

REPUBLIQUE DE CÔTE D'IVOIRE
Union – Discipline - Travail
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



LABORATOIRE D'HYDROBIOLOGIE



N° d'ordre : 488/2007

THESE

Présentée à l'UFR Biosciences pour obtenir le titre de :

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE COCODY

Spécialité : HYDROBIOLOGIE - PISCICULTURE

**CRITERES D'IDENTIFICATION ET PERFORMANCES
ZOOTECNIQUES DES TILAPIAS HYBRIDES [*TILAPIA ZILLII*
(GERVAIS, 1948) X *T. GUINEENSIS* (BLEEKER, 1862)]
DANS TROIS STRUCTURES D'ELEVAGE :
CAGES FLOTTANTES (LAC D'AYAME), ETANGS EN
TERRE ET BASSINS EN BETON (ABOISSO)**

Par

Céline Sidonie Koco NOBAH

Soutenue publiquement le 18 juin 2007, devant la commission d'examen :

M. SERI Bialli*Professeur, Université Cocody*.....Président
M. N'DOUBA Valentin..... *Maître de conférences, Université Cocody*.....Directeur
M. KOUASSI N'Guessan Joël.....*Professeur, Université Cocody*.....Rapporteur
M. KOUASSI Kouassi Philippe....*Maître de conférences, Université Cocody*..... Rapporteur
Mme FANTODJI Agathe.....*Maître de conférences, Université Abobo-Adjamé*.....Examineur
Mme D'ALMEIDA Marie-Anne...*Maître assistant, Université Cocody* Examineur

JE DEDIE CETTE THESE A

L'ÉTERNEL mon DIEU - Le Seigneur est mon berger, je ne manquerai de rien. N'eut été l'aide, l'assistance et la protection du Seigneur Jésus par l'intercession de l'Immaculée Conception, ce travail ne serait pas arrivé à terme. Merci mon Dieu d'avoir guidé mes pas et d'avoir fait de moi ce que tu veux que je sois.

Feu PR Teuguel G. G.

Coordonnateur et initiateur du projet « Pisciculture ». Chercheur émérite, il a toujours su nous trouver les moyens financiers et scientifiques nécessaires à l'évolution de notre travail. Il a été arraché à notre affection au moment où nous avions le plus besoin de ses conseils. Que le seigneur lui accorde le repos éternel.

Mon père (M. NOBAH Koffi Eugène)

Papa, depuis toute petite, tu n'as cessé de guider nos pas en nous inculquant l'esprit d'acharnement au travail, de persévérance, de courage et d'abnégation. Les efforts de bon éducateur et de bon formateur que tu es n'ont pas été vains. Cette thèse est le fruit de tes convictions. Tu es pour nous le père idéal. Que le Seigneur te garde encore longtemps.

Ma mère (Mme NOBAH Louise EKRA)

Maman, merci pour l'indéfectible amour et le soutien que tu nous as toujours apportés. Tu n'as jamais cessé de nous encourager et nous rassurer lorsque nous étions dans le doute. Ce travail est pour nous l'occasion de te remercier et dire tout l'amour que nous avons pour toi. Que Dieu te comble de grâces et t'accorde une très bonne santé. Merci Maman.

Mes frères et sœurs : Marie-Thérèse (Dr NOBAH), Anicet, Pascale (Mme KOFFI) et Ernest (Papi) vous n'avez jamais cessé de croire en l'achèvement de cette thèse, qui est aussi la votre. Votre affection, votre altruisme et votre grande solidarité m'ont soutenu jusqu'au bout. Merci du fond du cœur pour vos prières et vos encouragements. Restez unis, ce qui fera toujours votre force. Que Dieu vous bénisse.

Mon compagnon (Dr Kacou-Wodjé)

Choumi, ensemble nous avons réalisé ce travail de longue haleine. Ton amour, ta patience, ton aide et tes encouragements ont été déterminants dans la conduite et à l'achèvement de ce travail. Je suis heureuse de pouvoir te consacrer l'affection et l'attention que tu mérites.

Mon fils

Virgile Charles-Axel, que ce travail soit pour toi un modèle de courage, de persévérance, de patience et te pousse à faire mieux.

Mes beaux-frères (M. BELLO Ganiou et M. KOFFI Gérard)

Merci infiniment pour votre indéfectible soutien et vos prières. Que Dieu vous bénisse et exauce vos prières.

Mes chers neveux

David, El Sadid, Tino, Cédric, Joseph et Maria-Doris, que ce travail vous incite à avoir de l'ambition et aller de l'avant.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet ivoiro-belge intitulé «Optimisation du potentiel piscicole du lac de barrage d'Ayamé: Pisciculture en Cage Flottante». Il a bénéficié du financement de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) et a été conduit par le Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université d'Abidjan Cocody et le Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC). Au plan national, il a été exécuté sous la direction du Professeur N'Douba Valentin, Directeur adjoint du Laboratoire d'Hydrobiologie et Vice-président de l'Université de Cocody.

C'est avec un réel plaisir que nous remercions les personnes qui, de près ou de loin, ont pris une part active à la réalisation de ce travail.

Il nous est particulièrement agréable d'adresser au Professeur Kouassi N'Guessan Joël, Directeur du Centre de Recherches Océanologiques et Directeur du Laboratoire d'Hydrobiologie de l'Université de Cocody, nos sincères remerciements. Il nous a accepté dans son laboratoire en tant que doctorant.

Nous témoignons toute notre gratitude et notre reconnaissance au Professeur Valentin N'Douba, Vice-président de l'Université de Cocody et Directeur de cette thèse. Il a su nous intéresser à la recherche et nous a permis par la même occasion d'effectuer ce travail dans d'excellentes conditions. Il nous a fait honneur en acceptant d'en être le promoteur.

Au Professeur Séri Bialli de l'Université de Cocody, nous exprimons notre vive reconnaissance pour avoir accepté de présider le jury de cette thèse.

Nous adressons nos sincères remerciements au Professeur Kouassi Kouassi Philippe, Maître de conférences à l'Université de Cocody, pour avoir accepté de participer à ce jury en qualité de rapporteur.

Nous somme redevable au Professeur Fantodji Agathe, Maître de conférences à l'Université d'Abobo-Adjamé, pour avoir accepté de juger ce travail.

Que le Docteur D'Almeida Marie-Anne, Directrice du Laboratoire de Biologie Cellulaire et Moléculaire trouve ici l'expression de notre profonde gratitude, pour avoir accepté de faire partie des membres du jury de cette thèse, en qualité d'examineur.

Nous tenons à remercier Dr Kouassi Alloco Thomas Directeur Adjoint du Centre National de Télédétection et d'Information Géographique pour avoir accepté de parrainer cette thèse.

Au Docteur Gooré Bi Gouli (mon paternel), Maître-Assistant à l'UFR Biosciences, nous adressons nos vifs remerciements pour la lecture critique de cette thèse. Nous lui exprimons notre gratitude pour son soutien affectif, ses conseils et encouragements quotidiens.

Au Docteur Kouamélan Essetchi Paul, Maître-assistant à l'UFR Biosciences, nous exprimons notre gratitude pour la lecture critique de cette thèse. Son précieux concours et ses remarques pertinentes, lors de la rédaction des articles scientifiques nous ont été bénéfiques.

Au Docteur Koné Tidiani, Maître-assistant à l'UFR Biosciences, nous adressons nos chaleureux remerciements pour ses critiques pertinentes. Nous l'apprécions pour son sens de la rigueur, de l'honnêteté intellectuelle et sa participation active à la rédaction des différents articles scientifiques.

Que le Docteur Ouattara Nahoua Issa, Assistant à l'UFR Biosciences, trouve ici l'expression de notre profonde gratitude pour la lecture critique de ce mémoire. Ses remarques judicieuses et surtout sa grande disponibilité nous ont été d'un concours appréciable.

Que le Professeur Jos Snoeks, chercheur au Musée Royal de l'Afrique Centrale, à l'Université Catholique de Louvain et responsable du projet accepte notre reconnaissance et nos remerciements pour les remarques pertinentes au cours de la rédaction des différents articles.

Nous tenons également à témoigner notre reconnaissance au Professeur Trokourey Albert, pour avoir analysé les échantillons d'eau.

Aux Drs Da Kouhété Philippe et Ouattara Allassane, nous exprimons notre profonde gratitude pour avoir contribué à parfaire ce document.

Nous témoignons toute notre reconnaissance à M. Anné Salé (C.N.T.I.G), aux Docteurs N'Doumé (C.C.T.) et Vei (C.U.R.A.T) pour leur précieuse contribution à la cartographie et leur grande disponibilité.

Nos profonds sentiments de gratitude vont à l'endroit du Professeur Germain Gourène et du Dr Tidou Boga Abiba, tous à l'Université d'Abobo Adjamé, pour leurs conseils et encouragements.

Nous ne saurions oublier le Docteur Kipré, Directeur du LACENA (Laboratoire Central de Nutrition Animale) pour son aide, ses conseils et sa sollicitude à notre égard.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude à Mme Ehui Yolande pour son aide à la reprographie et à Monsieur Kacou Junior pour son apport appréciable lors du traitement des photos

Nous remercions tout particulièrement M. Coulibaly André, étudiants en année de Thèse à l'Université de Cocody, avec qui nous avons effectué le travail de terrain, pour sa disponibilité et son dévouement.

Nous tenons à témoigner notre profonde gratitude à la famille N'Douba Manizan (famille du Professeur N'Douba valentin) à Ayamé pour l'accueil, la sympathie et la convivialité qu'elle a toujours manifestés lors de nos fréquent séjours dans cette ville.

Nous remercions également le personnel du Service des Eaux et Forêts d'Aboisso, en particulier le Capitaine Adjobi Théodore et le Lieutenant Mobio.

Notre reconnaissance va l'endroit de nos amis, Mlles Kouamé Marie-Louise, Gouré-Lou Elisabeth et Dr Tia Mélanie, anciennes du Lycée Ste Marie. Cette reconnaissance s'adresse également aux Docteurs Soro Schérazade, Akpess Alexandre et Ouali Mauricette, tous de la promotion 1991 à l'Université de Cocody (DEUG 1) CBG.

Que le Docteur Yao Silvain et les doctorants N'Zi Gervais, Blahoua Georges, Bédia Aké, Berté Siaka, Coulibaly Abdoulaye, Kouamé Auguste, Goré Bi Tonin, du laboratoire d'hydrobiologie de l'Université de Cocody acceptent nos vifs remerciements et notre gratitude pour leur disponibilité et leur soutien indéfectible.

Nos remerciements vont également à l'endroit des Docteurs Dietoua Mathieu, Diomandé Dramane, Ouattara Mamadou, Doumbia mamadou, Vanga Ferdinand enseignants à l'Université d'Abobo-Adjamé et Koffi Kouakou enseignant exerçant à l'université de Cocody.

Nous tenons à remercier tous les techniciens, d'une part Kangah E., N'Dindin P., Porquet H. et d'autre part le personnel du Projet Pisciculture à Aboisso. Ils ont contribué à la réalisation de ce travail.

TABLE DES MATIERES

LISTE DES ABREVIATIONS	i
LISTE DES TABLEAUX	iii
LISTE DES FIGURES	viii
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : GENERALITES SUR LE MILIEU D’ETUDE ET LES ESPECES ETUDIEES	
CHAPITRE I : PRESENTATION DU MILIEU D’ETUDE	
INTRODUCTION.....	4
1.1. DESCRIPTION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA STATION PISCICOLE DES EAUX ET FORETS D’ABOISSO ET DU LAC DE BARRAGE D’AYAME I	4
1.1.1. Station Piscicole des Eaux et Forêts d’Aboisso	4
1.1.2. Lac de barrage d’Ayamé I	4
1.2. DONNEES CLIMATIQUES ET HYDROLOGIQUES	7
1.3. DONNEES BIOLOGIQUES.....	9
1.3.1. Phytoplancton	9
1.3.2. Zooplancton.....	9
1.3.3. Faune benthique	9
1.3.4. Faune ichtyologique	13
1.3.5. Faune crevetteière	13
CHAPITRE II : APERÇU SUR LA SYSTEMATIQUE, L’ÉCOLOGIE ET LA BIOLOGIE	
INTRODUCTION	16
2.1. DESCRIPTIONS ET SYSTEMATIQUE DES TILAPIINES	16
2.1.1. Tilapiinés	16
2.1.2. <i>Tilapia</i>	17
2.2. POSITION SYSTEMATIQUE DE <i>TILAPIA ZILLII</i> ET DE <i>T. GUINEENSIS</i>	18
2.2.1. <i>Tilapia zillii</i>	18
2.2.2. <i>Tilapia guineensis</i>	20
2.3. DESCRIPTION DE <i>TILAPIA ZILLII</i> ET DE <i>T. GUINEENSIS</i>	20
2.3.1. <i>Tilapia zillii</i>	20
2.3.1.1. Morphométrie.....	20
2.3.1.2. Coloration.....	22
2.3.2. <i>Tilapia guineensis</i>	22

2.3.2.1. Morphométrie.....	22
2.3.2.2. Coloration.....	23
2.4. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET EXIGENCES ECOLOGIQUES DE <i>TILAPIA ZILLII</i> ET DE <i>T. GUINEENSIS</i>	24
2.4.1. Distribution géographique.....	24
2.4.2. Exigences écologiques.....	27
2.5. ETHOLOGIE ET BIOLOGIE DE <i>TILAPIA ZILLII</i> ET DE <i>T. GUINEENSIS</i>	27
2.5.1. Reproduction.....	27
2.5.1.1. Mécanisme de ponte.....	27
2.5.1.2. Œufs, larves et alevins.....	29
2.5.1.3. Adaptation de la reproduction aux facteurs abiotiques.....	29
2.5.2. Adaptation trophique en milieu naturel.....	29
CHAPITRE III : HYBRIDATION	
INTRODUCTION.....	32
3.1. CONCEPTS ET DIFFERENTS ASPECTS DE L'HYBRIDATION.....	32
3.1.1. Concepts à propos de l'hybridation.....	32
3.1.2. Aspects génétique et morphologique de l'hybridation.....	32
3.2. DIFFERENTS TYPES D'HYBRIDATION.....	32
3.2.1. Hybridations intergénériques.....	33
3.2.2. Hybridations interspécifiques.....	34
3.3. DIFFERENTES CAUSES DE L'HYBRIDATION.....	34
3.3.1. Hybridations dues à l'introduction d'espèces.....	34
3.3.2. Hybridations dues à une modification de l'environnement.....	36
3.3.3. Hybridations naturelles.....	36
3.4. CONSEQUENCES DE L'HYBRIDATION ET IMPORTANCE DANS LA PISCICULTURE.....	37
3.4.1. Modification de la diversité biologique.....	37
3.4.2. Rôle de l'hybridation dans la spéciation.....	37
3.4.3. Importance de l'hybridation dans la pisciculture.....	38
 DEUXIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES	
CHAPITRE I : MATERIEL	
INTRODUCTION.....	39
1.1. MATERIEL BIOLOGIQUE.....	39
1.2. APPAREILS DE MESURE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU.....	39

1.3. MATERIEL DE MENSURATION, DE COMPTAGE, DE DISSECTION ET DE CONSERVATION DES POISSONS	40
1.4. APPAREIL DE NOURRISSAGE.....	40
1.5. MATERIEL DE CAPTURE ET DE TRANSFERT DES POISSONS	40
1.6. MATERIEL D'ECHANTILLONNAGE ET D'IDENTIFICATION DU ZOOPLANCTON	42
1.7. STRUCTURES D'ELEVAGE.....	42
1.7.1. Etangs en terre et bassins en béton	42
1.7.2. Cages flottantes	44
CHAPITRE II : METHODES	
INTRODUCTION.....	50
2.1. RECRUTEMENT DES GENITEURS	50
2.2. REPRODUCTION, ALEVINAGE ET TRANSFERT DES ALEVINS.....	51
2.3. NOURRISSAGE DES POISSONS	52
2.4. CONTROLE DE LA CROISSANCE DES POISSONS	54
2.5. MESURE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU	54
2.5.1. Variations mensuelles	54
2.5.2. Cycles de 24 heures.....	56
2.5.3. Dosages chimiques.....	56
2.6. ECHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DU ZOOPLANCTON	57
2.7. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX DES DIFFERENTS ESSAIS.....	57
2.7.1. Etude des caractéristiques génétique, chromatique et morphologique.....	57
2.7.1.1. Caractérisation génétique des souches parentales et des descendants hybrides	57
2.7.1.2. Caractérisation chromatique des souches parentales et des descendants hybrides	61
2.7.1.3. Caractérisation morphologique des souches parentales et des descendants hybrides	61
2.7.2. Etude du potentiel aquacole.....	62
2.7.2.1. Reproduction	62
2.7.2.2. Croissance.....	62
a) Essai 1 : croissance comparée de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> , des descendants hybrides F1A [<i>Tilapia zillii</i> (mâle) x <i>T. guineensis</i> (femelle)] et F1B [<i>Tilapia zillii</i> (femelle) x <i>T. guineensis</i> (mâle)].....	62

b) Essai 2 : étude comparative de la croissance des hybrides dans les étangs en terre et les bassins en béton	66
c) Essai 3 : effet de la densité de mise en charge sur la croissance des hybrides ..	66
2.7.2.3. Alimentation	67
a) Essai 4 : détermination des rations de maintenance, optimale, maximale et évaluation de l'ingéré volontaire des tilapias hybrides	67
b) Essai 5 : étude de l'influence du mode de distribution de l'aliment sur la croissance des hybrides	69
2.8. METHODES D'ANALYSE DES DONNEES.....	70
2.8.1. Classe de taille	70
2.8.2. Reproduction	70
2.8.3. Taux de mortalité (TM).....	71
2.8.4. Croissance journalière (Cj).....	71
2.8.5. Vitesse instantanée de croissance (Gp)	71
2.8.6. Facteur de condition (K)	72
2.8.7. Coefficient de variation de la longueur ou du poids corporel (Cv).....	72
2.8.8. Production (P)	72
2.8.9. Quotient nutritif (Qn)	73
2.8.10. Heterosis (H)	73
2.8.11. Coefficient de réplétion stomacale.....	73
2.8.12. Analyses statistiques	74
2.8.12.1. Corrélacion et régression	74
2.8.12.2. Analyse de variance	74
2.8.12.3. Test du Chi-Carré	75
2.8.12.4. Test U de Mann-Whitney.....	75
2.8.12.5. Analyse en composantes principales (ACP)	76

TROISIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE I : CARACTERISATIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET BIOLOGIQUES DES STATIONS D'ETUDE

INTRODUCTION.....	77
1.1. DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES	77
1.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la Station Piscicole des Eaux et Forêt d'Aboisso	77
1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac de barrage d'Ayamé I	80
1.1.2.1. Variations moyennes mensuelles	80
1.1.2.2. Cycle de 24 heures	83
1.1.2.3. Composition ionique des eaux du lac de barrage d'Ayamé I.....	85
1.2. DONNEES BIOLOGIQUES DU LAC DE BARRAGE D'AYAME I	87
1.2.1. Composition spécifique du zooplancton	87
1.2.2. Densité absolues du zooplancton dans les cages flottantes.....	81
1.2.3. Densité relative du zooplancton dans les cages flottantes.....	84

CHAPITRE II : CRITERES D'IDENTIFICATION : CARACTERISATIONS GENETIQUE, CHROMATIQUE ET MORPHOLOGIQUE DE *TILAPAIA ZILLII*, DE *T. GUINEENSIS*, DES HYBRIDES DE PREMIERE ET DEUXIEME GENERATION

INTRODUCTION.....	93
2.1. CARACTERISATION GENETIQUE DES SOUCHES PARENTALES (<i>TILAPIA ZILLII</i> ET <i>T. GUINEENSIS</i>) ET DES HYBRIDES (F1A et F1B)	94
2.2. ETUDE CHROMATIQUE	96
2.2.1. Etude des caractéristiques de la caudale des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations	96

2.2.1.1. Coloration de la caudale des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>) des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations.....	96
2.2.1.2. Apparition de perles sur la caudale des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations.....	97
2.2.2. Etude de la coloration des flancs, de la gorge et de la poitrine des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations	105
2.2.2.1. Coloration des flancs des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations	105
a) <i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>	105
b) Hybrides F1A et F1B	107
c) Hybrides F2A et F2B.....	109
2.2.2.2. Coloration de la gorge et de la poitrine des souches parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations	111
a) <i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>	112
b) Hybrides F1A et F1B	114
c) Hybrides F2A et F2B.....	116
2.3. ETUDE MERISTIQUE ET MORPHOMETRIQUE DE <i>TILAPIA ZILLII</i> , DE <i>T. GUINEENSIS</i> ET DES HYBRIDES F1A et F1B	118
2.3.1. Fréquence de distribution des caractères méristiques	119
2.3.2. Etude des caractères morphométriques et méristiques à l'aide de l'analyse en composantes principales.....	119

CHAPITRE III : ETUDE DE LA REPRODUCTION : PRODUCTION D'ALEVINS PAR LES *TILAPIA ZILLII*, LES *T. GUINEENSIS* ET LES HYBRIDES DE PREMIERE (F1A ET F1B) ET DEUXIEME (F2A ET F2B) GENERATIONS

INTRODUCTION.....	126
3.1. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTRASPECIFIQUES	126
3.2. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTERSPECIFIQUES.....	128
3.3. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTROGRESSIFS.....	130

3.4. ETUDE DU SEX-RATIO DE LA DESCENDANCE	132
---	-----

CHAPITRE IV : CROISSANCE COMPAREE DES SOUCHES PARENTALES (*TILAPIA ZILLII* ET *T. GUINEENSIS*) ET DES HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION (F1A ET F1B) (ESSAI 1)

INTRODUCTION.....	136
4.1. TAUX DE MORTALITE	136
4.2. EVOLUTION DU POIDS MOYEN EN FONCTION DU TEMPS	140
4.3. CROISSANCE JOURNALIERE.....	143
4.4. VITESSE INSTANTANEE DE CROISSANCE.....	146
4.5. RELATION LONGUEUR / POIDS ET FACTEUR DE CONDITION	150
4.5.1. Relation longueur/poids	150
4.5.2. Facteur de condition	152
4.6. QUOTIENT NUTRITIF	156
4.7. ETUDE DE L'EFFET D'HETEROSIS	159

CHAPITRE V : CROISSANCE DES HYBRIDES F1A EN FONCTION DU MILIEU D'ELEVAGE : BASSINS EN BETON ET ETANGS EN TERRE (ESSAI 2)

INTRODUCTION.....	163
5.1. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES	163
5.2. TAUX DE MORTALITE ET PARAMETRES DE CROISSANCE.....	164
5.2.1. Evolution du poids moyen en fonction du temps	164
5.2.2. Taux de mortalité, croissance journalière, vitesse instantanée de croissance et quotient nutritif.....	164
5.3. FACTEUR DE CONDITION.....	167

CHAPITRE VI : INFLUENCE DE LA DENSITE DE MISE EN CHARGE SUR LA CROISSANCE DES HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION F1A (ESSAI 3)

INTRODUCTION.....	169
6.1. POIDS MOYEN FINAL, CROISSANCE JOURNALIERE, PRODUCTION ET TAUX DE MORTALITE.....	169
6.2. FACTEUR DE CONDITION, COEFFICIENT DE VARIATION ET QUOTIENT NUTRITIF.....	173

CHAPITRE VII : RATION ALIMENTAIRE SPECIFIQUE DES HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION F1A (ESSAI 4)

INTRODUCTION.....	176
7.1. DETERMINATION D'UNE RATION ALIMENTAIRE SPECIFIQUE DES HYBRIDES	177
7.1.1. Ration de maintenance, ration optimale et ration maximale	177
7.1.2. Equation de rationnement.....	177
7.2. ETUDE DE LA CROISSANCE JOURNALIERE ET DU QUOTIENT NUTRITIF A PARTIR DE LA RATION MAXIAMLE	180
7.2.1. Croissance journalière	180
7.2.2. Quotient nutritif.....	181
7.3. EVALUATION DE L'INGERE VOLONTAIRE CHEZ LES HYBRIDES	183
CHAPITRE VIII : INFLUENCE DU MODE DE DISTRIBUTION DE L'ALIMENT SUR LA CROISSANCE DES HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION F1A (ESSAI 5)	
INTRODUCTION.....	186
8.1. TAUX DE MORTALITE.....	186
8.2. POIDS MOYEN FINAL ET CROISSANCE JOURNALIERE.....	188
8.3. QUOTIENT NUTRITIF	191
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	
CONCLUSION	194
PERSPECTIVES.....	198
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	200
ANNEXES	
ANNEXE I : TESTS STATISTIQUES	
ANNEXE II : PUBLICATIONS	

