longueur totale (mm)}^3$,

^(b) : délai entre l'injection et le prélèvement du fragment de testicule,

^(c) : la moitié d'un seul testicule a été prélevé.

Tableau 10 : Résultats de la reproduction de *H. longifilis*.

Femelle n°	1	2
PV (kg)	2,6	2,2
Longueur totale (cm)	69	60
Longueur standard (cm)	59	58
Coefficient de condition K ^(a)	0,79	1,02
Délai injection 1-2	7:10	6:50
Latence ^(b)	16:05	4:35
Ovules (g)	24	40
Ovules.kg ⁻¹ (g)	9,2	18,2
N ovules/g	740 ^(c)	740
N ovules	17 800	29 600
N ovules.kg ⁻¹	6 800	13 500
Taux d'éclosion (%)	0	77,5

^(a) : $K = 10^5 \times \text{poids vif (g)} / \text{longueur totale (mm)}^3$,

^(b) : délai entre la seconde injection et la collecte des ovules par stripping,

^(c) : donnée extrapolée de la femelle n° 2.

6.3. La confection d'implants hormonaux

En réponse à la demande spécifique des partenaires de l'IRAD et de l'Université de Dschang nous avons préparé ensemble des implants hormonaux. Ces implants pourront être utilisés pour la reproduction de poissons pour la ponte naturelle induite avec des espèces sensibles et/ou n'achevant pas totalement la maturation gonadique dans les conditions d'élevages. Les espèces concernées peuvent être les poissons-chats de type Clariidae pour éviter la dissection ou le sacrifice des mâles qui est nécessaire pour la reproduction artificielle. D'autres espèces, sensibles et rares telles que le « Ganga » (*Heterotis niloticus*) pourraient être reproduites avec l'injection d'un implant ; les poissons injectés pourraient être relâchés dans leur étang pour y pondre naturellement. Mylonas et Zohar (2001) présentent une synthèse relativement exhaustive des différents types d'implants hormonaux et de leur utilisation.

Ici nous avons confectionné des implants avec une matrice de cholestérol (85 %) et de cellulose (15 %) et contenant du mGnRHa en suivant le protocole présenté par Lee *et al.* (1986). La petite originalité consiste à utiliser le suprefact comme source de GnRHa ce qui a été fait pour la première fois par Cacot (2005) et testé avec succès sur plusieurs espèces. Le suprefact s'avère au moins aussi efficace que les autres formes de GnRHa classiquement utilisées, à la différence notable que le suprefact est bien moins coûteux et plus facilement disponible.

Nous avons confectionné les implants lors d'une séance de travaux pratiques effectuée le 25 novembre au laboratoire de Physiologie Animal de l'Université de Dschang. Vingt cinq

implants ont été préparés contenant chacun 50 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Ils ont été ramenés à l'IRAD où nous les avons testés sur trois femelles de *C. gariepinus* à la dose approximative de 100 $\mu\text{g.kg}^{-1}$. Cependant aucune des femelles traitées n'a ovulé ... C'est assez surprenant car le traitement avait été testé au Laos sur des femelles de *C. gariepinus* avec un excellent résultat : 100 % d'ovulation avec une dose de 50, 100 ou 200 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (5 femelles par traitement). Ici les femelles choisies étaient possiblement entrées en atésie ; elles étaient en effet stockées en bac depuis plus d'une semaine et nous avons constaté par ailleurs que cela semblait nuire à la qualité de la ponte (lors d'une autre expérimentation qui n'est pas présentée ici). Les implants devront être à nouveau testés sur des femelles de *C. gariepinus* dont le bon état des gonades sera avéré.

6.4. Confection d'un chalut à plancton

Un modèle de chalut à plancton avait été testé avec succès au Laos (Cacot, 2005) ; il permettait la collecte de zooplancton dans de bonnes conditions. Le chalut est fixé à une armature métallique qui le maintient ouvert et sur laquelle sont fixés trois flotteurs qui permettent à l'ensemble de flotter juste sous la surface. Le chalut est attaché au milieu d'une longue corde qui permet à deux opérateurs de le tirer d'un bord à l'autre d'un étang. Un chalut avait été confectionné au Laos et apporté au Cameroun ; cependant il s'est révélé trop grand et donc pas assez maniable pour la faible dimension (et surtout la faible profondeur) de l'étang dans lequel nous pêchions le zooplancton à Foumban (chez M. Mama). Nous avons donc fait faire un nouveau chalut avec un nouveau cadre à dimensions adaptées ; le chalut mesurait à l'ouverture 45 cm de haut et 120 cm de large pour une profondeur de 300 cm. Nous avons également confectionné des épuisettes à plancton. Le filet à plancton (environ 200 μm de maille) a été acheté sur le marché de Foumban ; il s'agissait en fait de tissus normalement employé par les couturiers pour la confection de voiles (1500 FCFA le mètre de un mètre de large). Il est vivement recommandé de préférer ces tissus (neuf) au tissu proposé à la friperie où sa qualité est aléatoire.

6.5. Conception d'un bâtiment d'écloserie-nurserie réchauffé

Ce travail faisait suite à la question posée par les variations de température durant plusieurs mois de l'année et leur impact sur les performances de reproduction et de nurserie des poissons. Nous avons donc réfléchi à la conception d'un bâtiment conçu comme une serre qui abriterait des bacs tous connectés à une adduction d'eau en circuit fermé (Annexe 6). Ce dernier point est indispensable pour garder la chaleur durant la nuit et ainsi tirer le meilleur profit de l'effet de serre. Des bacs de 630 litres ont été dimensionnés : longueur 200 cm, largeur 70 cm, profondeur d'eau 45-50 cm. Il y a au total 12 bacs assemblés quatre par quatre. Ainsi conçus ces bacs permettent une maintenance relativement aisée ; peu larges et accessibles sur une des longueurs ils peuvent être facilement nettoyés par siphonage. Ils sont en priorité conçus comme des auges pour l'élevage de nurserie mais leur taille est suffisante pour permettre également le stockage temporaire de géniteurs pour la reproduction ainsi que le stockage de poissons juvéniles. La filtration est agencée pour que l'écoulement à travers le filtre se fasse par gravité, avec le pompage de l'eau à la sortie du filtre ; une pompe unique (250 watts) monte l'eau dans un château d'eau qui dessert tous les bacs. Ce filtre pourra être « débrayable » pour pouvoir passer en circuit ouvert quand ça sera possible (quand la température ambiante est suffisamment élevée). Enfin, une pompe à air (250-370 watts) sera nécessaire pour assurer une oxygénation suffisante de l'eau. La principale contrainte de ce système est constituée par le nettoyage des bacs et de la mousse du filtre ; ces deux opérations

devront être effectuées au moins une fois par jour. La maintenance générale du bâtiment pourra être confiée à un technicien bricoleur et qualifié en matière de circuit électrique. Aujourd'hui le bâtiment en question est en cours de construction à la station de Koupa-Matapit.

