



Station d'Aquaculture de Tihange
Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture
(CEFRA)

Caractéristiques génétiques des populations de tilapias *Oreochromis niloticus*, de la pisciculture wallonne

Subvention à l'Université de Liège – 1^{er} février 1999
Ministère de la Région wallonne
Direction Générale des Ressources Naturelles et de l'Environnement

Rapport final
Novembre 2001

**Centre de Formation et de Recherches en Aquaculture, Université de Liège, 10, Chemin de
la Justice, B-4500 Tihange**

1. INTRODUCTION GENERALE.....	4
2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE DIFFERENTES SOUCHES D'OREOCHROMIS NILOTICUS	5
2.1. INTRODUCTION	5
2.2. LES GMT	12
2.3. LA LIGNEE ISRAEL	13
2.4. LA LIGNEE NC : <i>O. NILOTICUS</i> « CHITRALADA » (NC)	15
2.5. LA LIGNEE EGYPTIENNE – ALABAMA ET LES HYBRIDES	16
2.6. LA LIGNEE EGYPTIENNE (E) DES PHILIPPINES	17
2.7. LA SOUCHE GIFT	19
2.8. CONCLUSIONS	20
3. ANALYSE DE LA QUALITE GENETIQUE DES STOCKS D'OREOCHROMIS NILOTICUS DE LA PISCICULTURE WALLONNE	22
3.1. INTRODUCTION	22
3.2. MATERIEL ET METHODES	23
3.3. LE TAUX D'HETEROZYGOTIE	23
3.4. RESULTATS	24
3.5. DISCUSSION	26
4. COMPARAISON DE 2 SOUCHES DE TILAPIA <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> MONOSEXE MALE DE GENOTYPE XY	29
4.1. OBJECTIFS	29
4.2. MATERIEL ET METHODES	29
4.3. RESULTATS ET DISCUSSION	30
4.3.1 <i>Sexe-ratio</i>	30
4.3.2 <i>Performances de croissance</i>	30
4.4. CONCLUSION	35
5. COMPARAISON DES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET DE SURVIE DE 2 SOUCHES D'<i>O. NILOTICUS</i> ET DE LEURS HYBRIDES RECIPROQUES	36
5.1. OBJECTIF	36
5.2. MATERIEL ET METHODES	36
5.2.1 <i>Production des différents lots</i>	36
5.2.2 <i>Suivi de la croissance et de la survie des différents lots</i>	37
5.3. RESULTATS ET DISCUSSION	37
5.3.1 <i>Sexe-ratio</i>	37
5.3.2 <i>Taux d'éclosion et choc osmotique</i>	38
5.4. CROISSANCE	40
5.4.1 <i>Phase d'élevage en aquarium de 50 l</i>	40
5.4.2 <i>Phase d'élevage en bassin de 2 m²/0,4 m³</i>	43
5.4.3 <i>Phase d'élevage en bassin de 2 m²/1 m³</i>	46
5.4.4 <i>Elevage de populations monosexes mâles en bassin de 2 m²/1 m³</i>	48
6. CONCLUSIONS GENERALES	50

Promoteur et directeur scientifique

Dr. C.Mélard

Equipe de Recherche

L.Minet, C.Prignon, L.Kaiser et C.Rougeot

Rédaction du rapport de recherche

C.Rougeot, L.Minet et C. Prignon

Comité d'accompagnement

C.Ducarme, de l'Union Professionnelle des Pisciculteurs belges; V.Franck, du service de la Pêche de la Région Wallonne; P. Gérard, de la Station de Recherches Forestières de Gembloux; P. Orban, du Cabineet du Ministre Happart; F. Laviolette, du service Chasse et Pêche de la Région Wallonne.

1. Introduction générale

Les tilapias - et surtout les espèces du genre *Oreochromis* - ont une importance économique réelle à l'échelle du continent européen, où leur marché est actuellement en expansion (10.000 tonnes par an, dont la majorité sont importées d'Asie, d'Afrique et d'Amérique Latine). La production européenne se situe aux alentours de 600 tonnes, dont 40 % proviennent de la Région Wallonne, mais pourrait s'étendre dans les prochaines années compte tenu de l'écart entre l'offre et la demande locales. Indépendamment d'applications à l'échelle de la Région ou de l'Europe, les recherches développées sur les tilapias trouvent un vaste champ d'application (ex : possibilité de vendre des souches performantes et/ou biomanipulées) sur d'autres continents (Afrique, Asie, Amérique Latine et Amérique du Nord) en raison du caractère "mondial" des tilapias, 3ème groupe d'espèces au plan de l'aquaculture, avec, pour l'année 2000, une production de 1.000.000 de tonnes.

L'amélioration de la productivité des élevages de poissons passe par un contrôle strict de la qualité génétique des stocks de géniteurs. Cette problématique concerne la sélection de paramètres quantitatifs d'importance économique (croissance, qualité du poisson, résistance aux maladies), mais aussi les problèmes de consanguinité et de dérive génétique (réduction du degré d'hétérozygotie). Une consanguinité élevée provoque généralement une dépression des performances de croissance et de résistance aux maladies. Cet aspect est particulièrement important pour l'élevage du tilapia en Région Wallonne. En effet, en raison de l'isolement géographique de ce stock de production et du nombre initial réduit de géniteurs, il est possible que les degrés de consanguinité et d'homozygotie de ces poissons soient élevés. Ce phénomène pourrait être accentué par le fait que la production wallonne de tilapias a démarré voici 15 ans, ce qui représente une succession de plusieurs générations. D'autre part, en vue de produire des populations monosexes mâles à croissance plus rapide que les femelles, l'utilisation de géniteurs de tilapias bio-manipulés (exemple : supermâles à génotype YY) est envisagée à court terme. L'utilisation de ces géniteurs généralement issus de familles proches voire de la même famille, pourrait encore accroître les risques de consanguinité.

L'objectif de ce projet était de vérifier l'état de consanguinité et de diversité génétique du stock de tilapias élevés en Wallonie et de déterminer les risques de dérive génétique. Cet objectif répondait à l'attente de producteurs désireux de connaître la valeur génétique de leur stock en vue d'en assurer, si nécessaire, son amélioration. Cette analyse génétique de base devait permettre de proposer des solutions à moyen terme pour augmenter l'hétérozygotie et diminuer les risques de consanguinité, à travers :

- Une analyse détaillée des données bibliographiques permettant de repérer les souches potentiellement intéressantes.
- Le testage de souches.
- L'hybridation avec d'autres souches de la même espèce en vue d'augmenter le degré d'hétérozygotie.

2. Recherche bibliographique sur les performances de croissance de différentes souches d'*Oreochromis niloticus*

2.1. Introduction

Les tilapias, comme beaucoup d'autres espèces, sont élevés dans des environnements très divers : en agro-pisciculture (rizières), en élevage intensif en bassin, en cage, en étangs, en eau douce, saumâtre ou salée, seuls ou en polyculture. Les performances d'élevage de ces espèces sont étroitement liées à la structure d'élevage et présentent des relations qualifiées de « génotype - environnement », ce qui signifie que pour un système d'élevage donné, une espèce ou une lignée présentera de meilleures performances de production que d'autres (Eguia et Eguia, 1993).

Les principales différences entre les multiples souches de tilapias sont la tolérance au froid, la croissance, la fécondité, le succès de l'hybridation avec d'autres espèces, les performances de reproduction et le développement gonadal, la tolérance aux fortes densités d'élevage (Eguia et Eguia, 1993). Les principales espèces de tilapia élevées dans le monde sont le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et le tilapia bleu (*O. aureus*), élevés pour leur croissance rapide. L'élevage du tilapia rouge (hybride *O. mossambicus* x *O. niloticus*) attractif par sa couleur est aussi fort répandu (Alceste et Jory, 2000).

Depuis de nombreuses années, des techniques performantes comme l'inversion sexuelle ont été largement utilisées et appliquées avec succès par de nombreux éleveurs afin d'améliorer les rendements des systèmes de production (production de populations monosexes mâles présentant de meilleures performances de croissance) (Jayaprakas, 1988 ; Mair, 1995). D'autres procédés comme l'hybridation ont été employés avec succès pour améliorer la productivité des élevages (Siddiqui et Al-Harbi, 1995). Cependant, ces techniques présentent des inconvénients tels que la perte de la pureté de l'espèce et l'introggression de lignées cultivées qui combinent les caractéristiques les moins désirables des parents (cas de l'hybridation, Mair, 1995). De plus en plus, les éleveurs sont à la recherche de la « lignée performante », celle qui présentera, dans n'importe quel environnement, les meilleures performances de production.

Les stocks mondiaux de tilapia étant constitués généralement à partir de petites populations fondatrices, provenant de centres de production plutôt que du milieu naturel, les stocks d'élevage souffrent généralement d'une augmentation du taux d'homozygotie qui peut provoquer des diminutions des performances de croissance (Bentsen *et al.*, 1998). De plus, la mauvaise gestion des stocks de tilapia de différentes espèces (*O. niloticus*, *O. aureus*) a provoqué des hybridations non contrôlées qui ont entraîné l'apparition, dans certains stocks, de traits spécifiques non désirables.

La grande diversité des tolérances environnementales et la grande disparité des systèmes d'élevage de par le monde, font que des études comparatives de croissance et de survie doivent être réalisées en premier lieu pour définir la souche idéale pour des conditions d'élevage déterminées.

-

Pour évaluer les performances de différentes lignées dans divers environnements, nous avons réalisé une recherche bibliographique afin de comparer les résultats obtenus et de déterminer les souches qui semblent présenter les meilleures performances en élevage. L'objectif final est de se procurer ces souches afin de tester leurs performances en condition d'élevage intensif.

Les données récoltées au cours de notre recherche bibliographique sont synthétisées dans le tableau 2.1 qui fait apparaître les résultats obtenus avec les différentes lignées en fonction du système d'élevage. Des détails complémentaires sur les lignées qui se sont révélées les plus intéressantes par rapport à l'objectif (taille commerciale) et / ou au système d'élevage (intensif en bassin) sont aussi exposés.

-

-

-

-

-

2.2. Les GMT

Les populations d'*O. niloticus* GMT (« genetically male tilapia ») sont issues de mâles YY et présentent un sexe ratio ≥ 95 % de mâles. Le stock est originaire du lac Manzallah en Egypte. Cette lignée a été récoltée et transférée à l'université de Stirling (Ecosse) en 1979. Par la suite, plusieurs transferts (chiffres non communiqués) ont été réalisées pour créer la souche de l'Université de Wales, Swansea en 1980. En 1989, plusieurs adultes et plusieurs centaines de juvéniles (chiffres non communiqués) de cette souche ont été acheminés aux Philippines. Cette population est considérée comme consanguine par les auteurs (Mair et *al.*, 1995).

La croissance des populations GMT des Philippines a été comparée avec des populations à sexe ratio normaux (MST) et des populations monosexes mâles obtenues par inversion hormonale (SRT) dans 3 systèmes d'élevage différents : étangs fertilisés de 200 m² (en réplikat), bassin de 0,78 m² en circuit fermé (en réplikat), en rizière de 100 m².

L'élevage extensif en étangs fertilisés (fiente de poule et fertilisant inorganique à 5 kg N ha⁻¹ mois⁻¹) a permis de mettre en évidence que les GMT présentent le sexe ratio le plus déviés en faveur des mâles (99,02 %, contre 67,23 % pour les MST et 84,98 % pour les SRT), qu'ils présentent les meilleurs taux de surie (95,7 % contre 89,33 % pour les MST et 91,87 pour les MST) et qu'ils atteignent, en fin d'expérience (237 jours pour l'étang 1 et 168 jours pour l'étang 2), des poids corporels moyens significativement plus élevés que les 2 autres populations (137,7 g pour les MST, 155 g pour les SRT et 181,3 g pour les GMT). Pour les 3 systèmes testés, les populations GMT permettent d'obtenir une production plus élevées (en moyenne 34 % supérieure) que les 2 autres populations (figure 2.1 ; Mair et *al.*, 1995).

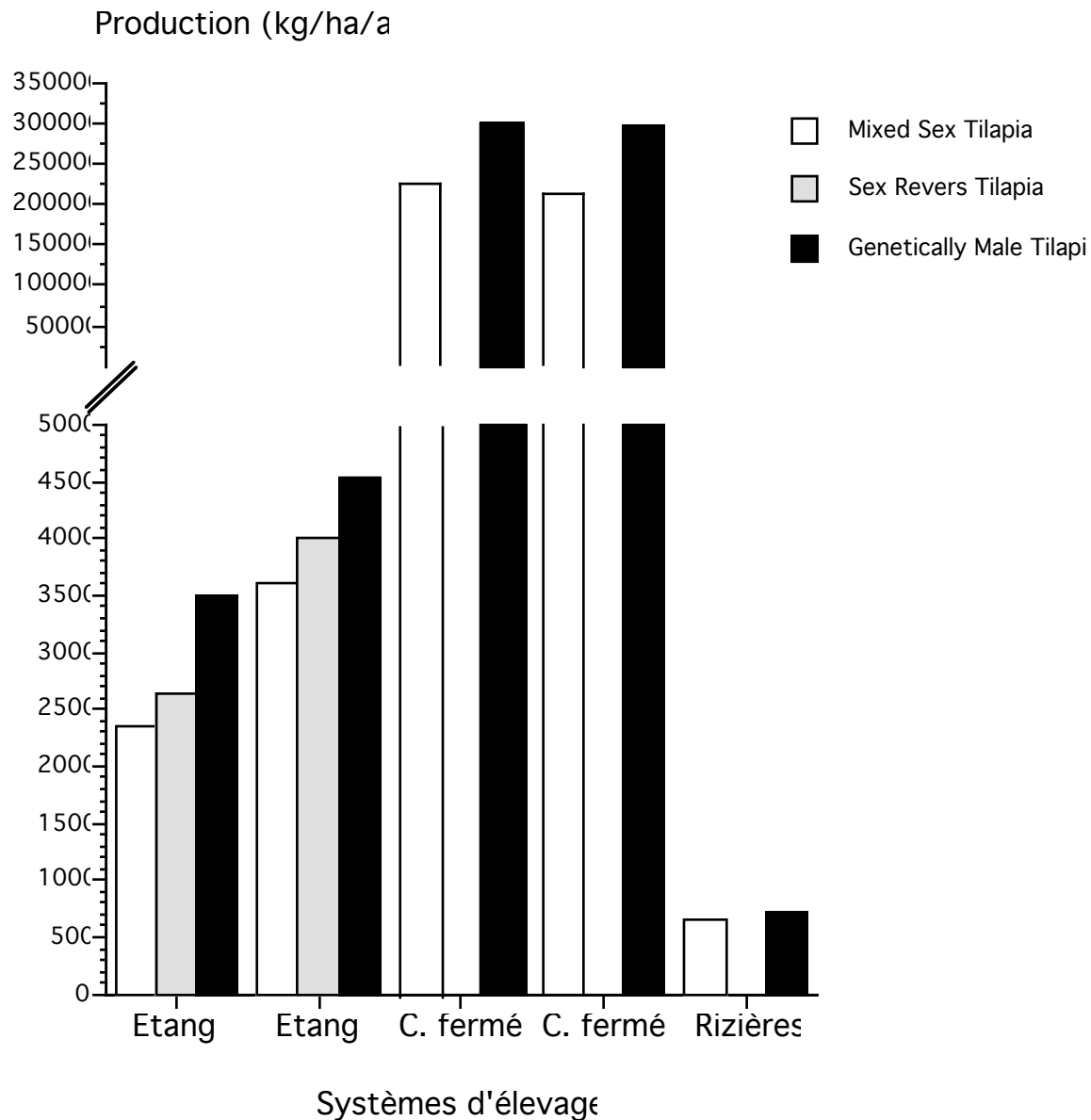


Figure 2.1 : Comparaison de la production des 3 lignées de tilapias *O. niloticus* MST, SRT et GMT en étangs, en circuit fermé ou en rizières. Note : les valeurs de production en circuit fermé doivent être multipliées par 100 (d'après Mair et *al.*, 1995).