LISTE DES ABREVIATIONS

Catégories	Abréviations
Structures d'élevage	
A ₁ à J ₆	Numéros des cages
B ₁₁ à B ₁₉	Numéros des bacs
E ₁ à E ₁₃	Numéros des étangs
Aliments	
T2GE	Tilapia de 2 mm pour grossissement et engraissement
T4GF	Tilapia de 4 mm pour grossissement et finition
Paramètres physico-chimiques	
T°	Température
O ₂	Oxygène dissous
Trp	Transparence
CND	Conductivité
TDS	Taux de solides dissous
Ca ²⁺	Ion calcium
Mg ²⁺	Ion magnésium
NH ₃	Ammoniaque
NO ₂ ⁻	Ions nitrites
NO ₃ ⁻	Ions nitrates
PO ₄ ³⁻	Ions phosphates
Génétique	
PCR	Polymerisation Chaine Reaction
ADN	Acide désoxiribonucléique
RAPD	Random Amplification Polymorphic DNA
DNTP	DésoxyriboNucléotide Triphosphate
PBS	Phosphate-Bufered-Saline
EDTA	Ethylen Diamine Tetraacetic Acide
CTAB	Cetyl Trimethyl Ammonium Bromure
SDS	Sodium Dodécyl Sulfate

Poissons

F1A	<i>Tilapia zillii</i> (mâle) x <i>T. guineensis</i> (femelle)
F1B	<i>T. zillii</i> (femelle) x <i>T. guineensis</i> (mâle)
F2A	F1A x F1A
F2B	F1B x F1B

Paramètres de survie et de croissance

H	Heterosis
LS	Longueur standard
Pm	Poids moyen
Pmi	Poids moyen initial
Pmf	Poids moyen final
PMi	Poids moyen intermédiaire
Tm	Taux de mortalité
Cj	Croissance journalière
Gp	Taux spécifique de croissance
K	Facteur de condition
P	Production
Cv	Coefficient de variation
Qn	Quotient nutritif
D	Densité de mise en charge
ACP	Analyse en composantes principales
alev/kg fe/m ³	Alevins par kilogramme de femelle par mètre cube
Min	Minimum
Max	Maximum
Moy	Moyenne

Rations alimentaires

R.MX	Ration maximale
R.OP	Ration optimale
R.MT	Ration de maintenance

LISTE DES TABLEAUX**PAGES**

Tableau I. Nombre de taxons phytoplanctoniques observés par classe dans le bassin de la Bia entre août 1995 et octobre 1997 (OUATTARA, 2000)	10
Tableau II. Liste des espèces zooplanctoniques répertoriées dans le bassin de la Bia entre mars 1996 et février 1997 (NOBAH, 1998 ; OUATTARA, 1998)	11
Tableau III. Nombre d'espèces de la macrofaune benthique observées par famille dans le bassin de la Bia entre 1996 et 1997 (DIOMANDE, 2001)	12
Tableau IV. Liste des espèces de poissons recensées dans la rivière Bia (Côte d'Ivoire) entre août 1995 et octobre 1997. + = présence ; Int = introduction (d'après KOUAMELAN, 1999) ..	14
Tableau V. Caractères morphologiques spécifiques du genre <i>Tilapia</i> (TREWAVAS, 1983)....	17
Tableau VI. Régime alimentaire de quelques tilapias en milieu naturel (BOWEN, 1982).....	31
Tableau VII. Résultats de l'hybridation interspécifique entre quelques espèces de poissons (HICKLING, 1962 ; AVAULT & SHELL, 1968 ; PRUGININ, 1968).....	35
Tableau VIII. Caractéristiques des bassins en béton utilisés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso.	45
Tableau IX. Composition des aliments sous les formes de farine, de granulés de 4 mm (T4GF) et de 2 mm (T2GE)	55
Tableau X. Abréviations et caractéristiques des différentes mensurations effectuées sur <i>Tilapia zillii</i> , <i>T. guineensis</i> et les hybrides F1A et F1B. Les caractères morphométriques non signalés par TEUGELS & HANSSENS (1994) et SNOEKS (1994) sont précédés d'un « * »...	62
Tableau XI. Abréviations et caractéristiques des différents comptages effectués sur <i>Tilapia zillii</i> , <i>T. guineensis</i> et les tilapias hybrides F1A et F1B	65

Tableau XII. Taux de rationnement journalier et poids moyens initiaux des hybrides F1A. Pmi : poids moyen initial	68
Tableau XIII. Liste faunistique des espèces de zooplancton répertoriées dans les cages flottantes au cours de l'élevage de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> et des hybrides dans le lac de barrage d'Ayamé I.....	88
Tableau XIV. Tableau récapitulatif de l'étude des caractères chromatiques de la nageoire caudale des espèces parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>) et des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) génération.....	101
Tableau XV. Valeurs propres avec le pourcentage de variance des cinq premiers axes factoriels résultant de l'analyse en composantes principales (ACP) des caractères morphométriques.....	122
Tableau XVI. Valeurs propres avec le pourcentage de variance des cinq premiers axes factoriels résultant de l'analyse en composantes principales (ACP) des caractères méristiques.	122
Tableau XVII. Poids moyen des poissons, nombre d'alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs observés au cours des croisements intraspécifiques dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso..	127
Tableau XVIII. Poids moyen des poissons, nombre d'alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs observé au cours des croisements interspécifiques entre <i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i> , dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso..	129
Tableau XIX. Poids moyen des poissons, nombre d'alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs enregistrés au cours des croisements entre les hybrides F1A [F1A (mâle) x F1A (femelle)] et entre les hybrides F1B [F1B (mâle) x F1B (femelle)] dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso.	131

Tableau XX. Sex-ratio des alevins de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides de première génération (F1A et F1B) et de deuxième génération (F2A et F2B) obtenus à partir des croisements intraspécifiques, interspécifiques et introgressifs.. 133

Tableau XXI. Taux de mortalité (%) moyens observés au cours des phases de pré-grossissement (14,13 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii* (14,12 g), *T. guineensis* (14,35 g) et leurs hybrides de première génération [F1A (14,35 g) et F1B (13,69 g)] élevés en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d’Ayamé I 137

Tableau XXII. Croissances journalières moyennes (g/j) observée au cours des phases de pré-grossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et chez leurs hybrides F1A et F1B en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d’Ayamé I..... 144

Tableau XXIII. Facteurs de conditions moyens observés en phases de pré-grossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d’Ayamé I..... 154

Tableau XXIV. Quotients nutritifs moyens observés au cours des phases de pré-grossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d’Ayamé I..... 157

Tableau XXV. Effet d’heterosis observé pour le taux de mortalité, la croissance journalière et le quotient nutritif chez les tilapias hybrides F1A et F1B après 140 jours (phase de pré-grossissement) et 168 jours (phase de grossissement) d’élevage..... 160

Tableaux XXVI. Taux de mortalité (%), croissance journalière (g/j), vitesse instantanée de croissance et quotient nutritif des hybrides F1A de sexe mâle (poids moyen initial : 12,59 g) élevés dans les bassins en béton et les étangs en terre durant 233 jours 165

Tableau XXVII. Poids moyen final (g), croissance journalière (g/j), production (kg/m ³ /an) et taux de mortalité (%) en fonction de la densité de mise en charge des hybrides F1A de sexe mâle (poids moyen initial : 19,69 g) après 282 jours d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I	170
Tableau XXVIII. Facteur de condition, coefficient de variation (%) et quotient nutritif en fonction de la densité de mise en charge des hybrides F1A mâles (poids moyen initial : 19,69 g) après 282 jours d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I.	174
Tableau XXIX. Effet de deux niveaux de rationnement [R.MX(a) : spécifique des hybrides F1A et R.MX(b) : déduit par Mélard (1986)] sur la croissance journalière des tilapias hybrides F1A. R.MX : Ration maximale ; PMi : poids moyen intermédiaire ; Cj : croissance journalière.....	182
Tableau XXX. Quotients nutritifs déterminés à partir de la formule de rationnement spécifique des hybrides F1A élevés en cages flottantes dans lac de barrage d'Ayamé I (R.MX (%) = 30,639 P ^{-0,380}).	182
Tableau XXXI. Taux de mortalité en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment chez les tilapias hybrides F1A de sexe mâle de poids moyen initial 19,7 g après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I.	187
Tableau XXXII. Poids moyen final (g) et croissance journalière (g/j) en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment chez les hybrides F1A mâles de poids moyen initial 19,7 g après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I.....	189
Tableau XXXIII. Quotient nutritif en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment chez les hybrides F1A mâles de poids moyen initial 19,7 g après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I	192

LISTE DES FIGURES**PAGES**

Figure 1. Situation géographique du bassin de la Bia et du lac d’Ayamé (Côte d’Ivoire). Source (N’DOUBA, 1987)	5
Figure 2. Vue partielle du lac de barrage d’Ayamé I.	6
Figure 3. Diagramme ombrothermique de la région d’Aboisso (Côte d’Ivoire). Source : Compagnie Ivoirienne d’Electricité (CIE) ; données enregistrées entre janvier 2000 et décembre 2002.	8
Figure 4. <i>Tilapia zillii</i> (GERVAIS, 1848) (Source : LUIG, 2005).....	19
Figure 5. <i>Tilapia guineensis</i> (BLEEKER, 1862) (Source : POUYAUD, 1995).	21
Figure 6. Distribution de <i>Tilapia zillii</i> en Afrique de l’Ouest (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1992, 2003).	25
Figure 7. Distribution de <i>Tilapia guineensis</i> en Afrique de l’Ouest (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1992, 2003).	26
Figure 8. Vue de profil (1) et de dessus (2) du distributeur à pendule.	41
Figure 9. Schéma de deux étangs et des bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d’Aboisso.	43
Figure 10. Vue de profil du système de flottaison et d’une batterie de cages utilisées sur le lac de barrage d’Ayamé I, pour l’élevage de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> et des hybrides... ..	46
Figure 11. Vue d’ensemble des batteries de cages utilisées sur le lac de barrage d’Ayamé I pour l’élevage de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> et des hybrides.....	48

Figure 12. Vue partielle de l'ensemble des cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I. C : cage ; P : passerelle ; T : tronc d'arbre mort ; V : végétation.	49
Figure 13. Principales mensurations effectuées sur les espèces parentales (<i>Tilapia zillii</i> et <i>T. guineensis</i>) et les tilapias hybrides (F1A et F1B).	64
Figure 14. Représentation schématique du comptage du nombre d'écailles..	65
Figure 15. Variations moyennes mensuelles des caractéristiques physico-chimiques enregistrées le matin et l'après-midi dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, entre juin 2000 et mai 2003.	78
Figure 16. Variations moyennes mensuelles des caractéristiques physico-chimiques enregistrées le matin et l'après-midi dans les cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I, entre janvier 2001 et décembre 2003.	81
Figure 17. Variations des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac de barrage d'Ayamé I (cages flottantes) sur une période de 24 heures, entre janvier 2001 et décembre 2003..	84
Figure 18. Variations moyennes mensuelles des composés ioniques enregistrés dans les cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I, entre janvier 2001 et décembre 2003..	86
Figure 19. Variations moyennes mensuelles de la densité des Copépodes, des Rotifères et des Cladocères enregistrée de janvier 2001 à décembre 2002 dans les cages flottantes d'élevage expérimental de poissons du lac de barrage d'Ayamé I.	90
Figure 20. Variations mensuelles des abondances relatives des Copépodes, des Rotifères et des Cladocères de janvier 2001 à décembre 2002 dans les cages flottantes d'élevage expérimental de poissons du lac de barrage d'Ayamé I.	90
Figure 21. Electrophorégramme de l'amplification aléatoire de l'acide désoxyribonucléique polymorphique (RAPD) de <i>Tilapia zillii</i> (Tz), de <i>T. guineensis</i> (Tg) et des hybrides F1A et F1B.	95

Figure 22. Variation des proportions de poissons présentant la double coloration de la nageoire caudale en fonction de la longueur standard..	97
Figure 23. Variation des proportions de poissons ayant des perles sur la nageoire caudale en fonction de la longueur standard..	99
Figure 24. Phénotype définitif (≥ 14 cm LS) des <i>Tilapia zillii</i> élevés dans les cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d’Ayamé I.	102
Figure 25. Phénotype définitif (≥ 13 cm LS) des <i>Tilapia guineensis</i> (LS = 18 cm) élevés dans les cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d’Ayamé I.	102
Figure 26. Phénotypes définitifs (≥ 13 cm LS) des hybrides F1A et F1B élevés dans les cages flottantes expérimentales, installées sur le lac de barrage d’Ayamé I.	103
Figure 27. Evolution de la coloration des flancs de <i>Tilapia zillii</i> et de <i>T. guineensis</i> en fonction de la longueur standard..	106
Figure 28. Evolution de la coloration des flancs des tilapias hybrides F1A et F1B en fonction de la longueur standard. .	108
Figure 29. Evolution de la coloration des flancs des hybrides F2A et F2B en fonction de la longueur standard. .	110
Figure 30. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des <i>Tilapia zillii</i> et des <i>T. guineensis</i> en fonction de la longueur standard.	113
Figure 31. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des hybrides F1A et F1B en fonction de la longueur standard. .	115

Figure 32. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des hybrides F2A et F2B en fonction de la longueur standard.	117
Figure 33. Fréquence de distribution des caractères méristiques des populations de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> et de leurs hybrides F1A et F1B en fonction du nombre des pièces anatomiques.....	120
Figure 34. Projection des variables morphométriques après extraction des poids factoriels, suite à l'analyse en composantes principales (ACP).	123
Figure 35. Projection des variables méristiques après extraction des poids factoriels.....	123
Figure 36. Projection en ACP (analyse en composantes principales) des caractères morphométriques de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> , des hybrides F1A et F1B par rapport aux axes 1 et 2.	125
Figure 37. Projection en ACP (analyse en composantes principales) des caractères méristiques de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> et des hybrides F1A et F1B par rapport aux axes 1 et 2.	125
Figure 38. Evolution du poids moyen de <i>Tilapia zillii</i> , <i>T. guineensis</i> et de leurs hybrides F1A et F1B au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) en fonction de la durée d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I.	141
Figure 39. Evolution de la vitesse instantanée de croissance (%/j/individu) en fonction du poids moyen (g) de <i>Tilapia zillii</i> , <i>T. guineensis</i> et de leurs hybrides F1A et F1B au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I.	147
Figure 40. Relation entre la longueur standard ($5\text{ cm} \leq \text{LS} \leq 18\text{ cm}$) et le poids ($14,1\text{ g} \leq \text{LS} \leq 180,2\text{ g}$) de <i>Tilapia zillii</i> , de <i>T. guineensis</i> , des hybrides F1A et F1B en élevage en cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d'Ayamé I.....	151

Figure 41. Evolution du poids moyen (poids moyen initial : 12,59 g) des tilapias hybrides F1A après 233 jours d'élevage dans les étangs en terre et les bassins en béton installés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso	165
Figure 42. Variation de la vitesse instantanée de croissance (Gp) en fonction de la ration alimentaire et du poids moyen intermédiaire des tilapias hybrides F1A [<i>Tilapia zillii</i> (mâle) × <i>T. guineensis</i> (femelle)] mixtes en cages flottantes.....	178
Figure 43. Variation de la ration alimentaire en fonction du poids moyen des hybrides F1A élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I	179
Figure 44. Evolution du coefficient de réplétion stomacale des tilapias hybrides F1A de sexe mâle [<i>Tilapia zillii</i> (mâle) x <i>T. guineensis</i> (femelle)] nourris à l'aliment commercial d'une part et non nourris d'autre part.	184



INTRODUCTION GENERALE

La diminution progressive des stocks naturels de poissons due à la surexploitation est liée à la croissance démographique galopante. Cette croissance a pour corollaire une forte pression de pêche exercée sur le stock naturel mondial. Un autre facteur de réduction des réserves de la faune ichtyologique est la pollution organique et chimique, empoisonnant la faune aquatique. Ce phénomène de diminution est l'une des raisons majeures du développement actuel de la pisciculture (BARDACH *et al.*, 1972). PULLIN (1996) estime que l'aquaculture en Afrique doit manifestement se développer à partir d'espèces autochtones. Selon HEM *et al.* (1994), ce type d'approche laisse entrevoir de bonnes perspectives de développement. La pisciculture compenserait le déficit en poisson provoqué par les facteurs sus-cités. Cet élevage concerne surtout la famille des Cichlidés, composée de plus de 1200 espèces d'eaux douces et saumâtres, répandues principalement en Afrique, en Amérique tropicale et en Asie (STIASSNY, 1991). La systématique au sein de cette famille a souvent été controversée du fait de sa grande richesse spécifique (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1964, 1966, 1968, 1971 ; TREWAVAS, 1982, 1983 ; ABBAN, 1988). La grande diversité observée chez les Cichlidés est parfois influencée par des facteurs environnementaux, permettant souvent l'émergence d'hybrides.

En Afrique, les premiers essais d'élevage ont été réalisés sur les tilapias (WELCOMME, 1981 ; PULLIN, 1983). Vu son excellent taux de croissance, sa résistance aux maladies et son adaptation à diverses conditions environnementales, le tilapia (*sensus lato*) est devenu l'espèce la plus importante en aquaculture d'eau douce des pays tropicaux et subtropicaux (LEGENDRE, 1991). Selon les statistiques de la FAO, la production des tilapias a augmenté significativement depuis la dernière décennie atteignant 1,5 millions de tonnes en 2001 (FAO, 2005). Les tilapias hybrides constituent une part importante de cette production. En effet, l'élevage de tilapia en Israël, en Arabie Saoudite, en Taiwan, en Chine et aux Philippines, est principalement constitué d'hybrides interspécifiques. Ces poissons représentaient en 1999, plus de 80 % des tilapias produits dans le monde (FAO, 2005). En pisciculture, la plupart des études relatives à l'hybridation sont expérimentales et ont été menées dans le but d'accroître la production (LOVSHIN, 1982 ; WOLFARTH *et al.*, 1983). L'hybridation est aussi utilisée pour combiner les avantages des espèces parentales, en vue de sélectionner des tilapias performants adaptés aux conditions d'élevage (DOUDET, 1991). Mais parfois l'aménagement des cours d'eau, l'installation d'infrastructures et leur empoisonnement créent une modification souvent irréversible des facteurs écologiques du milieu ou éthologiques des espèces (ARTHINGTON, 1991 ; MATHER & ARTHINGTON, 1991 ; MICHA *et al.*, 1996 ; AGNESE *et al.*, 1998). C'est ainsi qu'en Côte d'Ivoire, la

construction d'un barrage hydroélectrique sur la rivière Bia a créé un milieu artificiel qui est le lac de barrage d'Ayamé I. Cet aménagement a contribué à rompre l'isolement reproducteur entre deux espèces de tilapia. L'une, *Tilapia zillii*, est une espèce continentale, colonisant le milieu fluvial et généralement rencontrée sur le cours supérieur de la rivière Bia. L'autre, *T. guineensis*, est inféodée aux zones côtières et localisée sur le cours inférieur de cette rivière. Ce milieu artificiel a induit une hybridation massive entre ces deux espèces de tilapia (POUYAUD, 1995 ; AGNESE *et al.*, 1997).

L'identification des hybrides du lac de barrage d'Ayamé I pose de nombreux problèmes. En effet, les méthodes usuelles de caractérisation utilisant les allozymes et les marqueurs génétiques permettent de faire normalement la distinction entre les hybrides et les espèces parentales *T. zillii* et *T. guineensis* (AVTALION, 1982 ; POUYAUD, 1995 ; WILSON & KAUFMAN, 1995). Cependant, elles ne sont pas applicables directement sur le terrain. Les descriptions morphologiques de TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992, 2003), POUYAUD (1995), TCHINDA (1999) et de BAMBABA (2001), n'ont pas permis de différencier les hybrides du lac de barrage d'Ayamé I des individus parentaux, *T. zillii* et *T. guineensis*.

Entre 1995 et 1998, le lac de barrage d'Ayamé I renfermait 39 espèces de poissons, représentant 1000 tonnes / an (GOURENE *et al.*, 1999). Les tilapias hybrides représentent 24 % de cette production, contre seulement 4 % pour *T. zillii* et 2 % pour *T. guineensis* (THYS VAN DEN AUDENAERDE *et al.*, 1998). En outre, malgré les nombreux travaux effectués sur le lac de barrage d'Ayamé I (KONE, 2000 ; OUATTARA, 2000 ; VANGA, 2001 ; OUATTARA, 2004), aucune donnée sur les potentialités piscicoles des tilapias hybrides n'est connue.

Les hybrides du lac de barrage d'Ayamé I suscitent, à n'en plus douter, un grand intérêt économique et social. Par conséquent, ils peuvent être classés parmi les espèces devant faire l'objet d'une attention toute particulière, en matière de recherche fondamentale et de développement. Le présent travail s'inscrit dans le cadre d'un projet Ivoir-Belge, intitulé "Élevage expérimental des poissons en cages flottantes". Il a pour but de revaloriser certaines espèces autochtones du lac de barrage d'Ayamé I, telles que les tilapias hybrides (*Tilapia zillii* x *T. guineensis*), *Sarotherodon melanotheron* et *Heterobranchus longifilis*.

L'objectif général de la présente investigation est de définir un critère d'identification fiable des tilapias hybrides du lac de barrage d'Ayamé I, tout en évaluant leurs performances zootechniques.

Cette étude se fixe comme objectifs spécifiques, à travers une étude de la systématique, de déterminer les caractéristiques génétiques, chromatiques et morphologiques des espèces parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*) et des hybrides. Elle se propose également d'étudier le potentiel aquacole de ces poissons, à travers des tests portant sur leur croissance et des expériences relatives à leur alimentation.

En fonction de ces objectifs, le présent travail s'articulera autour de 5 axes :

1 – la détermination des caractéristiques physico-chimiques des sites d'élevage. Cette caractérisation permet d'examiner la faisabilité des études et de contrôler la variabilité de certains paramètres.

2 - l'étude systématique, au cours de laquelle des caractérisations génétiques, chromatiques et morphologiques ont été effectuées. Elles ont porté sur des espèces parentales à savoir *Tilapia zillii* et *T. guineensis*. En plus des hybrides issus de croisements expérimentaux intraspécifiques, interspécifiques et introgressifs réalisés dans des bassins en bétons. Si les travaux antérieurs ont été réalisés sur des spécimens préalablement conservés dans du formol, l'avantage du présent travail est de suivre l'évolution des caractères chromatiques visuels sur des échantillons vivants au cours de leur croissance.

3 - l'étude comparative des résultats obtenus lors des différentes reproductions intraspécifiques, interspécifiques et introgressives. Il s'agit du nombre d'alevins produits, de la période des interpontes (période entre deux pontes successives) et du temps écoulé avant la première reproduction.

4 - l'étude comparative des performances de croissance des hybrides et des espèces parentales issues des croisements intraspécifiques, interspécifiques et introgressives. Ce travail est suivi de deux études portant sur la croissance des hybrides, en fonction, d'une part, de la densité de mise en charge, et d'autre part, du milieu d'élevage (étangs en terre et bassins en béton).

5 – les deux dernières études sont consacrées à l'alimentation. L'une se propose de déterminer un taux de rationnement adapté aux besoins des hybrides. Quant à l'autre, elle vise à étudier l'effet de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment sur la croissance de ces poissons, tout en évaluant l'ingéré volontaire des granulés.



**PREMIERE PARTIE : GENERALITES
SUR LE MILIEU D'ETUDE ET LES
ESPECES ETUDIEES**

CHAPITRE I :
PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

INTRODUCTION

Avant toute étude scientifique réalisée dans le milieu naturel, il est important de situer le ou les site(s) d'expérimentation. Dans ce cadre, une synthèse bibliographique des données climatiques, hydrologiques et biologiques des différents milieux d'étude a été effectuée.

Le présent travail a été réalisé respectivement à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso et sur le lac de barrage d'Ayamé I. Ce chapitre est une revue bibliographique, décrivant et caractérisant ces deux sites expérimentaux du point de vue climatique et biologique.

1.1. DESCRIPTION ET SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA STATION PISCICOLE DES EAUX ET FORETS D'ABOISSO ET DU LAC DE BARRAGE D'AYAME I

1.1.1. Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso

La Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso a été créée en 1958. Elle était dotée d'une batterie de 14 étangs, entièrement alimentés par gravité à partir d'une source pérenne d'eau douce. Ces équipements servaient, d'une part, d'étangs de démonstrations et d'autre part, étaient destinés à produire des alevins ou des géniteurs pour les futurs pisciculteurs (ANONYME, 1976). Cette station piscicole est située à 20 km du lac de barrage d'Ayamé I. Actuellement, elle est constituée de 12 étangs en terre et de 9 bassins en béton. Un canal collecteur permet l'évacuation des eaux usées, de la station piscicole vers le cours inférieur de la rivière Bia (5°28'N et 3° 12' W), situé en aval du lac de barrage d'Ayamé I.