6.6. Considérations sur la domestication des espèces indigènes

La pisciculture camerounaise ne concerne principalement que deux espèces de poissons, *Clarias gariepinus* et le tilapia (*Oreochromis niloticus*); la carpe commune (*Cyprinus carpio*) et le poisson-chat *Heterobranchus longifilis* sont minoritaires. L'apport d'autres espèces serait certainement bénéfique pour deux raisons : la valorisation de certains niveaux trophiques dans les étangs et la réponse à la demande du marché. Pour répondre notamment à la première justification il serait tentant d'introduire au Cameroun des espèces exotiques telles que la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*) et la carpe marbrée (*Aristichthys nobilis*), toutes deux planctophages, ou la carpe herbivore (*Ctenopharingodon idella*), toutes originaires d'Asie. Et la liste pourrait être longue ! L'introduction de telles espèces exotiques, domestiquées depuis longtemps, permettrait d'aller vite dans la mesure où les protocoles d'élevage sont bien connus. En revanche elle pose plusieurs questions dont celle du devenir des espèces indigènes en Afrique. Il existe certainement des poissons locaux qui présentent un potentiel intéressant pour l'aquaculture. Parmi ceux-ci on peut mentionner les espèces suivantes qui atteignent plusieurs kilogramme dans la nature ce qui laisse présager une croissance rapide : *Heterotis niloticus* (Osteoglossiforme), *Citharinus citharus* (Characiforme), *Distichodus rostratus* (Characiforme) et *Labeo coubie* (carpe). Il s'agit d'espèces omnivores ayant *a priori* des besoins en protéines relativement modérés ; leur alimentation en pisciculture devrait donc avoir un coût raisonnable. De rares essais de domestications ont été tentés avec ces espèces, dont *L. coubie* par A. MILLOGO et *D. rostratus* (communication de O. MIKOLASEK). La domestication requiert une approche spécifique en particulier pour franchir les premières étapes cruciales que sont la reproduction avec des poissons géniteurs sauvages et la nurserie des premiers alevins obtenus. Aujourd'hui seul *Heterotis niloticus* semble faire l'objet d'essais dans la région de notre étude, comme c'est le cas à la station de Koupa-Matapit où plusieurs poissons géniteurs sont stockés en étang. Des informations ont été recueillies lors de discussions avec diverses personnes dont M. Salifou NJOUOKOU chercheur à l'IRAD qui connaît bien la région du Nord du Cameroun réputée pour l'abondance des poissons sauvages notamment dans la rivière Bénoué.



Photos 16 : « Kakabans » ou support d'incubation pour les œufs collants de carpe commune utilisés pour la reproduction naturelle.



Photos 17 : Confection des implants hormonaux au laboratoire des Sciences Animales de l'Université de Dschang. Les implants sont moulés en pressant la poudre de la matrice (cholestérol et cellulose) chargée de GnRHa dans des petits puits disposés dans une plaque en plexiglas.



Photos 18 : Le « Kanga » (*Heterotis niloticus*), espèce locale potentiellement intéressante dont plusieurs spécimens de géniteurs sont stockés en étang à la station de Koupa-Matapit. Plusieurs centaines de fingerlings ont été stockés durant notre atelier, ils étaient issus de la pêche dans le Nord du pays dans le fleuve Nyong.



Photos 19 : La station de M. Michel DIOGNE à Batié dispose de 4-5 étangs et d'une petite écloserie bien pratique (adduction d'eau et d'électricité, plusieurs bacs).

Vers de vase. A la demande de M. DIOGNE nous avons examiné la vase d'un de ses étangs suspectée de contenir des vers nocifs pour les poissons (sortes de parasites ?). Ces vers semblent être en réalité des vers tubifex qui ne sont en rien nocifs aux poissons. Ils constituent même un aliment de choix pour les alevins de poissons ; l'usage des vers tubifex est notamment populaire au Viêt Nam. Les tubifex sont récoltés dans la vase (généralement dans les canaux relativement pollués) et vendus sous forme de boules de vers agrégés entre eux. Les vers sont hachés avec une paire de ciseaux avant d'être distribués aux alevins. Ils peuvent aussi être préalablement rincés dans une solution de formol fortement diluée (mais cela ne semble pas nécessaire ici). Ainsi M. DIOGNE dispose d'un atout supplémentaire pour l'élevage de nurserie à sa station.

❖ Conclusion

Des innovations. Les réalisations effectuées durant la mission sont récapitulées dans le Tableau 11. Certaines peuvent être considérées comme achevées et peuvent même donner suite à des opérations de vulgarisation. Il s'agit de (1) l'utilisation du traitement hormonal associant le SuprefactTM et le MotiliumTM, (2) la confection d'implants hormonaux à base de cholestérol et contenant du SuprefactTM, (3) le contrôle de l'adduction d'eau dans les étangs, (4) le réchauffement de l'eau dans des bacs par effet de serre, et enfin (5) la collecte de zooplancton dans les étangs. D'autres activités mériteront d'être poursuivies ; parmi celles-ci les essais relatifs à l'élevage de nurserie en bacs et la production de zooplancton paraissent être prioritaires

Besoins de la station. Nous espérons vivement que la station se dotera bientôt de l'électricité ; il s'agit d'une condition primordiale au bon déroulement de toutes sortes d'activités tant de recherche que de production en permettant de disposer de pompes, d'éclairage et d'utiliser divers équipements. Deux grandes seines sont également indispensables, aux dimensions adaptées aux étangs, l'une à grosse maille et l'autre à petite maille. Sans cela la pêche requiert la vidange presque totale des étangs. Du filet en nylon en quantité est nécessaire pour divers usage (protection contre les batraciens, happas, filet à plancton, manchons divers). L'équipement de mesure de la qualité de l'eau sur le terrain est nécessaire, incluant un oxythermomètre robuste avec une sonde reliée à un long câble pour mesurer la DO au fond des étangs, plus une trousse d'analyse complète (type Merck ou Hach) avec des kits supplémentaires pour l'ammoniaque, les nitrites et le pH. La station va bientôt se doter d'une unité de petits bacs en ciment spécialement conçus pour l'alevinage et disposés sous une serre pour le contrôle de la température, ce sera un excellent atout.

Organisation. Il paraît nécessaire qu'un ingénieur soit être affecté à la maintenance des infrastructures et des équipements « hors-sol » incluant le bâtiment actuel de l'écloserie et la future unité d'alevinage ainsi que le laboratoire. Cette maintenance exige des compétences spécifiques notamment sur les circuits d'eau et d'électricité. Ainsi, M. Ousman, actuel responsable technique de toute la station, pourrait se concentrer sur la gestion des étangs et de l'adduction d'eau de la station. Enfin, la station gagnerait à développer des activités visant à améliorer les performances de l'élevage de nurserie. Il s'agit (1) du développement d'une unité de production de zooplancton dans les quatre grands bacs en ciment existants, (2) du développement d'une unité destinée à produire des aliments complets dits « starter » pour les alevins, (3) d'un approvisionnement en chaux de qualité agricole et relativement bon marché.