2.3. La lignée ISRAEL

Cette lignée est très répandue dans les élevages aux Philippines. Elle a été acquise au « Bureau of Fisheries and Aquatic Resources (BFAR) » à Nueva Ecija, Philippines en 1986. Le stock fondateur du BFAR appartient à un lot originellement importé d'Israël par l'ICLARM en 1979.

La croissance de cette lignée en condition de sous-alimentation a été comparée avec celle de 2 autres souches : une provenant des Philippines (CLSU) et l'autre provenant de Thaïlande (NIFI). Les expériences ont été réalisées dans des aquariums de 60 l (50 individus par aquarium) sur des individus âgés de 4 semaines ($P_m = 0,244$ g) provenant de 27 familles (10 familles CLSU, 7 familles ISRAEL et 10 familles NIFI).

La lignée ISRAEL présente des performances de croissance supérieures aux 2 autres lignées, que ce soit dans des conditions d'alimentation normale (granulés à 26% de protéines distribués 2 fois par jour *ad libitum*) (figure 2.2a) ou dans des conditions de sous-alimentation (granulés à 26% de protéines distribués 2 fois par jour à raison de 10% de la biomasse totale pendant les semaines 3 et 4 et *ad libitum* le reste de l'expérience ; figure 2.2b). La lignée ISRAEL semble aussi plus performante que les 2 autres lignées testées lorsqu'elles sont soumises au stress, notamment aux fortes densités d'élevage (Eguia and Eguia, 1993).

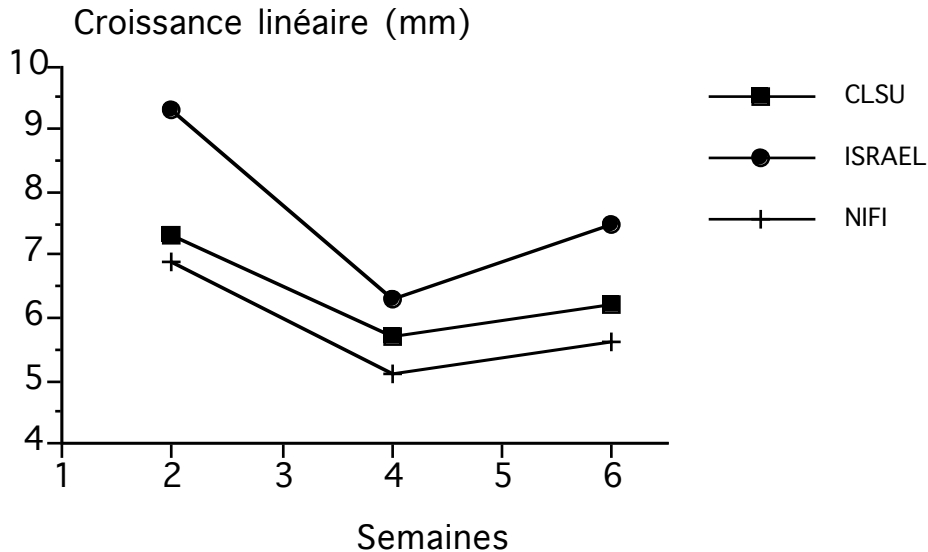


Figure 2.2a : Croissance linéaire (mm) des lots témoins de tilapias CLSU, ISRAEL et NIFI, nourris *ad libitum* (d'après Eguia et Eguia, 1993).

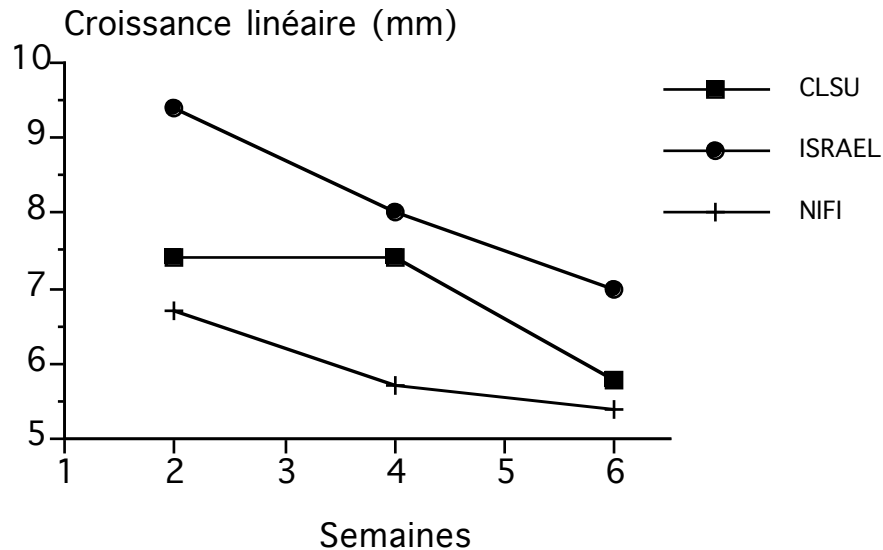


Figure 2.2b : Croissance linéaires (mm) des lots en expérience de tilapias CLSU, ISRAEL et NIFI, nourris à une ration de 10 % les semaines 3 et 4 et *ad libitum* le reste de l'expérience (d'après Eguia et Eguia, 1993).

2.4. La lignée NC : *O. niloticus* « Chitralada » (NC)

Cette lignée est la dernière souche d'*O. niloticus* introduite aux îles Fiji en 1990 à partir d'un stock thaïlandais. Le stock thaïlandais a lui-même été constitué à partir d'individus *O. niloticus* provenant d'Égypte. Cette lignée fut introduite en raison des bonnes performances qu'elle présentait dans les élevages asiatiques.

La croissance, la survie et les performances reproductives de cette lignée ont été comparées avec celles d'*O. mossambicus* (M), d'*O. niloticus* provenant d'Israël (NI) et des tilapias rouges (R). Les expériences, d'une durée de 4 mois, ont été réalisées sur trois générations, avec des individus d'un poids initial de ± 8 g dans des cages de 4 m³ placées dans des étangs de 600 m², à une densité de 125 individus m⁻³. Le nourrissage était réalisé avec de l'aliment artificiel (composition non communiquée), distribué 2 fois par jour à une ration de 25 % pour les individus d'un poids < 10 g, 10 % pour les individus de 10 à 20 g et 4 % pour les individus > 20 g.

C'est la lignée NC qui apparaît comme la souche la plus adéquate pour les élevages aux Fiji. Elle présente les meilleurs taux de croissance et de conversion et une survie moyenne (62,5%, tableau 2.2). Ses performances de reproduction sont élevées par rapport aux lignées M et R (45 %), mais un peu plus faibles que pour la lignée M (68 %). Cette lignée NC semble la meilleure, mais Macaranas et *al.* (1997) pensent qu'il est encore possible d'améliorer les performances en élevage en hybridant cette lignée avec la lignée NI (*O. niloticus* Israël).

Tableau 2.2 : Poids initial (g), poids final (g), vitesse de croissance (SGR), survie (%) et taux de conversion des 4 lignées de tilapias élevées aux îles Fiji.

Souches	Poids initial (g)	Poids final (g)	SGR (%)	Survie à 10 jours (%)	Taux de conversion
NI	8,9	109,7	2,09	80,8	2,0
R	9,4	91,1	1,89	62,6	1,9
NC	8,1	127,3	2,29	62,5	1,8
M	6,2	59,6	1,88	74,1	2,4

Récemment Tuan et *al.*, 1999 ont réalisé une étude visant à mettre en évidence le déterminisme du sexe de la souche « Chitralada » en Thaïlande. Ils sont arrivés à la conclusion que cette souche présente un déterminisme du sexe plus polygénique que d'autres souches, ce qui peut poser certains problèmes quant à l'obtention de familles monosexes mâles par utilisation de super mâle YY. L'utilisation de cette souche pour l'élevage en familles monosexes mâles nécessite donc la sélection de géniteurs femelles permettant l'obtention de telles familles.

2.5. La lignée égyptienne – Alabama et les hybrides

Cette lignée (E) a été collectée dans le canal d'Ismaïlia (Egypte) en 1982 et transférée à l'Université d'Auburn, Alabama. La croissance de cette lignée a été comparée à celle de l'autre lignée de l'Université d'Auburn (la lignée de Côte d'Ivoire : I) et aux « hybrides » entre ces 2 populations. Les différents lots d'hybrides et leur nomenclature sont repris dans le tableau 2.3.

Tableau 2.3 : Dénomination des différents hybrides étudiés.

Type	Croisements	Dénomination
F1	Femelle E x mâle I	EI
	Femelle I x mâle E	IE
F2	Femelle EI x mâle EI	EI x EI
	Femelle IE x mâle IE	IE x IE
Backcross	Femelle EI x mâle E	EI x E
	Femelle IE x mâle E	IE x E
	Femelle EI x mâle I	EI x I
	Femelle IE x mâle I	IE x I

Les expériences réalisées dans des hapas de 1 m³ de J0 à J30 (250 individus m⁻³, nourris à 20 % de la biomasse avec de l'aliment pour truites contenant 40 % de protéines) et de 2 m³ de J31 à J60 (37,5 individus m⁻³, nourris à *ad libitum* avec de l'aliment pour poissons-chats contenant 36 % de protéines) placés dans des bassins de 20 m² et dans des étangs de 0,1 ha ont duré 60 jours. Elles ont permis de mettre en évidence que la lignée E présente des performances de croissance supérieures à la lignée I (tableau 5). A 2 mois, les hybrides sont significativement plus grands (115,5 mm et 29,9 g) que les individus des lignées parentales (104,25 mm et 22,65 g). Les hybrides F2 et les backcross sont significativement plus grands que les individus de la lignée parentale et que les hybrides F1 (tableau 2.4).

Jayaprakas et *al.* (1988) suggèrent que ce sont les « hybrides » F2 et les backcross qui grandissent le mieux et que la croissance des jeunes *O. niloticus* peut être augmentée en réalisant « l'hybridation ».

Tableau 2.4 : Longueurs moyennes initiales et finales (mm) et poids moyens finaux (g) des différentes lignées Alabama après 60 jours d'expérience.

	Longueur initiale (mm)	Longueur finale (mm)	Poids final (g)
Lignée parentale E	15,4	106,80	24,50
Lignée parentale I	15,3	101,70	20,80
Hybrides F1	15,25	114,15	29,05
Hybrides F2	15,45	116,60	30,95
Hybrides backcross	15,3	116,00	29,92

Khater et Smitherman (1988) ont réalisé des études comparatives de la résistance aux basses températures et de la croissance de la lignée égyptienne (**E**), de la lignée Ghana (**G**) et de la lignée Côte d'Ivoire (**I**). La lignée égyptienne est plus résistante aux basses températures (10°C) que les 2 autres lignées (12,2°C pour la lignée **I** et 14,1°C pour la lignée **G**). La lignée **E** présente aussi de meilleures performances de croissance que les 2 autres lignées, même si au début de l'expérience, elle présentait un poids moyen inférieur (Tableau 2.5).

Tableau 2.5 : Poids moyens initiaux et finaux (g) et vitesse de croissance (SGR) des lignées Egypte, Côte d'Ivoire et Ghana, élevées en bassin ou en étang, seul ou en élevage mixte. Les chiffres suivis par la même lettre ne sont pas significativement différents.

Lignées	Poids initial (g)	En bassin				En étang	
		Poids final en élevage seul (g)	SGR en élevage seul (%)	Poids final en élevage seul (g)	SGR en élevage seul (%)	Poids final en élevage seul (g)	SGR en élevage seul (%)
Egypte	45	364,3 ^a	4,45	306,0 ^a	4,07	212,1 ^a	1,51
Côte d'Ivoire	52	323,8 ^{ab}	3,89	280,3 ^{ab}	3,58	205,9 ^{ab}	1,34
Ghana	48	245,9 ^b	3,47	252,0 ^b	3,52	185,2 ^b	1,32

2.6. La lignée égyptienne (**E**) des Philippines

Cette lignée est un mélange de 5 populations récoltées en Egypte en 1988 et 1989. La première récolte a été réalisée dans le lac Manzallah, dans des ruisseaux le long de la route désertique vers Port Saïd et dans des lacs autour d'Alexandrie. Les populations de la seconde récolte proviennent d'Abassa et d'Ismaïlia.

La croissance de cette lignée a été comparée avec 7 autres lignées : 3 provenant du milieu naturel africain [Ghana (**G**), Kenya (**K**) et Sénégal (**S**)] et 4 provenant des élevages philippins [Israël (**Is**), Singapour (**Si**), Thaïlande (**Th**) et Taiwan (**Tw**)]. Le suivi historique de ces 4 lignées d'élevage philippins est repris dans le tableau 2.6. L'étude a été réalisée sur 2 générations d'individus de 3 à 5 g, élevés dans 13 environnements différents : 1 étang de 1287 m² (0,6 et 2 ind. m⁻²) fertilisé de manière standard [fertilisant inorganique (16-20-0) à 50 kg/ha et de la fiente de poule à 1000 kg/ha la seconde semaine] (S1), 2 étangs de 1300 m² à une densité de 0,6 et 2 ind. m⁻², fertilisés de manière standard (S2) et avec seulement 2 applications de fertilisants (S3), 2 étangs de 1200 m² à une densité de 0,6 à 2 ind.m⁻² (P1) et de 500 m² à une densité de 5 ind.m⁻² (P2) fertilisés de manière standard, 1 cage de 13,5 m³ (50 ind.m⁻²) placée dans 1 réservoir sans fertilisation ni apport de nourriture externe (C1), 2 cages de 50 m³ (de 22 à 33 ind.m⁻²) en réservoir sans fertilisation et nourries à 20 % (C2) et avec fertilisation et nourries à 10 % (C3), 4 étangs de 100 m² à une densité de 0,6 et 2 ind.m⁻² fertilisés avec de la fiente de poule (1000 kg/ha) (W1), avec des feuilles (50 kg de matière sèche /ha) (W2), avec des feuilles et de la patate douce (50 kg de matière sèche /ha) (W3) et avec du lisier de porc et du fertilisant organique (50 kg/ha) (W4).

En première génération (figure 2.3), c'est la lignée égyptienne **E** qui montre les meilleures performances de croissance dans tous les environnements, sauf dans l'environnement C2 où c'est la lignée **S** qui présente la meilleure croissance relative. La lignée **E** présente une croissance relative moyenne de 8 g tout environnement confondu, alors que la croissance moyenne des autres lignées varie de -8,6 g pour la lignée **G** à 1,25 g pour la lignée **Tw**. En seconde génération, c'est la lignée **K** qui grandit le mieux, suivie de la lignée égyptienne, mais aucune différence significative n'a été mise en évidence entre ces 2 lignées.

Il ressort de cette étude que la lignée égyptienne présente les meilleures performances de croissance, suivie de la lignée kenyane. Les lignées africaines semblent posséder des performances de croissances égales ou supérieures à celles des lignées qui sont couramment utilisées aux Philippines, comme la lignée Israël par exemple. Eknath et *al.* (1993) suggèrent que la meilleure lignée dans les environnements testés sera aussi la meilleure pour une grande variété de systèmes d'élevage.