1.1.2. Lac de barrage d'Ayamé I

Petit Bassin côtier de 300 km de longueur et d'une superficie de 9650 km², la rivière Bia prend sa source au Ghana et se jette dans la lagune Aby en Côte d'Ivoire (Figure 1). Sur cette rivière, il a été construit en 1959 un barrage hydroélectrique qui a donné naissance au lac d'Ayamé I (Figure 2). Ce lac a une superficie de 179 km² et une profondeur maximale de 20 m (VANDEN BOSSCHE & BERNACSEK, 1990). Situé dans le Sud-Est ivoirien (5° 36' N et 3° 10' W), le lac d'Ayamé I est un plan d'eau d'où émergent de nombreux troncs d'arbres morts, suite à une inondation sans déboisement préalable. Il est le plus ancien lac de barrage de la Côte d'Ivoire et figure avec le lac Kariba au Zimbabwe parmi les plus anciens du

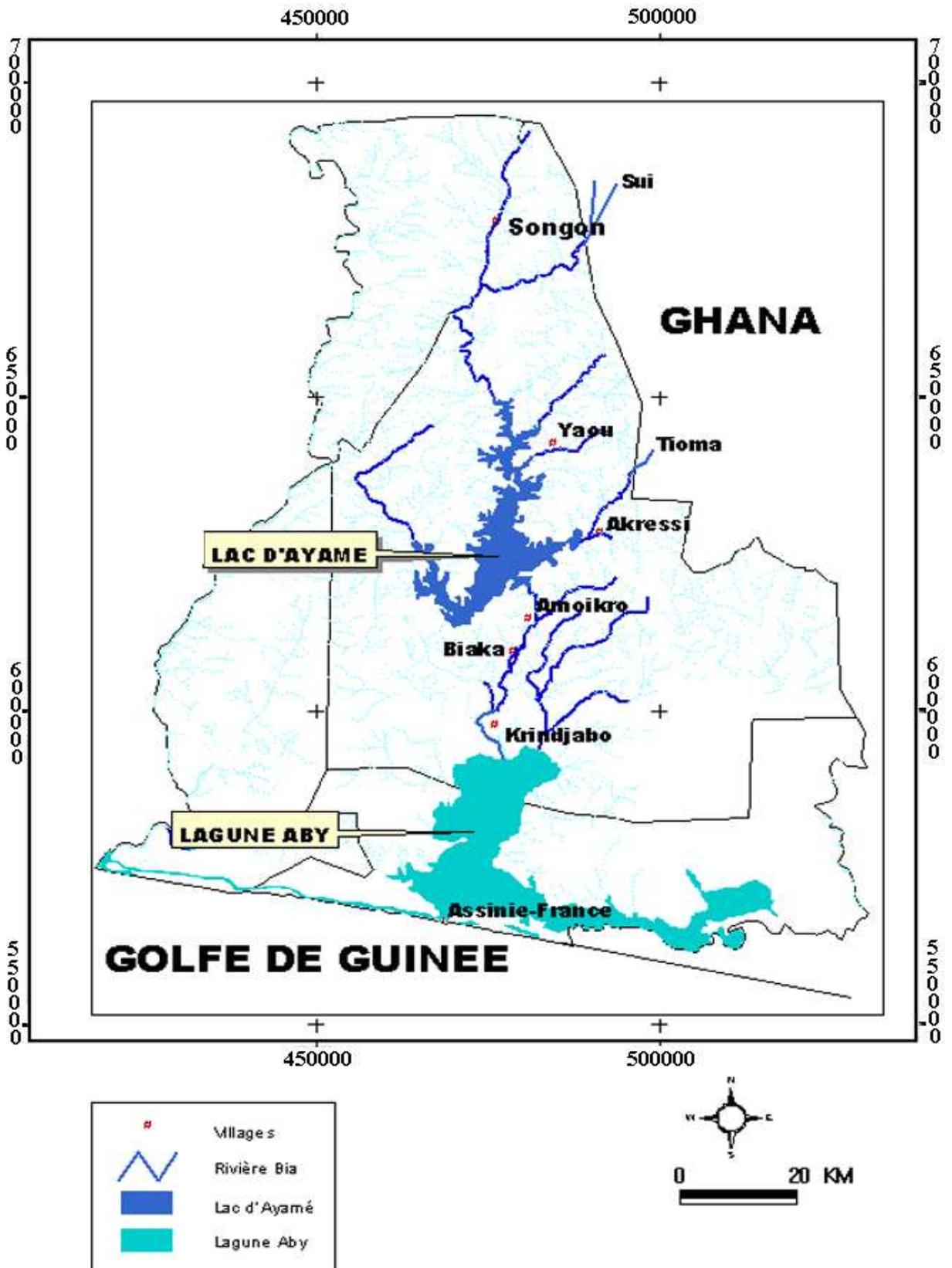
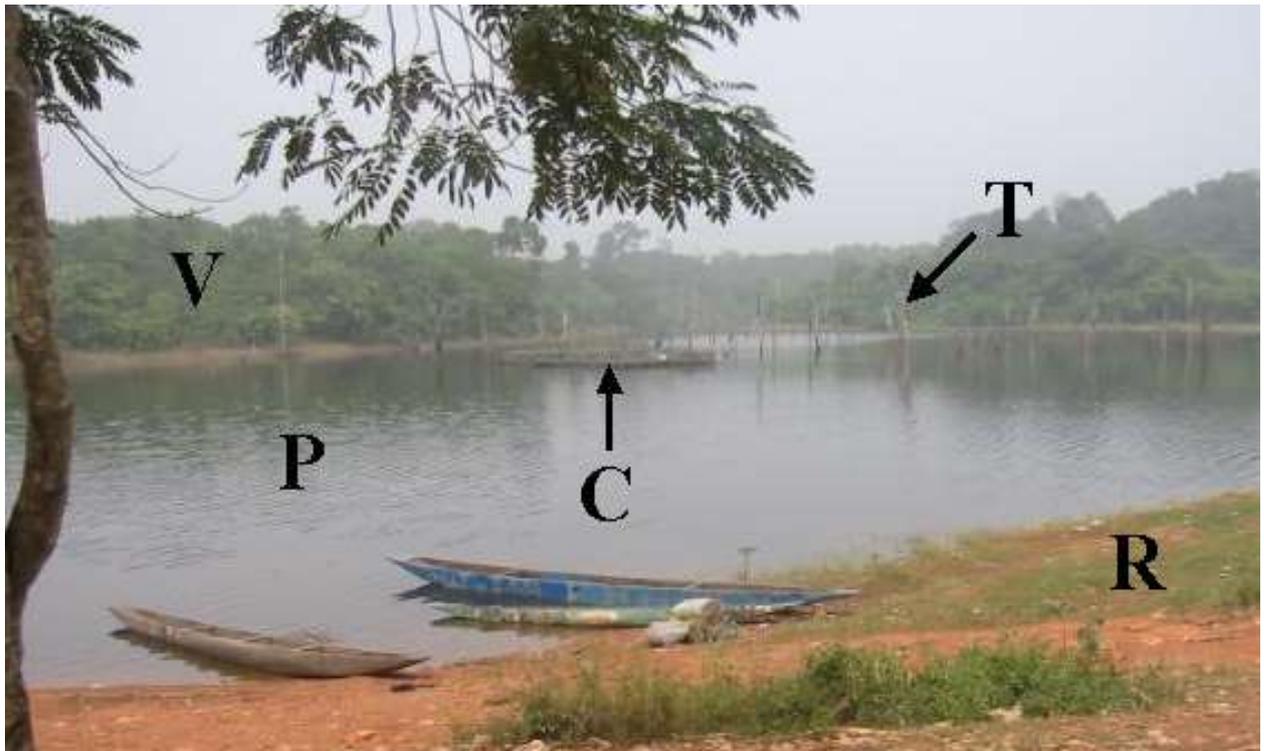


Figure 1. Situation géographique du bassin de la Bia et du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire).

Source (N'DOUBA, 1987)



6 m



Figure 2. Vue partielle du lac de barrage d'Ayamé I. V : végétation ; P : plan d'eau ; C : cages flottantes ; T : tronc d'arbres morts ; R : rive.

Continent africain. Il pouvait retenir jusqu'à $1,4 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ d'eau en période de crue d'avril à juin et d'octobre à novembre (KOUASSI, 1980 ; LAË, 1997). Le lac de barrage d'Ayamé I a un débit maximum d'environ $500 \text{ m}^3/\text{s}$ en avril et en novembre. Il a également un débit minimal variant entre $0,13 \text{ m}^3/\text{s}$ et $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$ de juillet à août (N'DOUBA, 1987). En outre, deux périodes d'étiage ont été enregistrés entre décembre et mars.

1.2. DONNEES CLIMATIQUES

Située dans la partie occidentale de l'Afrique et en bordure du golfe de Guinée, la Côte d'Ivoire a un régime pluviométrique et des facteurs climatologiques dominés par le déplacement du front intertropical. Les déformations de ce front sont dues à la présence du massif de Guinée. Les climats soudanais au Nord, baouléen au Centre, attiéen au Sud et de montagnes à l'Ouest sont les plus rencontrés. Ces climats sont en correspondance avec deux types de paysages : la savane et la forêt claire au Nord, la forêt dense et humide au Sud (AVENARD *et al.*, 1971 ; PAUGY, 1978 ; MAHE, 1993).

Localisé dans le sud-est de la Côte d'Ivoire, le lac de barrage d'Ayamé I est sous l'influence d'un climat de type équatorial de transition. En amont du lac, en période de saison sèche, on observe par endroits, de grandes flaques d'eaux reliées par un filet d'eau. En saison des pluies, le niveau maximum de l'eau enregistré en juillet 1996 est de 8,50 m. Dans le cours inférieur de la Bia, le régime hydrologique dépend entièrement du système d'ouverture et de fermeture du barrage (KOUAMELAN, 1999).

A partir du diagramme ombrothermique (Figure 3), quatre saisons peuvent être distinguées. Une grande saison sèche s'étend de décembre à mars. Au cours de cette période, les valeurs de pluviométrie enregistrées sont les plus faibles de l'année. Elles se situent entre 50 mm et 60 mm de pluies et sont en dessous de la courbe des températures. La pluviométrie enregistrée d'avril à juillet, fluctuant entre 165 mm et 326 mm, est la plus élevée de l'année et est nettement au-dessus de la courbe des températures. Cette période correspond à la grande saison des pluies. Enfin, une petite saison sèche et une petite saison des pluies s'étendent respectivement d'août à septembre et d'octobre à novembre.

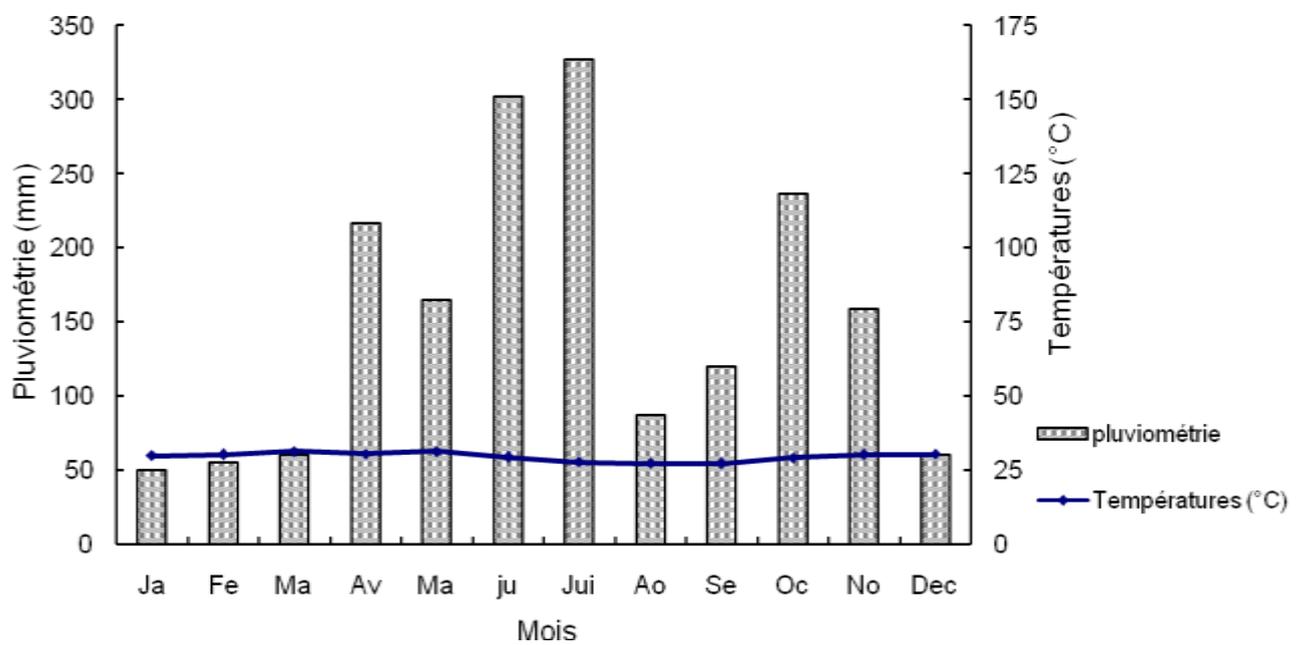


Figure 3. Diagramme ombrothermique de la région d'Aboisso (Côte d'Ivoire). Source : Compagnie Ivoirienne d'Electricité (CIE) ; données enregistrées entre janvier 2000 et décembre 2003.

1.3. DONNEES BIOLOGIQUES

1.3.1. Phytoplancton

Le nombre de taxons phytoplanctoniques du bassin de la Bia a été recensé par OUATTARA (2000) (Tableau I). Entre août 1995 et octobre 1997, cet auteur a inventorié 280 taxons phytoplanctoniques appartenant à 10 familles : celles des Bacillariophycées, des Chlorophycées, des Chrysophycées, des Cyanophycées, des Dinophycées, des Euglenophycées, des Xanthophycées, des Conjugatophycées, des Oedogoniophycées et enfin des Rhodophycées.

1.3.2. Zooplancton

Les travaux de NOBAH (1998) et de OUATTARA (1998) sur le bassin de la Bia ont permis d'inventorier, entre mars 1996 et février 1997, 58 espèces zooplanctoniques appartenant à 19 familles (Tableau II). Douze espèces n'avaient jamais été signalées au paravent sur le bassin de la Bia. Il s'agit de dix Rotifères, à savoir, *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Brachionus caudatus*, *Anuraeopsis navicula*, *Platyas quadricornis*, *Trichocerca cylindrica*, *Hexarthra mira*, *Testudinella patina*, *Asplanchna girodi* et *Cephalodella gibba* et de deux Cladocères nommés *Simocephalus latirostris* et *Alonella nana*. Les Rotifères *Trichocerca bicristata*, *Beauchampiella eudactylota* et *Ascomorpha ecaudis* ont été signalés pour la première fois en Côte d'Ivoire par NOBAH (1998).

1.3.3. Faune benthique

L'analyse granulométrique des sédiments du bassin de la Bia montre de façon générale un substrat constitué de sable et de boue. DIOMANDE (2001) indique que la macrofaune benthique de ce bassin est constituée de 60 taxons répartis entre 32 familles appartenant à trois grands groupes. Il s'agit des Oligochètes, des Mollusques et des Insectes (Tableau III).

Tableau I. Nombre de taxons phytoplanctoniques observés par classe dans le bassin de la Bia entre août 1995 et octobre 1997 (OUATTARA, 2000).

Familles	Aval	Lac d'Ayamé	Amont
Bacillariophycées	38	55	43
Chlorophycées	28	75	13
Chrysophycées	00	01	00
Conjugatophycées	35	76	13
Cyanophycées	16	21	07
Dinophycées	02	02	01
Euglenophycées	10	28	15
Oedogoniophycées	02	02	02
Rhodophycées	01	00	01
Xanthophycées	00	02	02
Total	133	262	97

Tableau II. Liste des espèces zooplanctoniques répertoriées dans le bassin de la Bia entre mars 1996 et février 1997 (NOBAH, 1998 ; OUATTARA, 1998).

Groupes	Espèces	Aval	Lac d'Ayamé	Amont
Copépodes	<i>Mesocyclops dussarti</i>		+	+
	<i>Thermocyclops consimilis</i>		+	
	<i>Thermocyclops decipiens</i>	+	+	+
	<i>Thermocyclops neglectus</i>		+	
	<i>Thermodiaptomus yabensis</i>		+	+
	<i>Harpacticoides</i>			+
Cladocères	<i>Acroperus elongatus</i>			+
	<i>Alonella nana</i>		+	
	<i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+
	<i>Camptocercus rectirostris</i>			+
	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>	+	+	+
	<i>Ceriodaphnia dubia</i>		+	
	<i>Chydorus eurynotus</i>		+	
	<i>Diaphanosoma excisum</i>	+	+	+
	<i>Macrothrix goeldii</i>		+	
	<i>Moina micrura</i>	+	+	+
	<i>Simocephalus latirostris</i>		+	+
Rotifères	<i>Anuraeopsis coelata</i>		+	
	<i>Anuraeopsis fisa</i>		+	
	<i>Anuraeopsis navicula</i>		+	
	<i>Ascomorpha ecaudis</i>		+	
	<i>Asplanchna brightwelli</i>		+	
	<i>Asplanchna girodi</i>		+	
	<i>Beauchampiella eudactylota</i>		+	
	<i>Brachionus angularis</i>		+	
	<i>Brachionus calyciflorus</i>		+	
	<i>Brachionus caudatus</i>		+	
	<i>Brachionus falcatus</i>	+	+	+
	<i>Brachionus quadridentatus</i>		+	
	<i>Cephalodella gibba</i>		+	
	<i>Conochiloides sp.</i>		+	
	<i>Dicranophorus epicharis</i>		+	
	<i>Epiphanes clavulata</i>		+	
	<i>Filinia longiseta</i>			+
	<i>Filinia opoliensis</i>		+	
	<i>Gastropus stylifer</i>		+	
	<i>Hexarthra intermedia</i>		+	
	<i>Hexarthra mira</i>		+	
	<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+
	<i>Keratella lenzi</i>	+	+	+
	<i>Keratella quadrata</i>		+	
	<i>Keratella tropica</i>		+	
	<i>Lecane bulla</i>	+		
	<i>Lecane closterocerca</i>	+	+	+
	<i>Lecane curvicornis</i>		+	
	<i>Lecane leontina</i>		+	
	<i>Lecane signifera</i>		+	
	<i>Philodina roscota</i>	+		
	<i>Platyas leloupi</i>		+	
<i>Platyas quadricornis</i>		+		
<i>Polyarthra vulgaris</i>	+	+		
<i>Scaridium longicaudum</i>		+		
<i>Synchaeta pectinata</i>		+		
<i>Testudinella patina</i>		+		
<i>Trichocerca bicristata</i>		+		
<i>Trichocerca chattoni</i>	+	+	+	
<i>Trichocerca cylindrica</i>		+		
<i>Trichocerca similis</i>	+	+	+	
Total	58	14	52	19

Tableau III. Nombre d'espèces de la macrofaune benthique observées par famille dans le bassin de la Bia entre 1996 et 1997 (DIOMANDE, 2001).

Groupes	Familles	Nombre d'espèces		
		Aval	Lac d'Ayamé	Amont
Oligochètes	Alluroididae	1	1	1
	Naididae	1	0	0
	Opistocystidae	0	1	0
	Tubificidae	1	1	1
Mollusques	Mutelidae	1	1	1
	Pilidae	2	0	1
	Thiaridae	1	1	0
Insectes	Aphelocheiridae	0	0	1
	Baetidae	0	2	1
	Caenidae	1	1	1
	Cecidomyiidae	0	1	0
	Ceratopogonidae	1	1	1
	Chaoboridae	0	1	0
	Chironomidae	8	8	11
	Corduliidae	0	1	1
	Corixidae	0	1	1
	Dytiscidae	0	0	3
	Ecnomidae	1	1	1
	Elmidae	2	0	4
	Ephydriidae	0	0	1
	Gomphidae	0	2	4
	Hydrophilidae	1	1	1
	Leptoceridae	1	0	0
	Leptophlebiidae	3	0	2
	Nepidae	0	1	1
	Perlidae	1	0	1
	Polycentropodidae	1	1	1
	Polymitarcyidae	0	1	0
	Rhagionidae	0	0	1
	Tipulidae	0	1	1
Tricorythidae	1	0	2	
Veliidae	0	0	1	
Total	32	28	29	44

1.3.4. Faune ichtyologique

La faune des poissons de la Bia appartient à la région ichtyologique Ouest africaine éburnéo-ghanéenne. DAGET & ILTIS (1965) ont mentionné la présence de 32 espèces dans le bassin de la Bia. L'inventaire le plus récent de la faune ichtyologique de cette rivière a été effectué par GOURENE *et al.* (1999). Entre août 1995 et octobre 1997, ces auteurs y ont recensé, en plus de quelques espèces d'eau saumâtre, 67 espèces d'eau douce qui se répartissent entre 35 genres appartenant à 18 familles (Tableau IV). Six familles comprennent l'essentiel de la diversité spécifique, soit plus de 70 % du nombre d'espèces concernées. Il s'agit, dans l'ordre décroissant, des Cichlidae qui regroupent 14 espèces et 1 hybride (*Tilapia zillii* x *T. guineensis*), des Cyprinidae, des Alestidae, des Mormyridae comprenant chacun 7 espèces, des Clariidae composées de 6 espèces et des Cyprinodontidae ne comprenant que 4 espèces.

1.3.5. Faune crevette

Selon GOORE-BI (1998), quatre espèces de crevette ont été identifiées dans le bassin de la Bia. Il s'agit de *Macrobrachium vollenhovenii*, *M. macrobrachion*, *M. felicinum* et *M. raridens*. La fréquence d'apparition de *M. vollenhovenii* varie entre 24 % et 70 % et celle de *M. macrobrachion* se situe entre 25 % et 76 %. Ces deux espèces constituent les populations dominantes, contrairement à *M. raridens* et *M. felicinum* dont les fréquences d'apparition se situent respectivement entre 0 % et 18 % et entre 0 % et 11 %.

Tableau IV. Liste des espèces de poissons recensées dans la rivière Bia (Côte d'Ivoire) entre août 1995 et octobre 1997. + = présence ; Int = introduction (d'après KOUAMELAN, 1999).

Familles	Espèces	Bia	Aval	Lac	Amont
Clupeidae	<i>Pellonula leonensis</i>		+		
Osteoglossidae	<i>Heterotis niloticus</i>	Int			
Notopteridae	<i>Papyrocranus afer</i>	+	+		
Mormyridae	<i>Brienomyrus brachyistius</i>	+			
	<i>Marcusenius furcoides</i>	+	+	+	
	<i>Marcusenius senegalensis</i>	+	+		
	<i>Marcusenius ussheri</i>	+	+	+	+
	<i>Mormyrops anguilloides</i>	+	+	+	+
	<i>Mormyrus rume</i>	+	+	+	+
	<i>Petrocephalus bovei</i>	+	+	+	+
Hepsetidae	<i>Hepsetus odoe</i>	+	+	+	+
Alestidae	<i>Brycinus derhami</i>	+		+	+
	<i>Brycinus imberi</i>	+	+	+	+
	<i>Brycinus longipinnis</i>	+	+	+	+
	<i>Brycinus macrolepidotus</i>	+	+	+	+
	<i>Brycinus nurse</i>	+	+	+	+
	<i>Micralestes elongatus</i>	+	+	+	+
	<i>Micralestes occidentalis</i>	+		+	+
Distichodontidae	<i>Nannocharax fasciatus</i>	+			
	<i>Neolebias unifasciatus</i>	+			
Cyprinidae	<i>Barbus ablabe</i>	+		+	+
	<i>Barbus bynni waldroni</i>	+			
	<i>Barbus punctitaeniatus</i>	+			
	<i>Barbus trispilos</i>	+		+	+
	<i>Barbus wurtzi</i>	+		+	+
	<i>Labeo parvus</i>	+		+	+
	<i>Raiamas senegalensis</i>	+	+		+
Claroteidae	<i>Chrysichthys auratus</i>	+			
	<i>Chrysichthys johnelsi</i>	+			
	<i>Chrysichthys maurus</i>	+	+	+	+
	<i>Chrysichthys nigrodigitatus</i>	+	+	+	+
Schilbeidae	<i>Parailia pellucida</i>	+	+	+	
	<i>Schilbe mandibularis</i>	+	+	+	+
Amphiliidae	<i>Amphilius atesuensis</i>	+			
Clariidae	<i>Clarias anguillaris</i>	+	+	+	+
	<i>Clarias buettikoferi</i>	+			
	<i>Clarias ebriensis</i>	+	+		+
	<i>Clarias laeviceps</i>	+			
	<i>Heterobranchus isopterus</i>	+	+	+	+
	<i>Heterobranchus longifilis</i>	+	+	+	
Malapteruridae	<i>Malapterurus electricus</i>	+		+	+
Mochokidae	<i>Synodontis bastiani</i>	+	+	+	+
	<i>Synodontis punctifer</i>	+			+
	<i>Synodontis schall</i>	+		+	+
Cyprinodontidae	<i>Aphyosemion petersii</i>	+			
	<i>Aplocheilichthys sp.</i>	+		+	
	<i>Epiplatys chaperi</i>	+			
	<i>Fundulopanchax walkeri</i>	+			
Channidae	<i>Parachanna obscura</i>	+		+	+
Monodactylidae	<i>Monodactylus sebae</i>	+	+		

	<i>Chromidotilapia guntheri</i>	+	+	+	+
	<i>Hemichromis bimaculatus</i>	+	+	+	+
	<i>Hemichromis fasciatus</i>	+	+	+	+
	<i>Oreochromis niloticus</i>	int	+	+	+
	<i>Sarotherodon galilaeus</i>	+			
	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	+	+	+	+
	<i>Thysochromis ansorgii</i>	+			
Cichlidae	<i>Tialapia busumana</i>	+		+	+
	<i>Tialapia discolor</i>	+			
	<i>Tialapia guineensis</i>	+	+	+	+
	<i>Tialapia mariae</i>	+	+		
	<i>Tialapia zillii</i>	+		+	
	<i>Tialapia guineensis x T. zillii</i>	+	+	+	+
	<i>Tylochromis jentinki</i>	+	+		
	<i>Tylochromis leonensis</i>	+	+		
Mugilidae	<i>Liza falcipinnus</i>	+	+		
Polynemidae	<i>Polydactylus quadrifilis</i>	+	+		
Eleotridae	<i>Eleotris senegalensis</i>		+		
Anabantidae	<i>Ctenopoma petherici</i>	+	+	+	+
Mastacembelidae	<i>Mastacembelus nigromarginatus</i>	+		+	+
	<i>Mastacembelus praensis</i>	+			
Elopidae	<i>Elops lacerta</i>		+		
Carangidae	<i>Carans hippos</i>		+		
	<i>Trachinotus taraia</i>		+		
Gerreidae	<i>Gerres melanopterus</i>		+		
Haemulidae	<i>Pomadasys jubelini</i>		+		
	<i>Pomadasys peroteti</i>				
Total	27	77	69	44	40
					38

CHAPITRE II

**APERÇU SUR LA SYSTEMATIQUE, L'ÉCOLOGIE ET
LA BIOLOGIE DE *TILAPIA ZILLII* ET *T. GUINEENSIS***

INTRODUCTION

Les *Tilapia zillii* et *T. guineensis* sont des poissons rencontrés dans les eaux douces ou saumâtres, particulièrement en Afrique et en Asie. Ils appartiennent à la famille des Cichlidés, caractérisée par un très faible degré d'innovation morphologique (STIASSNY, 1991). La diversité phénotypique des Cichlidés s'exprime par des formes, des tailles ou des couleurs très variées. Leur corps est plus ou moins comprimé et recouvert d'écailles cycloïdes ou cténoïdes. Ces poissons possèdent des nageoires dorsale, pectorales, ventrales, anale et caudale. Les nageoires dorsale et anale sont composées de plusieurs rayons épineux et des rayons mous. Les lignes latérales sont continues. Les Cichlidés se distinguent des autres poissons par la présence d'une seule narine de chaque côté de la tête. Pour montrer la grande diversité de cette famille, TREWAVAS (1982, 1983) a tenté de définir la tribu des tilapiinés. Après une brève présentation de cette tribu, ce chapitre sera entièrement consacré à la position systématique, à la description, à l'écologie et à la biologie de *Tilapia zillii* et de *T. guineensis*.