Coordination. Il existe un autre projet dans la même région, animé par l'APDRA-F (Association Pisciculture et Développement Rural en Afrique tropicale humide – France). Celui-ci ainsi que le projet animé par le CIRAD gagneraient à établir une certaine coordination et ce d'autant plus qu'ils ont en communs des pisciculteurs privés. L'un d'eux, M. Michel DIOGNE à Batié, dispose notamment de conditions relativement favorables à la poursuite des expérimentations sur le thème de la nurserie en bacs.

Echanges. Enfin, nous espérons que ce premier échange entre le Cameroun et le Laos, *via* un chercheur CIRAD en poste au Laos, pourra être suivi de la visite d'experts camerounais au Laos. Parmi les personnes rencontrées sur la station de Koupa-Matapit plusieurs étudiants ont également manifesté leur souhait de formation dans une université du Sud-est asiatique dans le domaine de la pisciculture.

Tableau 11 : Bilan des réalisations durant la mission et des perspectives.

Domaines	Réalisations	Actions en perspectives
Reproduction	Testage du Suprefact™ comme nouvelle hormone avec <i>Clarias gariepinus</i> , <i>Heterobranchus longifilis</i> et <i>Cyprinus carpio</i> (***)	Vulgarisation
	Incubation des œufs de <i>C. gariepinus</i> en bouteille de Zoug (**)	Confirmation par un second test avec 3 femelles
	Reproduction naturelle induite de la carpe commune avec utilisation des kakabans synthétiques comme support de ponte (**)	- Précision des résultats par un second test avec de bonnes femelles, - Stockage séparé des mâles et femelles durant l'élevage et le tri des géniteurs pour éviter le risque de ponte anarchique.
	Reproduction artificielle de la carpe commune (*)	Nouveau test avec application stricte du protocole recommandé par Horvath <i>et al.</i> (1984)
	Incubation des œufs de carpe commune en bouteille de Zoug (*)	
Confection d'implants hormonaux (***) et testage sur <i>C. gariepinus</i> (*)	Nouveau test sur <i>C. gariepinus</i> et sur d'autres espèces	
Elevage de nurserie en étang	Contrôle de l'adduction d'eau des étangs pour éviter le lessivage de la fertilisation (***)	- Vulgarisation, - Eventuellement construction du même système en ciment avec une grille pour contrôler les poissons prédateurs.
	Mise en évidence de l'infestation des étangs par des batraciens (adultes prédateurs, têtards)	Contrôle par l'installation d'un filet de protection autour des étangs
	Mise en évidence d'un développement tardif de la production de zooplancton en étang après une préparation conventionnelle	- Etude de l'incidence négative éventuelle du chaulage, - Etude de la compensation par l'ensemencement des étangs en zooplancton.
	Mise en évidence de la disponibilité limitée en chaux (chaux vive uniquement et très coûteuse)	Mise en place d'un approvisionnement en chaux agricole à bon marché.
Elevage de nurserie en bac	Test unique avec des alevins de <i>C. gariepinus</i> dans un bac de 1200 litres (* / **): démonstration de la faisabilité mais problèmes techniques.	- Nouveau test avec des bacs plus petits (600 litres maximum) et une disponibilité suffisante en zooplancton, - Test d'une densité de stockage élevée telle qu'indiquée par Viveen <i>et al.</i> (1985).
	Contrôle de la température dans des bacs en circuit fermé placés sous une serre (***)	- Vulgarisation, - Mise en œuvre d'un système de recyclage d'eau unique pour plusieurs bacs.
Production spécifique de zooplancton	Collecte de zooplancton dans des étangs propices (***)	Description des conditions favorables (chaulage ? fertilisation, renouvellement d'eau) et application aux étangs de la station.
	Essai de production en étangs fertilisés (*)	
	Essai de production en bacs fertilisés (*)	Nouveaux tests sur la base d'informations précises sur les systèmes de production existants.

Le degré d'avancement des réalisations est indiqué : bon (***), bon mais à confirmer (**), résultat insuffisant (*).

❖ Références

- Cacot, P., 2005a. Contribution à l'amélioration de l'élevage larvaire du poisson-chat *Pangasius hypophthalmus* avec utilisation de moines produites sur levure et spiruline. Rapport d'activité, CIRAD (Montpellier, France). 39 p.
- Cacot, P., 2005b. Survey at the Khone waterfalls and experiments on the propagation of Pa-Phone (*Cirrhinus microlepis*) carried out at the km8 station (Pakse). Activity report, CIRAD-LARReC-MRC, 100 p.
- Grygierek, E., Wasilewska, B.E., 1979 (ou 1981 ?). Development of zooplankton and bottom fauna in carp ponds filled at different dates before stocking, or treated with foschlor. *Acta Hydrobiol.*, 23, 269-280.
- Horvath L., Tamas, G., Tolg, I., Halver, J.E. (éditeur), 1984. Spécial methods in pond fish husbandry. Akadémiai Kiado, Budapest. Halver Corporation, Seattle.
- Lee, C.-S., Tamaru, C. S., Kelley, C. D., 1986. Technique for making chronic-release LHRH-a and 17-methyltestosterone pellets for intramuscular implantation in fishes. *Aquaculture* 59 (2), 161-168.
- Mylonas, C.C., Zohar, Y., 2001. Use of GnRHa-delivery systems for the control of reproduction in fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* (10) 463 - 491.
- Nguenga. D., Breine, J.J., Teugels, G.G., Ollevier, F., 1996. Artificial propagation of the African catfish *Heterobranchus longifilis* (Siluroidei; Clariidae): Description of a simple technique to avoid sacrificing male broodfish for the obtention of milt. *Aquaculture*, Volume 143, Number 2, 30 July 1996, pp. 215-217(3)
- Nguenga, D., Forbin, I., Teugels, G.G., Ollevier, F., 2000. Predation capacity of tadpoles (*Bufo regularis*) using African catfish *Heterobranchus longifilis* larvae: impact of prey characteristics on vulnerability to predation. *Aquaculture Research* 31 (12), 931-936.
- Nwosu, F. M., Holzlöhner, S., 2000. Influence of temperature on egg hatching, growth and survival of larvae of *Heterobranchus longifilis* Val. 1840 (Teleostei: Clariidae) . *Journal of Applied Ichthyology* 16 (1), 20-23.
- Raynaud, T., 2005. Effet de la température sur la croissance et la survie des larves et juvéniles du poisson-chat asiatique *Pangasius hypophthalmus*. Rapport de stage Master 1^{ère} année. Université Montpellier II et IRD (Institut de Recherche pour le Développement) UR 175. *Données en cours de publication*.
- Viveen, W.J.A.R., Richter, C.J.J., van Oordt, P.G.W.J., Janssen, J.A.L., Huisman, E.A., 1985. Manuel pratique de pisciculture du poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*). Direction Générale de la Coopération Internationale du Ministère des Affaires Etrangères, La Haye, Pays-bas. 94 p.