Tableau 2.6 : Origine des différentes lignées d'*O. niloticus* élevées aux Philippines

Nom	Origine
Israël – Philippines	Dérivée d'un stock fondateur d'origine ghanéenne conservée en Israël. Le stock originel de 1974, était constitué de 9 femelles et 2 mâles. Des juvéniles de 100 à 200 couples reproducteurs ont été amenés aux Philippines en 1979.
Singapour – Philippines	Descend d'un stock fondateur d'origine ghanéenne conduite à Singapour à partir d'Israël et de Singapour aux Philippines en 1979.
Thaïlande – Philippines	Origine égyptienne. Elle a été introduite aux Philippines à partir de la Thaïlande en 1987. Le stock fondateur de Thaïlande a, quant à lui, été introduit à partir du Japon en 1965. Le stock fondateur était de 50 individus.
Taiwan - Philippines	Descend d'un stock fondateur introduit aux Philippines de Taiwan en 1983-84. L'origine antérieure n'est pas connue, mais semble être ghanéenne.

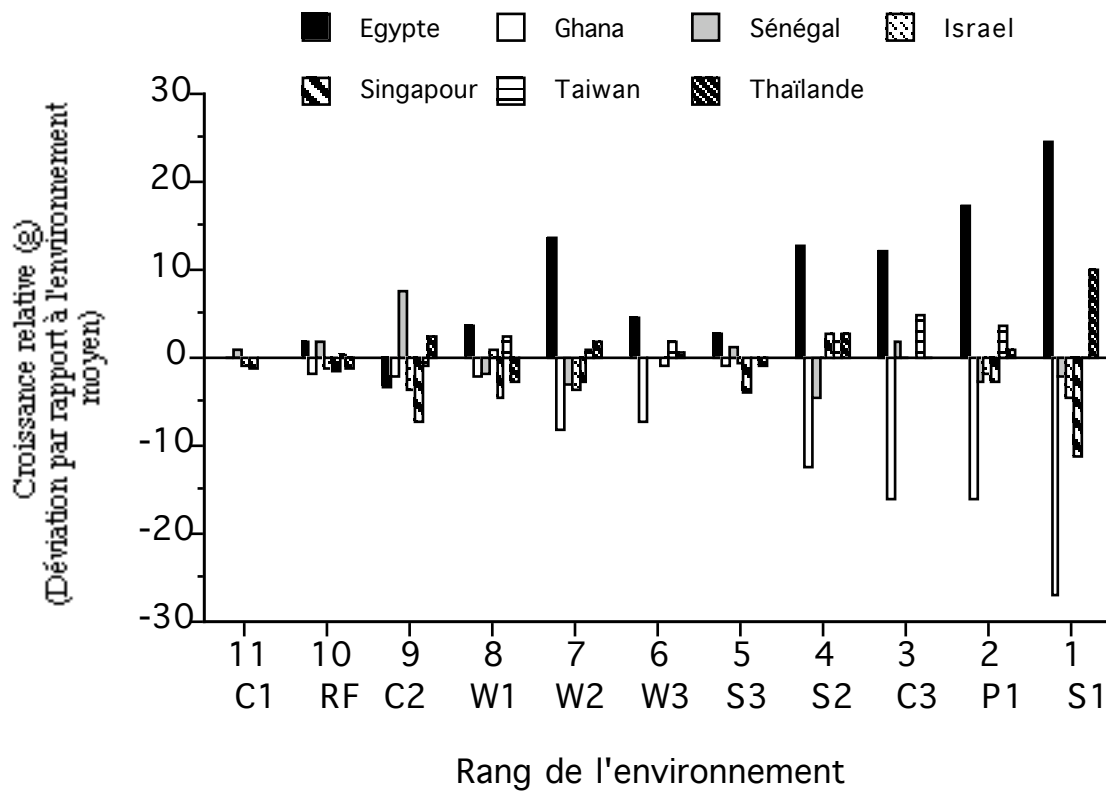


Figure 2.3 : Performances relatives de croissance en première génération de 7 lignées d'*O. niloticus* dans différents environnements, pour une durée de 3 mois. Le rang représente la qualité de l'environnement, 11 étant le plus défavorable et 1 le plus adéquat. La croissance relative a été calculée par rapport à la croissance que les lignées auraient dans un environnement standard.

2.7. La souche GIFT

La souche GIFT est une souche artificielle créée par L'ICLRAM aux Philippines et présente de bonnes performances de croissance dans de nombreux environnements. Une expérience a été réalisée d'octobre 1996 à mai 1997 dans les élevages nord-vietnamien, afin de tester la croissance de 3 souches dans 2 systèmes d'élevages (étangs et cages) pendant la période hivernale ($t^{\circ} < 16^{\circ}\text{C}$, Dan et Little, 2000). La souche GIFT a été comparée avec une souche Vietnamienne (VIET), introduite de Taiwan en 1977 et une souche Thaïlandaise (THAI), originaire d'Égypte et introduite au Vietnam en 1994. Les trois souches ont été élevées en populations mixtes (MS) et en populations monosexes mâles (M, obtenues par traitement des juvéniles à la 17α -methyltestosterone) dans des étangs de $285\text{-}295\text{m}^2$ ($1,5$ poissons m^{-2}) et dans des cages de $1 \times 1 \times 1,2\text{m}$ (30 poissons m^{-3}) placées dans des étangs de 1200m^2 et $1,5\text{m}$ de profondeur. L'aliment (30% de protéines) était distribué 2 fois par jour, 6 jours par semaines, à raison de 5% de la biomasse par jour le premier mois, 3% le second mois et 2% jusqu'à la fin de la période expérimentale.

Tableau 2.7 : Poids corporel initiaux et finaux (g), croissance journalière ($\text{g ind}^{-1} \text{j}^{-1}$) et survie des souches Thaïlandaise (Thai), GIFT et Vietnamienne (Viet) élevées en étang des 285-295m² et en cage (1 x 1 x 1,2m) en population mixtes (MS) ou monosexes (M).

	N	Poids corporel initial (g) \pm SD	Poids corporel final (g) \pm SD	Croissance ($\text{g ind}^{-1} \text{j}^{-1}$) \pm SD	Survie (%)	
En étang	Thai MS	435	10,7 \pm 0,7	350,0 \pm 28,6	1,8 \pm 0,15	70,1
	GIFT MS	435	10,5 \pm 0,8	375,3 \pm 35,7	2,0 \pm 0,19	82,3
	Viet MS	435	10,5 \pm 0,9	338,7 \pm 37,6	1,8 \pm 0,20	75,8
	Thai M	435	10,7 \pm 0,7	353,1 \pm 23,5	1,9 \pm 0,12	73,6
	GIFT M	435	10,3 \pm 0,8	400,0 \pm 26,3	2,1 \pm 0,13	72,9
	Viet M	435	9,9 \pm 1,2	380,3 \pm 28,7	2,0 \pm 0,15	77,5
	En cage	Thai MS	90	12,7 \pm 0,8	373,0 \pm 34,1	1,9 \pm 0,19
GIFT MS		90	11,3 \pm 0,6	391,4 \pm 33,3	2,1 \pm 0,18	96,7
Viet MS		90	12,4 \pm 0,5	337,1 \pm 33,5	1,8 \pm 0,18	94,4
Thai M		90	11,6 \pm 0,5	373,3 \pm 26,7	1,9 \pm 0,14	96,7
GIFT M		90	12,0 \pm 0,8	429,7 \pm 27,5	2,3 \pm 0,15	95,6
Viet M		90	12,3 \pm 0,8	365,5 \pm 33,3	2,0 \pm 0,18	95,6

La souche GIFT présente les meilleures performances de croissance, qu'elle soit élevée en populations monosexes mâles ou en population mixte en cage ou en étang (tableau 2.7). Les croissances journalières sont meilleures pour les élevages en populations monosexes mâles que pour les populations mixtes. Les meilleurs résultats sont obtenus avec les poissons de la souche GIFT, élevés en populations monosexes mâles dans les cages de 1 x 1 x 1,2m. Dan et Little (2000) suggèrent que la meilleure croissance observée pour la souche GIFT est due au fait qu'elle a été sélectionnée spécialement pour présenter les meilleures croissance dans de nombreuses conditions d'élevages.

2.8. Conclusions

Les performances de croissance sont extrêmement variables d'une lignée à l'autre et d'un environnement à l'autre. Cependant, plusieurs études ont montré la supériorité des souches égyptienne dans beaucoup d'environnements différents (Khater et Smitherman, 1988 ; Eknath et *al.*, 1993 ; Jayaprakas et *al.*, 1988 ; Macaranas et *al.*, 1997). Non seulement les lignées égyptiennes présentent de meilleures performances de croissance dans beaucoup de milieux, mais elles possèdent aussi une meilleure résistance à certains stress, comme l'élevage à basses températures ou de fortes densités de peuplement (Khater et Smitherman, 1988).

Eknath et *al.* (1993) et Macaranas et *al.* (1997) ont mis en évidence que les lignées égyptiennes et Philippines « Thaïlande » sont plus performantes que les lignées Ghana et Philippines « Israël », cette dernière étant pourtant très répandue dans les élevages.

Certains auteurs (Jayaprakas et *al.*, 1988) se tournent plutôt vers l'élevage de populations hybrides qui présentent de meilleures performances de croissance que les populations parentales. Cependant, Majumdar et McAndrew (1986), suite à une étude réalisée sur différentes espèces de tilapias (*O. niloticus*, *O. mossambicus*, *O. macrochir*, *O. spirulus* et *S. galilaeus*) et leurs hybrides, concluent que les hybrides présentent une croissance soit intermédiaire par rapport à celle des parents, soit moins bonne que celle des parents. L'hybridation interspécifique a surtout été utilisée pour la production de populations monosexes mâles (Wohlfarth, G.W., 1994). Malheureusement, les résultats des croisements sont variables en fonction de l'origine des géniteurs et cette technique a été délaissée au profit des inversions hormonales du sexe. Par contre, les hybridations intra-spécifique, inter-souches semblent donner de bons résultats pour l'amélioration des performances de croissances, comme ce qui a été mis en évidence dans l'étude réalisée par Jayaprakas et *al.* (1988, chapitre 2.5)

Le choix de souches adaptées et performantes en système d'élevage intensif doit probablement s'orienter vers les souches égyptiennes (Lac Manzallah) qui présentent les meilleures productions pour une vaste gamme de systèmes d'élevage. De plus en plus, les chercheurs s'orientent vers la recherche de souches présentant des caractéristiques génétiques particulières. Récemment des scientifiques ont constitués un stock artificiel de tilapias (*O. niloticus*, *O. aureus*, *O. mossambicus* et *S. melanotheron*) et de leur hybrides et cherchent s'ils présentent certaines performances de croissance liées à certains chromosomes (Agresti et *al.*, 2000). A partir de la fabrication d'une banque de données génétiques, différentes souches pourront alors être testées afin de vérifier si elles présentent ou non le caractère recherché.

L'achat de souches performantes peut se faire soit via les universités (exemple : Université de Stirling) ou des centres spécialisés comme l'ICLARM, qui possèdent certaines souches performantes (égyptiennes ou GIFT), soit via des sites internet principalement américains qui commercialisent des alevins ou des géniteurs de certaines souches qu'ils qualifient de « plus performantes au monde ». Une femelle *O. niloticus* donnant une descendance 100 % mâles se vend par exemple \$60 et un *T. hornorum*, qui donnent 100% de mâles lorsqu'il est croisé avec une femelle *O. niloticus* se vend \$100. Quelques exemples de sites internet commercialisant des tilapias sont repris en annexe 1.

3. Analyse de la qualité génétique des stocks d'*Oreochromis niloticus* de la pisciculture wallonne

3.1. Introduction

Les biologistes reconnaissent généralement le besoin d'identifier les différences entre les populations de poissons pour, d'une part préserver la biodiversité et le maintien des souches local sauvages et d'autre part, optimiser les élevages. En effet, l'existence d'une forte variabilité génétique intra et interpopulation chez un grand nombre d'espèces et la disparition progressive de cette variabilité par extinction de nombreuses populations locales à la suite de la dégradation du milieu et de l'introduction d'espèces exotiques, font que l'étude des populations de poissons est devenue l'une des préoccupations majeures pour les spécialistes des poissons au cours des dernières années. Au point de vue de la production, la connaissance de la qualité génétique (taux d'hétérozygotie, introgression, taux de consanguinité) des souches d'élevage permet non seulement une meilleure gestion des stocks, mais donne aussi la possibilité de pratiquer une sélection des caractères quantitatifs intéressants, tels que la fécondité élevée, une croissance rapide, une résistance aux parasites et aux maladies, etc.

Afin de permettre une étude fiable et approfondie des espèces et de vérifier si les populations ou les souches concernées sont pures, les techniques d'études génétiques sur base de l'analyse du polymorphisme moléculaire par électrophorèse (polymorphisme des protéines ou de l'ADN) ont été développées depuis un demi-siècle, notamment chez les poissons, dans le cadre de l'étude de la structure génétique des populations (Allendorf et Utter, 1979 ; Guyomard et Krieg, 1983 et 1986 ; Gyllensten, 1985 ; Rognon *et al.*, 1996 ; Ryman, 1983 ; ...).

L'étude de la structure et de la qualité génétique des populations par l'analyse de la variation des protéines (enzymes) a été appliquée à de nombreux organismes et est, de loin, la plus communément utilisée chez les poissons (Macaranas *et al.*, 1995). Cette technique permet de réaliser une analyse de caractères à déterminisme simple, facilement interprétables sous forme de génotypes et de fréquences alléliques, à partir desquelles la diversité génétique intra et interpopulation peut être estimée. Les caractères analysés ne sont pas modifiés par l'action des facteurs environnementaux, ce qui permet de réaliser une étude comparée de populations issues de milieux très variés, sans que les résultats en soient modifiés. De plus, c'est un procédé relativement simple qui permet une bonne analyse de la structure génétique des populations.

3.2. Matériel et méthodes

Trois « populations » de tilapias *Oreochromis niloticus* sont analysées : celle élevée à la Station d'Aquaculture de l'Université de Liège à Tihange (CEFRA), celle de Piscimeuse S.A. et une souche issue d'un élevage Américain. Trente individus de chaque population sont prélevés au hasard. Des échantillons de muscles, foie et œil sont prélevés directement et préparés pour l'analyse. 0,6 g de foie et de muscle et un œil sont broyés dans respectivement 600, 450 et 300 µl d'eau distillée. Afin d'éliminer les graisses présentes dans les tissus qui induisent des déviations dans la migration des protéines, 300 µl de chloroforme sont ajoutés dans chaque échantillon. Après 10 minutes de centrifugation à 15000 tours/minutes à 10 C, le surnageant est prélevé et conservé sur glace pendant toute la période de montage du gel d'électrophorèse.

Les électrophorèses sont réalisées sur des gels d'amidon préparés à 14 %, dissous dans un tampon. Dix-huit systèmes enzymatiques représentant 30 loci ont été analysés. La nomenclature des locus est celle proposée par Shaklee *et al.* (1990). La numérotation des différents locus d'un même système enzymatique est fonction de leur mobilité, le plus proche de la cathode recevant le numéro 1 (tableau 3.1).

3.3. Le taux d'hétérozygotie

Le taux d'hétérozygotie mesure la fréquence moyenne théorique des individus hétérozygotes dans la population, mesure estimée à partir des fréquences alléliques observées. Les fréquences alléliques sont calculées par comptage direct des allèles. Pour un locus donné, comportant plusieurs allèles (i) dont la fréquence est p_i , le taux d'hétérozygotie H est :

$$H = 1 - \sum_i p_i^2$$

Le taux d'hétérozygotie moyen de l'échantillon étudié est calculé en faisant simplement la moyenne arithmétique des taux observés pour chacun des locus. Il correspond au rapport entre le nombre de locus polymorphes et le nombre total de locus étudiés. Un locus est considéré comme polymorphe lorsque la fréquence allélique de l'allèle majoritaire est inférieure à 95 % (P95) ou 99 % (P99).