2.1. DESCRIPTION ET SYSTEMATIQUE DES TILAPIINES

2.1.1. Tilapiinés

Les tilapiinés constituent une sous-famille des Cichlidés. TREWAVAS (1982, 1983) distingue dans cette sous-famille, 8 genres principaux : *Tilapia* (SMITH, 1840), *Sarotherodon* (RÜPPEL, 1852), *Oreochromis* (GÜNTER, 1889), *Danakilia* (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968), *Iranocichla* (COAD, 1982), *Tristramella* (TREWAVAS, 1942), *Pelmatochromis* (STEINDACHNER, 1895) et *Pterochromis* (TREWAVAS, 1973). Les genres *Tilapia*, *Sarotherodon*, *Oreochromis* étaient à l'origine, inclus dans le vaste genre *Tilapia* (TREWAVAS, 1966 ; THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968). Plus tard, TREWAVAS (1980, 1982) proposa la classification en 3 genres distincts, à savoir, *Tilapia*, *Sarotherodon* et *Oreochromis*, basée sur l'éthologie. La classification de TREWAVAS (1983) étant la plus utilisée, elle servira de référence pour désigner les *Tilapia* (POUYAUD, 1995).

2.1.2. *Tilapia*

Les caractères morphologiques spécifiques du genre *Tilapia* ont été confinés dans le tableau V.

Tableau V. Caractères morphologiques spécifiques du genre *Tilapia* (TREWAVAS, 1983).

Caractères morphologiques	<i>Tilapia</i>
Os pharyngien inférieur	Aussi long que large, partie antérieure plus courte que la partie dentée
Dents pharyngiennes postérieures	Bicuspidés, tricuspides et quadricuspides
Branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial	Inférieures à 17
Rapport de la taille des écailles du ventre avec celles des flancs	Proche de 1
Rapport gonado-somatique	Faible
Papille génitale chez les deux sexes	Petite
Membrane adhésive sur les œufs	Présente
Glandes adhésives larvaires	Présentes
Nombre d'espèces	30

2.2. POSITION SYSTEMATIQUE DE *TILAPIA ZILLII* ET DE *T. GUINEENSIS*

2.2.1. *Tilapia zillii*

Position systématique de Tilapia zillii, selon NELSON (1994).

Phylum : Chordata

Sous phylum : Vertebrata (Craniata)

Super-classe : Gnatostomata

Grade : Teleostomi

Classe : Actinopterygii

Sous-classe : Neopterygii

Super-ordre : Acanthopterygii

Série : Percomorpha

Ordre : Perciformes

Famille : Cichlidae

Genre : *Tilapia*

Espèce : *Tilapia zillii*

Tilapia zillii (Figure 4), synonymes et citations :

Acerina zillii GERVAIS, 1848.

Haligenes tristrami GÜNTHER, 1859 (BOULANGER, 1899)

Tilapia melanopleura DUMERIL, 1859 (THYS VAN DEN AUDERAERDE, 1968).

Chromis andreae GÜNTHER, 1864 (BOULANGER, 1899)

Chromis caeruleomaculatus DE ROCHEBRUNE, 1880 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1970).

Chromis faidherbii DE ROCHEBRUNE, 1880 (PELLEGRIN, 1904).

Chromis menzalensis MITCHELL, 1895 (BOULANGER, 1901).

Tilapia sparrmani multiradiata HOLLY, 1928 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1970).

Tilapia shariensis FOWLER, 1949 (BLACHE *et al.*, 1964).

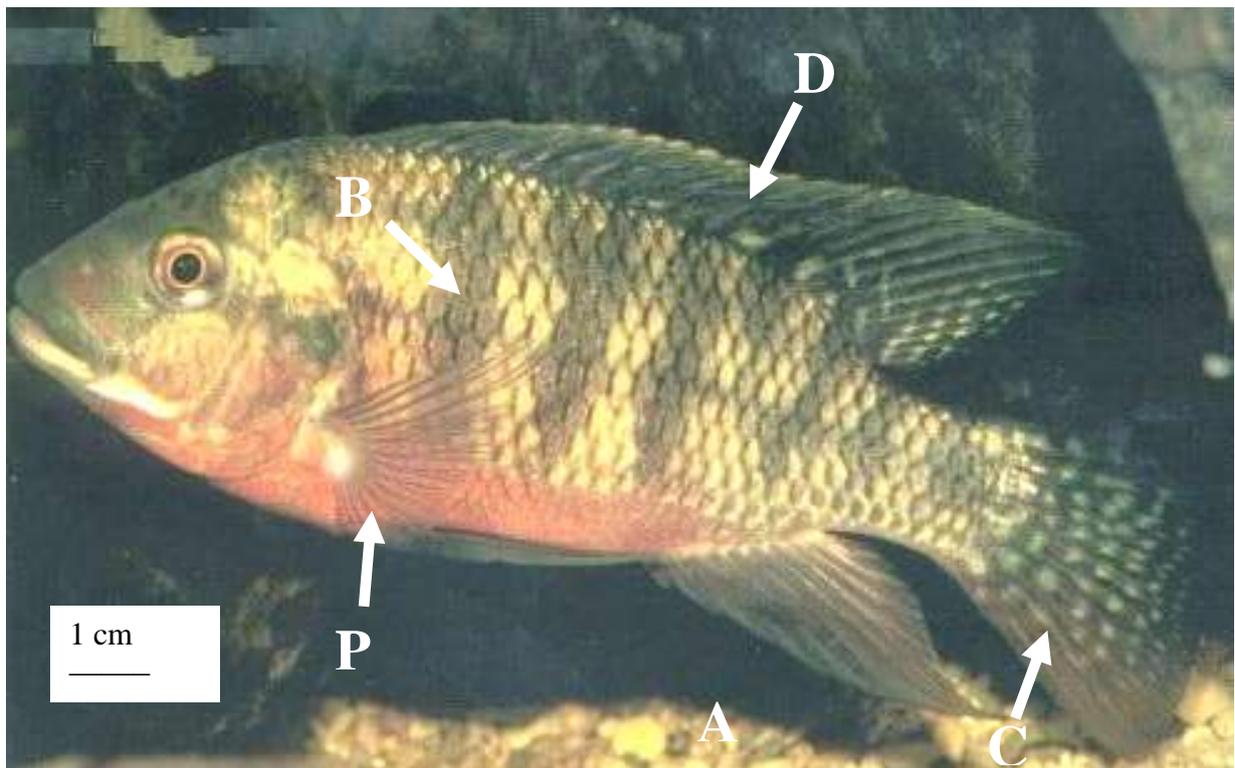


Figure 4. Tilapia zillii (GERVAIS, 1848) (Source : LUIG, 2005). A : nageoire anale ; B : bande verticale ; C : nageoire caudale ; D : nageoire dorsale ; P : nageoire pectorale.

2.2.2. *Tilapia guineensis*

Position systématique de Tilapia guineensis selon NELSON (1994).

Phylum : Chordata

Sous phylum : Vertebrata (Craniata)

Super-classe : Gnatostomata

Grade : Teleostomi

Classe : Actinopterygii

Sous-classe : Neopterygii

Super-ordre : Acanthopterygii

Série : Percomorpha

Ordre : Perciformes

Famille : Cichlidae

Genre : *Tilapia*

Espèce : *Tilapia guineensis*

Tilapia guineensis (Figure 5), synonymes et citations :

Chromis guineensis BLEEKER, 1862

Haligenes guineensis BLEEKER, 1863

Tilapia affinis DUMÉRIL, 1858 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968)

Chromis latus GÜNTER, 1862 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968)

Tilapia lata GÜNTER, 1862 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968)

Tilapia polycentra DUMERIL, 1858 (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1968)

2.3. DESCRIPTION DE *TILAPIA ZILLII* ET DE *T. GUINEENSIS*

2.3.1. *Tilapia zillii*

2.3.1.1. Morphométrie

Lors de la description de cette espèce, THYS VAN DEN AUDENAERDE (1968) incluait d'importantes observations morphologiques. Le profil de la tête est droit, avec une pente mince. Les maxillaires s'étendent un peu au-delà du bord antérieur des yeux. Les dents

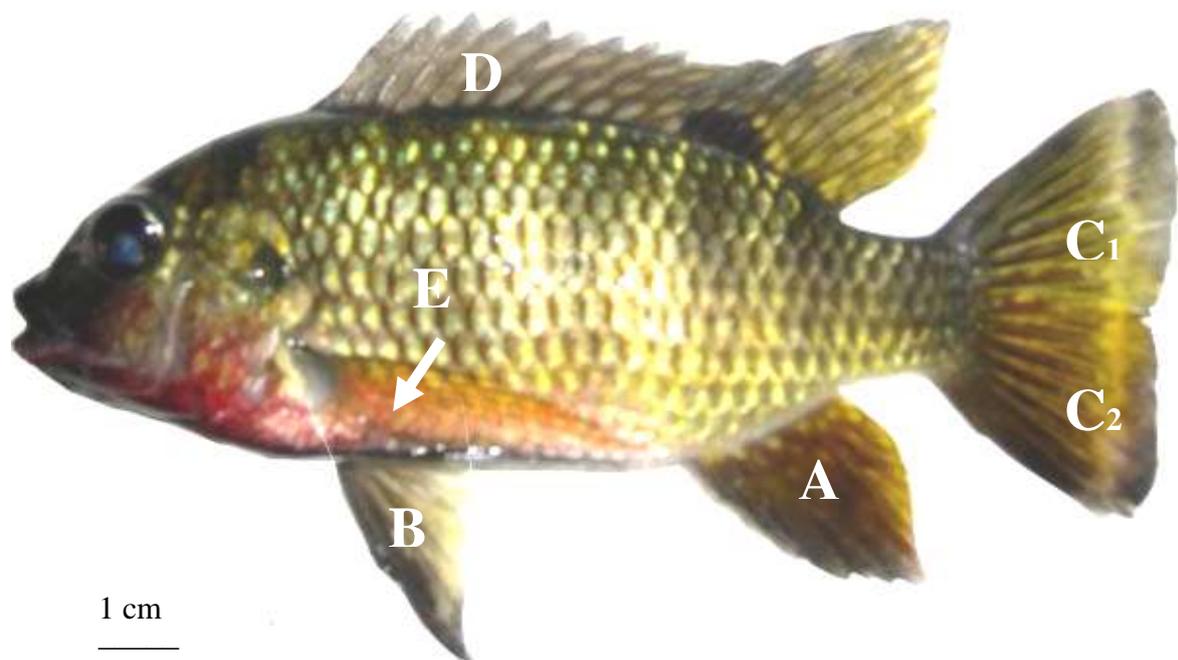


Figure 5. *Tilapia guineensis* (BLEEKER, 1862) (Source : POUYAUD, 1995). A : nageoire anale ; B : nageoire pelvienne ; C₁ : nageoire caudale, moitié supérieure jaunâtre clair ; C₂ : nageoire caudale, moitié inférieure jaunâtre foncé; D : nageoire dorsale ; E : nageoire pectorale.

bicuspidés sont relativement petites, larges et très dures. Les os pharyngiens inférieurs, avec une lame antérieure, sont triangulaires et approximativement aussi longs que larges. La dentition est triangulaire et occupe la plupart des os de la mâchoire. THYS VAN DEN AUDENAERDE (1968) signalait 9 à 10 branchiospines sur la base inférieure du premier arc branchial, tandis que TREWAVAS (1982) en indiquait 8 à 10 sur cette partie de la tête. La taille maximale observée est de 210 mm (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 2003). Les formules respectives des nageoires dorsale et anale sont XV-12 ; III-8. Sur 40 spécimens de *T. zillii*, TREWAVAS (1982) observait 18 individus (45 %) avec XV-12 et 10 (25 %) avec XV-13. Selon THYS VAN DEN AUDENAERDE (1968), les formules dorsale de XV-12, anale de III-8 à III-9 et le nombre d'écailles sur la ligne longitudinale de 29 à 30 sont considérés comme les plus importants pour une rapide reconnaissance et identification de *T. zillii*.

2.3.1.2. Coloration

La tête présente des taches vertes irisées. Au niveau de l'opercule, la tache tilapienne est très prononcée. Les lèvres sont vert pâle. Sur le vivant, la teinte générale du corps de *Tilapia zillii* est brunâtre, avec des reflets irisés sur les écailles. Sur le dos et les flancs, il existe sept à dix bandes transversales plus sombres. Il y a également une bande longitudinale sombre au niveau de la ligne latérale inférieure. Parfois, il existe une seconde bande longitudinale au niveau de la ligne latérale supérieure. Les nageoires dorsale, anale et caudale sont brunâtres et tachetées de jaune. La dorsale et l'anale sont souvent bordées d'orange. La caudale présente un réseau irrégulier de lignes plus foncées.

2.3.2. *Tilapia guineensis*

2.3.2.1. Morphométrie

Tilapia guineensis a été morphologiquement décrit par THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964). Cet auteur a noté que le profil de la tête est concave dans la partie supérieure mais droit et oblique dans la partie inférieure. Le maxillaire s'étend jusqu'à la partie antérieure des yeux. Les dents externes bicuspides sont relativement courtes, larges et solides. La hauteur de l'os préorbitaire se situe entre 23 % et 30 % de la longueur de la tête.

L'os pharyngien inférieur est aussi long que large, avec la partie dentée beaucoup plus longue que la partie antérieure. Les dents pharyngiennes postérieures sont tricuspides tandis que les médianes sont élargies. Les dents externes sont non spatulées. Le nombre de branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial est de 8-10. Concernant le corps, THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964, 1966) mentionnaient qu'il est relativement élevé. La formule de la nageoire dorsale est de XIV-XVI, 12-13 (moyenne XVI, 12) et la formule anale de III-8 à III-10. Le nombre d'écaillés sur la ligne latérale est de 29-30. La taille maximale observée est de 282 mm (LS).

2.3.2.2. Coloration

La coloration de Tilapia guineensis a été utilisée comme un important outil d'identification (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1964, 1966). Cet auteur observait sur les échantillons vivants, une couleur argentée, passant au blanchâtre sur le ventre et au jaune-vert sur le dos. Quelque fois, 6 à 8 bandes verticales sombres, très peu marquées sont observées sur les flancs. Une tache noire est présente à la base de toutes les écaillés des flancs. La nageoire dorsale est grisâtre transparente et présente une tache tilapienne bien marquée. Quant aux nageoires pectorales, elles sont transparentes ou teintées de jaune à la base. Selon LOISELLE (1969), la partie dorsale de T. guineensis est brune. Les côtés sont gris métalliques et changent durant la reproduction. Au cours de cette période, la partie ventrale passe du rouge violet au noir. Ce même auteur observe 5 à 7 bandes verticales sur chaque côté du corps. Il note également une coloration noirâtre au niveau des nageoires pectorales et des points jaunes sur la partie molle de la nageoire dorsale. Pour ce qui est de la région céphalique, THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964, 1966) observe que le dessus de la tête et du museau sont respectivement jaune vert et verdâtre foncé, tandis que la lèvre inférieure et la gorge sont blanchâtres. D'après LOISELLE (1969), la gorge change respectivement en rouge et noir durant la période de reproduction. Au niveau de la moitié inférieure de la nageoire caudale, cet auteur observe des points jaunes. Quant à THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964, 1966), il observe une nageoire caudale grisâtre ou transparente. POUYAUD (1995), déclarait que la nageoire caudale est généralement tachetée de perles blanches sur la moitié supérieure.

2.4. DISTRIBUTION GEOGRAPHIQUE ET EXIGENCES ECOLOGIQUES DE *TILAPIA ZILLII* ET DE *T. GUINEENSIS*

Le tilapia dans son ensemble est considéré comme un poisson d'origine fluviale, riveraine, à faible spéciation et spécialisation. De nombreuses indications morphologiques, écologiques et comportementales concourent à faire admettre que le groupe des pondeurs sur substrat, entre autres, *Tilapia zillii* et *T. guineensis* est le plus proche du type primitif.

2.4.1. Distribution géographique

La répartition spatiale de *Tilapia zillii* en Afrique de l'Ouest est illustrée par la figure 6. En Afrique saharienne, *T. zillii* est présente dans le Nil. Dans cette zone de l'Afrique, cette espèce est présente dans le bassin du Niger, le bassin tchadien et la Volta. En Côte d'Ivoire, *T. zillii* se rencontre dans l'Agnébi, la Comoé, la Mé, le Bandama, le Boubo et le Sassandra. C'est une espèce continentale, uniquement présente dans le milieu fluvial. Au niveau de la rivière Bia, ce poisson se rencontre en amont, sur le cours supérieur.

La distribution spatiale de *Tilapia guineensis* en Afrique de l'Ouest est présentée sur la figure 7. Cette espèce est naturellement adaptée au milieu lagunaire ou estuarien (DAGET & ILTIS, 1965). C'est une espèce estuarienne type que l'on trouve en abondance dans toutes les lagunes ivoiriennes et dans les lagunes ouest africaines en général. Elle est connue des zones côtières du Sénégal jusqu'en Angola. Il a cependant été constaté qu'en aval de certains fleuves tels que le Bandama, le Sénégal et la Comoé, *T. guineensis* remonte jusqu'à plusieurs dizaines de kilomètres de l'embouchure et se trouve en sympatrie avec les espèces continentales.

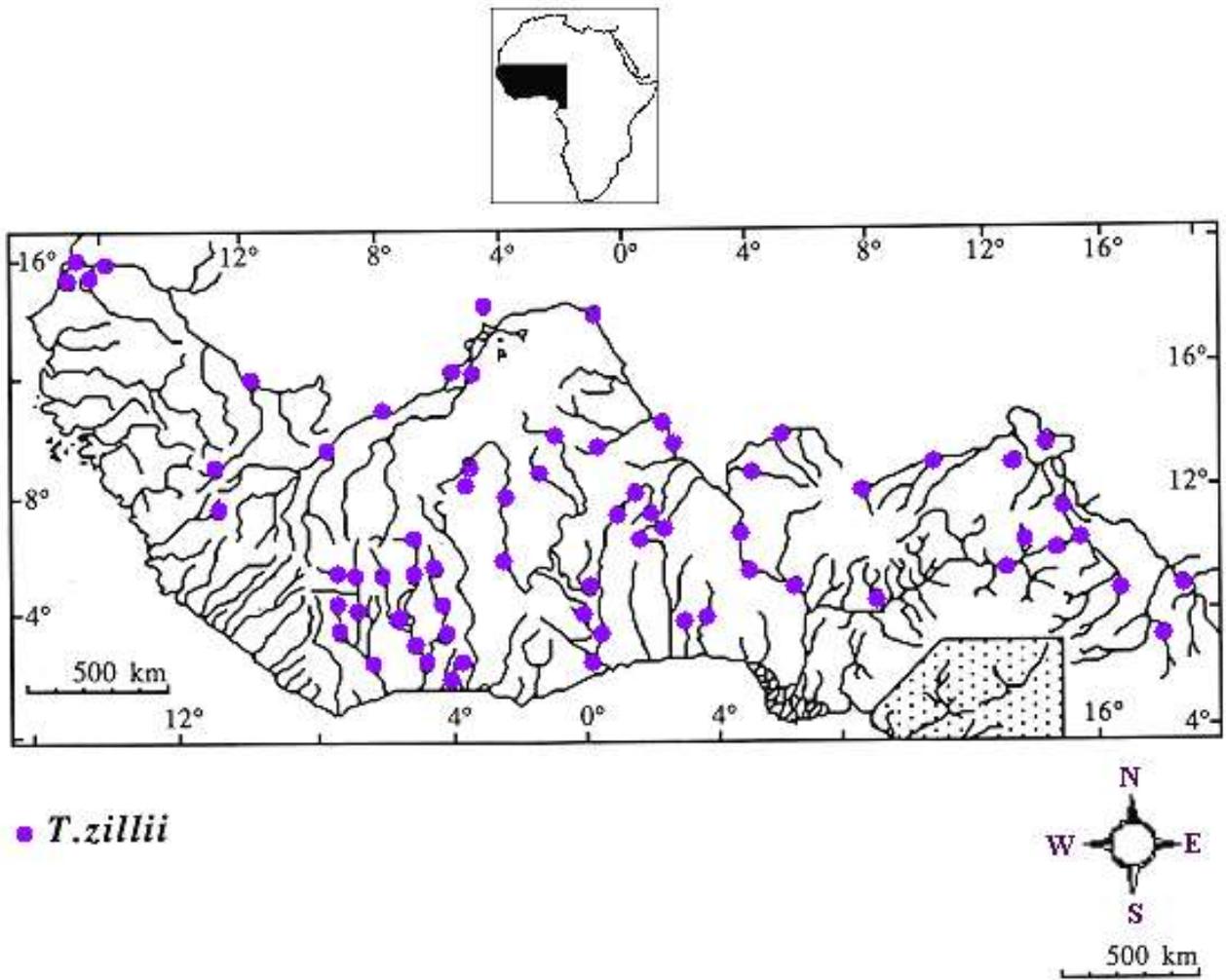


Figure 6. Distribution de *Tilapia zillii* en Afrique de l'Ouest (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1992, 2003).