Annexe 1 : Liste des participants à l'atelier qui s'est tenu tout au long de la mission.

NOM prénom	Provenance	Fonction	Coordonnées
NGUENGA David	IRAD, Foumban	Chef de la station	983 52 09 nguengadavid@yahoo.fr
TOURERE Abiba	IRAD, Foumban	Chercheur	913 28 20
YOUNG SULEM Steve	IRAD, Foumban	Chercheur	671 19 51 / 753 60 11 yongsulem@yahoo.com
NJOUOKOU Salifou	IRAD, Foumban	Chercheur	anjouokou@yahoo.fr
YIOGUIGUI Ousmanou	IRAD, station de KM	Responsable technique	520 09 06
NTUBANDI Florence	IRAD, station de KM	Technicienne temporaire	523 94 98
MAMGAING Elisabeth	IRAD, station de KM	Technicienne temporaire	777 38 11 / 748 75 26
NANATIENE Martial	IRAD, station de KM	Technicien temporaire	634 76 24 martialnanatiene@yahoo.fr
REUDJO Pierre René	IRAD, station de KM	Technicien temporaire	659 57 53
ASSOUA-BONGUE Baudelaire	IRAD, station de KM	Technicien temporaire	602 69 50
TIOGUE- TEKOUNEGNING Claudine	Université de Dschang	Etudiante (formation continue)	507 95 65 tekou_claudine@yahoo.fr
ZANGO Paul	Université de Dschang	Enseignant et étudiant MSc	53 89 007 pzango@hotmail.com
YUODOM Bernard	Batié	Pisciculteur et délégué GIC PIB	784 32 70
DIOGNE Michel	Batié	Pisciculteur et délégué association UGIC	776 13 96
MIKOLASEK Olivier	CIRAD, Dschang	Chercheur	935 24 22 Olivier.mikolasek@cirad.fr
CACOT Philippe	CIRAD, LARReC, Laos	Chercheur	+856 (0) 202 415 638 Phcacot@aol.com

KM : Koupa-Matapit

Annexe 2 : Comparaison du prix des traitements hormonaux pour l'induction de la reproduction de *Clarias gariepinus* avec l'hCG ou le GnRH α (SuprefactTM).

Prix de l'hCG à l'achat

Dose achetée (UI)	9 000
(6 flacons de 1500 UI)	
Prix total (FCFA)	8 500
prix / UI (FCFA)	0,94

Prix SuprefactTM à l'achat

Dose totale (μ g)	10 000
Prix total (USD)	60
Prix total (FCFA) (*)	30 000
Prix / μ g (FCFA)	3,0

Prix MotiliumTM à l'achat

Dose totale (mg)	1000
Prix total (USD)	13,8
Prix total (FCFA) (*)	6881
Prix / mg (FCFA)	6,9

Poissons géniteurs traités	Femelles	Mâles
N poissons	10	2
PV (g)	400	400
biomasse totale (kg)	4,0	0,8

Traitement hCG	Femelles	Mâles
Dose / kg (IU)	4 000	2 000
Dose totale (IU)	16 000	1 600
Prix total (FCFA)	15 111	1 511
Total femelles + mâles	16 622	

Traitement Suprefact + Motilium

<u>Suprefact</u>	Femelles	Mâles
dose / kg (μ g)	30	10
dose totale (μ g)	120	8
prix total (FCFA)	360	24
Total femelles + mâles (1)	384	

<u>Motilium</u>	Femelles	Mâles
dose / kg (mg)	20	10
dose totale (mg)	80	8
prix total (FCFA)	551	55
Total femelles + mâles (2)	606	
Total (1)+(2)	990	

Rapport prix hCG / Suprefact 17

(*) : Calculé avec un taux de change de 500 FCFA par USD

Annexe 3 : Recommandations données par Viveen *et al.* (1985) concernant la nurserie en bac de *Clarias gariepinus*.

Les bacs de stockage. La nurserie en bac de *C. gariepinus* permet de meilleurs résultats que celle conduite en étang, notamment au niveau de la survie. Elle est cependant plus contraignante et plus risquée. Elle est pratiquée dans des auges (500 x 50 x 30 cm) qui sont alimentées en eau de façon continue en circuit ouvert. Ces auges sont initialement utilisées pour l'incubation des œufs qui sont placés sur des claies en filet. La moitié amont de l'auge, à partir de l'arrivée d'eau, est couverte pour faire de l'ombrage. La partie aval de l'auge est découverte et une lampe (60 watts) est suspendue près de l'évacuation. Ce dispositif permet d'éloigner les alevins (lucifuges) de l'évacuation et de les concentrer près de l'arrivée d'eau où se fait également la distribution de nourriture. A l'autre bout, près de l'évacuation, se concentrent les déchets (poissons morts, fèces, excédent de nourriture).

Densité et croissance. La quantité d'alevins par auge est fixée par la quantité d'œufs qui y est placée ; il est recommandé 65 000 larves écloses par auge de 150 litres, soit une densité de 433 larves.L⁻¹. Après une semaine le volume de l'auge est porté) 200 litres, soit une densité de l'ordre de 310 alevins.L⁻¹. Après deux semaines le nombre d'alevins est d'environ 60 000 (survie 92 %), soit une densité de 300 alevins.L⁻¹ ; le stock est alors réparti dans quatre auges de 200 litres afin de réduire la densité à 75 alevins.L⁻¹. Après 3 semaines le nombre total d'alevins est de 48 000 (survie 74 %) et il reste stable jusqu'à 5 semaines ; la densité finale est donc de 60 alevins.L⁻¹, équivalente à 60 g.L⁻¹ avec des fingerlings de 1 g. Le poids vif des poissons est de 1,5-3 mg à l'éclosion des larves, de 55 mg après 2 semaines et de 1 g après un mois.

Le renouvellement d'eau. Il est relativement important probablement parce que le dispositif présenté n'inclus pas d'aération par une pompe. Le renouvellement d'eau doit donc être suffisant pour permettre une bonne oxygénation. Le débit est de 2-5 L/mn durant les deux premières semaines puis de 4-8 L/mn ; cela correspond à un taux de renouvellement journalier de l'ordre de 20-50 et 40-75 fois par jour ce qui est considérable. Il est toutefois précisé que le renouvellement ne doit pas être trop fort pour ne pas épuiser les alevins à la nage.