Tableau 3.1 : Liste des systèmes enzymatiques étudiés, avec la localisation des locus dans les tissus : F = foie ; M = muscle ; O = œil. Note : les protéines sont nommées en lettre majuscule droite et les locus reprennent les mêmes lettres en italique suivies d'un astérisque.

Nom du système	Système	Locus	Tissus		
Aspartate-amino-transférase	AAT	<i>AAT-1*</i>	F	M	O
		<i>AAT-2*</i>	F		O
		<i>AAT-3*</i>		M	O
Alcool-deshydrogenase	ADH	<i>ADH*</i>	F		
Adenylate-kinase	AK	<i>AK*</i>		M	
Creatine-kinase	CK	<i>CK-1*</i>		M	O
		<i>CK-2*</i>			O
Esterase	EST	<i>EST-2*</i>		M	O
Fructose biphosphatase	FBP	<i>FBP-1*</i>		M	
		<i>FBP-2*</i>	F		
Fumarate hydratase	FH	<i>FH*</i>		M	
Glycerol-3-phosphate deshydrogenase	G3PDH	<i>G3PDH-1*</i>		M	
		<i>G3PDH-2*</i>	F	M	
Glucose-phosphate-isomérase	GPI	<i>GPI-1*</i>		M	O
		<i>GPI-2*</i>	F		O
L-identol deshydrogenae	IDDH	<i>IDDH*</i>	F		
Isocitrate deshydrogenase	IDHP	<i>IDHP-1*</i>	F		
		<i>IDHP-2*</i>		M	
Lactate deshydrogenase	LDH	<i>LDH-1*</i>		M	O
		<i>LDH-2*</i>	F	M	O
		<i>LDH-3*</i>			O
Malate deshydrogenase	MDH	<i>MDH-1*</i>		M	O
		<i>MDH-2*</i>	F	M	O
		<i>MDH-3*</i>		M	
Enzyme malique	MEP	<i>MEP-1*</i>		M	
		<i>MEP-2*</i>	F	M	
Mannose-phosphate-isomerase	MPI	<i>MPI*</i>		M	
Phosphogluconate deshydrogenase	PGDH	<i>PGDH*</i>	F	M	
Phosphoglucomutase	PGM	<i>PGM*</i>		M	
Superoxyde-dismutase	SOD	<i>SOD*</i>	F		

3.4. Résultats

Aspartate aminotransférase (AAT)

Ce système enzymatique contient trois loci, un migrant à la cathode (*AAT-1**) et les 2 autres migrant à l'anode (*AAT-2** et *AAT-3**). Seul le locus *AAT-2* dans les populations de *O. niloticus* présente trois bandes de migration, patron de migration de type hétérozygote. En effet, ce système enzymatique est composé de 2 sous-unités (dimère), et présente à l'état homozygote une seule bande de migration, mais en montre 3 à l'état hétérozygote. L'hétérozygotie maximale, typique des populations analysées par Rognon, pour ce locus est rencontrée dans la population d'*O. niloticus* originaire des USA (tableau 3.2).

Alcool déshydrogénase (ADH)

Il y a un locus qui migre dans le foie. Aucune variation n'a été mise en évidence pour les individus de la population CEFRA. Par contre, trois individus de la population Piscimeuse montrent un patron de migration particulier, présentant des allèles spécifiques aux *aureus* (allèle *-100 pour les *niloticus* et allèles *-100 et *-50 pour les *aureus*). Cette constatation renforce l'hypothèse d'une possible introgression d'individus *aureus* dans la population de *niloticus* de Piscimeuse.

Adénylate kinase (AK)

Deux bandes sont révélées après la coloration ; aucune variation n'est mise en évidence pour les 2 populations.

Créatine kinase (CK)

Deux loci sont mis en évidence dans l'œil ; aucun individu hétérozygote n'est observé dans aucune des 2 populations.

Estérase (EST)

Au moins quatre loci ont été mis en évidence dans les différents tissus. Les électrophorogrammes sont très complexes et ne permettent pas d'interpréter ces systèmes de manière satisfaisante. Une étude particulière de l'estérase EST-2 n'a mis en évidence aucune variation de ce système et tous les individus se sont révélés homozygotes.

Fructose biphosphate (FBP)

Deux loci ont été mis en évidence, FBP-1* dans le muscle et FBP-2* dans le foie. Aucune variation n'a été détectée pour les populations analysées.

Fumarate hydratase (FH)

Un locus est présent dans le muscle. Aucun individu hétérozygote n'a été détecté.

Glycérol-3-phosphate deshydrogénase (G3PDH)

Aucune variation n'a été observée que ce soit dans le foie (G3PDH-2*) ou dans le muscle (G3PDH-1*). Ce système enzymatique requiert des conditions particulières de migrations (échantillons sans chloroforme), ce qui rend parfois l'interprétation difficile.

Glucose-6-phosphate isomérase (GPI)

Seule la population « USA » présente une légère variabilité, avec 3,3% de l'allèle 114, qui est l'allèle typique de l'espèce *O. mossambicus*.

L-Iditol déshydrogénase (IDDH)

On trouve un seul locus qui s'exprime dans le foie. Aucun polymorphisme n'a été détecté pour la population CEFRA ou USA. Par contre, trois individus de la population Piscimeuse présentent des patrons de migrations de type hétérozygote (5 bandes de migrations), avec une fréquence de 5 % pour l'allèle 169, qui est l'allèle typique de l'espèce *O. mossambicus*.

Isocitrate déshydrogénase (IDHP)

Aucune variation n'a été mise en évidence, que ce soit pour le locus IDHP-1* du foie ou pour IDHP-2* du muscle.

Lactate deshydrogénase (LDH)

Aucune variation n'a été mise en évidence pour ce système, tous les individus présentant le même patron de migration.

Malate déshydrogénase (MDH)

Trois loci ont été mis en évidence pour ce système (dimère), les trois étant présent dans le muscle. Le locus MDH 3 présente une importante hétérozygotie dans la population d'*O. niloticus* « USA ». Sachant que toutes les populations d'*O. niloticus* analysées par Rognon sont homozygotes pour ce locus (allèle 100), et que l'allèle 119, présent ici à raison de 35%, est typique des *O. mossambicus*, *honorum* et *macrochir*, on peut penser que la souche « USA » a été créée à l'origine par un croisement avec une de ces deux espèces.

Enzyme malique (MEP)

Ce système qui comprend 2 locus dans le muscle (MEP-1* et MEP-2*) ne présente aucune variation polymorphique, là où il a pu être analysé (les bandes de migration pour cette enzyme sont généralement assez mal définie, compliquent souvent l'interprétation des électrophorogrammes).

Mannose-6-phosphate isomérase (MPI)

L'activité spécifique de cette enzyme étant trop faible dans les tissus que nous avons pu analyser, nous n'avons pas pu analyser le locus MPI

Phosphogluconate deshydrogénase (PGDH)

Une bande unique monomorphe est mise en évidence pour les 4 populations.

Phosphoglucose mutase (PGM)

Une bande unique monomorphe est mise en évidence chez les 4 populations.

Superoxyde dismutase (SOD)

Un seul locus apparaît dans le foie. Aucune variation n'est observée. Notons que les deux espèces analysées présentent des allèles différents.

3.5. Discussion

Les différentes espèces de tilapias présentent généralement une faible hétérozygotie enzymatique, (0 à 8 % chez les 12 populations analysées par Rognon (1991)), et celles faisant l'objet de ce rapport ne font pas exception (0,78 à 3,4%, tableau 2.2).

En ce qui concerne *O. niloticus*, les deux populations « CEFRA » et « Piscimeuse » sont fort semblables et très consanguines, tandis que la souche originaire des USA présente une plus forte hétérozygotie, ainsi qu'un polymorphisme original et non négligeable au locus MDH-3, qui semble indiquer que cette souche n'a pas que l'espèce *niloticus* dans ses origines.

La population d'*O. mossambicus* originaire de la Réunion ne présente aucun polymorphisme, et ses allèles sont bien ceux typiques de l'espèce (Rognon 1991). Il s'agit donc d'une population très consanguine, probablement fondée sur base d'un stock très réduit de géniteurs.

Tableau 3.2 : Résultats de l'analyse du polymorphisme enzymatique chez 3 populations d'*Oreochromis niloticus*, avec pour comparaison les résultats pour une population de *O. mossambicus* originaire de l'Ile de la Réunion

Locus	Allèle	<i>O. niloticus</i> « CEFRA »	<i>O. niloticus</i> « Piscimeuse »	<i>O. niloticus</i> « USA »	<i>O. mossambicus</i> « Réunion »
<i>AAT-1</i>	-100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>AAT-2</i>	117	0,000	0,000	0,000	0,000
	100	0,883	0,767	0,500	0,000
	55	0,117	0,233	0,500	1,000
	10	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>AAT-3</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
	78	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>ADH</i>	-50	0,000	0,033	0,000	
	-100	1,000	0,967	1,000	
<i>AK</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>CK-1</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
	56	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>CK-2</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>EST-2</i>	105	0,000	0,000	0,000	0,000
	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>FBP-1</i>	100	1,000	1,000		
<i>FBP-2</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>FH</i>	120	0,000	0,000	0,000	0,000
	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>G3PDH-1</i>	100	1,000	1,000		
<i>G3PDH-2</i>	100	1,000	1,000		
<i>GPI-1</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>GPI-2</i>	114	0,000	0,000	0,033	1,000
	100	1,000	1,000	0,967	0,000
<i>IDDH</i>	169	0,000	0,050	0,000	1,000
	100	1,000	0,950	1,000	0,000
	16	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>IDHP-1</i>	108	0,000	0,000	0,000	0,000
	100	1,000	1,000	1,000	1,000
	70	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>IDHP-2</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>LDH-1</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>LDH-2</i>	100	1,000	1,000	1,000	
	52	0,000	0,000	0,000	
	46	0,000	0,000	0,000	
<i>LDH-3</i>	100	1,000	1,000	1,000	
<i>MDH-1</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
	42	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>MDH-2</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>MDH-3</i>	119	0,000	0,000	0,35	
	100	1,000	1,000	0,65	
<i>MEP-1</i>	125				0,000
	100				1,000
<i>MEP-2</i>	120				0,000
	100				1,000
	80				0,000
	70				0,000
<i>MPI</i>	107				
	100				
	92				
<i>PGDH</i>	100	1,000	1,000	1,000	1,000
	69	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>PGM</i>	100	1,000	1,000		
<i>SOD</i>	100	1,000	1,000	1,000	0,000

-

<i>19</i>	0,000	0,000	0,000	1,000
<i>H (%)</i>	0,76	1,90	3,4	0,0
<i>P95 (%)</i>	3,7	7,4	7,1	0,0
<i>P99 (%)</i>	3,7	11,11	7,1	0,0

4. Comparaison de 2 souches de tilapia *Oreochromis niloticus* monosex mâle de génotype XY

4.1. Objectifs

L'objectif de cette première expérience était de comparer les performances de croissance et la survie de tilapias issus de deux souches (origine: CEFRA-ULg et USA) d'*O. niloticus* monosex mâle à génotype XY, produits à partir de supermâles YY.

4.2. Matériel et méthodes

Le protocole et les conditions environnementales sont décrits dans le tableau 4.1 ci-dessous. L'expérience débute dans des bassins de 1 m²/0,3 m³ alimentés par un circuit fermé à 27°C. Après une période de 35 jours, la biomasse et le nombre de poissons ont été ajustés. A la fin de cette deuxième phase de 75 jours, les poissons ont été triés manuellement. Seuls les mâles ont été gardés afin de poursuivre l'expérience dans des bassins de 2 m²/1 m³ alimentés en circuit ouvert à 27°C. La biomasse et le nombre de poissons ont été réajustés après 90 jours d'élevage. Les deux souches ont ensuite été élevées pendant une durée de 52 jours. Au terme de cette période, les poissons ont été transférés dans des bassins de 4 m²/1,6 m³ et nourris durant 39 jours. Durant les 110 premiers jours, les poissons ont été nourris avec un aliment contenant: 51 % de protéines et 18 % de matière grasses brutes, puis avec un aliment contenant 38 % de protéines et 10 % de matière grasses brutes durant le reste de cette expérience. Le sexe-ratio a été estimé d'une part sur un échantillon de 100 individus par souche, par observation du squash gonadique coloré à l'acéto-carmin après 35 jours et d'autre part estimé par analyse de la papille uro-génitale de 300 poissons après 110 jours d'élevage.

Tableau 4.1: Protocole et conditions expérimentales de l'expérience.

Population	Durée (j)	Environnement	Circuit	T (C°)	Pm initial (g)	Biomasse initiale (g)	N initial	Fréquence de contrôle
Mixte	35	Bassin 1 m ² /0,3 m ³	Fermé	27	C: 0,136	C:137	1010	7 jours
					U:0,219	U:221	1010	
Mixte	75	Bassin 1 m ² /0,3 m ³	Fermé	27	C:14,4	C:5050	350	15 jours
					U:18,6	U:6520	350	
100% Mâle	90	Bassin 2 m ² /1 m ³	Ouvert	27	C:57,2	C:10700	187	15 jours
					U:79,1	U:14800	187	
100% Mâle	52	Bassin 2 m ² /1 m ³	Ouvert	27	C:266,0	C:26600	100	13 jours
					U:322,0	U:32200	100	
100% Mâle	39	Bassin 4 m ² /1 m ³	Ouvert	27	C:394,4	C:35500	90	13 jours
					U:469,1	U:42220	90	

C: Souche CEFRA-ULg

U: Souche USA

4.3. Résultats et discussion

4.3.1 Sexe-ratio

Les résultats présentés dans le tableau 4.2 montrent que, contrairement au sexe-ratio annoncé par le producteur américain, la souche USA n'est pas une population monosexue mâle XY. On relève en effet une proportion élevée de femelles dans les deux réplicats (32 et 40% par sexage par dissection ainsi qu'un sexe ratio de 34 et 36% par sexage manuel), laquelle peut s'expliquer par plusieurs hypothèses non exclusives : erreur au niveau des géniteurs (mélange ou utilisation accidentelle de mâles XY au lieu de supermâles YY), erreur au niveau du stock de tilapias envoyé ou encore, le fait que ces poissons ne soient pas issus d'un croisement entre un mâle YY et des femelles XX mais aient été obtenus à partir d'une inversion à la testostérone sur un stock d'alevins issus de géniteurs à génotype normaux. Ce sexe ratio inattendu aussi résulter d'un croisement de deux souches (Mâle YY, souche A x Femelle XX, souche B), ce qui annoncerait dès lors un déterminisme polygénique du sexe.

Tableau 4.2: Sexe-ratio obtenu pour les souches CEFRA et USA.

	CEFRA 1	CEFRA 2	USA 1	USA 2
Mâles (%) (sexage par dissection, j 35, Pm = 5g)	100	100	60	68
Mâles (%) (sexage manuel, j 110, Pm = 60 g)	100	100	66	64

4.3.2 Performances de croissance

Circuit fermé, sexe mélangé

La figure 4.1 montre l'évolution des poids corporels durant la première phase de l'expérience en circuit fermé. On remarque que les tilapias de la souche USA présentent un poids moyen supérieur à la souche CEFRA malgré une forte variabilité entre réplicats. On note des poids moyens finaux de respectivement 67 et 84 g pour la souche USA et 62 et 56 g pour la souche CEFRA.