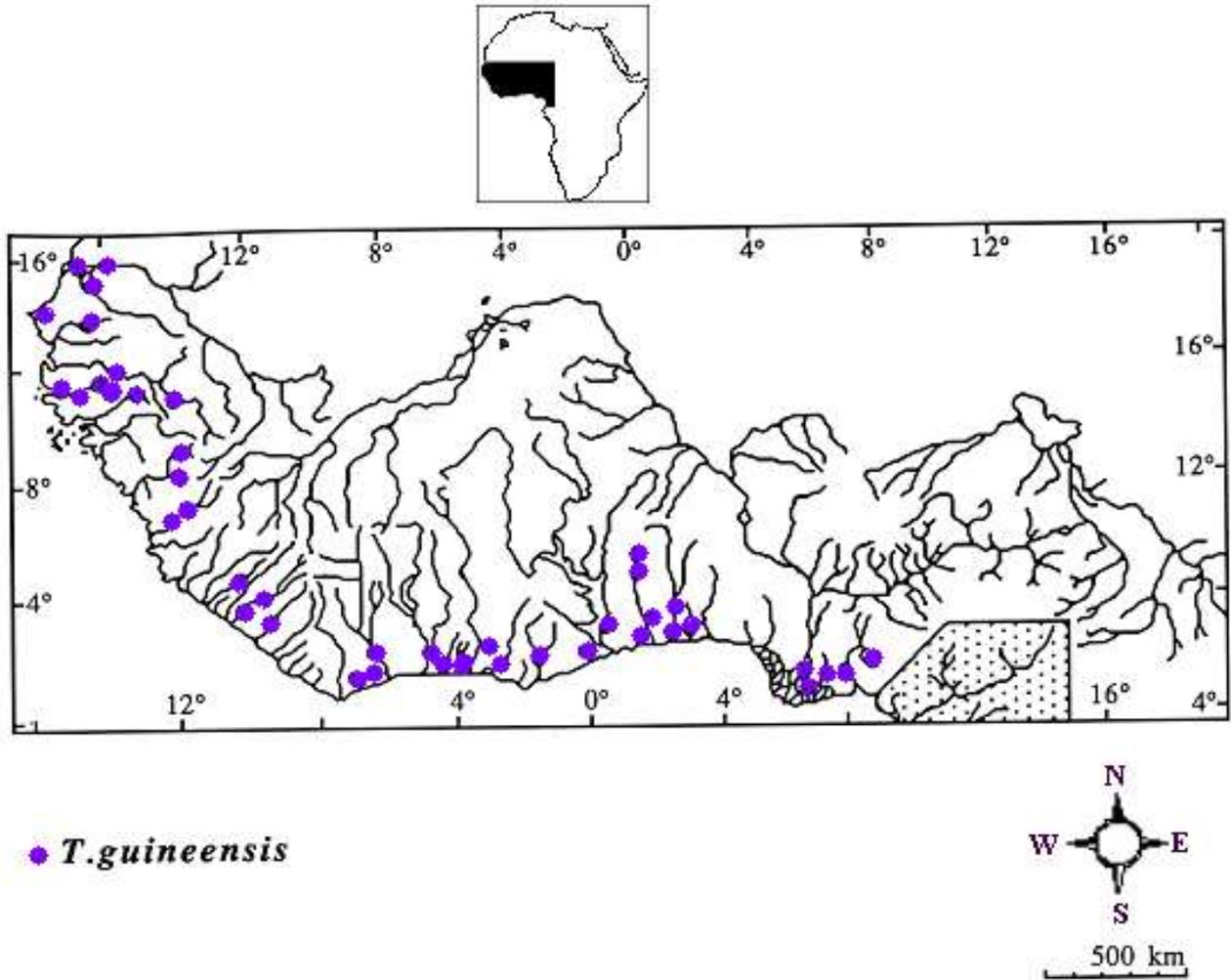


Figure 7. Distribution de *Tilapia guineensis* en Afrique de l'Ouest (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1992, 2003).

2.4.2. Exigences écologiques

Les tilapias en général sont considérés comme des poissons résistants aux caractéristiques physico-chimiques extrêmes. *Tilapia zillii* et *T. guineensis* peuvent être rencontrés dans les estuaires à des salinités s'élevant à 30 ‰. DUSSART (1963) a déterminé que les tilapias possèdent une hémoglobine capable de fixer l'oxygène dissous sous une très faible tension, jusqu'à 0,5 mg/l. Les observations dans la nature, en étang, en cage et en aquarium ont montré que ces tilapias sont très résistants aux faibles taux d'oxygène dissous. Ils tolèrent une turbidité importante et résistent à la pollution due aux substances toxiques de nature organique, inorganique ou artificielle (BALARIN & HATTON, 1979). *T. guineensis* est une espèce sténotherme se développant dans les milieux dont la température varie entre 14 °C et 33 °C. Elle peut vivre et se reproduire dans une gamme de salinité très large (0 g/l à 35 g/l).

2.5. ETHOLOGIE ET BIOLOGIE DE *TILAPIA ZILLII* ET DE *T. GUINEENSIS*

2.5.1. Reproduction

2.5.1.1. Mécanisme de ponte

Les différences du comportement de reproduction chez les tilapias ont été décrites tout d'abord par BAERENDS & BAERENDS VAN ROON (1950) et LOWE-McCONNELL (1959). On distingue deux grands groupes : les incubateurs buccaux (*Oreochromis* et *Sarotherodon*) et les pondisseurs sur substrat (*Tilapia*). Ces deux catégories correspondent à deux types d'organisations génériques différents.

Chez les incubateurs buccaux du genre *Oreochromis*, un dimorphisme et un dichromatisme sexuels ont été observés lors de la formation des couples. Les mâles sont plus gros et portent une coloration marquée souvent brillante. Le mâle défend un territoire et aménage un nid (LOWE-McCONNELL, 1959). Les femelles sont courtisées par des mâles successifs jusqu'au moment où, s'arrêtant au-dessus de la cuvette d'un nid, une femelle y dépose un lot d'ovules. Les œufs sont ensuite fécondés par le mâle et immédiatement repris par la femelle pour être incubés dans la cavité buccale de celle-ci. L'opération est très brève et dure 50 à 60 secondes. Finalement, la femelle s'éloigne de la frayère où les mâles demeurent

cantonnés, et emporte en bouche quelques centaines d'œufs. Dès que la vésicule vitelline des alevins est résorbée, la mère les laisse échapper de sa bouche. Ils forment un nuage et se réfugient dans la cavité buccale de cette dernière, au moindre danger. Cette phase de passage du stade passif dans la bouche parentale, au stade actif par des prospections du monde extérieur, peut durer 2 à 3 semaines chez *Oreochromis niloticus* (TREWAVAS, 1983).

Les Cichlidés du genre *Tilapia* sont des pondeurs et incubateurs sur substrat (TREWAVAS, 1983). Ils sont monogames pendant la durée de l'incubation et les couples s'apparient bien avant le frai. Aucun dimorphisme sexuel de coloration n'a été observé lors de la formation des couples. Les *Tilapia zillii* et *T. guineensis* appartiennent donc au groupe des pondeurs sur substrats. Chez ces poissons, la défense du territoire et l'aménagement de nids se font de façon similaire aux incubateurs buccaux. Les femelles rejoignent les mâles et après avoir formé des équipes équitables durant plusieurs jours, les couples se forment. Les deux partenaires participent à la préparation des nids en creusant des trous de profondeur variable, dont certains constituent un abri pour les adultes (DAGET, 1952 ; RUWET, 1962). Ces trous peuvent atteindre jusqu'à un mètre de profondeur. C'est le cas de *T. guineensis* en lagune Ebrié en Côte d'Ivoire (LEGENDRE, 1986).

La ponte et la fécondation sont des opérations longues. Femelles et mâles appliquent en alternance leur papille génitale au-dessus d'un trou. L'une déposant un lot d'ovules, l'autre les recouvrant de sa laitance. Il en résulte une plaque de ponte comptant plusieurs milliers d'œufs collés au sol. Ces œufs sont recouverts d'une membrane adhésive qui leur permet de rester fixés au substrat sur lequel ils sont déposés. Le rôle des parents est similaire chez les deux sexes. Après la ponte et la fécondation, mâles et femelles assurent les soins aux œufs en les ventilant à l'aide des nageoires. Après l'éclosion, ils déplacent fréquemment les alevins d'un trou à l'autre (WHYTE, 1975). Ce mouvement a longtemps laissé penser que certaines espèces telles que *Tilapia discolor* (GÜNTER, 1903), capturées en phase de transfert de ponte, faisaient partie des incubateurs buccaux (THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1971).

2.5.1.2. Œufs, larves et alevins

Généralement le nombre d'œufs est plus élevé chez les espèces du genre *Tilapia* que chez *Oreochromis* (TREWAVAS, 1982 ; PAYNE & COLLINSON, 1983). La taille des œufs varie selon les espèces et aussi au sein d'une même portée. Chez le genre *Tilapia*, les œufs sont relativement petits. Le grand diamètre varie entre 1,10 mm et 2,00 mm chez *T. zillii* et

entre 2,80 mm et 3,00 mm chez *T. guineensis* (LOWE-McCONNELL, 1955). Après l'éclosion, les larves de *Tilapia* adhèrent au fond des nids grâce aux sécrétions de trois paires de glandes situées sur le sommet du crâne. Elles s'autoventilent, en agitant leur queue bien vascularisée, assurant une bonne oxygénation des tissus qui se développent (KEENLEYSIDE, 1991). Dès qu'ils savent nager, les alevins s'organisent en un nuage qui demeure au voisinage immédiat du nid et refluent dans un trou en cas de danger signalé par les parents (FRYER & ILES, 1972 ; KEENLEYSIDE, 1991). Ils sont constamment regroupés par des mouvements saccadés de l'un des parents, rehaussés de colorations contrastées, tandis que l'autre monte la garde aux frontières du territoire (VOSS & RUWET, 1966). Après une quinzaine de jours, les alevins quittent le territoire tandis que les parents peuvent recommencer ensemble une nouvelle ponte.

2.5.1.3. Adaptation de la reproduction aux facteurs abiotiques

Pour se reproduire, la plupart des tilapias dont *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ont besoin d'une eau d'au moins 20°C, mais certaines espèces sont capables de se reproduire à des températures plus basses (BALARIN & HATTON, 1979). D'autres facteurs semblent jouer un rôle important notamment la photopériodicité, l'intensité lumineuse, les saisons et le niveau de l'eau, c'est-à-dire l'accessibilité de certains lieux de ponte (BALARIN & HATTON, 1979). La durée de la saison de reproduction conditionne le nombre de pontes par an et par conséquent la fécondité totale de la population.

2.5.2. Adaptation trophique en milieu naturel

Les tilapias sont caractérisés par des dents maxillaires polycuspides, témoignant d'une importante spéciation trophique (TREWAVAS, 1973). Au sein du groupe des tilapias, RUWET *et al.* (1976) distinguent deux grandes catégories liées à la structure du système filtrant de l'appareil branchial. Cette structure est révélatrice du régime alimentaire du poisson. En effet, la face pharyngienne de chaque arc branchial peut porter deux séries de prolongements, plus ou moins nombreux et serrés appelées branchiospines. Les tilapias pondéurs sur substrat possèdent des branchiospines peu nombreuses et robustes, avec des

dents pharyngiennes puissantes. Ils sont donc macrophages, phytophages et / ou herbivores (Tableau VI).

Le régime alimentaire des espèces du genre *Tilapia* est extrêmement variable, en fonction de la taille, de l'âge, du micro habitat occupé par les poissons et des saisons. La plupart des espèces de *Tilapia* consomment des macrophytes (RUWET, 1963). D'autres consomment plutôt du périphyton qui recouvre les parties submergées de certaines plantes aquatiques (TREWAVAS, 1983). Les espèces strictement phytophages ou se nourrissant de macrophytes à l'état adulte ont généralement un régime alimentaire diversifié (BRUTON & BOLTT, 1975).

Les *Tilapia zillii* se nourrissent de préférence d'algues filamenteuses, de macrophytes aquatiques et de matières végétales d'origine terrestre. Dans les eaux de la Californie, cette espèce se nourrit de feuilles, de tiges et de racines de certaines plantes aquatiques (RUWET, 1963). Des invertébrés et des restes de poissons ont été identifiés dans l'estomac de ces tilapias. Dans les eaux tropicales où la compétition alimentaire est intense, *T. zillii* se nourrit de plancton et de benthos (SPATARU, 1978). Dans le lac Kinneret, en Israël, cette espèce capture sa proie à la surface et rarement au fond ; exceptés lors de l'élevage et de la garde des petits où elle se nourrit d'organismes benthiques (larves de Chironomidae, Nématodes) (SPATARU, 1978). Dans les cours d'eau de l'Ouganda, ce poisson se nourrit de feuilles de certains végétaux (N.A.A.D.S., 2005). Selon cet auteur, la structure des dents est adaptée aux plantes à feuilles larges.

Les *Tilapia guineensis* quant à eux, se nourrissent d'algues, de détritus et d'invertébrés (FAGADE, 1971) (Tableau VI). Les résultats de CISSE (1986) et de MAHATANE (1986) ont montré que cette espèce se nourrit de matière benthique. Cependant, pour PAYNE (1983), *T. guineensis* se nourrit de feuilles en décomposition. PHILIPPART & RUWET (1982) considèrent que ce poisson est macrophage. Le pH de l'estomac, extrêmement bas (1 à 3,7), aide considérablement à la digestion des algues et des bactéries (PAYNE, 1983).

Tilapia zillii et *T. guineensis* ont fait l'objet d'hybridations expérimentales en vue de l'optimisation des rendements aquacoles. Le chapitre III résume les différents cas d'hybridations communément rencontrés, ainsi que les causes et les conséquences liées à ce phénomène.

Tableau VI. Régime alimentaire de quelques tilapias en milieu naturel (BOWEN, 1982)

Espèces	Alimentation	Sources
<i>Tilapia zillii</i>	Macrophytes, invertébrés benthiques	ABDEL-MALEK (1972)
T. guineensis	Algues, détritus, invertébrés, phytoplancton	FAGADE (1971)
Oreochromis niloticus	Phytoplancton, Zooplancton	MORIARTY & MORIARTY (1973)
<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Algues, détritus, invertébrés	FAGADE (1971)

CHAPITRE III :
HYBRIDATION

INTRODUCTION

Au sens génétique, l'hybridation est un croisement artificiel ou naturel entre des parents appartenant à des genres, des espèces ou des variétés différentes. Les tilapias sont reconnus comme étant des poissons capables de s'hybrider facilement en captivité (AGNESE *et al.*, 1998). Selon HAMMERMAN & AVTALION (1979), la première génération (F1) est très souvent viable, mais le sex-ratio et la fertilité peuvent varier en fonction des croisements effectués. MELARD (1998) estime que l'hybridation exploite la variance dominante en vue d'améliorer la productivité des élevages. En tenant compte de leurs origines, les nombreux cas d'hybridation observés peuvent être classés en trois catégories. Celles dues à l'introduction d'espèces, celles résultant de la perturbation artificielle du milieu et les hybridations purement naturelles. Dans le présent chapitre, sont présentés respectivement les différents types d'hybridation, les causes et les conséquences dues à ce phénomène.

3.1. CONCEPTS ET DIFFERENTS ASPECTS DE L'HYBRIDATION

Selon des travaux antérieurs, différents concepts et aspects se dégagent de cette notion d'hybridation.

3.1.1. Concepts à propos de l'hybridation

Le concept selon lequel les hybrides sont morphologiquement intermédiaires entre les deux parents fait l'objet de nombreuses controverses (WOODRUFF, 1989 ; RIESEBERG, 1995). En effet, des études relatives à l'expression des caractères morphologiques des hybrides ont noté que plus de 10 % des caractères sont nouveaux chez les individus de la première génération et plus de 30 % le sont au niveau des générations suivantes (RIESEBERG, & ELLESTRAND, 1993). De même, WOODRUFF (1989) indiquait que de nouveaux allozymes ont été trouvés chez les hybrides interspécifiques de nombreuses espèces.

3.1.2. Aspects génétique et morphologique de l'hybridation

Le déterminisme polygénique du sexe des tilapias (AVTALION & HAMMERMAN, 1978 ; HAMMERMAN & AVTALION, 1979) est un facteur supplémentaire de variabilité du

sex-ratio des populations hybrides. En effet, le croisement entre le mâle de *Oreochromis urolepis hornorum* et la femelle de *O. mossambicus* (HICKLING, 1962) a donné 100 % de mâles. En tenant compte de ce précédant croisement et selon la théorie de CHEN (1969) et CHEN & TSUYUKI (1970), les gènes déterminant le sexe mâle sont fort dominants chez les deux espèces croisées, comparativement aux gènes déterminant le sexe femelle.

En dehors des tilapias, chez les poissons chat, à savoir *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*, les croisements réciproques ont produit des hybrides viables dont la morphologie est intermédiaire entre celle des parents. Ces derniers ont produit des descendants phénotypiquement homogènes. Cependant, des observations macroscopiques et microscopiques du système reproducteur ont révélé de nombreuses anomalies dans le développement des gonades des hybrides. Selon LEGENDRE *et al.* (1992), chez les femelles, des tumeurs ovariennes ont été décelées dans 20 % des cas. D'après le même auteur, chez les mâles, la concentration des spermatozoïdes dans le sperme est 100 fois inférieure à la normale. Néanmoins, il précise que malgré ces anomalies, des larves viables résultants de la F2 ont été obtenues. En tenant compte de ces aspects morphologiques et génétiques de l'hybridation, il se dégage différents types d'hybridation présentant chacune des caractéristiques différentes.

3.2. DIFFERENTS TYPES D'HYBRIDATION

3.2.1. Hybridations intergénériques

Les hybrides intergénériques cités dans ce présent paragraphe ont été obtenus à partir de fertilisations artificielles. A l'exception de ceux-ci, aucun cas d'hybridation naturel ou accidentel entre *Oreochromis* et *Sarotherodon* et entre ces deux derniers et les espèces du genre *Tilapia* n'a été signalé (WOHLFARTH & HULATA, 1981).

Chez les poissons, l'hybridation entre les espèces de genres différents donne le plus souvent des résultats peu satisfaisants. En effet, une absence de fécondation a été signalée lors des croisements entre la femelle de *Oreochromis mossambicus* et le mâle de *Sarotherodon melanotheron* (RANA *et al.*, 1996). En outre, des cas de mortalité embryonnaire élevée ont été observés chez les hybrides issus du croisement entre *O. mossambicus* (femelle) et *Tilapia tholloni* (mâle). En revanche, les œufs de *T. zillii* fertilisés avec le sperme de 9 espèces du

genre *Oreochromis* produisaient des alevins viables avec un taux de survie de 40 % (RANA *et al.*, 1996).

3.2.2. Hybridations interspécifiques

Ce type d'hybridation est réalisé entre deux espèces différentes (Tableau VII). Le croisement interspécifique d'un mâle d'une espèce homozygote ZZ avec une femelle d'une espèce homozygote XX, permet en théorie d'obtenir une population monosexue mâle de génotype ZX. C'est le résultat obtenu lors du croisement entre *Oreochromis hornorum* et *O. niloticus* ou *O. mossambicus* (CHEN, 1969 ; JALABERT *et al.*, 1974). A ce jour, plusieurs croisements interspécifiques ont donné des résultats appréciables en pisciculture (GUERRERO, 1982). En effet, selon PRUGININ (1968), le croisement entre *O. niloticus* et *O. aureus* permet d'obtenir des hybrides entièrement mâles, favorables à une bonne commercialisation. Les mâles, grossissant plus rapidement, ont une meilleure valeur marchande, comparativement aux femelles. Cependant, tous les croisements ne répondent pas forcément aux attentes des pisciculteurs. Ainsi, selon LESSENT (1968) et AVAULT & SHELL (1968), le croisement entre un mâle de *O. niloticus* et une femelle de *O. urolepis hornorum* donne une descendance F1 de sex-ratio 1 : 1.

3.3. DIFFERENTES CAUSES DE L'HYBRIDATION

Selon les différents types d'hybridation, la variabilité des résultats obtenus est en rapport avec leurs origines.

3.3.1. Hybridations dues à l'introduction d'espèces

L'appauvrissement de certains cours d'eau en ressources halieutiques, due à une exploitation intensive de certaines espèces, a très souvent incité les populations à introduire des espèces exotiques. La majorité des cas d'hybridations signalées, est due à l'introduction de ces nouvelles espèces. Il peut s'agir d'hybridations entre une espèce locale et une espèce introduite ou entre deux espèces introduites. Ce dernier cas concerne l'hybridation entre *Oreochromis spilurus nigra* et *O. leucostictus* introduits en 1950 dans le lac Naivasha, au Kenya (SIDDIQUI, 1977). Un autre exemple est celui de l'hybridation entre *O. niloticus* introduit en 1927 et *O. spilurus nigra* introduit en 1932 dans le lac Bunyoni, en Ouganda

Tableau VII. Résultats de l'hybridation interspécifique entre quelques espèces de poissons (HICKLING, 1962 ; AVAULT & SHELL, 1968 ; PRUGININ, 1968).

Hybrides	Résultats	Maturité sexuelle	Sex-ratio
<i>Oreochromis niloticus</i> (femelle) x <i>O. aureus</i> (mâle)	Heterosis : croissance élevée et tolérance à l'eau douce	Fertile	30 à 100 % de mâles
<i>O. urolepis hornorum</i> (mâle) x <i>O. niloticus</i> (femelle)	Viable	Fertile	100 % mâles
<i>O. u. hornorum</i> (mâle) x <i>O. mossambicus</i> (femelle)	Viable	Fertile	100 % mâles
<i>O. niloticus</i> (mâle) x <i>O. u. hornorum</i> (femelle).	Viable	Fertile	50 % mâles ; 50 % femelles

(LOWE-McCONNELL, 1958). De même, dans le lac Itasy à Madagascar, une hybridation entre *O. macrochir* et *O. niloticus*, tout deux introduits respectivement en 1958 et en 1961, a été signalée par DAGET & MOREAU (1981).

3.3.2. Hybridations dues à une modification de l'environnement

La construction de barrages hydroélectrique ou agricole a très souvent provoqué une modification de l'environnement, qui influencerait le comportement des poissons. C'est l'observation faite à la suite de la construction d'un barrage hydroélectrique sur la rivière Bia. La création du lac artificiel d'Ayamé a provoqué l'hybridation entre deux espèces autochtones *Tilapia zillii* et *T. guineensis*, dont les distributions respectives étaient parapatriques. *T. guineensis* étant inféodé aux milieux lagunaires ou estuariens, alors que *T. zillii* était uniquement présent en milieu fluvial (TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE, 1992, 2003). Selon POUYAUD (1995), la présence du barrage aurait fortement modifié l'équilibre écologique du milieu en favorisant la présence de *T. guineensis*. Cette espèce présente dans cette localité à de faibles densités, a donc pu être piégée et a prospéré dans ce nouvel environnement. Les *T. zillii* se seraient raréfiés. Les Mécanismes de Reconnaissance de l'Identité Spécifique (MRIS) se seraient relâchés, du fait de la difficulté de trouver un partenaire spécifique (PATERSON, 1978). Ce qui a induit un croisement entre quelques spécimens de ces deux espèces pour produire des hybrides. Si cette hybridation se perpétue, elle devrait permettre l'émergence d'une espèce hybride localisée et adaptée aux conditions du barrage (POUYAUD, 1995).

3.3.3. Hybridations naturelles

Les obstacles naturels, entre autres les chutes infranchissables, peuvent réellement jouer un rôle dans les cas d'hybridations en milieu naturel. Ces hybridations ont été signalées dans le fleuve Comoé, dans la région des chutes de Korouboué. Il s'agit d'un cas d'hybridation entre 3 espèces du genre *Tilapia* : *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et *T. dageti*. Contrairement au lac de barrage d'Ayamé I, aucune modification majeure décelable de l'environnement ne peut expliquer ce phénomène. Pour AGNESE *et al.* (1998), les chutes de Korouboué peuvent avoir constitué une barrière, empêchant les poissons de remonter la rivière. Cette région de la basse Comoé est pourtant le seul endroit en Afrique de l'Ouest où

T. guineensis et *T. dageti* sont en sympatrie (POUYAUD, 1995). Selon cet auteur, l'hybridation se produirait préférentiellement entre *T. guineensis* et *T. dageti*.

3.4. CONSEQUENCES DE L'HYBRIDATION ET IMPORTANCE DANS LA PISCICULTURE

Les conséquences sont variables et se situent à différents niveaux.

3.4.1. Modification de la diversité biologique

Selon DAGET & MOREAU (1981), il a été constaté dans le lac Itasy en 1971, suite au croisement entre *Oreochromis macrochir* et *O. niloticus*, la prédominance de cette dernière espèce et de l'hybride, issu des deux tilapias croisés. Ces auteurs ont aussi observé la disparition complète de l'autre géniteur, *O. macrochir*. L'élimination de cette espèce parentale est attribuée en partie à une compétition alimentaire entre cette dernière et les hybrides. Elle est également due à la diminution de la fécondité des mâles et à la détérioration de leur condition physiologique (DAGET & MOREAU, 1981). Ces mêmes auteurs remarquent que la population à phénotype *O. niloticus* qui prédominait dans les captures, ne présente pas le même génotype que l'espèce initialement introduite. Parfois, sur le long terme, il peut se produire la disparition des hybrides. C'est ainsi que dans le lac Naivasha, 10 à 20 ans après l'introduction des espèces *O. leucostictus* et *O. spilurus nigra*, la disparition totale des hybrides issus du croisement entre ces deux poissons a été signalée par SIDDIQUI (1977). Cet auteur note également l'extinction de *O. s. nigra*. Toujours dans le cadre de la disparition d'espèces, l'absence de *O. spilurus nigra* a aussi été signalée par LOWE-McCONNELL (1958) dans le lac Bunyoni en Ouganda, 10 ans après l'hybridation entre cette espèce et *O. niloticus*.

3.4.2. Rôle de l'hybridation dans la spéciation

Selon FALTER (1996), l'hybridation concourt à la création de nouvelles espèces. C'est la notion de spéciation. Ce phénomène peut être observé chez les tilapias. En effet, chez ces poissons, l'hybridation est fréquente mais les barrières éthologiques observées agissent plus comme un mécanisme d'espacement que d'isolement. Par ailleurs, on a pensé que chez les tilapias, le taux de spéciation était relativement faible. En outre, vu les caractéristiques particulières de ces poissons, à savoir, leur grande tolérance aux diverses pathologies, leur

reproduction efficace et leur plasticité comportementale élevée, l'hybridation pourrait être un processus actif par lequel ces espèces opposent leur tendance à la spéciation (FRYER & ILES, 1972). Cette caractéristique permet de les désigner comme des généralistes. Cette vue répondrait à la notion de cohésion de l'espèce proposée par TEMPLETON (1989).