L'alimentation des alevins. Elle est constituée de zooplancton ou de nauplii d'artémia durant les deux premières semaines à raison de quatre distributions à satiété par jour. La satiété est évaluée par le remplissage de l'estomac des poissons et le fait qu'ils ne nagent pas activement tout le long du bac ; ils se concentrent à certains endroits. La quantité totale de cystes secs d'artémia est de 4 kg pour produire dans les conditions énoncées 60 000 alevins âgés de deux semaines et d'un poids vif moyen de 55 mg. En considérant que 1 kg de cystes d'artémia génère 2,5 kg de nauplii fraîche, la quantité totale de nauplii est de l'ordre de 10 kg. Soit un taux de conversion de l'ordre de 1:3,6 avec les nauplii fraîches. La quantité n'est pas précisée avec le zooplancton d'eau douce mais on peut considérer qu'elle est proche de celle des nauplii fraîches. Durant les trois derniers jours d'alimentation avec du zooplancton (ou nauplii d'artémia), les alevins reçoivent également un aliment complet en poudre (50-40 % protéines). Après la séparation des alevins entre quatre auges l'alimentation est constituée uniquement d'aliment complet tel que présentée en Annexe 4.

Annexe 4 : Recommandations données par Viveen *et al.* (1985) concernant la nurserie en étang de *Clarias gariepinus*.

Chaulage. Le chaulage d'un nouvel étang est fait avec une quantité importante de chaux agricole 200 g à 1,5 kg/m² qui est mélangée à la couche superficielle de terre (5 cm de profondeur) avant la mise en eau. Le chaulage d'un ancien étang est fait en étalant de la chaux vive (100-150 g/m²) sur le fond de l'étang encore humide. Un assec est alors fait durant 7-14 jours avant la remise en eau. Le remplissage partiel est fait (30 cm profondeur) puis de la chaux agricole peut être ajoutée pour ajuster le pH (entre 6,5 et 8).

Fertilisation initiale. Elle est effectuée dès le remplissage terminé (60-70 cm d'eau). Engrais organique (200 g/m² *a priori* sous forme sèche) superphosphate (5 g/m²) et urée (5 g/m²). L'engrais organique et l'urée sont distribués à la volée de manière uniforme sur toute la surface de l'étang. Le superphosphate doit être préalablement dissous et distribué uniformément *ou bien* placé sur un panier lui-même maintenu à 30-40 cm du fond de l'étang. Ceci pour éviter qu'il soit absorbé (et neutralisé) par le fond. De plus le superphosphate doit être ajouté au moins une semaine après le chaulage. L'eau verdit généralement dans les quatre jours qui suivent la fertilisation, signe que le phytoplancton se développe.

Fertilisation d'entretien. La transparence de l'eau est suivie régulièrement (tous les 3 jours) avec le disque de Secchi. Lorsque la transparence de l'eau dépasse 25 cm la fertilisation peut être poursuivie, généralement une à deux fois par semaine. La fertilisation d'entretien comprend un engrais organique : fumier (50 g/m²) ou fiente (30 g/m²) ou lisier (30 g/m²) (*a priori* sous forme sèche), *et/ou* de l'engrais minéral : superphosphate (0,5 g/m²) plus urée (1 g/m²). Il est conseillé d'ajouter ensemble le fumier et le superphosphate. Si la transparence est inférieure à 15 cm, signe de développement excessif du phytoplancton, alors la fertilisation doit être interrompue et – éventuellement – l'eau de l'étang partiellement renouvelée (fonction du comportement des poissons face à l'anoxie éventuelle). La DO minimum dans l'étang doit être de 3 mg.L⁻¹.

Doses d'engrais minéraux. Pour le phosphate (P₂O₅), quantité de 10 g/m² appliquée par an est généralement suffisante, soit l'équivalent de 55 g/m² de superphosphate. Cette quantité est appliquée en plusieurs fois à 2-3 semaines d'intervalle. Pour l'azote (N), quantité de 0,8-1,2 g/m² est appliquée toutes les deux semaines, soit l'équivalent de 1,7-2,6 g/m² d'urée ou 4-6 g de sulfate d'ammonium.

Contrôle des prédateurs. Les alevins sont stockés en étang dès la mise en eau (alevins après résorption de la vésicule vitelline) ; la densité de stockage est de l'ordre de 65 larves/m². La quantité de zooplancton est alors faible mais les besoins des alevins au début de leur alimentation sont relativement modérés. Le stockage précoce des alevins permet en outre de prendre de vitesse les têtards (prédateurs). La présence d'insectes prédateurs peut être contrôlée par l'ajout de mazout ou de DipterexTM sur la surface de l'étang, à la concentration de 0,5-1 ml.m⁻³, soit 30-60 ml pour 100 m².

Aliment composé. Après 2 semaines les alevins doivent recevoir un aliment complet car le zooplancton ne suffit plus. Si l'aliment n'est pas distribué la survie ne dépasse généralement pas 30 % en raison d'un cannibalisme important. Des détails sont fournis à ce sujet pour les alevins élevés en bac. Le taux de rationnement journalier est de 22 % en fin de 2^{ème} semaine et de 8 % en fin de 5^{ème} semaine. L'aliment employé contient 50-40 % protéines jusqu'au poids vif de 1 g puis 40-30 % au-delà.

Annexe 5 : Protocole de production de zooplancton (*Moina* sp.) en bac en Thaïlande.

Production intensive de Moinas en bac

Issu d'une pratique courante dans les grandes écloséries-nurseries de Thaïlande, le protocole suivant correspond à la production de Moinas dans un bac rectangulaire de 4,5 m³ d'eau (5 m x 3 m ; profondeur : 0,3 m). Le bac est peu profond afin de favoriser la pénétration de la lumière pour le développement du phytoplancton. L'eau du bac est aérée par une pompe.

Étapes de la production

- 1) Le bac est rempli d'eau (0,25 m de profondeur, soit 3,75 m³). L'eau est traitée au chlore (45 g) durant 4 jours afin de prévenir le développement ultérieur de Rotifers (petits organismes du zooplancton). Les Rotifers peuvent être naturellement présents dans l'eau et affecter la production de phytoplancton.
- 2) L'eau est fertilisée avec des engrais minéraux N-P-K (46-0-0) : 0,68 kg ; N-P-K (0-46-0) : 0,15 kg ; N-P-K (16-20-0) : 0,68 kg ; chaux : 2,25 kg et le sous-produit de la production de glutamate (appelé « ami-ami » en thaïlandais) : 6,75 litres. Tous ces engrais sont bien dissous dans l'eau du bac.
- 3) L'eau estensemencée avec des Chloréla (organisme du phytoplancton). La profondeur dans le bac est ajustée à 0,3 m en pompant l'eau d'un bac contenant déjà une culture de Chloréla (volume pompé : 0,75 m³).
- 4) Les Chloréla se développent durant 3 à 5 jours, en fonction de l'ensoleillement. L'eau doit devenir de couleur verte-foncée.
- 5) Le bac estensemencé avec des Moinas (500 g de Moinas vivantes).
- 6) Les Moinas sont récoltées après 3 jours ; l'eau est devenue beige en raison de la concentration élevée en Moinas. Les Moinas du bac sont récoltées en une seule fois (3-5 kg de Moinas fraîches par bac). Les Moinas sont distribuées aux alevins durant la journée ou bien conservées au frais ou congelées.
- 7) Le bac est vidé et nettoyé, prêt pour une prochaine culture.