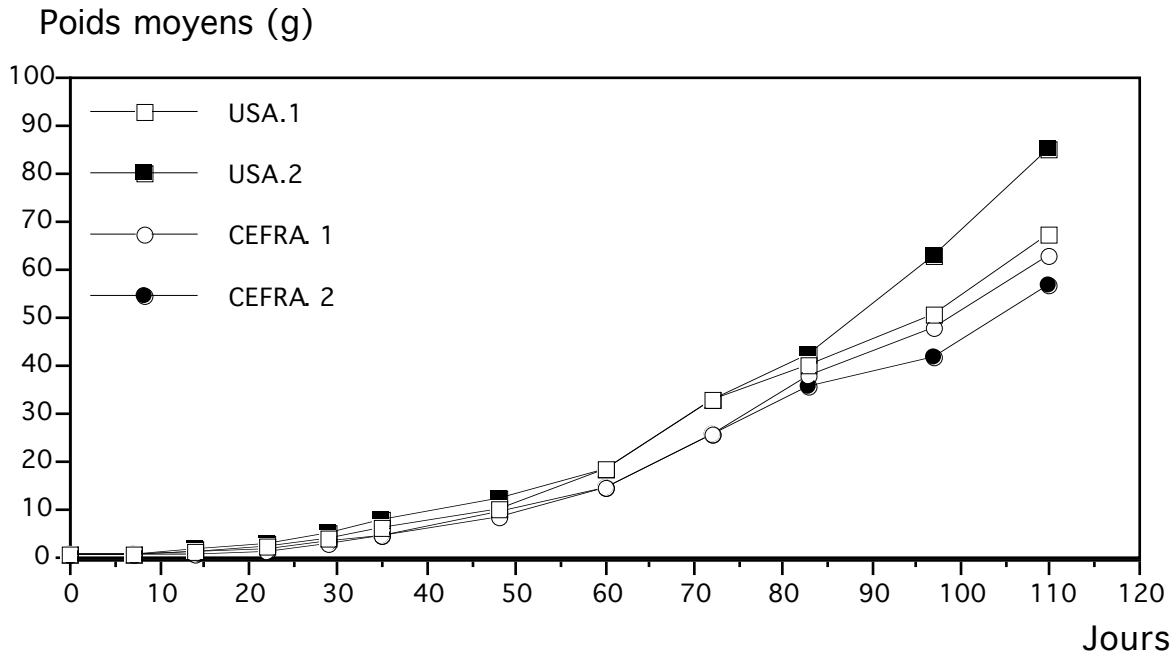


Figure 4.1: Comparaison de croissance pondérale des 2 souches de tilapias à génotype XY durant la première phase d'élevage en circuit fermé.

Après 35 jours d'élevage, nous avons remarqué que l'hétérogénéité de tailles des deux souches restait comparable (C.V de 54 et 55%), du moins si on ne base la comparaison que sur les mâles. Les individus femelles de la souche USA, par contre, présentent une hétérogénéité nettement plus forte (C.V de 76%), et un poids nettement inférieur à celui des mâles de la même souche (6,28 g pour les femelles contre 9,77 g pour les mâles). Au plan de la croissance des individus mâles, il apparaît clairement que la différence initiale (0,136 et 0,219 respectivement pour les individus CEFRA et USA) de poids corporel entre les deux souches est toujours marquée puisque les mâles de la souche USA ont un poids moyen 3 fois supérieur à celui des mâles de la souche CEFRA (Rapport de l'année 2000).

En fin d'expérience en circuit fermé, l'hétérogénéité des tailles est plus marquée chez la souche USA que chez la souche CEFRA (CV de 35,2 et 41,5% respectivement pour les mâles et femelles USA contre un CV de 29,0 % pour les individus issus de la souche CEFRA, figures 4.2 et 4.3). Les individus femelles de la souche US, par contre, présentent une hétérogénéité nettement plus forte (41,5 %) que les mâles (35,2 %), et un poids nettement inférieur à celui des mâles de la même souche (51,4 g pour les femelles contre 78,8 g pour les mâles). Cette tendance avait déjà été remarquée lors de la première expérience. On observe également une différence significative ($P < 0,05$) en faveur des mâles de la souche USA par rapport d'une part aux femelles de la même souche et d'autre part à la souche CEFRA qui présentent un poids moyen final plus faible.

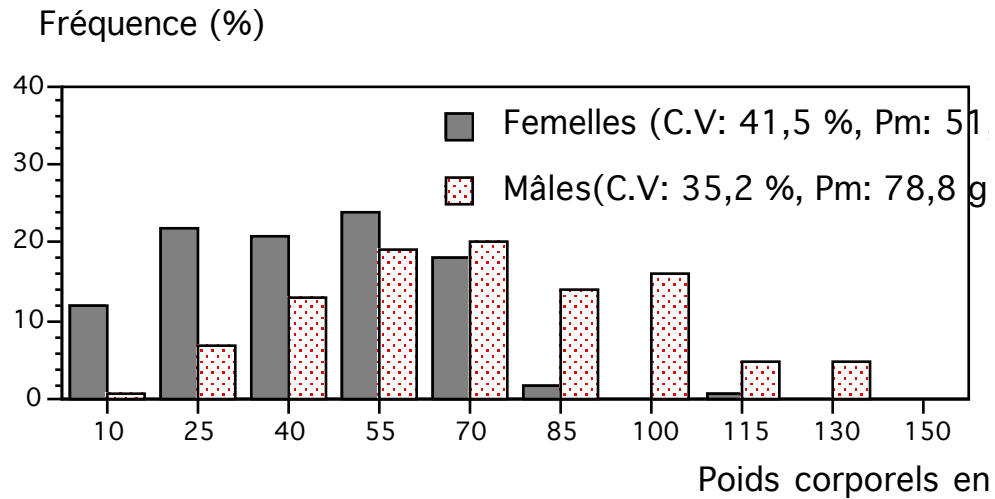


Figure 4.2: Histogramme de fréquence de poids corporels finaux des lots U.S.A à j 110.

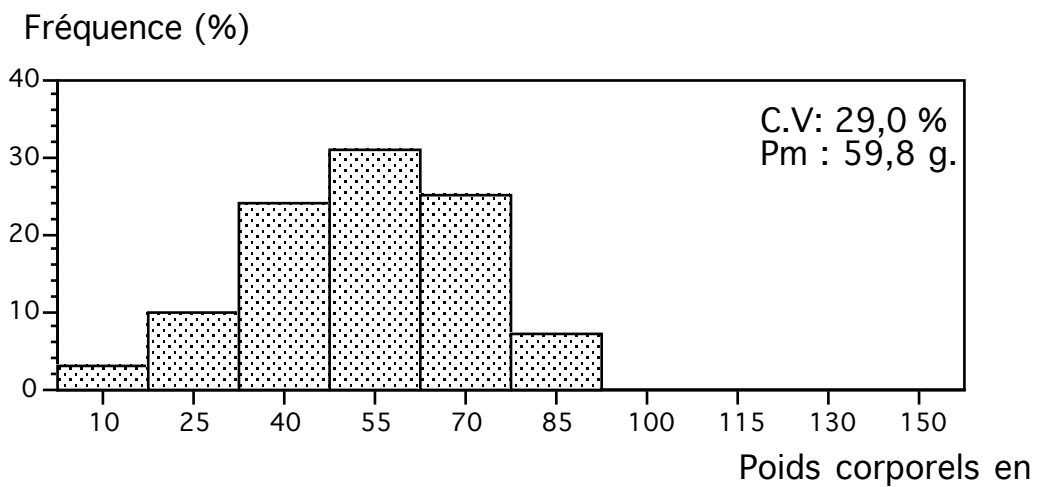


Figure 4.3: Histogramme de fréquence de poids corporels finaux des lots CEFRA (100% mâle) à j 110.

Tableau 4.3: Synthèse des principaux résultats obtenus, sexes mélangés, durant la première période de 110 jours. (moyenne des réplicats).

	CEFRA 1	CEFRA 2	U.S.A 1	U.S.A 2
Pm initial (g)	0,136	0,136	0,219	0,219
Pm final (g)	62,630	56,780	67,166	84,552
Ration (%)	6,54	5,81	5,39	5,46
Survie (%)	49,5	57,9	62,8	52,7
Taux de conversion	1,15	1,13	1,17	0,97
Vitesse de croissance (g ind ⁻¹ .j ⁻¹)	0,73	0,66	0,78	0,99

Si on observe les résultats présentés dans le tableau 4.3, pour la première période, on remarque un poids moyen final presque significativement plus élevé pour la souche USA ($P = 0,07$), bien qu'il existe une forte variabilité entre les réplicats : 62,6 et 56,8 g pour la souche CEFRA ainsi que 67,1 et 84,5 g pour la souche USA. Les lots USA présentent une survie légèrement supérieure aux lots CEFRA. On note respectivement pour ces deux souches un taux de survie de 49,5 et 57,9 % pour la souche CEFRA ainsi que 62,8 et 52,7 % pour la souche USA. Les taux de conversion sont semblables durant cette période: 1,1; excepté pour le lot USA 2 qui montre un taux de conversion légèrement inférieur aux autres: 0,97. La souche USA présente également des vitesses de croissance supérieures à la souche CEFRA: 0,78 et 0,99 g ind⁻¹.j⁻¹ contre 0,73 et 0,66 g ind⁻¹.j⁻¹ pour la souche CEFRA.

Circuit ouvert, population monosexé mâle

Après une période de 110 jours passés dans les conditions décrites plus haut, les femelles ont été retirées et les mâles ont été élevés durant 180 jours. L'évolution des poids corporels est présentée à la figure 4.4 .

Poids moyen (g)

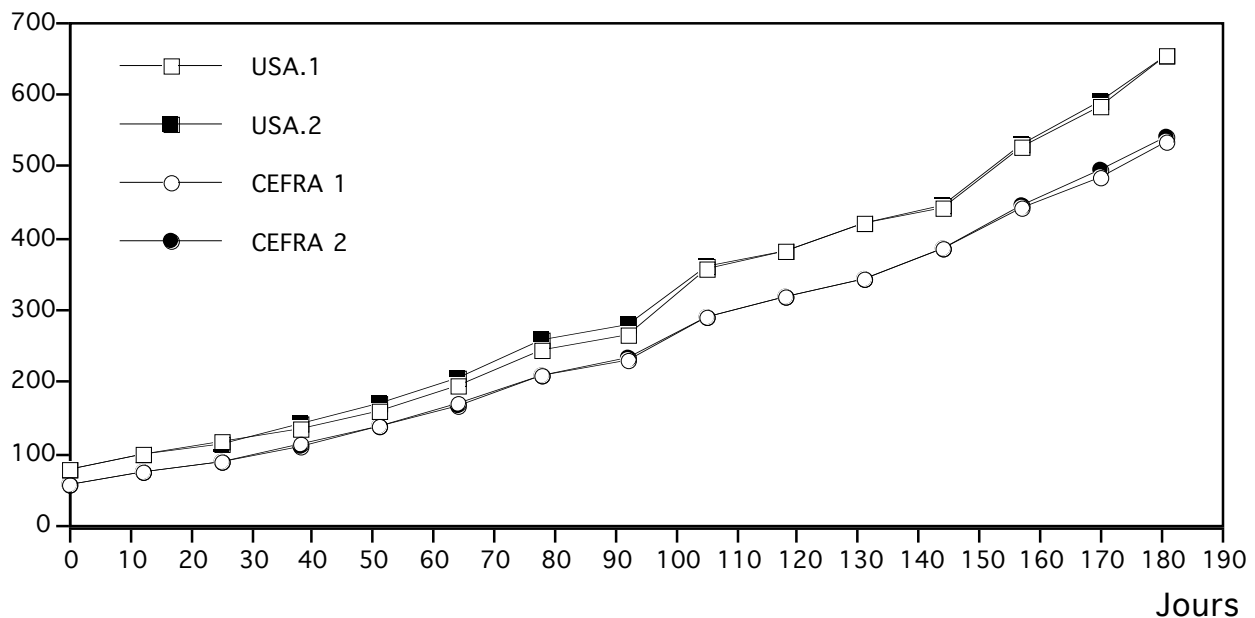


Figure 4.4: Comparaison de croissance pondérale des 2 souches de tilapias mono-sexe mâle durant la deuxième phase d'élevage de 180 jours en circuit ouvert.

Lorsque l'on observe la figure 4.4, on remarque qu'il existe peu de différence entre les réplicats d'une même souche. Durant toute cette deuxième période, les individus USA ont montré des poids moyens supérieurs à la souche CEFRA. On note des poids moyens finaux de 533,3 et 539,3 g pour la souche CEFRA et de 652,8 et 653,3 g pour la souche USA.

Tableau 4.4 : Synthèse des principaux résultats obtenus, population monosexue mâle durant la deuxième période de 180 jours (moyenne des réplicats).

	CEFRA 1	CEFRA 2	U.S.A 1	U.S.A 2
Poids moy. init. (g.)	57,2	57,2	79,1	79,1
Poids moy. fin. (g.)	533,3	539,3	652,8	653,3
Ration (%)	1,63	1,62	1,39	1,36
Survie (%)	99	96	96	98
Taux de conversion	1,31	1,44	1,44	1,35
Vitesse de croissance (g.ind ⁻¹ J ⁻¹)	2,60	2,60	3,10	3,10

Le tableau 4.4 montre, outre l'avantage de croissance pour les individus USA, une survie semblable pour les deux souches: 99 et 96 % pour la souche CEFRA ainsi que 96 et 98 % pour la souche USA. Les taux de conversion (1,31 et 1,44 pour la souche CEFRA, 1,44 et 1,35 pour la souche USA) sont comparables. Cependant, on note une vitesse de croissance supérieure au sein des lots USA: 3,10 contre 2,60 g ind⁻¹J⁻¹ pour la souche CEFRA.

-

4.4. Conclusion

Les résultats de cette étude ont démontré que dans les conditions décrites plus haut et malgré une proportion importante de femelles lors de la première partie de cette expérience, la souche tilapia USA, présente un taux de survie plus élevé, un taux de conversion un peu plus intéressant et une vitesse de croissance moyenne supérieure à la souche CEFRA. On a également observé une nette diminution de la variabilité entre réplicats après l'élimination des femelles.

5. Comparaison des performances de croissance et de survie de 2 souches d'*O. niloticus* et de leurs hybrides réciproques

Lors de la première expérience, et contrairement à ce qui avait été annoncé par le producteur américain, nous avons remarqué que les poissons de la souche USA ne constituait pas une population monosex mâle. Dès lors, l'utilisation des géniteurs de cette première génération USA a permis de produire les alevins nécessaires à la réalisation d'une nouvelles expérience de comparaison des souches pures USA (génération F1) et CEFRA mais également de comparer les performances de croissance et de survie de leurs croisements réciproques.

5.1. Objectif

L'objectif de cette expérience était de comparer les performances de croissance et la survie de deux souches (l'une issue du CEFRA-ULg et présente depuis 1986 = souche CEFRA; l'autre issue des Etats Unis = souche USA) d'*O. niloticus*, ainsi que de leurs croisements réciproques afin de confirmer le potentiel de croissance différent des deux souches et d'étudier l'effet hétérosis éventuel résultant de leur croisement, appelés hybrides "inter-souches".