3.4.3. Importance de l'hybridation dans la pisciculture

Cette importance est de type zootechnique. L'hybridation produisant une descendance monosexuelle mâle a été réalisée par WOHLFARTH (1994) et PENMAN & McANDREW (2000). Ces études ont été menées dans le but de maximiser la croissance et de contrôler la reproduction anarchique et précoce des poissons produits. Dans ce cadre, des croisements entre *Oreochromis niloticus* et trois autres espèces, à savoir, *O. aureus*, *O. urolepis hornorum* et *O. mossambicus* donnent des descendance à forte proportion mâle. La croissance des mâles étant généralement supérieure à celle des femelles, ce type de croisement présente un intérêt zootechnique (WOHLFARTH *et al.*, 1983).

* *Phénomène d'hétérosis*

L'effet d'hétérosis se traduit par une forte croissance et une plus grande résistance des hybrides par rapport aux parents. Ceci est l'un des résultats les plus attendus en pisciculture (AVAULT & SHELL, 1968). La pisciculture, étant considéré comme une domestication, ce phénomène d'hétérosis a toute son importance dans le cas du tilapia. Cette vigueur peut s'expliquer génétiquement, d'une part, par des interactions intra-alléliques. Il s'agit de la dominance d'allèles favorables ou de la supériorité des hétérozygotes. D'autre part, par des interactions inter-alléliques, désignées comme étant l'épistasie. Ce sont des interactions d'allèles n'appartenant pas à un même locus. La détermination de la base de l'hétérosis est importante pour mieux en tirer partie dans les programmes de croisement. L'estimation des paramètres génétiques chez les populations hybrides permet d'obtenir des indications quant à la méthode de sélection la plus appropriée. Toutefois, ce phénomène de vigueur hybride n'est pas systématique, en ce sens que l'hybridation n'apporte pas toujours une amélioration de la productivité de l'élevage (YASHOUV, 1969 ; HANSON *et al.*, 1983). Des cas d'incompatibilité interspécifique, en relation avec l'origine des souches mais aussi les barrières comportementales, ont souvent été signalés (MIREN, 1982 ; N'GOKAKA, 1983).



DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE I : MATERIEL

INTRODUCTION

Le présent chapitre est consacré à la présentation du matériel biologique et à l'inventaire des dispositifs expérimentaux. Dans ce cadre, les appareils de mesure des caractéristiques physico-chimiques, ainsi que le matériel de mensuration, de comptage, de dissection et de conservation des poissons sont présentés. Ils sont suivis de la description du dispositif de nourrissage. Sont également décrits, le matériel de capture et de transfert des poissons, ensuite, celui de l'échantillonnage et de l'identification du zooplancton. Enfin, les structures d'élevage sont présentées.

1.1. MATERIEL BIOLOGIQUE

Les espèces *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides, constituent le matériel biologique utilisé dans cette étude. Les deux espèces citées ont été capturées dans le lac de barrage d'Ayamé I, tandis que les hybrides ont été obtenus à partir de croisements interspécifiques et introgressifs.

1.2. APPAREILS DE MESURE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

Des appareils de type microprocesseur ont été utilisés pour la mesure des caractéristiques physico-chimiques. Un conductimètre de modèle WTW LF 340 a servi à la mesure de la conductivité et du TDS (Taux de solides dissous). Les valeurs obtenues sont exprimées respectivement en micro-siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et en milligramme par litre (mg/l). Un oxymètre de modèle WTW OXI 330, combiné à un thermomètre, a été utilisé pour évaluer simultanément les valeurs de l'oxygène dissous et de la température, aussi bien de l'eau que de l'air. L'oxygène est exprimé en mg/l et la température en degrés Celsius ($^{\circ}\text{C}$). Un pH-mètre de modèle WTW pH 330 a été utilisé pour la mesure du pH. Enfin, un disque de Secchi de 30 cm de diamètre a permis de déterminer la transparence de l'eau. Cette mesure est exprimée en millimètres (mm).

1.3. MATERIEL DE MENSURATION, DE COMPTAGE, DE DISSECTION ET DE CONSERVATION DES POISSONS

Deux types de balances ont été utilisés pour les pesées. L'une, de modèle OHAUS et de type Scout pesant au dixième de gramme et l'autre, de marque TEFAL et de type Ovelys permettant des pesées au gramme près. Un ichtyomètre gradué au millimètre près a servi à déterminer la longueur des poissons. Quant aux paramètres morphométriques, ils ont été mesurés à l'aide d'un pied à coulisse. Les outils tels que la paire de ciseaux et la pince ont servi à disséquer les poissons. Les paramètres méristiques ont été comptés grâce à une pince également et à un scalpel. Du formaldéhyde dilué à 4 % a été utilisé pour la conservation des échantillons de poissons. L'éthanol absolu (100 %) a servi à la conservation d'échantillons musculaires pour les études génétiques.

1.4. APPAREIL DE NOURRISSAGE

Dans le cadre de l'étude du potentiel aquacole, 5 essais ont été effectués. Seul le dernier a nécessité l'utilisation d'un appareillage pour la distribution de l'aliment. Ce dispositif appelé distributeur à pendule, est constitué d'un cône cylindrique dans lequel l'aliment est déposé (Figure 8). Il est muni dans sa partie supérieure, d'un manche permettant de l'accrocher à une barre transversale située au dessus de la cage. Dans sa partie inférieure, il est constitué d'un orifice, rabattu par un disque. Ce dernier est accroché à une barre verticale dotée d'une boule à son extrémité. En l'absence de mouvement, le disque empêche la descente de l'aliment dans la cage. Celui-ci tombe par petites quantités dans l'eau dès qu'un poisson heurte la barre ou la boule.

1.5. ENGIN DE CAPTURE ET MATERIEL DE TRANSFERT DES POISSONS

Dans le lac de barrage d'Ayamé I, les captures des géniteurs ont été effectuées à l'aide :

- de nasses de forme conique, de 2,5 m de longueur et de diamètre variant entre 60 et 80 cm. Elles sont faites de grillage de mailles inférieures à 30 mm.
- d'une senne de rivage de 30 m de longueur et de 2,5 m de hauteur, avec un vide de maille de 12 mm.

A la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, une senne de rivage de 20 m de longueur et de 1,5 m de hauteur, avec 5 mm de vide de maille a été utilisée. Ce matériel

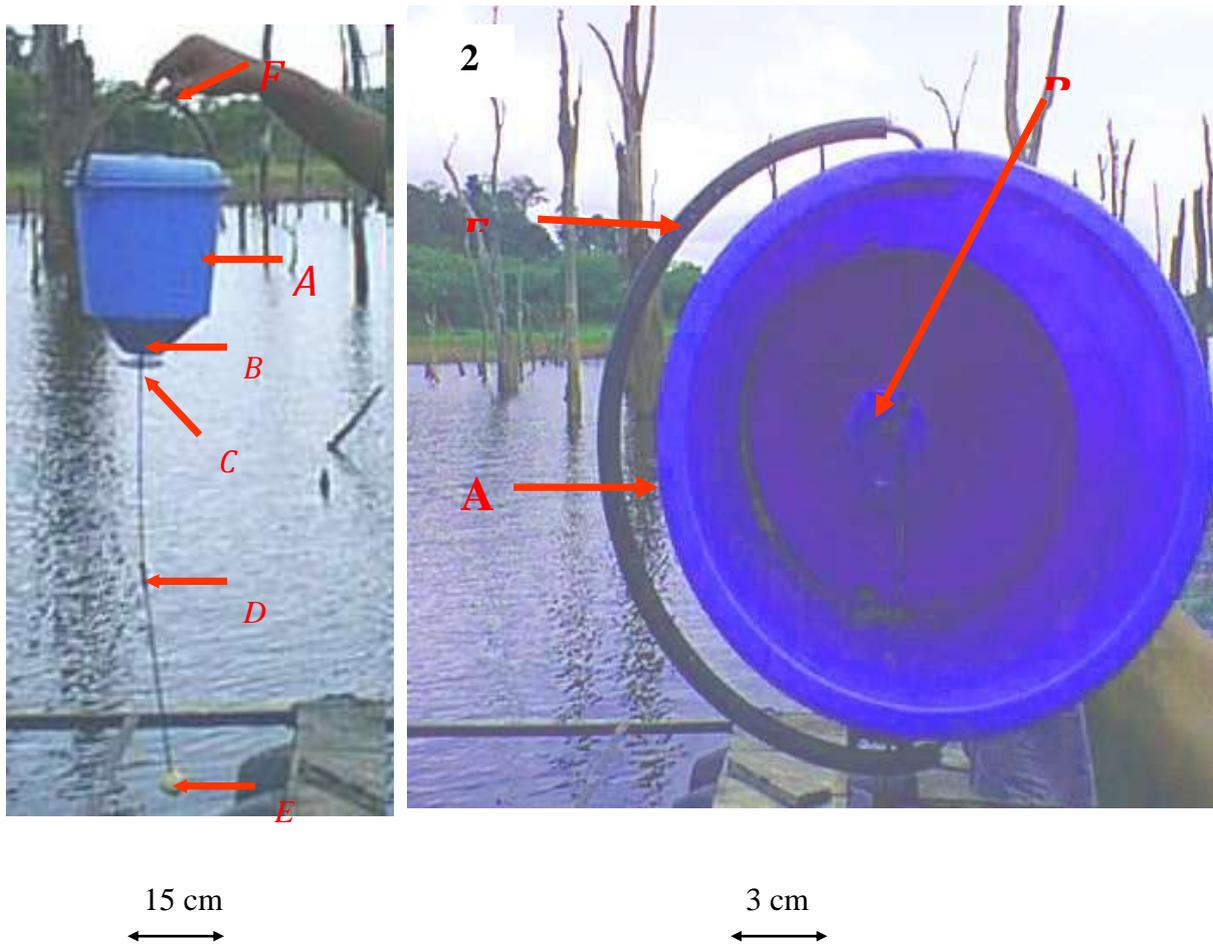


Figure 8. Vue de profil (1) et de dessus (2) du distributeur à pendule. A : cône cylindrique ; B : orifice ; C : disque ; D : barre verticale ; E : boule ; F : manche.

associé à des sacs faits de toiles de moustiquaire, a servi à la capture des alevins dans les bassins en béton. Les transferts de poissons ont été effectués en milieu oxygéné. Le matériel de transport est constitué de deux caisses de 0,3 m³ chacune (1 x 0,5 x 0,6), de sachets plastiques de 50 litres et de l'oxygène pur.

1.6. MATERIEL D'ECHANTILLONNAGE ET D'IDENTIFICATION DU ZOOPLANCTON

Les inventaires qualitatif et quantitatif du zooplancton présentent un intérêt du fait que le milieu piscicole influencerait la richesse spécifique et la densité de ces êtres vivants. Puisque ces derniers peuvent venir en complément alimentaire.

L'identification des espèces zooplanctoniques a été réalisée sur la base des clés de détermination de NEEDHAM (1962), DUSSART (1980), POURRIOT (1980) et REY & SAINT JEAN (1980).

L'échantillonnage du zooplancton a été réalisé avec un seau de 15 litres pour le prélèvement de l'eau et un filet à plancton de forme conique. Ce filet de 30 µm de vide de maille, est monté à sa base sur une armature métallique. A la pointe du filet se trouve un collecteur servant à récupérer le zooplancton. Des piluliers de 100 ml contenant du formaldéhyde dilué à 5 % ont servi à la fixation et à la conservation du zooplancton récolté. L'observation suivie du comptage des espèces zooplanctoniques ont été effectués grâce à une loupe binoculaire de type LEICA modèle MZ 6.

1.7. STRUCTURES D'ELEVAGE

Elles sont constituées de différents dispositifs, à savoir, les étangs en terre, les bassins en béton et les cages flottantes.

1.7.1. Etangs en terre et bassins en béton

Les étangs en terre et les bassins en béton sont installés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso.

Les étangs sont en parallèle et alimentés par un canal principal (Figure 9). Ils sont rectangulaires et de types variables. Selon les dimensions, les plus petits étangs en terre font 10 m de longueur et 5 m de largeur et ont une superficie de 50 m², tandis que les plus grand sont de 200 m² (20 m x 10 m). Tous présentent un fond légèrement en pente. Les canaux

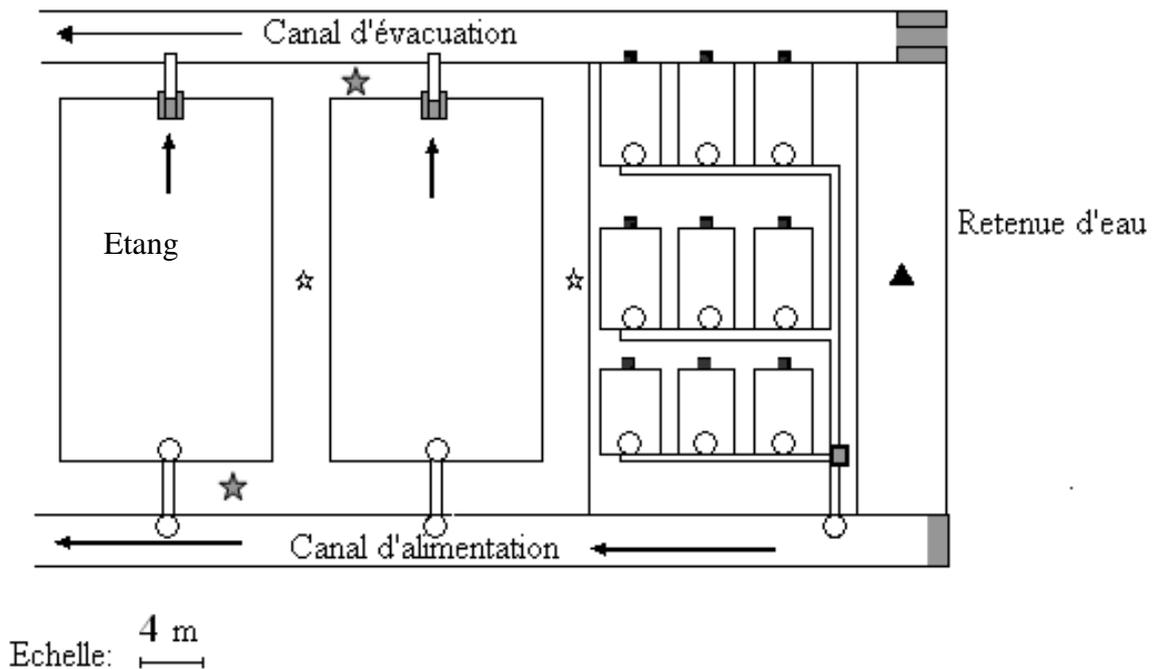


Figure 9. Schéma de deux étangs et des bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso. □ Conduit d'alimentation ; ○ grille de protection à la sortie du canal d'alimentation des bassins en béton ou à l'entrée des étangs ; ■ Moine de vidange de l'étang ; ■ Moine de vidange de la retenue ☆ digue latérale des étangs ; ☆ digues amont ou aval des étangs ; ▲ Digue frontale de la retenue □ grille de protection à la sortie de la retenue ; ■ conduit de vidange des bassins en béton ■ regard ou point de rencontre de deux conduits d'alimentation des bassins en béton.

d'alimentation et d'arrivée de l'eau dans les étangs sont munis de grilles de protection de mailles respectives 5 mm et 1 mm.

Les bassins en béton utilisés pour la reproduction et l'alevinage sont munis de trois grilles de protection de 1 mm de vide de maille (Figure 9). La première est située à mi-chemin entre la sortie de la conduite d'alimentation de l'eau et l'entrée des bassins en béton. La deuxième à l'entrée et la troisième à la sortie de chaque bassin en béton. Ces mesures permettent d'éviter d'éventuelles intrusions de poissons étrangers en provenance de la retenue. Les caractéristiques des bassins en béton sont confinées dans le tableau VIII.

1.7.2. Cages flottantes

Le modèle de cages flottantes utilisé sur le lac de barrage d'Ayamé I est une modification de celles élaborées par COCHE (1978) et par CAVAILLES *et al.* (1981). Elles ont été adaptées pour les besoins de notre étude. Ce modèle est constitué de deux parties : la cage proprement dite et le système de flottaison (Figure 10).

Les cages ont un volume utile de 1 m³ et sont constituées de trois parties distinctes :

- un cadre en bois assemblé aux dimensions de 1 m x 1 m x 1,5 m et recouvert sur cinq de ses faces par du grillage plastique Nortene. Les cages servant à l'élevage en phases de prégrossissement et de grossissement sont constituées respectivement de grilles de mailles 5 mm et 10 mm.

- La base des cages est renforcée avec du grillage Nortene de 1 mm de vide de maille. Ceci, pour limiter les pertes en aliments.

- La partie supérieure présente une fermeture à double battants, en bois, également habillés de grillage Nortene de 5 mm ou 10 mm de vide maille. Son rôle est d'empêcher toute prédation.

Le système de flottaison est subdivisé en deux parties :

- les flotteurs, constitués de fûts plastiques de 60 litres.
- les rails métalliques, présentant des ouvertures pour l'insertion des cages et des fûts.

Tableau VIII. Caractéristiques des bassins en béton utilisés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso.

Bassins en béton	Superficie (m²)	Volume utile (m³)	Temps de renouvellement maximum (mn)	Profondeur (m)
B11	4,12	2,26	02 h 31	1,25
B12	5,50	3,02	03 h 21	1,25
B13	5,50	3,02	03 h 21	1,25
B14	5,25	2,54	02 h 49	1,25
B15	7	3,39	03 h 46	1,25
B16	7	3,39	03 h 46	1,25
B17	11,70	4,68	05 h 12	1,25
B18	15,60	6,24	06 h 56	1,25
B19	15,60	6,24	06 h 56	1,25

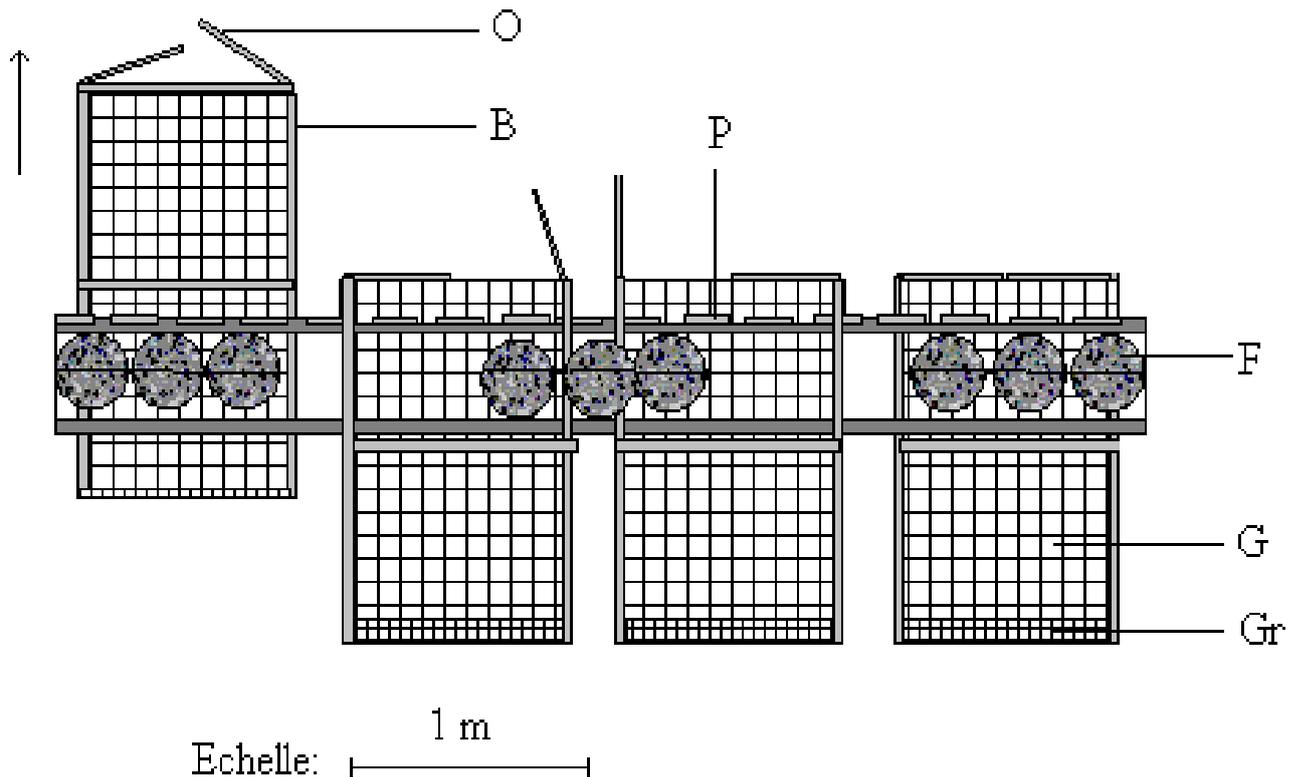


Figure 10. Vue de profil du système de flottaison et d'une batterie de cages utilisées sur le lac de barrage d'Ayamé I, pour l'élevage de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides. O : ouverture à deux battants ; B : bois ; P : passerelle ; F : flotteur ; G : grille de 5 ou 10 mm ; Gr : grille de 1 mm.

Le tout forme une espèce de radeau sur lequel sont aménagées des passerelles facilitant le déplacement du manipulateur (Figure 11 et 12).

Les cages, groupées par huit, forment des batteries reliées entre elles par un système de cordage. Un dispositif d'encrage, constitué de blocs de béton et de cordes, assure l'immobilisation de l'ensemble des batteries.

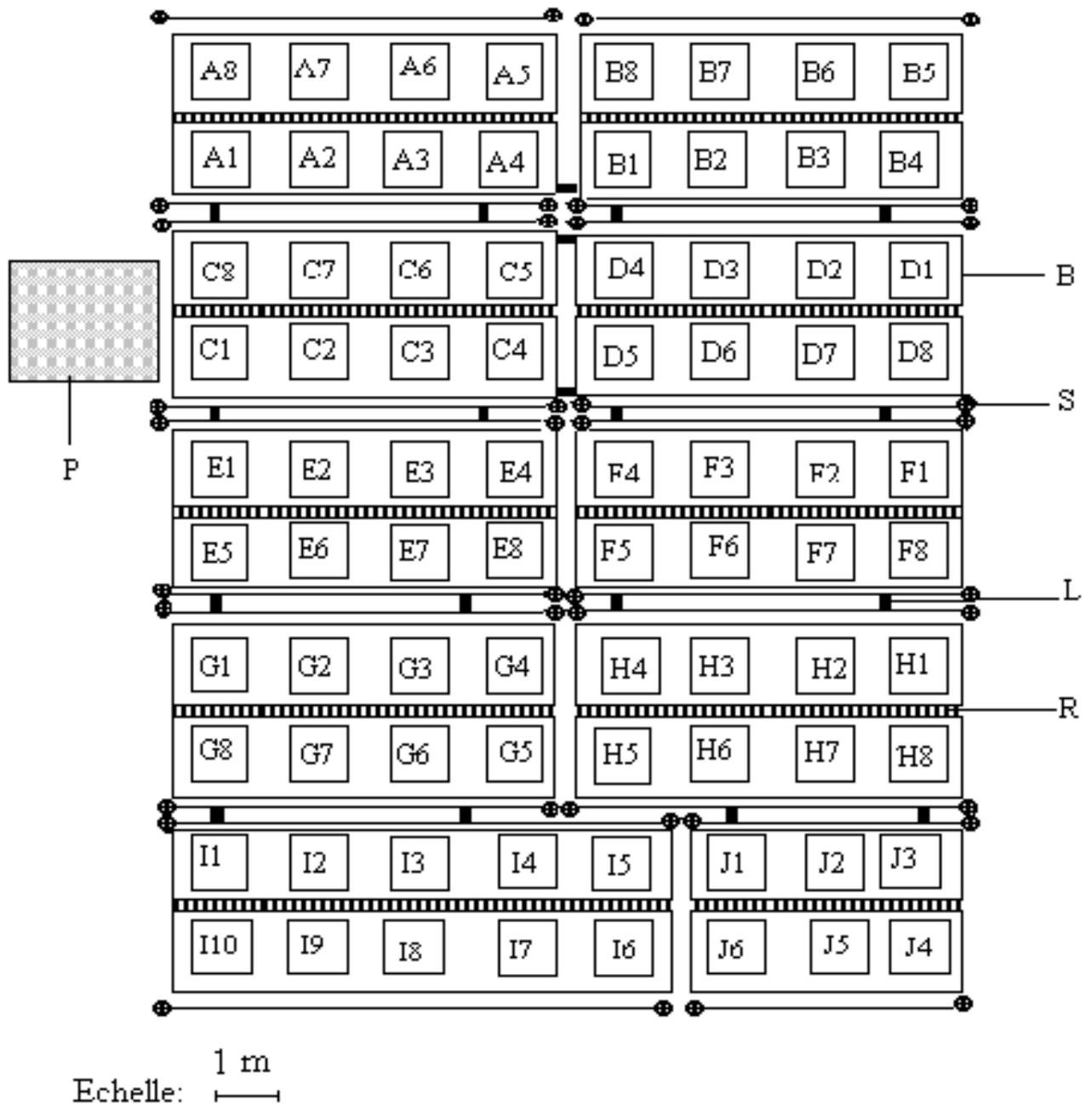


Figure 11. Vue d'ensemble des batteries de cages utilisées sur le lac de barrage d'Ayamé I pour l'élevage de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides (A1,...,J6 : numéros des cages). B : batterie de 8 cages ; S : système d'encrage ; L : lien entre les batteries ; R : rails métalliques ; P : plate forme de manipulation.