Annexe 5 (suite) :

Bacs en ciment utilisés pour la production de Moinas



Tuyaux reliant les bacs à une pompe pour aérer l'eau.

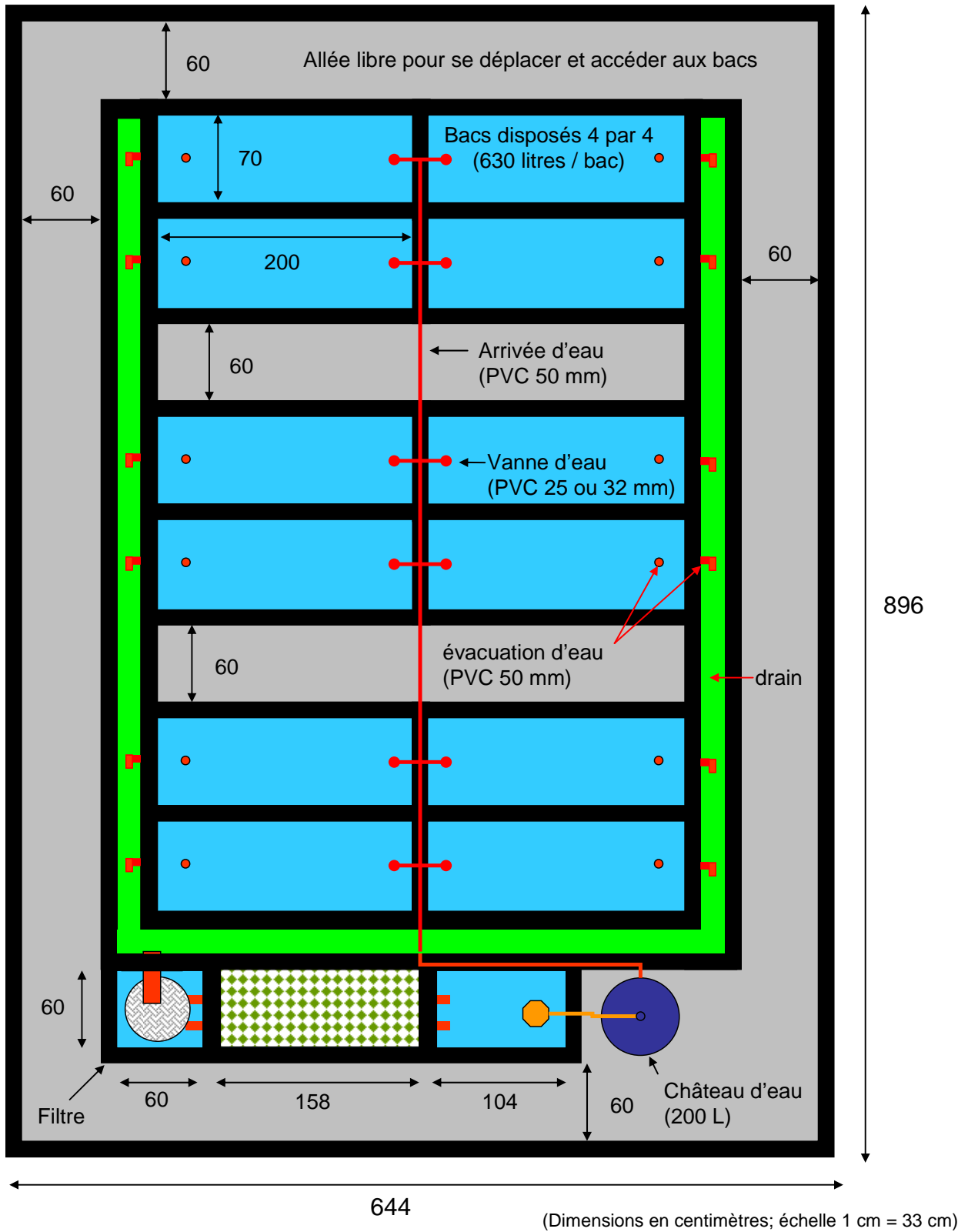
Nuage de Moinas en surface du bac (densité élevée)



- L'eau du bac est **aérée** en permanence durant toutes les phases de la production (traitement au chlore, fertilisation, productions de Chloréla et de Moinas). Un tube percé est placé au fond de chaque bac dans la diagonale.
- L'eau n'est pas renouvelée mais de l'eau peut être ajoutée pour **compenser l'évaporation**. Si nécessaire, les bacs sont couverts pour **éviter l'eau de pluie**. Le toit est transparent pour laisser passer la lumière durant la phase de développement du phytoplancton.
- Le **fond du bac** est régulièrement raclé pour remettre en suspension les éléments qui ont sédimenté.

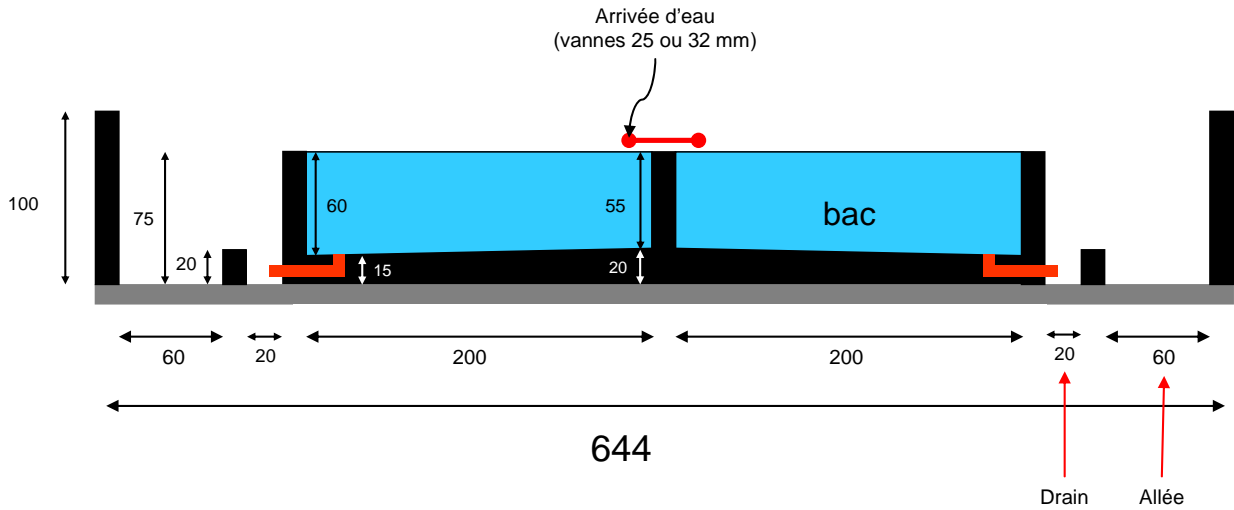
Annexe 6 : Plan du bâtiment d'écloserie-nurserie réchauffé par effet de serre.