5.2. Matériel et méthodes

5.2.1 Production des différents lots

Quatre bassins de 4m²/1,6 m³ (profondeur 30 cm), alimentés par un circuit ouvert à 27,5°C (mélange d'eau de Meuse et d'eau de la centrale nucléaire) ont été mis en charge avec des géniteurs (sexe-ratio: 1 mâle pour 10 femelles, poids moyen mâles USA et CEFRA: 307g et 261g et un poids moyen de 197 et 175 g respectivement pour les femelles de souches CEFRA et USA).

Les croisements suivants ont été réalisés:

- CEFRA mâle x CEFRA femelles: CEFRA
- USA mâle x USA femelles: USA
- USA mâle x CEFRA femelles: USA mâle
- CEFRA mâle x USA femelles: CEFRA mâle

Une fois par semaine, les œufs sont récoltés dans la bouche des femelles et placés dans une écloserie fonctionnant en circuit fermé à 27°C. Le poids moyen des œufs et le taux d'éclosion ont été relevés pour chaque type de croisement. Avant la mise en charge des aquariums, un choc osmotique (NaCl : 30 ppm) a été appliqué à chacun des croisements proposés afin de tester la résistance des alevins. Les morts ont été relevés toutes les 2 minutes durant la première demi-heure et toutes les 5 minutes après les trente premières minutes.

5.2.2 Suivi de la croissance et de la survie des différents lots.

Afin de limiter l'effet famille, trois pontes de même âge ont été regroupées pour chaque type de croisement (figure 5.1). Les 4 combinaisons ont ensuite été élevées en triplicats dans des aquariums de 50 l à 27°C durant trois semaines (300 individus/aquarium) à raison d'un contrôle (biomasse/survie) par semaine. Après trois semaines, les poissons ont été regroupés par type de croisement et élevés pendant 8 semaines en réplicats dans des bassins de 2m²/0,4 m³ (200 individus/ bassins) et durant 6 semaines en bassins de 2m²/1 m³ (140 individus/ bassins) (Figure 4.5). Durant toute la période d'élevage en bassin, un contrôle (biomasse/survie) a été réalisé toutes les deux semaines. Ces poissons ont été nourris durant la phase aquarium et la phase bassin 2m²/0,4 m³ avec un aliment Ecostart 18/1, 18/2, 18/3 et 18/4 (51 % de protéines, 18 % de mat. grasses brutes) et durant l'expérience en bassin de 2m²/1 m³ avec un aliment Trouw (38 % de protéines, 10 % de mat. grasses brutes). La ration a été distribuée à l'aide de nourrisseurs automatiques à tapis (12h de fonctionnement) (Ration maximale). La température de l'eau était de 27°C, et la concentration en oxygène dissous ≥ 6 ppm. Le sexe ratio a été évalué par dissection (squash gonadique coloré à l'acéto-carmin) une première fois après 8 semaines d'élevage en bassins de 2m²/0,4 m³ et par sexage manuel après 6 semaines en bassin de 2 m²/1 m³. Des poids individuels ont également été mesurés sur un échantillon de 100 individus/croisement au début et à la fin de chaque période d'élevage. Après la dernière phase d'élevage en bassin de 2 m²/1 m³ durant 6 semaines, seuls les mâles ont été gardés et élevés dans les mêmes conditions durant 69 jours.

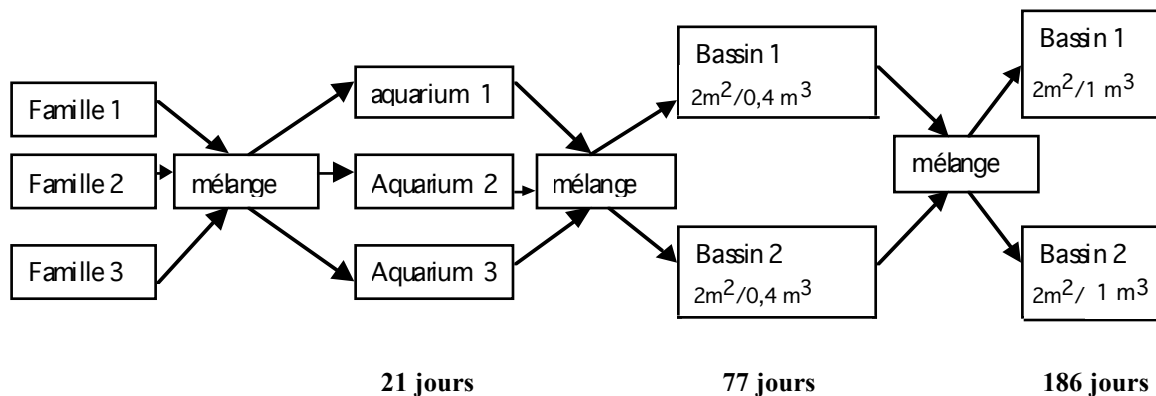


Figure 5.1 : Schéma d'élevage par type de croisement.

5.3. Résultats et discussion

5.3.1 Sexe-ratio

Les résultats présentés dans le tableau 5.1 montrent le sexe-ratio obtenu d'une part lors de l'examen histologique des gonades sur 100 individus/croisement ($P_m = 35g$; jour 77) et d'autre part, le sexe-ratio obtenu sur 280 poissons ($P_m = 85g$; jour 119) lors de l'examen de la papille urogénitale. Si on analyse les résultats obtenus lors de l'examen histologique des gonades, on voit

que les croisements issus d'un mâle de souche CEFRA engendrent des sexe-ratios équilibrés (57 et 55 %) , comparé au sexe ratio normal de 50/50 ($P > 0,05$). Néanmoins, on remarque que les croisements issus d'un mâle de souche USA engendrent quant à eux, des sexe-ratios significativement déviés de la normale à savoir: 70 et 79 % ($P < 0,05$).

Tableau 5.1: Sexe-ratio (% de mâles) des souches CEFRA, USA ainsi que de leurs "hybrides" réciproques.

	Analyse gonadique (N = 100)	Sexage manuel (N = 285)	Moyenne (N = 385)
CEFRA	57	62	61
USA	70	61	63
USA MALE	79	91	88
CEFRA MALE	55	40	45

Chez la souche USA et son hybride USA mâle x femelle CEFRA, le pourcentage élevé de mâles pourrait s'expliquer par l'hypothèse de gènes secondaires déterminant du sexe. Ceux-ci pourraient porter des gènes récessifs épistatiques, déterminants secondaires du sexe qui exprimeraient le déterminisme mâle lorsqu'ils sont à l'état homozygote récessif (mm), tableau 5.2.

Tableau 5.2: Génotypes et sexe-ratios possibles lors du croisement de mâle USA avec une femelle USA ou CEFRA en accord avec la théorie d'un couple de chromosome sexuel X et Y et d'un gène épistatique autosomal récessif (M, m): les génotypes mâles sont indiqués en gras.

	X m	Y m
X M	XX Mm	XY Mm
X m	XX mm	XY mm

Le sexage manuel appliqué sur tous les individus restants (n=285) montre une déviation de plus ou moins 10 % par rapport au premier sexage. Si la bibliographie accepte généralement une erreur de 10 % lors du sexage manuel, dans cette expérience, les poissons présentaient un poids moyen largement suffisant que pour effectuer un sexage manuel avec certitude. Dès lors, ces résultats montrent que le prélèvement du premier échantillon analysé par examen histologique des gonades pourrait avoir été biaisé. Ce biais est probablement lié à la différence d'occupation de l'espace ou encore à la différence de comportement entre les mâles et les femelles chez une population d'*O. niloticus*. Dès lors, le résultat le plus représentatif du sexe-ratio, est la moyenne entre les deux sexage en additionnant le nombre de poissons mâles et femelles. Les résultats obtenus sont, 61, 63, 88 et 45 % de mâles respectivement pour les lots CEFRA, USA, USA mâle et CEFRA mâle. Si 45% ne diffère pas des 50-50 observés dans un sexe-ratio équilibré ($P > 0,05$), 61, 63 et 88 % obtenu pour les lots CEFRA, USA, USA mâle sont significativement différent d'un sexe ratio normal ($P < 0,05$).

5.3.2 Taux d'éclosion et choc osmotique

Lors de cette expérience, le poids moyen des œufs ainsi que le taux d'éclosion ont été calculés pour chaque croisement (figure 5.2). On note un poids moyen respectif des œufs de 6,4, 5,2, 8,2 et 5,8 mg pour la souche CEFRA, USA, USA mâle et CEFRA mâle.

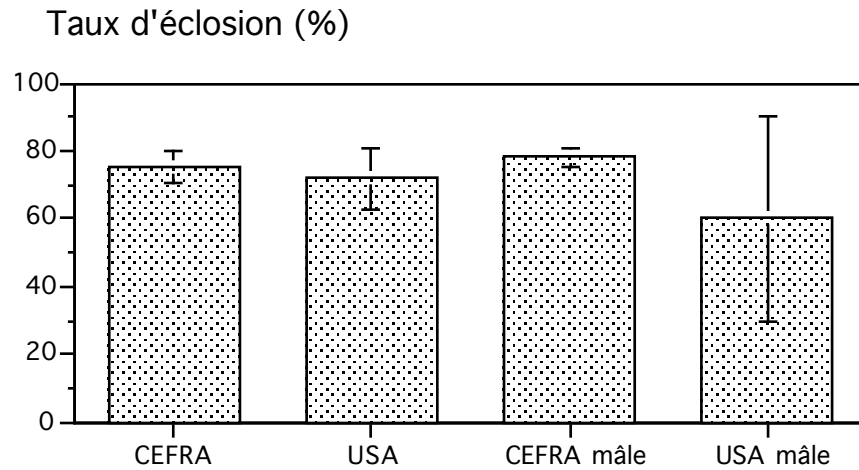


Figure 5.2 : Taux d'éclosion pour les différents croisements (moyenne de 3 pontes \pm D. S)

La figure 5.2 montre que les souches CEFRA, USA ainsi que l'Hybride CEFRA mâle, présentent des taux d'éclosion relativement élevés à savoir: 78, 75 et 72 %. Cependant, le croisement Mâle USA x femelles CEFRA, bien que leurs œufs soient plus gros (8 mg contre 5 mg pour la souche USA), ne présente qu'un taux d'éclosion de 60 %.

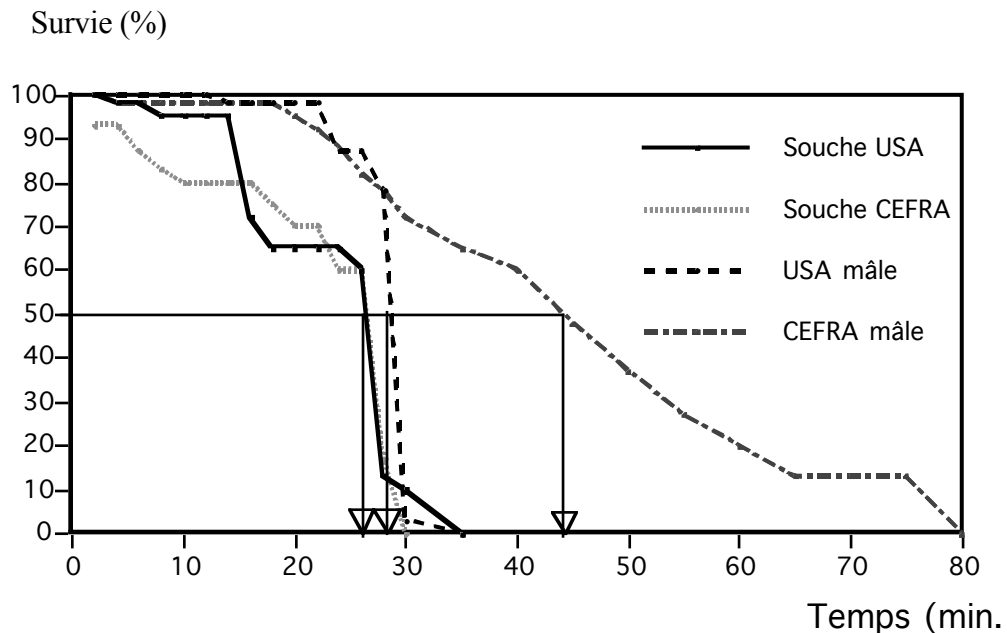


Figure 5.3: Survie des différents croisements soumis à un choc osmotique de 30 ppm de NaCl.

Afin de tester la résistance des larves avant la mise en charge des aquariums, les alevins d'un poids moyen de 9, 10, 10 et 8 mg respectivement pour les lots CEFRA, USA, USA mâle et CEFRA mâle ont été soumis à un choc osmotique de NaCl (30 ppm). Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous (figure 5.3).

Pour les lots CEFRA, USA et USA mâle, la résistance à ce type de stresser est tout à fait comparable: une LT 50 de 26 et 28 minutes. Le croisement CEFRA mâle x femelle USA présente une résistance nettement supérieure à ce type de choc osmotique (LT 50: 44 minutes).

5.4. Croissance

5.4.1 Phase d'élevage en aquarium de 50 l

La figure 5.4 présente les résultats de croissance des souches CEFRA, USA ainsi que de leurs hybrides réciproques lors des contrôles effectués durant les trois semaines passées en aquarium. Cette figure révèle, en fin d'expérience, que le lot CEFRA mâle ($P_m = 270$ mg) présente une croissance plus faible et significativement différente ($P < 0,005$) comparé aux trois autres croisements, qui ne diffèrent pas entre eux ($P > 0,05$) 402, 395 et 377 mg respectivement pour les lots USA, CEFRA et USA mâle.

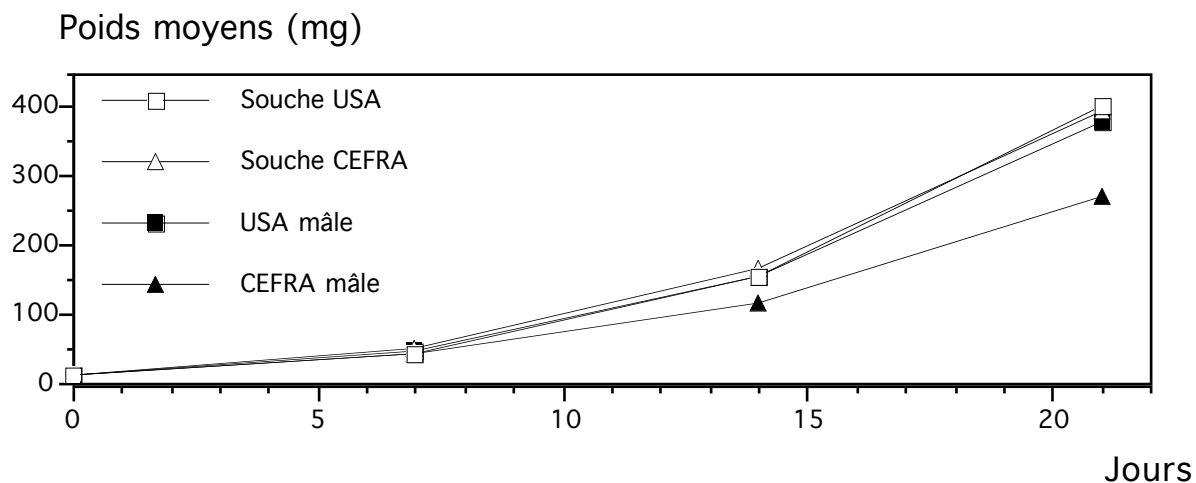


Figure 5.4 : Croissance pondérale des 4 croisements pendant les 3 semaines d'élevage en aquarium (moyennes des triplicats).