0,3 m

Echelle : \longleftrightarrow

Figure 12. Vue partielle de l'ensemble des cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I. C : cage ; P : passerelle ; T : tronc d'arbre mort ; V : végétation.

CHAPITRE II : METHODES

INTRODUCTION

Le présent chapitre consiste, en une présentation détaillée des différents protocoles d'étude. Cette partie décrit *in extenso* la méthode mise en place et les paramètres y afférents. Aussi le principe général est-il rappelé pour les procédés utilisés antérieurement par d'autres auteurs. Sont également décrits les principes des différents tests statistiques (Anova, Chi² ...) et les logiciels (version, année) utilisés pour l'analyse des données.

2.1. CAPTURE DES GENITEURS

Le stock des deux espèces de poissons, à savoir, *Tilapia zillii* et *T. guineensis*, utilisées comme géniteurs dans cette étude, provient du lac de barrage d'Ayamé I, précisément de la station de Bakro. Ce site a pour coordonnées géographiques 5°33' N et 3° 15'W. Les poissons sont pêchés à l'aide de nasses ou de sennes de rivage. Après la capture de 60 géniteurs composés de 15 mâles et 15 femelles de chaque espèce, ceux-ci ont été introduits dans des sachets d'eau oxygénée. Ces sacs ont été par la suite installés dans les caisses de transfert et immédiatement acheminés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso. Pour qu'ils puissent s'adapter aux nouvelles conditions environnementales et alimentaires, les *T. zillii* et *T. guineensis* capturés ont été mis en acclimatation pendant 15 jours dans 2 bassins en béton.

Deux critères ont servi au choix des individus matures. Ils concernent la longueur standard (LS) de chaque poisson et le degré de protubérance de la papille génitale. DADZIE & WANGILA (1979) et LEGENDRE & ECOUTIN (1989) ont défini toutes les différentes tailles de l'échelle de maturité sexuelle, y compris les tailles adéquates de recrutement des géniteurs. Selon LEGENDRE & ECOUTIN (1989), en élevage, la taille minimale des mâles et des femelles matures de *T. guineensis* avoisine 10 cm LS, ce qui correspond à des poids variant entre 34 g et 45 g. Chez *T. zillii*, DADZIE & WANGILA (1979) estiment que la taille minimale des femelles matures se situe entre 9 cm LS et 10,9 cm LS, équivalant à des poids qui oscillent entre 40 g et 50 g. Tandis que chez le mâle, ce paramètre se situe entre 6 cm LS et 9,9 cm LS (environ 15 g à 42 g). C'est sur la base des données sus-citées, que les *T. zillii* et *T. guineensis* matures ont été sélectionnés. Ces tilapias ont ensuite été stockés séparément dans 2 étangs, constituant ainsi le stock de géniteurs destinés à la reproduction.

2.2. REPRODUCTION, ALEVINAGE ET TRANSFERT DES ALEVINS

La sélection des géniteurs a servi à la réalisation de différents croisements, aussi bien intraspécifiques, interspécifiques qu'introgressifs. L'introggression étant spécifique aux croisements entre les hybrides, elle permet éventuellement de vérifier la stabilité de leurs caractères.

Quel que soit le croisement, intraspécifique, interspécifique ou introgressif, 4 à 6 couples de géniteurs, ont été utilisés pour la reproduction. Ce qui correspond à une densité variant entre 0,35 et 1,06 individu/m³. Ce choix est motivé par les observations de LEGNER (1978). Cet auteur note que *Tilapia zillii* est un monogame permanent. Par conséquent, l'agressivité chez cette espèce est si élevée que le couple ne peut vivre que dans une enceinte d'une capacité de 400 litres. De ce fait, dans un bassin de 600 à 700 litres, seulement 2 couples de *T. zillii* peuvent se reproduire avec succès. GUERRERO & GARCIA (1983), SIRAJ *et al.* (1983) et LEGENDRE (1986) ont montré que l'activité de la reproduction peut être optimisée par l'utilisation de femelles de poids moyen inférieur à celui des mâles. C'est pourquoi, des femelles de poids moyen variant entre 79 g et 98 g ont été utilisées lors des différentes reproductions. Quant aux mâles, leur poids a varié entre 128 g et 133 g. Les trois types de croisement ont été réalisés dans les bassins en béton.

* Les croisements intraspécifiques ont été réalisés de la manière suivante :

- *Tilapia zillii* (mâle) x *T. zillii* (femelle) (sex-ratio 1 : 1) ;
- *T. guineensis* (mâle) x *T. guineensis* (femelle) (sex-ratio 1 : 1).

* Pour ce qui est des croisements interspécifiques, ils ont été effectués comme suit :

- *Tilapia zillii* (mâle) x *T. guineensis* (femelle) (sex-ratio 1 : 1). Les hybrides de première génération issus de ce croisement ont été nommés F1A ;
- *T. zillii* (femelle) x *T. guineensis* (mâle) (sex-ratio 1 : 1). Les hybrides de première génération issus de ce croisement ont été désignés F1B.

* Quant aux croisements introgressifs, ils ont été menés de la façon suivante :

- F1A (mâle) x F1A (femelle) (sex-ratio 1 : 1). Ce croisement a permis d'obtenir des hybrides de deuxième génération F2A ;
- F1B (mâle) x F1B (femelle) (sex-ratio 1 : 1). Les hybrides de deuxième génération

issus de ce croisement ont été nommés F2B.

Après la mise en charge des géniteurs dans les bassins en béton pour la reproduction, le sexage a été révisé trois fois, à sept jours d'intervalle. Cette précaution a pour avantage, la confirmation du sexe de chaque individu.

Tous ces croisements effectués ont permis l'obtention d'alevins hybrides ou non. Les deux espèces de tilapia utilisées comme géniteurs dans cette étude appartiennent au groupe des pondeurs sur substrat. Selon VOSS & RUWET (1966), chez ces poissons, il s'écoule quinze jours entre la résorption vitelline et l'autonomie des alevins. Par conséquent, pour tous les essais, l'âge maximum des alevins produits est déterminé en ajoutant quinze jours à la date d'apparition des premiers fretins à la surface de l'eau du bassin de reproduction.

Suite à la détermination de l'âge des alevins, le bassin en béton est vidé, les géniteurs retirés, puis introduits dans un autre bac du même type, pour une nouvelle reproduction. Quant aux poissons juvéniles, ils sont répartis dans trois bassins en béton. Cette phase d'alevinage dure 90 jours. Au terme de cette période, les alevins atteignent un poids moyen d'environ 12 g. Avant d'être transférés dans les cages flottantes, ils sont comptés et leur poids moyen déterminé par pesée globale. Ces poissons juvéniles sont par la suite introduits dans des sachets d'eau oxygénée, à raison de 100 poissons par sachet. Ces sacs en plastique sont ensuite installés dans les caisses de transfert pour leur acheminement vers le lac de barrage d'Ayamé I. Sur ce site, les alevins sont transvasés dans les cages flottantes. La période d'acclimatation aux conditions du lac et d'adaptation au nouveau régime alimentaire constitué de granulés est de quinze jours. Après cette période, le sexage des poissons juvéniles est effectué à l'œil nu, grâce à une coloration de la papille génitale au bleu de méthylène. Ce procédé permet de mieux observer la différenciation du sexe. Une loupe a aussi été utilisée pour améliorer l'observation et minimiser les risques d'erreur.

2.3. NOURRISSAGE DES POISSONS

Le nourrissage concerne les différents procédés d'alimentation des poissons. Au cours de cette étude, les tilapias ont été nourris, soit *ad libitum* c'est-à-dire à satiété, soit à la volée avec une ration alimentaire définie, ou encore à l'aide d'un distributeur à pendule. Il se dégage alors 3 catégories de nourrissage selon le procédé d'alimentation.

* Le premier procédé de nourrissage, *ad libitum*, concerne les géniteurs en reproduction et les poissons en phase d'alevinage à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso.

* Le deuxième est le nourrissage à la volée avec une ration alimentaire bien définie. Ce procédé a été utilisé pour nourrir les poissons au cours des essais 1 à 5, dans les cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I. Le premier essai est une étude comparative entre les espèces parentales et des hybrides. Pour l'essai 2, sont pris en compte les hybrides F1A, ceci pour évaluer l'effet de leur croissance en fonction du système d'élevage. L'essai 3 concerne également les hybrides, en vue de la détermination de l'effet de la densité de mise en charge sur leur croissance. L'essai 4 a pour but de déterminer une ration alimentaire spécifique des hybrides. Quant à l'essai 5, il vise à étudier l'influence du mode de distribution de l'aliment sur la croissance des hybrides.

Au cours des essais 1 à 3, la ration alimentaire des espèces parentale et des hybrides a été déterminée selon la formule de rationnement de MELARD (1986).

$$R.A. (g) = 0,192. P^{0,685}$$

R.A = ration alimentaire en g par jour ; P = Poids corporel en g.

Cette formule traduit un taux de rationnement continu. L'avantage de cette méthode réside dans le fait que contrairement aux taux fixes généralement utilisés, elle tient compte de la variation journalière du poids du poisson.

La formule de rationnement utilisée lors de l'essai 5 est la ration maximale spécifique des hybrides, déduite de l'essai 4.

Lors des premier et deuxième procédés de nourrissage, à l'instar de LEGENDRE (1986), l'aliment a été distribué tous les jours à 9 h, 12 h et 15 h.

* Quant à la troisième catégorie, elle a nécessité l'utilisation d'un distributeur à pendule. Cet engin a été utilisé lors de l'essai 5 également. Le but de cette expérience étant de tester deux procédés de nourrissage, à savoir, les distributions à la volée et mécanique.

Tous les jours à 9 heures, les distributeurs ont été chargés avec une quantité déterminée d'aliment.

L'aliment industriel utilisé pour le nourrissage des alevins se présente sous la forme de farine. L'alimentation des géniteurs a nécessité l'utilisation de granulés de 4 mm de diamètre. Quant aux poissons faisant l'objet des différents essais, ils ont été également nourris à l'aide de granulés, mais de 2 mm de diamètre (Tableau IX).

2.4. CONTROLE DE LA CROISSANCE DES POISSONS

Le contrôle de la croissance a été effectué dans l'optique de suivre régulièrement l'évolution de la longueur et du poids des poissons. Ce procédé permet d'ajuster la ration alimentaire de ceux-ci et d'évaluer les paramètres liés à la croissance et l'alimentation.

Le contrôle de la croissance a consisté à la détermination au gramme près, du poids de l'ensemble des poissons de chaque cage par pesée globale, après les avoir compté. Par la suite, la longueur standard (LS) a été déterminée au mm près et le poids individuel au dixième de gramme près. Cette opération qui a été répétée tous les 14 jours à partir de la date de mise en charge, a concerné 30 % de la population.

Ces expérimentations sont réalisées dans le milieu aquatique. C'est pourquoi, après avoir présenté les méthodes de reproduction, d'alevinage et de nourrissage, le chapitre qui suit est réservé à l'évaluation des paramètres physico-chimiques de l'eau.

2.5. MESURE DES CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE L'EAU

Les paramètres retenus sont la transparence, le pH, la température, le taux d'oxygène dissous, le T.D.S. (taux de solides dissous) et la conductivité.

2.5.1. Variations mensuelles

Les caractéristiques physico-chimiques sus-citées ont été évaluées au niveau des deux sites. Les mesures ont été faites de juin 2000 à mai 2003 à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso dans les bassins en béton et les étangs en terre. Au niveau du deuxième site que constituent les cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I, les relevés ont eu lieu de janvier 2001 à décembre 2003. Durant cette période, les évaluations ont été mensuelles. De façon hebdomadaire, les caractéristiques physico-chimiques ont été mesurées 2 fois par jour durant 3 jours, précisément le matin entre 6 h 30 et 7 h et l'après-midi entre 15 h 30 et 16 h.

Tableau IX. Composition des aliments sous les formes de farine, de granulés de 4 mm (T4GF) et de 2 mm (T2GE) [Données indiquées par le formulateur commercial FACI (Société de Fabrication d'Aliments en Côte d'Ivoire)]

Composants	Farine et T4GF	T2GE
Matière protéique brute	28 %	30 %
Matière grasse brute	7 %	6 % minimum
Matière cellulosique brute	7 %	7 % maximum
Vitamine A	8000 UI/kg	8000 UI/kg
Vitamine D3	2000 UI/kg	2000 UI/kg
Vitamine E	100 mg/kg	100 mg/kg
Vitamine C	130 mg/kg	130 mg/kg

La mesure de la transparence a été faite à l'aide du disque de Secchi. Il s'agit d'une méthode analytique de détermination de ce paramètre. Elle consiste à immerger le disque de Secchi dans l'eau jusqu'à ce qu'il disparaisse complètement. Il est ensuite remonté très lentement jusqu'à ce qu'il soit visible. La profondeur à laquelle le disque apparaît constitue la mesure visuelle de la transparence de l'eau ou la profondeur de la zone euphotique (PREISENDORFER, 1986). L'observateur doit se tenir perpendiculairement au disque et ne doit pas porter de lunettes solaires.

Le taux d'oxygène dissous, la température, la conductivité (CND), le taux de solides dissous (T.D.S.) et le pH ont été mesurés de la manière suivante. L'oxymètre, le conductimètre et le pH-mètre sont mis sous tension pendant une durée de 5 minutes. La sonde de chaque appareil est ensuite plongée dans l'eau, à 50 cm de la surface. Enfin, les valeurs des caractéristiques physico-chimiques s'affichent automatiquement sur les différents écrans.

2.5.2. Cycles de 24 heures

Sur le lac de barrage d'Ayamé I, avant la mise en charge des poissons (empoissonnement), un cycle de 24 heures a été réalisé pour déterminer les variations diurnes et nocturnes des mêmes caractéristiques physico-chimiques. Ces mesures ont été effectuées toutes les heures. Après l'empoissonnement des cages, ces mêmes opérations ont été répétées une fois tous les mois entre janvier 2001 et décembre 2003.

2.5.3. Dosages chimiques

En plus des paramètres sus-cités, il a été procédé au dosage des substances chimiques, à savoir, des nitrates, des nitrites, de l'ammoniaque, des phosphates, du calcium et du magnésium. Pour ces mesures, 1 litre d'eau a été prélevée à l'aide d'une bouteille plastique, à 50 cm de la surface, à 6 h, 14 h et 22 h. Ces prélèvements ont été conservés dans de la glace et acheminés au laboratoire pour les dosages.

2.6. ÉCHANTILLONNAGE ET IDENTIFICATION DU ZOOPLANCTON

Comme il a déjà été signalé, la détermination du zooplancton a été faite pour évaluer la richesse spécifique de ces êtres vivants dans le milieu.

Les prélèvements de zooplancton ont été effectués deux fois par mois entre 9 h et 9 h 30. Au cours de ces opérations, 50 litres d'eau sont prélevés à 50 cm de la surface de l'eau des cages. L'eau recueillie est filtrée à l'aide du filet à plancton. Le filtrat obtenu est renversé dans des piluliers de 100 ml et immédiatement fixé par ajout de quelques gouttes de formaldéhyde dilué à 5 %. L'identification et le comptage du zooplancton contenu dans le filtrat sont réalisés ensuite au laboratoire, sous loupe binoculaire à un grossissement compris entre 6,3 et 40.

Après avoir présenté la méthode d'échantillonnage du zooplancton, le chapitre suivant sera consacré aux différents essais.

2.7. PROTOCOLES EXPERIMENTAUX DES DIFFERENTS ESSAIS

Les protocoles expérimentaux concernent l'étude de la systématique et celle du potentiel aquacole des espèces parentales et des hybrides.

2.7.1. Etude des caractéristiques génétiques, chromatiques et morphologiques

2.7.1.1. Caractérisations génétiques des souches parentales et des descendants hybrides

La caractérisation a porté sur un prélèvement musculaire. Elle a concerné 30 individus de chaque souche parentale et hybride de première génération F1A et F1B. Sur chaque spécimen, un échantillon de 0,5 cm³ est prélevé au niveau dorsal (coté droit), puis conservé dans de l'éthanol absolue (100 %). Celui-ci est ensuite soumis à la technique de la PCR – RAPD ou amplification aléatoire de l'acide désoxyribonucléique polymorphique.

a) Principe générale de la PCR-RAPD

La PCR - RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) ou technique d'amplification aléatoire de l'acide désoxyribonucléique polymorphique a permis d'analyser l'ADN (Acide Désoxyribonucléique) mitochondrial des souches parentales et des descendants hybrides.

La technique de la PCR (Réaction de Polymérisation en Chaîne) consiste en l'amplification spécifique d'une séquence d'ADN ou d'un gène aux moyens d'amorces et de la Taq polymérase (enzyme).

La RAPD a pour principe, l'hybridation des amorces avec l'ADN génomique aux endroits précis où ces amorces trouveront une séquence complémentaire. Dans un premier temps des fragments d'ADN ont été amplifiés grâce à la technique de la PCR. Ceci, en utilisant comme amorces des courtes séquences dont l'enchaînement des 10 bases est purement aléatoire. Ensuite, lorsque la distance qui sépare ces amorces ainsi appariées est compatible avec l'activité de la Taq polymérase utilisée pendant la phase de polymérisation, des brins d'ADN sont synthétisés. Ceux-ci, par leur masse, rendent fidèlement compte de cette distance. Or cette distance peut varier d'un génotype à un autre. Elle permet donc de mettre en évidence des différences dans la structure de deux génomes naturellement polymorphes et appartenant à deux espèces du même genre. On peut aussi accroître les connaissances sur le génome en approfondissant et en détaillant sa séquence. Deux allèles d'un même gène n'auront pas la même longueur et cela se traduira par deux bandes n'ayant pas la même position sur l'électrophorogramme.

b. Protocole expérimental

b1. Broyage de l'échantillon de muscle

50 à 100 mg de tissu musculaire de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, de tilapia hybrides F1A ou F1B ont été broyés. A ce broyat, sont ajoutés 3 ml de tampon PBS stérile (Phosphate-Buffered-Saline). Cette solution a pour rôle de liquéfier le broya. Le mélange obtenu est incubé à +4°C sous agitation pendant 12 heures. Après incubation, le mélange est ensuite centrifugé pendant 2 minutes à 13000 tr/min pour permettre la sédimentation des particules très denses. Celles-ci sont composées des noyaux et des myoblastes, parce qu'ayant le même poids moléculaire. Le surnageant contenant les particules de faible densité est récupéré et centrifugé pendant 15 minutes à 13000 tours/minute. Après avoir éliminé le surnageant, le culot obtenu est mis en suspension dans 500 µl d'eau stérile DEPC contenant du Tris-HCl 100 mM (pH 7,5), EDTA 5 mM, SDS 1% et de la protéinase K à 200 µg/ml en vue de la lyse des substances protéiques. Surtout les débris de fibres musculaires, à savoir l'actine et la myosine, deux protéines caractéristiques du muscle. Le mélange est alors agité à l'aide d'un agitateur magnétique de type vortex et incubé à 65°C au bain marie pendant 1 heure. Après

l'incubation, 50 µl du mélange CTAB/NaCl sont ajoutés à la solution incubée. Ce mélange est à nouveau incubé à 65°C au bain marie pendant 10 minutes. Par la suite, deux extractions par la méthode au phénol-chloroforme ont été effectuées (HILLIS *et al.*, 1990).

b2. Extraction de l'ADN mitochondrial au phénol-chloroforme

L'extraction au phénol-chloroforme se fait à l'aide d'un mélange composé de 250 µl de phénol saturé à l'eau et de 250 µl de chloroforme-alcool isoamylique qui sont ajoutés au culot de mitochondrie lysée. Après homogénéisation, une centrifugation de 10 min à 13000 tr/min à +4°C est réalisée dans une centrifugeuse réfrigérée (JOUAN). Le phénol saturé à l'eau à pH acide permet l'extraction de l'ADN mitochondrial en séparant les débris cellulaires contenus dans la phase organique des acides nucléiques qui se trouvent dans la phase aqueuse. Ces débris sont constitués de la membrane protectrice, des crêtes et des cloisons de la mitochondrie. Le chloroforme permet d'éliminer les traces de phénol, l'alcool isoamylique étant un anti-moussant. Après centrifugation, on observe 3 phases : une phase supérieure aqueuse, une interphase blanchâtre constituée de protéine et une phase organique inférieure. La phase aqueuse supérieure est alors récupérée dans un tube Eppendorf stérile de 1,5 ml. Le surnageant récupéré subit une seconde extraction au phénol-chloroforme comme décrit précédemment. La phase aqueuse obtenue après cette dernière extraction contient uniquement l'ADN mitochondrial. Il est recueilli dans un tube Eppendorf stérile de 1,5 ml pour la précipitation de l'ADN.

** Précipitation*

Concernant la précipitation de l'ADN contenu dans le surnageant recueilli, une quantité d'Acétate de sodium à 3M pH 5,2 correspondant à 1/10^{ème} du volume de surnageant recueilli est ajoutée à ce dernier. Par la suite, la manipulation est effectuée à -20°C. Une quantité d'éthanol absolu correspondant à 2,5 volumes du mélange surnageant plus de l'Acétate de Sodium est ajouté. Le mélange est homogénéisé et incubé pendant 30 minutes à -80°C. Les tubes sont ensuite centrifugés à 13000 tours/minute à +4°C pendant 15 minutes.

** Lavage du culot*

Le culot de centrifugation obtenu est lavé avec de l'éthanol à 75% après élimination du surnageant. Pour se faire, 1 ml d'éthanol à 75 % est additionné au culot et centrifugé pendant 10 minutes à 13000 tours/minute à +4°C. Le surnageant est éliminé et le culot constitué d'ADN est lavé une seconde fois avec 1 ml d'éthanol à 75%.

** Séchage du culot*

Les tubes sont maintenus ouverts à température ambiante pendant 15 minutes après le second lavage avec l'éthanol à 75% et l'élimination du surnageant. Ce procédé permet l'évaporation de l'éthanol très volatil. Il est effectué avant la mise en suspension du culot dans 50 µl d'eau DEPC stérile, suivie de sa conservation à - 20°C.

b4. Réaction PCR-RAPD

Les fragments de RAPD ont été amplifiés en utilisant 2 différentes amorces : OPA17 et OPB8 (BARDAKCI & SKIBINSKI, 1994). Les réactions PCR ont été réalisées dans un mélange de 50 µl contenant une suspension de 3,5 mM de MgCl₂, 1,2 µM de chaque amorce, soit 40 à 90 ng de l'ADN total, 0,4 mM de chaque dNTP (dNTP-Mix, Hybaid) et 1,5 unité d'un mélange de la Taq polymérase (*ProofSprinter*, Hybaid). L'amplification de l'ADN a été réalisée dans un thermocycleur (Perkin Elmer model 9700) et se fait en plusieurs étapes :

- une dénaturation initiale à 94 °C pendant 2 minutes

Cette phase est suivie d'une étape cyclique répétée 35 fois et comprenant :

- une deuxième dénaturation d'une durée de 20 secondes à 94 °C également ;
- une fixation des amorces en 30 secondes à 42 °C;
- et une élongation pendant 120 secondes à 72°C.

Cette étape cyclique est suivie d'une phase d'élongation finale à 72°C pendant 15 minutes.

Les produits amplifiés ont été ensuite analysés par électrophorèse. Elle se fait sur un gel d'agarose à 1,5% (QualexGold, Hybaid). La migration électrophorétique a été effectuée dans un tampon TBE (Tris-Borate-EDTA) pendant 1 heure à 100 volts. Les produits d'amplification ont été ensuite visualisés par illumination sur un transilluminateur UV (Bioblock).

2.7.1.2. Caractérisation chromatique des souches parentales et des descendants hybrides

Les caractérisations chromatiques concernent les motifs et la coloration. De façon spécifique, il s'agit des perles sur la nageoire caudale et de la coloration de cette même partie du corps. En outre, la teinte des flancs, de la gorge et de la poitrine a été observée.

Chaque 28 jours, le suivi de l'évolution des motifs et de la coloration a été réalisé sur 90 spécimens de chaque espèce parentale et hybride de première et deuxième génération, soit 540 descriptions mensuelles. Les élevages ont duré 336 jours. Par conséquent, au cours de cette période, 6480 observations ont été faites sur des poissons, du stade alevin au stade adulte, c'est à dire entre 2 cm et 20 cm de longueur standard.

Les critères de description des caractères varient entre les hybrides et les espèces parentales. Dans le présent travail, la caractérisation de *T. zillii* et *T. guineensis* a pris en compte les caractères chromatiques utilisés par THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964, 1966, 1968), LOISELLE (1969), TREWAVAS (1982) et TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992, 2003). Celle des tilapias hybrides a été effectuée selon POUYAUD (1995) et TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992, 2003).