Vue supérieure des bacs



Annexe 6 (suite) :

Vue transversale des bacs

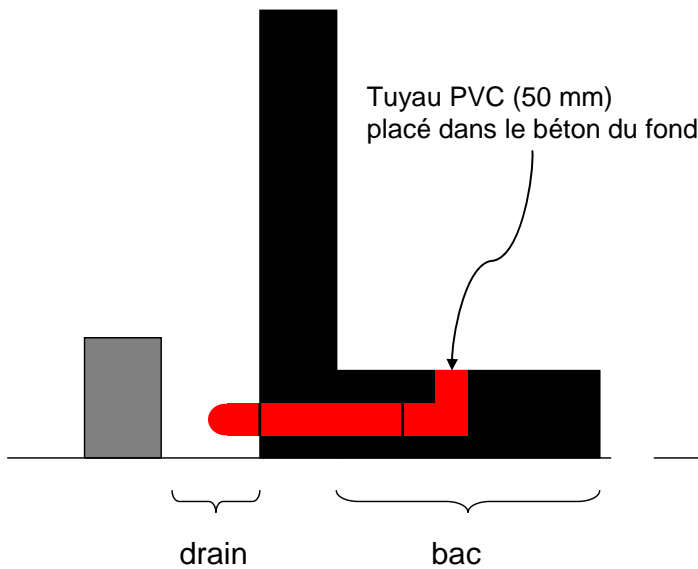


Note : la largeur de l'allée périphérique de 60 cm est un minimum qui pourrait être sensiblement augmentée (70 voire 80 cm) en fonction du souhait des utilisateurs (plus de place entre le mur et les bacs ?). À prévoir avant la réalisation de la dalle. L'allée entre les bacs peut en revanche rester fixée à 60 cm.

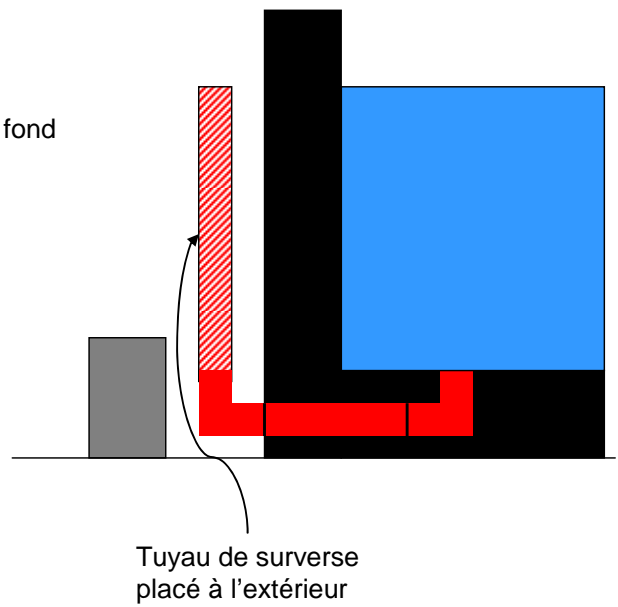
Annexe 6 (suite) :

Evacuation d'eau des bacs

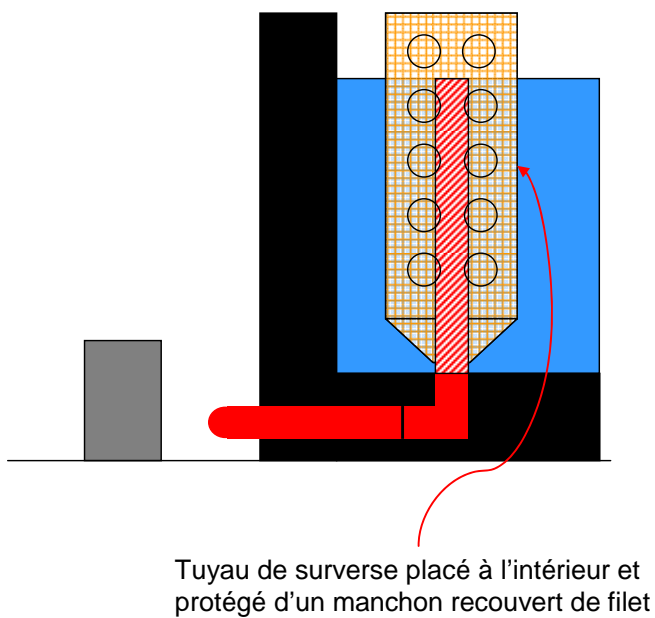
A) Bac vide



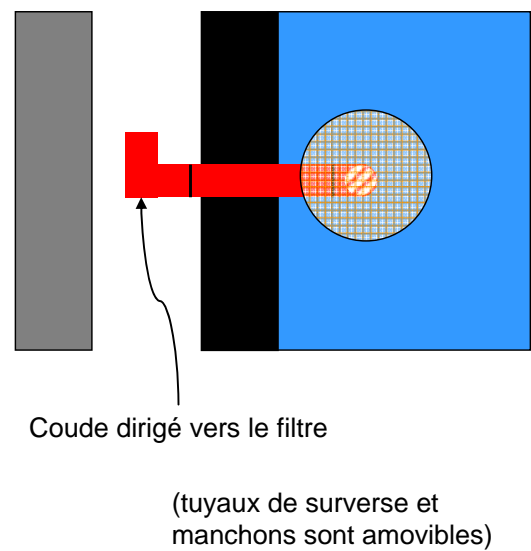
B) Bac plein avec des gros poissons



C) Bac plein avec des petits poissons
(vue latérale)