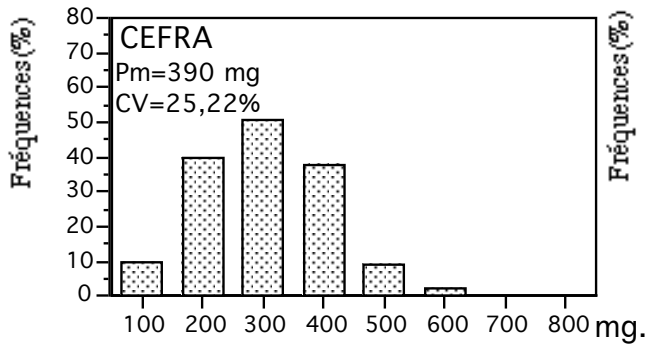


Figure 5.5: Histogramme de fréquence des poids corporels finaux des lots CEFRA

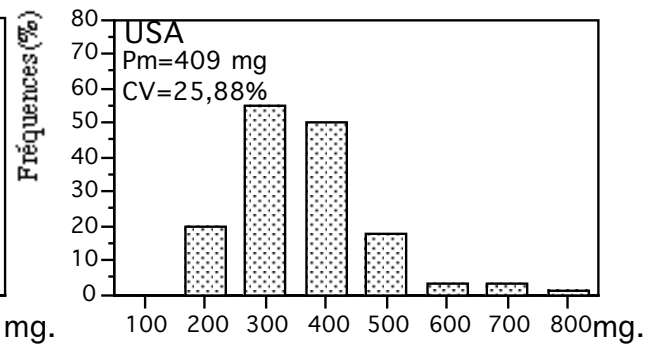


Figure 5.6: Histogramme de fréquence de poids corporels initiaux des lots USA

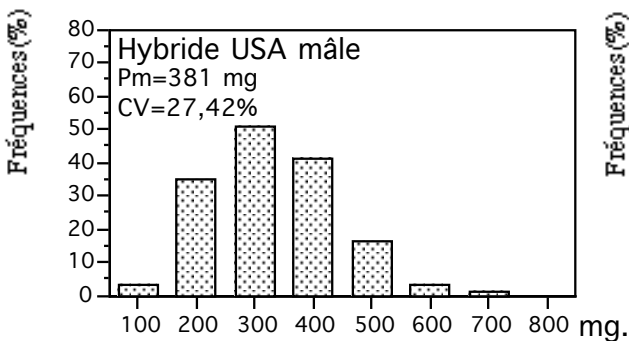


Figure 5.7: Histogramme de fréquence des poids corporels finaux des lots USA mâle

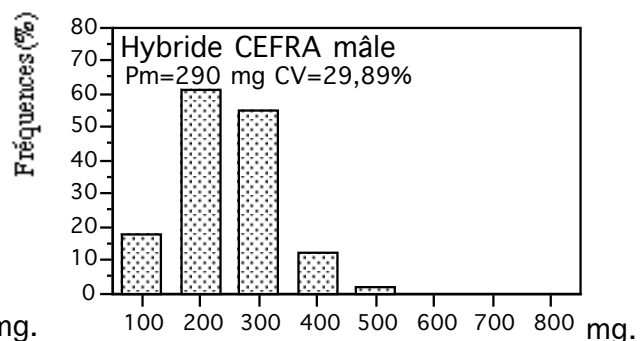


Figure 5.8: Histogramme de fréquence de poids corporels initiaux des lots CEFRA mâle

Les figures 5.5, 5.6, 5.7 et 5.8 qui présentent les histogrammes de fréquences des poids corporels finaux des différents croisements relevés à la fin de la période d'élevage en aquarium montrent que les souches pures présentent une hétérogénéité de croissance similaire: coefficient de variation de 25,2 et 25,9 % respectivement pour les lots CEFRA et USA. Leurs "hybrides" réciproques affichent quant à eux, une hétérogénéité très légèrement plus élevée surtout pour le croisement CEFRA mâle x USA femelle. Cette hétérogénéité s'exprime par un CV plus élevé : 27,4 et 29,9 % pour les lots USA mâle et CEFRA mâle.

Tableau 5.3: Synthèse des résultats obtenus durant les trois semaines d'élevage en aquarium (moyenne des triplicats).

-

	CEFRA	USA	USA mâle	CEFRA mâle
Nombre initial	300	300	300	300
Biomasse initiale(mg)	2934	2825	3084	2840
Biomasse finale(mg)	101950	116287	109947	80710
Nombre initial	300	300	300	300
Pm initial (mg)	9,7	9,4	10,2	9,4
Pm final (mg) (min-max, mg)	395,0 (390,8-402,0)	402,0 (390,3-412,9)	378,0 (351,6-402,8)	270,0 (256,5-280,3)
Ration en %	8,2	7,2	7,5	9,6
Survie (%)	85,7	96,5	97,2	99,5
SGR (%)	20,0	21,8	20,0	18,6
Taux de conversion	1,5	1,0	1,4	1,8
Vitesse de croissance (mg ind ⁻¹ J ⁻¹)	21,0	21,8	20,4	14,5

Durant la première étape de l'élevage en aquarium de ces quatre types de croisements, on note que l'hybride CEFRA mâle présente la plus faible croissance avec une moyenne de 270 mg (tableau 5.3). Son poids est significativement inférieur à ceux de la souche USA, CEFRA et de l'Hybride USA mâle ($P < 0,005$) avec des moyennes respectives de 402, 395 et 378 mg qui ne diffèrent pas entre elles ($P > 0,005$). La croissance plus faible des lots CEFRA mâle pourrait trouver son origine dans son décalage de 15 jours par rapport aux autres lots. En effet, les conditions expérimentales aurait pu être légèrement différentes. Si on analyse la survie, on remarque que la souche USA présente un taux significativement supérieur à celui de la souche CEFRA ($P < 0,05$). Le taux de survie des hybrides CEFRA mâle et USA mâle sont également supérieurs à celui de la souche CEFRA ($P < 0,05$). Il n'existe pas de différence significative entre la survie de la souche USA et la survie des deux hybrides.

5.4.2 Phase d'élevage en bassin de $2\text{ m}^2/0,4\text{ m}^3$

Pendant cette deuxième phase en bassin de $2\text{ m}^2/0,4\text{ m}^3$, l'effet croisement qui n'était guère apparu durant la première phase se marque nettement dans le sens d'une croissance plus faible des deux souches pures, plus particulièrement de la souche CEFRA ($P_m = 18,4\text{ g}$) et dans une moindre mesure de la souche USA ($P_m = 22,43\text{ g}$, figure 4.9). Les lots obtenus par croisement des deux souches montrent des croissances significativement supérieures et comparables ($P > 0,05$, $P_m = 27,02$ et $28,47\text{ g}$ pour les croisements mâles CEFRA x femelle USA et mâle USA x femelle CEFRA, respectivement, tableau 5.4).

Poids moyens (g)

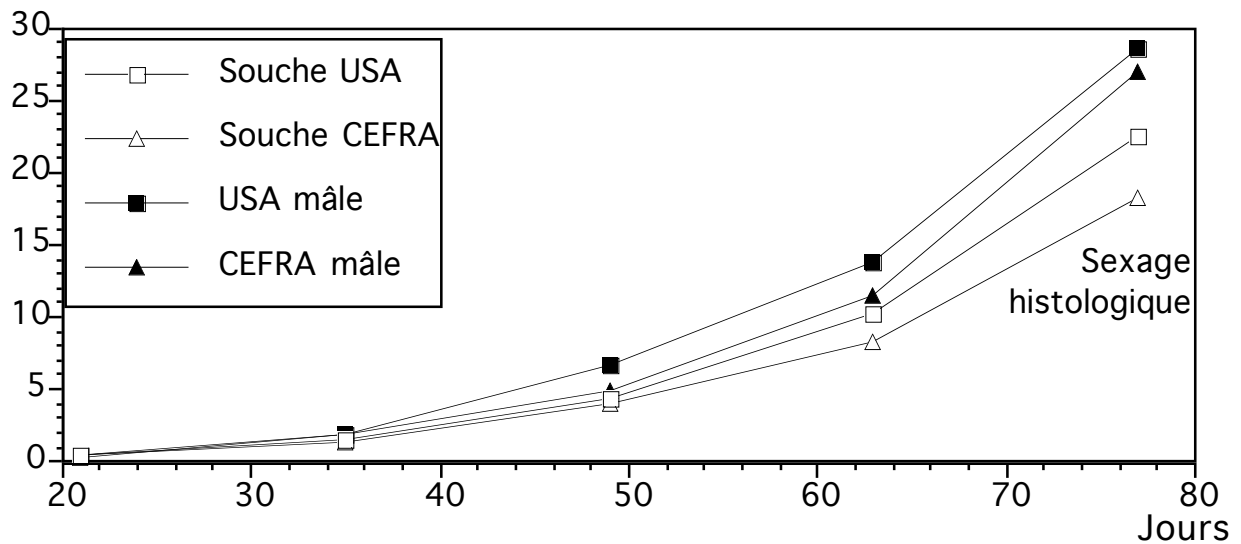


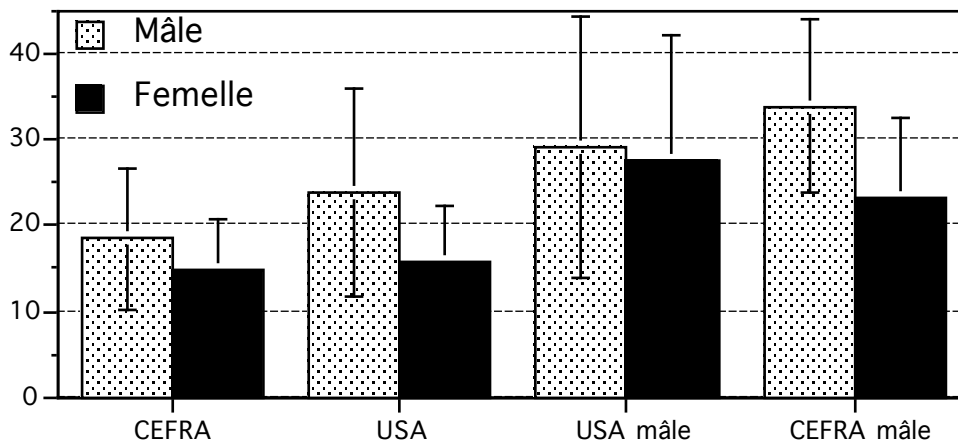
Figure 5.9 : Comparaison de la croissance pondérale des 4 croisements de tilapias pendant les 8 semaines d'élevage en bassin de $1\text{ m}^2/0,2\text{ m}^3$ (moyenne des duplicats).

Tableau 5.4 : Synthèse des résultats obtenus durant les 8 semaines d'élevage en bassin de $2\text{m}^2/0,4\text{m}^3$ (moyenne des duplicats).

	CEFRA	USA	USA mâle	CEFRA mâle
Nombre initial	200	200	200	200
Biomasse initiale (g)	79	75	80	54
Biomasse finale (g)	3584	4464	5523	5190
Pm initial (g)	0,39	0,37	0,40	0,27
Pm final (g) (min-max en g)	18,14 (18,12-18,17)	22,43 (21,67-23,19)	28,47 (28,06-28,87)	27,02 (26,84-27,21)
Ration (%)	2,3	2,0	2,1	1,9
Survie (%)	98	99	97	96
SGR (%)	9,1	9,7	10,1	10,9
Taux de conversion	1,0	0,9	0,9	0,8
Vitesse de croissance ($\text{g ind}^{-1}\text{J}^{-1}$)	0,42	0,52	0,66	0,64
Sexe-ratio (% de mâles)	57	70	79	55

Les hybrides inter-souches, montrent des taux de croissance plus élevés que les souches pures (vitesse de croissance de 0,66 et 0,64 $\text{mg ind}^{-1}\text{J}^{-1}$ et un SGR de 10,1 et 10,9 %). Ces performances de croissance sexes mélangés ne résultent pas de l'effet des sexe-ratios comme l'indique l'analyse détaillée ci-dessous.

Poids corporels (g)

**Figure 5.10** : Comparaison de des poids individuels finaux des mâles et femelles des 4 croisements de tilapias après 8 semaines d'élevage en bassin de $2\text{m}^2/0,4\text{m}^3$. (\pm S.D)

L'analyse ANOVA 2 sur les effets croisés de la souche et du sexe sur le poids moyen des tilapias indique une influence significative des deux facteurs ($P < 0,01$), de même que de leur interaction ($P = 0,03$, figure 5.10). L'effet sexe se marque dans le sens d'une croissance plus forte chez les mâles que chez les femelles. L'interaction significative ($P = 0,03$) entre les deux facteurs (sexe et souche) indique que le dimorphisme sexuel de croissance ne se marque pas de manière

homogène dans les quatre catégories envisagées. Le dimorphisme est en effet relativement peu marqué au sein de la souche CEFRA (+ 26,1 % de croissance) et très peu marqué pour la souche mâle USA (+ 5,5 %). Par contre, dans les deux autres lots, le dimorphisme est extrêmement marqué: + 46,5% pour la souche mâle CEFRA et + 52,3% pour la souche USA.

Si on réalise une analyse globale visant à tester les similitudes entre mâles et femelles des différentes souches, on remarque clairement que la croissance plus forte des hybrides par rapport aux souches pures se marque chez les mâles comme chez les femelles. Les souches originelles sont, quant à elles, comparables pour les fractions mâles et femelles. Le degré de signification relativement faible des tests statistiques, malgré des différences relativement marquées au niveau du poids moyen trouve son origine dans la forte hétérogénéité de tailles dans la quasi totalité des lots. Les plus fortes hétérogénéités étaient observées pour la souche USA (CV de 53,6%) et pour la souche mâle USA (CV de 51,0%), valeurs légèrement supérieures à celle observée pour la souche CEFRA (CV de 45,2%) et significativement supérieures à celles de la souche mâle CEFRA (CV de 38,0%). La forte hétérogénéité observée dans les quatre souches n'est pas imputable à un dimorphisme sexuel de croissance puisque les coefficients de variation des mâles et des femelles de chaque souche sont élevés (40-55%), à une exception près, en l'occurrence les mâles issus du croisement mâle CEFRA x femelle USA (CV 29,68%). Ce sont précisément ces poissons qui présentaient la plus forte croissance, laquelle se double donc d'une faible hétérogénéité de tailles, ce qui les rend d'autant plus intéressants pour l'aquaculture, du moins au plan de la croissance individuelle. L'intérêt de ce croisement est cependant pondéré par le sexe ratio de la progéniture, qui est équilibré (test exact de Fisher $P=0,39$), comme celui de la souche CEFRA (test exact de Fisher $P = 0,57$). Au contraire, le sexe-ratio de la souche USA et celui du croisement mâle USA x femelle CEFRA est déséquilibré en faveur des mâles (tests exacts de Fisher $P = 0,006$ et $P < 0,0001$, respectivement). Si les femelles doivent être éliminées pour la suite de l'élevage, le croisement le plus intéressant est, quantitativement, le croisement mâle USA x femelle CEFRA.

5.4.3 Phase d' élevage en bassin de 2 m²/1 m³

Les lots issus de l'expérience en bassins de 2m²/0,4 m³ ont été transférés dans des bassins de 2m²/1m³ durant 6 semaines. L'évolution des poids corporels relevés durant les différents contrôles sont présentés dans la figure 5.11.

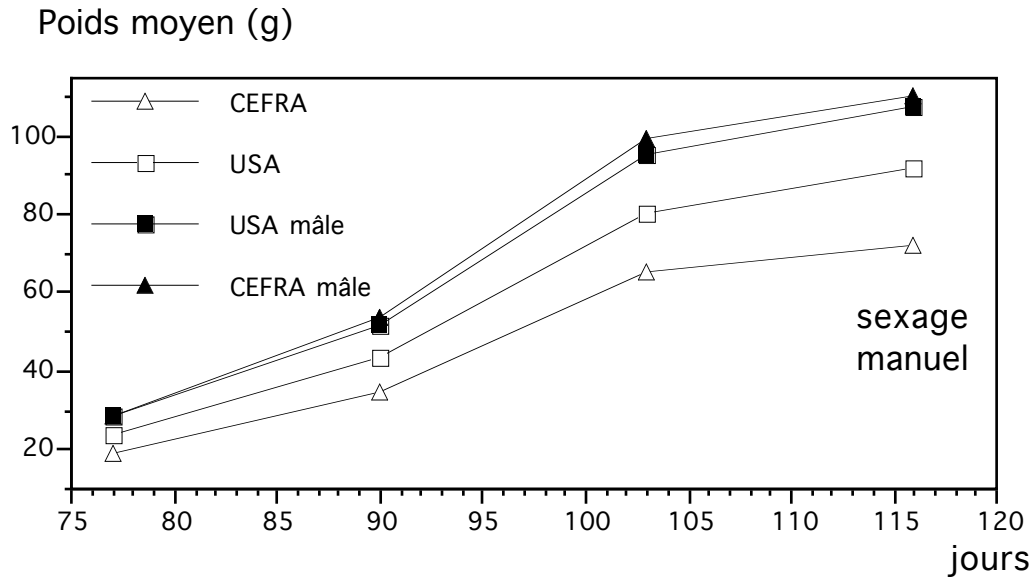
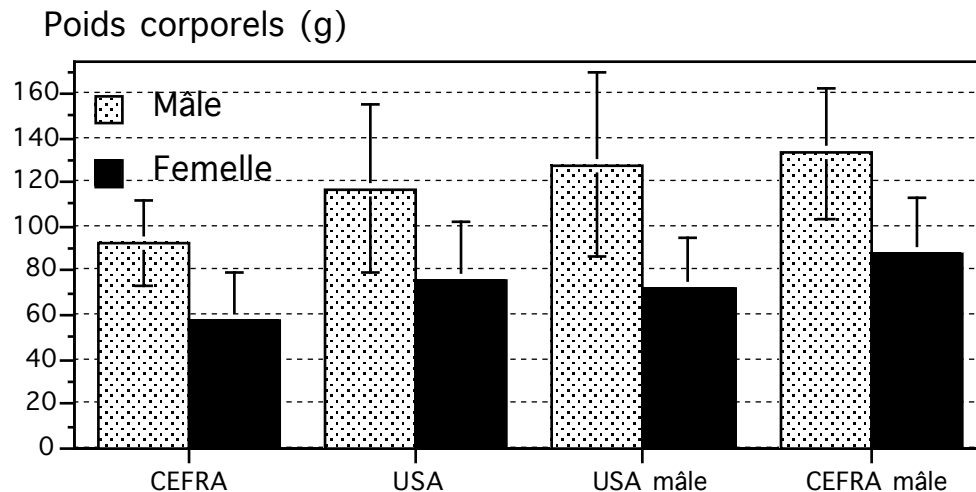


Figure 5.11 : Comparaison de la croissance pondérale des 4 croisements de tilapias élevés en bassin de 2 m²/1 m³ (moyenne des duplicats).

Par rapport à l'expérience menée dans des bassins de 2 m²/0,4 m³, on observe un poids supérieur pour les hybrides en fin d'expérience (104,5 et 107,2 g respectivement pour les croisements mâle USA x femelle CEFRA et mâle CEFRA x femelles USA) comparée à celle des souches pures à savoir 72,1 et 92,5 g pour les souches CEFRA et USA. Les deux lots hybrides présentent les vitesses de croissance les plus élevées (1,88 et 1,82 g.ind⁻¹J⁻¹) et des taux de conversion bas (0,8). La survie a été excellente au sein des 4 croisements: de 98 à 100 % (tableau 5.5).

Tableau 5.5 : Principaux résultats obtenus durant les 6 semaines d'élevage en bassin de 2 m²/1 m³ (moyenne des duplicats)

	CEFRA	USA	USA mâle	CEFRA mâle
Nombre initial	145	145	145	145
Biomasse initiale (g)	2703	3388	4084	3933
Biomasse finale (g)	10277	13328	15274	14630
Pm initial (g)	18,64	23,36	28,16	28,09
Pm final (g) (min-max, réplicats)	72,10 (70,61-73,59)	92,56 (91,21-93,31)	107,18 (106,82-107,55)	104,49 (104,85-104,14)
Ration (%)	1,6	1,5	1,5	1,5
Survie (%)	98	99	98	100
SGR (%)	3,2	3,2	3,1	3,1
Taux de conversion	0,9	0,8	0,8	0,8
Vitesse de croissance (g ind ⁻¹ J ⁻¹)	1,26	1,65	1,88	1,82
Sexe-ratio (% de mâles)	62	61	91	40

**Figure 5.12** : Comparaison des poids individuels finaux des mâles et femelles des 4 croisements de tilapias après 6 semaines d'élevage en bassin de 2 m²/1 m³ (\pm D. S).

Le test ANOVA 2 (figure 5.12) sur les effets croisés de la souche et du sexe sur le poids moyen des tilapias en fin d'expérience montre qu'une influence significative des deux facteurs ($P < 0,01$) mais pas d'interaction de ces 2 facteurs ($P = 0,13$). Le dimorphisme de croissance entre les mâles et les femelles est très élevé et augmente en fonction du poids corporel des poissons. Cette observation est relevée au sein des 4 croisements. En effet, les mâles de la souche CEFRA et des hybrides USA mâle présentent un poids corporel de 61 et 78 % supérieur à celui des femelles. Ce dimorphisme se marque également chez la souche USA et CEFRA mâle mais dans une moindre mesure: + 55 et 51 %. Si on analyse l'hétérogénéité au sein des différents croisements, on observe la même tendance que lors de la phase en bassin de 1m²/0,4 m³ à savoir

une hétérogénéité plus grande pour les croisements USA mâle et pour la souche USA (CV= 40,3 et 38,6 %). La souche CEFRA et son hybride présentent une hétérogénéité moins élevée: (CV de 34,9 et 32,2 %). Le test ANOVA porté sur les mâles, montre que les poids individuels finaux de la souche CEFRA ($P_m = 93,0$ g) sont significativement inférieurs à ceux des mâles des 3 autres croisements ($P < 0,01$). Les poids moyens finaux des souches USA, CEFRA mâle et USA mâle sont respectivement de 117,4; 133,9 et 128,5 g. Cependant, il n'existe aucune différence significative entre les poids individuels des mâles relevés au sein des deux souches hybrides ($P = 0,392$), ni entre ceux de la souche USA et de l'hybride USA mâle ($P = 0,057$).

5.4.4 Elevage de populations monosexes mâles en bassin de 2 m²/1 m³

Après l'élevage de ces différents croisements mené dans les conditions décrites plus haut, les femelles ont été retirées et les mâles ont été élevés durant 69 jours. L'évolution des poids corporels est présenté à la figure 5.13.

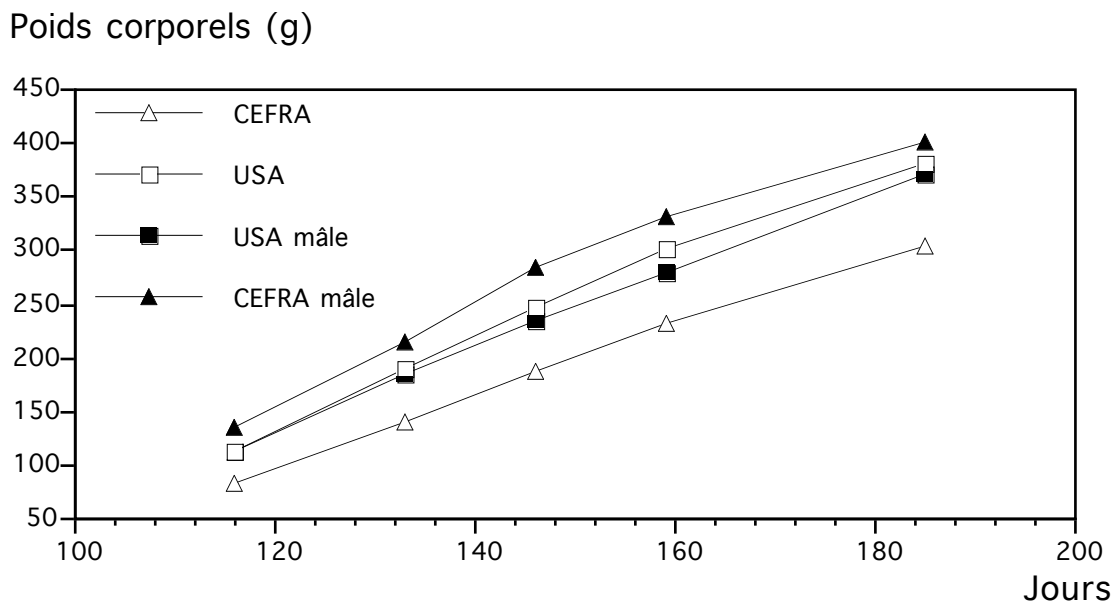


Figure 5.13: Comparaison de la croissance pondérale des 4 croisements de tilapias mono-sexe mâles élevés durant 69 jours (moyenne des duplicats).

Tableau 5.6 : Principaux résultats obtenus durant les 43 jours d'élevage en bassin de 2 m²/1 m³ (moyenne des duplicats)

	CEFRA	USA	USA mâle	CEFRA mâle
Nombre initial	56	56	56	56
Biomasse initiale (g)	4648	6258	6300	7500
Biomasse finale (g)	16850	21400	20880	22380
Pm initial (g)	83,0	111,8	112,5	133,9
Pm final (g)(min-max, g, répliqués)	300,8 (298,5-303,2)	382,1 (376,4-387,8)	372,8 (374,8-370,8)	399,6 (395,3-403,9)
Ration (%)	1,3	1,1	1,2	1,5
Survie (%)	100	100	100	100
SGR (%)	1,8	1,7	1,7	1,6
Taux de conversion	1,2	1,1	1,2	1,6
Vitesse de croissance (g ind ⁻¹ J ⁻¹)	3,1	3,9	3,7	3,8
Sexe-ratio (% de mâles)	100	100	100	100

Lorsque l'on observe le tableau 5.6, on remarque qu'il existe peu de différence entre les poids initiaux de la souche USA et de son hybride USA mâle. On note respectivement: 111,8 et 112,5 g. Cependant, après 69 jours d'élevage, la souche USA présente un poids moyen, une vitesse de croissance ainsi qu'un taux de conversion plus intéressant que son hybride USA mâle. En effet, on note des taux de conversion de 1,1 et 1,2; des vitesses de croissance de 3,9 et 3,7 g.ind⁻¹J⁻¹ et un poids moyens final de 382,1 et 372,8 g. Le croisement le plus intéressant reste l'hybride CEFRA mâle qui présente un poids moyen final de 399,6 g et une vitesse de croissance élevée: 3,8 g.ind⁻¹J⁻¹. Son taux de conversion est de 1,6. La souche CEFRA montre quant à elle, un poids moyen final nettement inférieur aux trois autres croisements: 300,8 g. Son taux de conversion est de 1,2 et sa vitesse de croissance de 3,1 g.ind⁻¹J⁻¹. Aucun mort n'a été relevé durant cette période au sein des 4 croisements.

6. Conclusions générales

Ce programme de recherche a montré que le taux de consanguinité des tilapias élevés à Tihange était important en raison à la fois du faible nombre initial de géniteurs et de l'isolement de cette souche. L'analyse bibliographique a révélé l'existence de souches de tilapias dont les potentialités étaient très contrastées en fonction du milieu d'élevage. En vue d'identifier des souches potentiellement plus productives, un essai préliminaire de comparaison des performances de croissance d'une souche de tilapias originaires d'un élevage américain avec celle de Tihange a été réalisé. En raison, en partie de son taux d'hétérozygotie plus élevé, la souche américaine a présenté un potentiel de croissance plus grand. Les hybridations intraspécifiques qui ont été réalisées afin d'augmenter le degré d'hétérozygotie de ces 2 souches ont montré que la croissance des hybrides était supérieure à celle des individus des souches mères.

Ces différents éléments confirment que :

- En raison de sa forte consanguinité, la productivité de la souche de tilapia élevée à Tihange pourrait être augmentée par un programme d'amélioration génétique (augmentation de l'hétérozygotie par d'hybridation inter-souches). Ceci serait particulièrement utile si on utilise la souche de supermâles YY de Tihange pour obtenir des populations monosexes mâles. En effet, la méthode de production des supermâles YY implique inévitablement un taux de consanguinité élevé parmi ces géniteurs particuliers ce qui peut avoir un effet négatif sur la croissance des alevins produits, réduisant ainsi l'avantage de l'élevage de populations monosexes mâles.
- D'après la littérature scientifique, des souches plus performantes que celle de Tihange existent. Elles devraient être testées en conditions d'élevage intensif par exemple.
- L'hybridation inter-souches permet d'augmenter de façon très significative le potentiel de croissance des tilapias.

1. INTRODUCTION GENERALE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LES PERFORMANCES DE CROISSANCE DE DIFFERENTES SOUCHES D'OREOCHROMIS NILOTICUS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.1. INTRODUCTION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.2. LES GMT.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.3. LA LIGNEE ISRAEL	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.4. LA LIGNEE NC : <i>O. NILOTICUS</i> « CHITRALADA » (NC).....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.5. LA LIGNEE EGYPTIENNE – ALABAMA ET LES HYBRIDES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.6. LA LIGNEE EGYPTIENNE (E) DES PHILIPPINES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.7. LA SOUCHE GIFT	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
2.8. CONCLUSIONS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3. ANALYSE DE LA QUALITE GENETIQUE DES STOCKS D'OREOCHROMIS NILOTICUS DE LA PISCICULTURE WALLONNE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.1. INTRODUCTION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.2. MATERIEL ET METHODES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.3. LE TAUX D'HETEROZYGOTIE	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.4. RESULTATS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
3.5. DISCUSSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4. COMPARAISON DE 2 SOUCHES DE TILAPIA <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i> MONOSEXE MALE DE GENOTYPE XY	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.1. OBJECTIFS	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.2. MATERIEL ET METHODES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.3. RESULTATS ET DISCUSSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
4.3.1 <i>Sexe-ratio</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
4.3.2 <i>Performances de croissance</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
4.4. CONCLUSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5. COMPARAISON DES PERFORMANCES DE CROISSANCE ET DE SURVIE DE 2 SOUCHES D'<i>O.NILOTICUS</i> ET DE LEURS HYBRIDES RECIPROQUES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.1. OBJECTIF	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.2. MATERIEL ET METHODES.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.2.1 <i>Production des différents lots</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.2.2 <i>Suivi de la croissance et de la survie des différents lots.</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.3. RESULTATS ET DISCUSSION	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.3.1 <i>Sexe-ratio</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.3.2 <i>Taux d'éclosion et choc osmotique</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.4. CROISSANCE.....	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.
5.4.1 <i>Phase d'élevage en aquarium de 50 l.</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.4.2 <i>Phase d'élevage en bassin de 2 m²/0,4 m³</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.4.3 <i>Phase d' élevage en bassin de 2 m²/1 m³</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
5.4.4 <i>Elevage de populations monosexes mâles en bassin de 2 m²/1 m³</i>	<i>Erreur ! Signet non défini.</i>
6. CONCLUSIONS GENERALES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.