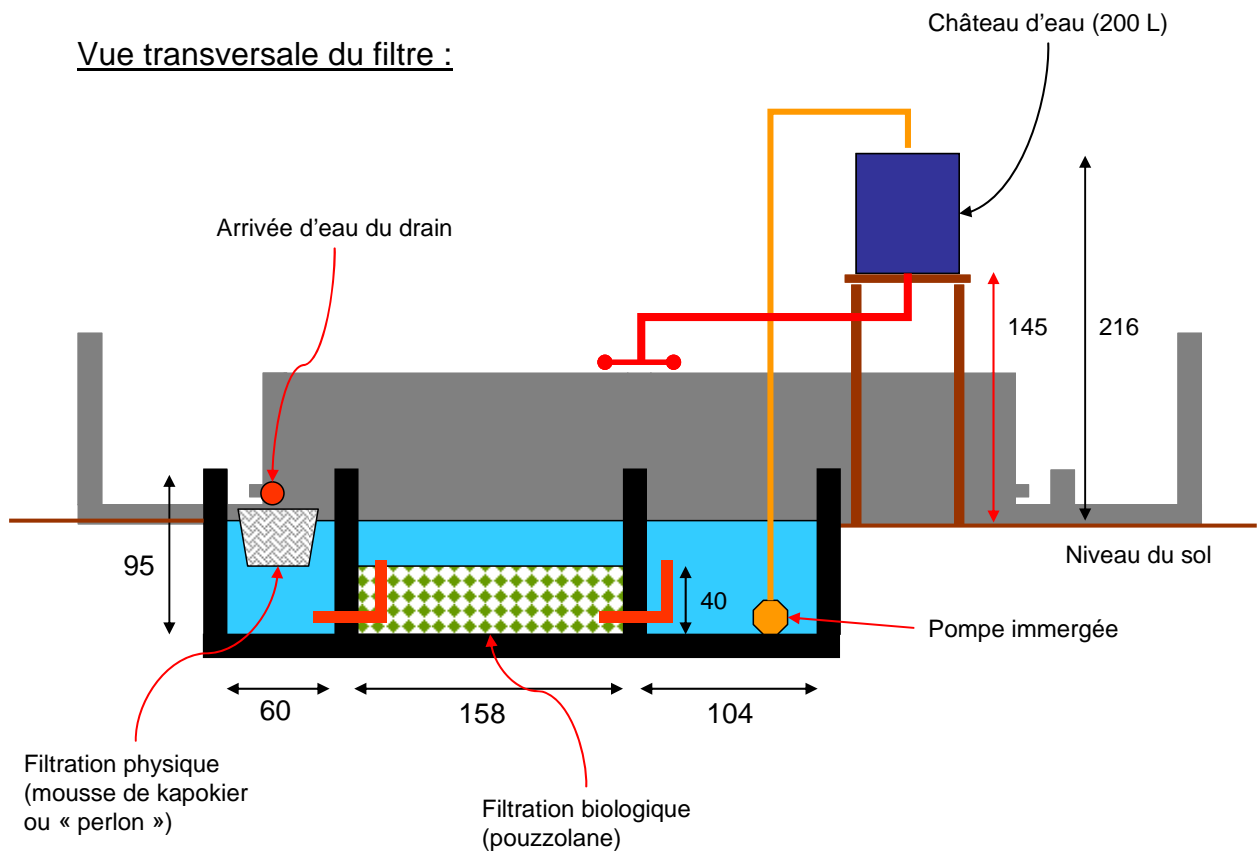
C) Bac plein avec des petits poissons
(vue d'en haut)



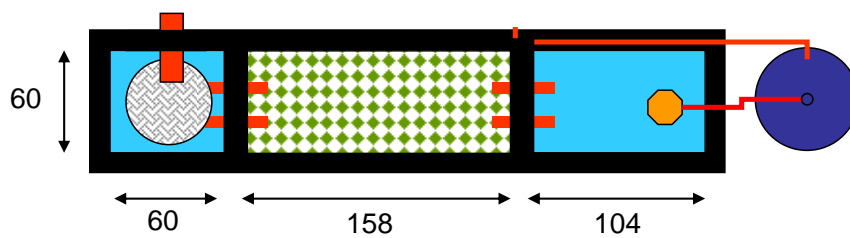
Annexe 6 (suite) :

Système de filtration des bacs « thermiques »

Vue transversale du filtre :

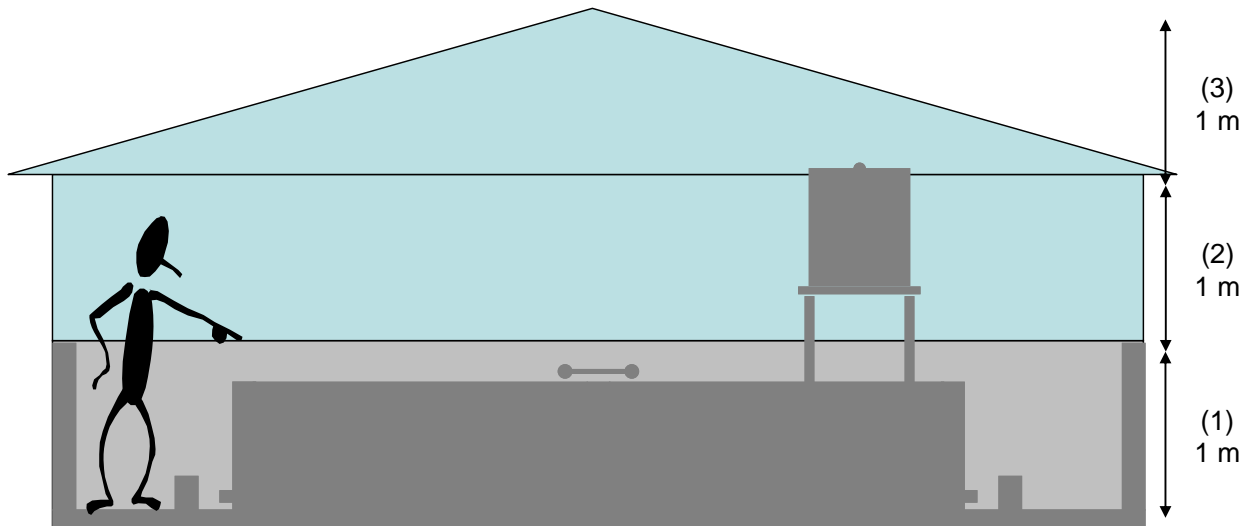


Vue supérieure du filtre :



Annexe 6 (suite) :

Serre sur les bacs



- La partie (1) est en béton,
- la partie (2) est en tôle transparente,
- la partie (3) est en tôle galvanisée (70%) et en tôle transparente (30%).
⇒ Effet de serre garanti tout en limitant la lumière directe sur la surface des bacs, néfaste pour les petits alevins et qui pourrait causer un bloom de phytoplancton (la proportion de tôles transparentes en partie (3) pourra être éventuellement corrigée à l'usage).
- L'ensemble est construit de façon relativement « étanche » afin de limiter les échappements d'air durant la nuit. Une ou deux portes peuvent être gardées ouvertes durant la journée en fonction de la température intérieure souhaitée.
- La connexion de la serre avec le bâtiment d'écloserie existant est souhaitable. La serre pourrait être placée dans l'alignement de l'écloserie, derrière celle-ci si l'orientation est favorable (exposition au soleil durant l'après-midi).
⇒ utilisation de structures et d'équipements communs aux deux bâtiments et gardiennage facilité.