2.7.1.3. Caractérisation morphologique des souches parentales et des descendants hybrides

La caractérisation morphologique porte sur les études morphométrique et méristique. Elle a été faite sur des spécimens de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B dont les échantillons de muscle ont servi à l'étude génétique. Ces spécimens correctement référencés, ont été conservés dans du formaldéhyde dilué à 10 %, après la description des caractères chromatiques.

a) Relevés morphométriques

Les relevés morphométriques ont été effectués selon les méthodes de TEUGELS & HANSENS (1994) et SNOEKS (1994). En plus, neuf caractères non pris en compte par ces auteurs ont été ajoutés (Tableau X et Figure 13). Les mensurations ont été effectuées à l'aide

Tableau X. Abréviations et caractéristiques des différentes mensurations effectuées sur *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et les hybrides F1A et F1B. Les caractères morphométriques non signalés par TEUGELS & HANSSENS (1994) et SNOEKS (1994) sont précédés d'un « * »

Abréviations	Mensurations	Caractéristiques
LS	Longueur standard	Distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base (ou articulation) de la nageoire caudale
LT	Longueur de la tête	Distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à l'extrémité antérieure de l'opercule
LM	Longueur du museau	Distance horizontale entre le bord antérieur de l'œil et l'extrémité antérieure de la mâchoire supérieure
DO	Diamètre de l'œil	Diamètre de l'œil
DIO	Diamètre inter orbitaire	Distance comprise entre les deux yeux
LOP	Longueur de l'os préorbital	Distance comprise entre l'œil et le museau supérieur
HC	Hauteur du corps	Distance verticale à partir du premier rayon de la nageoire pelvienne
HPC	Hauteur du pédoncule caudale	Distance verticale mesurée à la base du dernier rayon de la nageoire anale
LPC	Longueur du pédoncule caudal	Distance horizontale mesurée de la base du dernier rayon de la nageoire anale à l'articulation de la nageoire caudale.
DPD	Distance prédorsale	Distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base du premier rayon épineux de la nageoire dorsale
DPrPc	Distance prépectorale	Distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base du premier rayon de la nageoire pectorale
DPrPe	Distance pré-pelvienne	Distance horizontale de l'extrémité de la mâchoire supérieure à la base du premier rayon de la nageoire pelvienne
DPrA	Distance pré-anale	Distance horizontale de l'extrémité antérieure du museau à la base du premier rayon épineux de la nageoire anale
LD	Longueur de la base de la nageoire dorsale	Distance entre le premier rayon épineux et le dernier rayon mou de la nageoire dorsale
LED	Longueur de la plus longue épine dorsale	Distance entre les deux extrémités de l'épine dorsale
LnPc	Longueur de la nageoire pectorale	Distance entre les deux extrémités de la nageoire pectorale
LnV	Longueur de la nageoire ventrale	Distance entre les deux extrémités de la nageoire ventrale
LA	Longueur de la base de la nageoire anale	Distance entre le premier rayon épineux et le dernier rayon mou de la nageoire anale
HEA	Hauteur du dernier rayon épineux de la nageoire anale	Distance entre les deux extrémités du dernier rayon épineux de la nageoire anale
DPO	*Distance pectoro-orbitale	Du premier rayon de la nageoire pectorale à l'orbite
HPcPe	*Hauteur pectoro-pelvienne	Distance de la base du premier rayon de la nageoire pectorale (partie ventrale) à la base du premier rayon de la nageoire pelvienne
DDA	*Distance dorso-anale	Distance de la base du premier rayon de la nageoire anale au premier rayon de la nageoire dorsale
DAP	*Distance ano-pédonculaire	Distance de la base du dernier rayon de la nageoire anale au milieu de l'articulation de la nageoire caudale
DDP	*Distance dorso-pédonculaire	Distance de la base du dernier rayon de la nageoire dorsale au milieu de l'articulation du pédoncule caudal
DPcA	*Distance pectoro-anale	Distance entre le dernier rayon de la nageoire pectorale et le premier rayon de la nageoire anale
DPeA	*Distance pelvienne anale	De la base du dernier rayon de la nageoire pelvienne au premier rayon de la nageoire anale
DPcPe	*Distance pectoro-pelvienne	Distance entre le dernier rayon de la nageoire pectorale et le dernier rayon de la nageoire pelvienne
HC	*Hauteur minimale du corps	Verticale mesurée à partir de l'orifice uro-génital jusqu'à la base de la nageoire dorsale

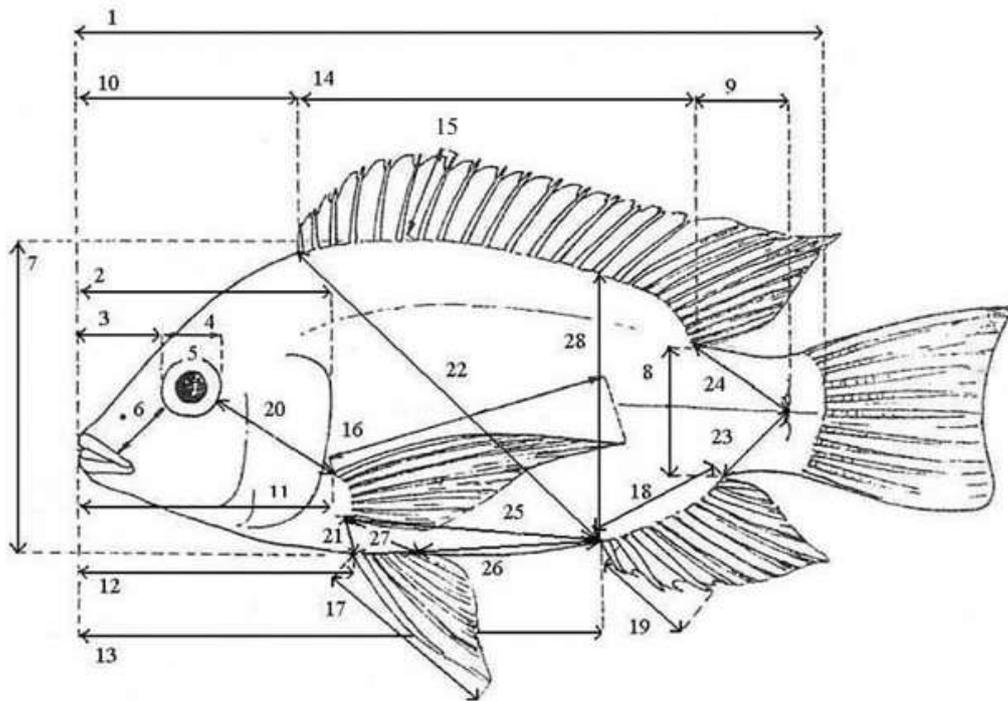


Figure 13. Principales mensurations effectuées sur les espèces parentales *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ainsi que les tilapias hybrides F1A et F1B. 1 : Longueur standard ; 2 : Longueur de la tête ; 3 : Longueur du museau ; 4 : Diamètre de l'œil ; 5 : Diamètre inter orbitaire ; 6 : Longueur de l'os préorbital ; 7 : Hauteur du corps ; 8 : Hauteur du pédoncule caudale ; 9 : Longueur du pédoncule caudal ; 10 : Distance prédorsale ; 11 : Distance prépectorale ; 12 : Distance pré-pelvienne ; 13 Distance pré-anale ; 14 : Longueur de la base de la nageoire dorsale ; 15 : Longueur de la plus longue épine dorsale ; 16 : Longueur de la nageoire pectorale ; 17 : Longueur de la nageoire ventrale ; 18 : Longueur de la base de la nageoire anale ; 19 : Hauteur du dernier rayon épineux de la nageoire anale ; 20 : Distance pectoro-orbitale ; 21 : Hauteur pectoro-pelvienne ; 22 : Distance dorso-anale ; 23 : Distance ano-pédonculaire ; 24 : Distance dorso-pédonculaire ; 25 : Distance pectoro-anale ; 26 : Distance pelvienne anale ; 27 : Distance pectoro-pelvienne ; 28 : Hauteur minimale du corps.

du pied à coulisse. Le poisson étant couché sur le flanc droit et la tête de celui-ci tournée vers la gauche de l'observateur.

a) Relevés méristiques

Les relevés méristiques concernent le comptage des différentes pièces anatomiques. Cette opération a été effectuée à l'aide d'une loupe ou à l'œil nu (Tableau XI et Figure 14).

2.7.2. Etude du potentiel aquacole

Cette étude a pour but de déterminer les performances zootechniques des espèces parentales et des hybrides, à savoir, la reproduction, la croissance et l'alimentation.

2.7.2.1. Reproduction

Ce chapitre prend en compte tous les croisements intraspécifiques, interspécifiques et introgressifs effectués au cours du présent travail, ainsi que la conséquence de ces reproductions. Il s'agit de la production d'alevins et de la période des interpontes qui est considérée comme étant le temps écoulé entre deux pontes successives. Ont également été évalués, le temps mis avant la première reproduction, le taux de mortalité des géniteurs et le sex-ratio de la descendance.

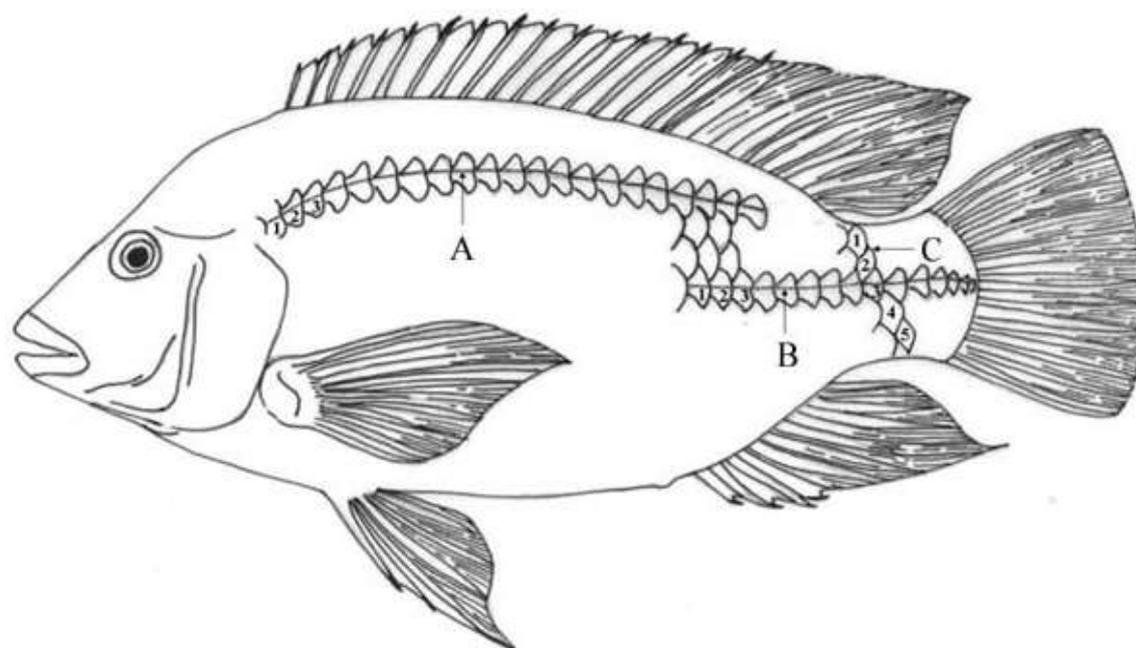
2.7.2.2. Croissance

a) Essai 1 : croissance comparée de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des descendants hybrides F1A et F1B

Cet essai a été effectué sur des spécimens ayant un poids moyen de 14,1 g. La croissance de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides F1A et F1B a été suivie en élevages monosexes mâle ou femelle et en élevage mixte composé de 50 % de mâles et de 50 % de femelles. Cette expérimentation d'une durée de 336 jours, s'est déroulée de janvier à novembre 2001. Cette opération a été répliquée 3 fois. Chaque élevage a été réalisé en 2 phases. La phase de prégrossissement au cours de laquelle le poids des poissons passe de 14 g à 50 g, a duré 168 jours et a eu lieu dans des cages en grillage Nortene de 5 mm de vide de

Tableau XI. Abréviations et caractéristiques des différents comptages effectués sur *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et les tilapias hybrides F1A et F1B.

N°	Abréviations	Caractéristiques
1	EPA	Nombre de rayons épineux à la nageoire anale
2	RMA	Nombre de rayons mous à la nageoire anale
3	EPD	Nombre de rayons épineux à la nageoire dorsale
4	RMD	Nombre de rayons mous à la nageoire dorsale
5	RNC	Nombre de rayons au niveau de la nageoire caudale
6	els	Nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieure
7	epc	Nombre d'écailles autour du pédoncule caudal
8	eli	Nombre d'écailles sur la ligne latérale inférieure
9	elsli	Nombre d'écailles entre les deux lignes latérales



1 cm
Echelle —

Figure 14. Représentation schématique du comptage du nombre d'écailles. A : nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieure ; B : nombre d'écailles sur la ligne latérale inférieure ; C : nombre d'écailles autour du pédoncule caudal ; 1,2,...,5 : sens du comptage des écailles.

maille. La densité de mise en charge a été de 100 individus/m³. Au cours de la phase de grossissement, le poids des poissons passe de 50 g à 145 g. La densité de mise en charge est de 50 individus/m³. Cette étape a eu lieu dans les cages flottantes de 10 mm de vide de maille. Elle a duré 168 jours.

Le nourrissage à la volée a été effectué selon la formule de nourrissage de MELARD (1986) : $R.A. (g) = 0,192 \cdot P^{0,685}$. Il a eu lieu 3 fois par jour, à 9 h, 12 h et 15 h avec des granulés de 2 mm de diamètre (T2GE).

b) Essai 2 : étude comparative de la croissance des hybrides dans les étangs en terre et les bassins en béton

Cette étude a été menée de janvier 2003 à août 2003 à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, dans trois bacs en béton de 2,26 m³ et trois étangs en terre de 28,26 m³ chacun. Cet essai a porté sur des tilapias hybrides F1A de sexe mâle, compte tenu des résultats obtenus au cours de l'essai 1. Ces individus, élevés à une densité unique de 20 individus/m³, ont un poids moyen de 12,6 g. En fonction du volume des structures d'élevage, le nombre de poissons dans chaque bassin en béton et étang en terre est respectivement de 45 et 565. Le nourrissage de cette catégorie répond aux mêmes critères qu'au cours de l'essai 1.

c) Essai 3 : effet de la densité de mise en charge sur la croissance des hybrides

L'étude de l'effet de la densité de mise en charge sur la croissance a porté uniquement sur les hybrides F1A de sexe mâle, pour la même raison que celle évoquée dans l'essai 2. La croissance de ces individus de poids moyen initial 19,6 g a été suivie durant 282 jours, de décembre 2001 à août 2002. Les densités de mise en charge de 20, 50, 100 et 150 individus/m³ ont été testées (LEGENDRE, 1986). Chaque densité a été répliquée trois fois. Quant au nourrissage, il est similaire à celui des essais 1 et 2.

Au cours des essais 1 à 3, la croissance a été étudiée en fonction du sexe, des structures d'élevage et de la densité de mise en charge. Pour les essais suivants, c'est-à-dire 4 à 5, seuls les paramètres liés à l'alimentation sont pris en compte.

2.7.2.3. Alimentation

a) Essai 4 : détermination des rations alimentaires spécifiques des hybrides et évaluation de l'ingéré volontaire chez ces poissons

** Rations de maintenance, optimale, maximale*

Le schéma expérimental suivi dans cet essai est celui mis en œuvre par MELARD (1986) pour *Oreochromis niloticus*. Cette expérience répliquée 3 fois, a porté sur 5 lots d'une population mixte d'hybrides F1A de même densité de mise en charge de 20 individus/m³ et de poids moyens initiaux de 7,4 g ; 26 g ; 62 g ; 131 g et 161 g. Chaque lot a reçu 5 rations alimentaires différentes. Le choix de la ration a été défini comme suit :

un intervalle de valeurs de rations alimentaires a été établi. Tous les taux de rationnement en dehors de cet intervalle donnent des vitesses de croissance nulles. Il s'agit des rations alimentaires inférieures à celles des lots 1 et supérieures à celles des lots 5 (Tableau XII).

Les poissons ont été mis à jeun durant 24 heures avant le démarrage des tests. Pour limiter l'effet du poids corporel des poissons sur la ration alimentaire, l'expérience n'a duré que 14 jours (MELARD, 1986). A la fin de cet essai, pour chaque poids moyen intermédiaire défini comme étant la moyenne arithmétique du poids moyen initial et du poids moyen final (STAPLE & NOMURA, 1976), les rations optimales (R.OP), de maintenance (R.MT) et maximales (R.MX) ont été déterminées selon la méthode de MELARD (1986). Ces rations ont été déduites des courbes de l'évolution de la vitesse instantanée de croissance en fonction de la ration alimentaire (RA) comme suit :

R.OP correspond au point d'intersection entre la courbe $G_p = f(RA)$ et la tangente passant par le point de coordonnée (0,0) ; R.MT se situe au point d'intersection entre cette même courbe et l'axe des abscisses ; R.MX est la projection sur l'axe des abscisses du point d'intersection entre la droite parallèle à cet axe et passant par les points de la courbe au niveau desquels la vitesse de croissance est statique quelle que soit l'augmentation de la ration alimentaire.

Tableau XII. Taux de rationnement journaliers et poids moyens initiaux des hybrides F1A.
Pmi : poids moyen initial.

Paramètre	Ration alimentaire (% du poids corporel)				
	Lot 1	Lot 2	Lot 3	Lot 4	Lot 5
Pmi (g)					
7,4	3	7	10	15	20
26,0	3	4	8	12	15
62,0	1,50	2	3	7	8
131,0	1	1,50	3	4	6
161,0	0,50	1,50	3	4	5

** Evaluation de l'ingéré volontaire*

La détermination chez les hybrides de l'ingéré volontaire, a consisté à évaluer le volume ou le taux de remplissage de l'estomac après la distribution des aliments. Cette évaluation peut se faire de façon quantitative par le calcul du coefficient de réplétion stomacal ou de manière semi quantitative par estimation du contenu de l'estomac.

Deux lots de tilapias hybrides F1A de sexe mâle, de poids moyen initial de 60,3 g et d'une densité de 50 individus/m³ ont été mis à jeun pendant 24 heures, avant le démarrage de l'expérience. Ce test a été répliqué 3 fois. Après la période de jeûne, les poissons du premier lot ont reçu un repas de granulés. Le taux de rationnement utilisé est la ration maximale déduite de l'expérience précédente. Ceux du deuxième lot constituant les témoins n'ont reçu aucun repas. Trente minutes après la prise de repas, les poissons des deux lots sont sacrifiés simultanément. Les poissons et les estomacs sont ensuite pesés et le contenu de ces derniers apprécié.

b) Essai 5 : étude de l'influence du mode de distribution de l'aliment sur la croissance des hybrides

Cet essai d'une durée de 98 jours a eu lieu entre février et mai 2003. Il a porté sur une population de tilapias hybrides F1A de sexe mâle, de poids moyen initial 20,1 g et d'une densité de mise en charge de 50 individus/m³. Deux modes de distribution ont été testés dans les cages.

- La distribution manuelle

Dans ce cadre, 5 lots de poissons recevant leur ration alimentaire à des fréquences variant entre 1 et 5 repas par jour ont été constitués :

Lot 1 : 1 repas par jour (9 h),

Lot 2 : 2 repas par jour (9 h et 15 h),

Lot 3 : 3 repas par jour (9 h, 12 h et 15 h),

Lot 4 : 4 repas par jour (6 h, 12 h, 15 h et 18 h),

Lot 5 : 5 repas par jours (6 h, 9 h, 12 h, 15 h et 18 h).

- La distribution à l'aide d'un distributeur à pendule

Les lots de poissons concernés par ce mode de distribution ont été conditionnés à se nourrir eux-mêmes pendant 15 jours. Tous les jours à 9 h, les distributeurs sont chargés avec une quantité d'aliment composé de granulés T2GE.

Pour ce qui concerne les deux modes de distribution de l'aliment, le taux de rationnement utilisé a été déduit de la ration maximale (R.MX) obtenue à partir de l'essai 4.

2.8. METHODES D'ANALYSE DES DONNEES

Les données obtenues à la suite de tous ces essais ont été traitées selon différentes méthodes analytiques et statistiques.

2.8.1. Classes de taille

La détermination des classes de taille en vue de l'étude de l'évolution des paramètres chromatiques des souches parentales et des hybrides a été faite sur la base de la règle de Sturges (SCHERRER, 1984) :

- Nombre de classes = $1 + (3,3 \log n)$

- Intervalle =
$$\frac{\text{LS max} - \text{LS min}}{\text{Nombre de classes}}$$

Avec : n = nombre total de spécimens examinés

LS max = longueur standard maximale mesurée

LS min = longueur standard minimale mesurée

2.8.2. Reproduction

L'expression de la fécondité chez les tilapias a été définie de plusieurs manières (COWARD & BROMAGE, 1999, 2000). LOWE-McCONNELL (1955) définit la fécondité comme étant le nombre d'alevins produits durant l'existence d'un individu. Dans les conditions d'élevage expérimental, PULLIN & LOWE-McCONNELL (1982) limitent la

période de fécondité à une année. Dans la présente investigation, le nombre d'alevins produits a donc été considéré et exprimé de la manière suivante :

$$\text{Nombre d'alevins produits (alev/kg fe/an)} = \frac{\text{Quantité d'alevins dans les bassins à béton}}{\text{Poids des femelles (kg) x 1 an (365jours)}}$$

2.8.3. Taux de mortalité (TM)

Le taux de mortalité est la proportion de poissons morts au cours de l'élevage

$$\text{TM (\%)} = (\text{Ni} - \text{Nf}) \times 100 / \text{Ni}$$

Ni = nombre initial de poissons ; Nf = nombre final de poissons.

2.8.4. Croissance journalière (Cj)

La croissance pondérale journalière est définie comme étant le gain de poids journalier des poissons en élevage.

$$\text{Cj (g/j)} = (\text{Pmf} - \text{Pmi}) / \text{T}$$

Avec Pmf = poids moyen final des poissons en gramme ; Pmi = poids moyen initial des poissons en gramme ; T = durée de l'élevage en nombre de jours.

2.8.5. Vitesse instantanée de croissance (Gp)

La croissance pondérale peut aussi s'exprimer en terme de taux spécifique de croissance ou de vitesse instantanée de croissance. Dans ce cas, elle traduit le gain de poids en pourcentage du poids corporel. L'expression la plus fréquemment utilisée et qui reflète la croissance sur une courte période est la vitesse instantanée de croissance (Gp) dont l'équation selon WOOTTON (1994) est :

$$\text{Gp (\%/j/individu)} = 100 [\ln(\text{Pmt}) - \ln(\text{Pmt}_0)] / \text{T}$$

P_{mt_0} = poids moyen en gramme des poissons au temps t_0 ; P_{mt} = poids moyen en gramme des poissons au temps t . T = durée de l'élevage en jour.

2.8.6. Facteur de condition (K)

Le facteur ou coefficient de condition K est une expression du rapport longueur/poids qui donne une idée de l'embonpoint d'une espèce considérée (KARTAS & QUIGNARD, 1984). Chez la plupart des poissons, après la métamorphose de la larve, le corps conserve ses proportions initiales pendant la croissance. Selon HTUN-HAN (1978) et KARTAS & QUIGNARD (1984), le facteur de condition se formule de la façon suivante :

$$K = (100 \times W) / L^b$$

K est l'expression de l'influence de facteurs écologiques sur les individus de la population, à savoir, la nourriture et la température. Il exprime également l'effet des facteurs physiologiques que sont le développement sexuel et l'état d'amaigrissement (KARTAS & QUIGNARD, 1984).

L'exposant b varie entre 2,5 et 4 (LEVEQUE, 1999). Il exprime les variations relatives de la densité et de la forme du corps du poisson au cours de sa vie. Lorsque la croissance est isométrique, c'est à dire quand la forme du poisson ne change pas avec la croissance, b est égal à 3. Une valeur inférieure à 3 signifie que la croissance en poids est inférieure à la croissance en taille. Une valeur de b supérieure à 3 traduit l'effet contraire (LEVEQUE, 1999).

2.8.7. Coefficient de variation de la longueur ou du poids corporel (Cv)

$$Cv (\%) = 100 \times s / X$$

avec s : écart type de la longueur ou du poids ; X : moyenne de la longueur ou du poids.

2.8.8. Production (P)

La production représente la quantité de chair produite par unité de surface ou de volume sur une période donnée. Pour un volume donné, elle est mesurée par la différence

entre les biomasses finale et initiale et rapportée à un an.

$$P \text{ (kg/m}^3\text{/an)} = (Bf - Bi) / V \times T$$

Avec : Bf = Biomasse finale ; Bi = biomasse initiale ; V = volume ; P = production, T = 365 jours d'élevage.

2.8.9. Quotient nutritif (Qn)

Il représente la quantité de nourriture nécessaire à l'élaboration d'une quantité donnée de chair.

$$Qn = Al / (Bf - Bi)$$

Avec Al = quantité d'aliment distribuée ; Bf = Biomasse finale ; Bi = Biomasse initiale.

2.8.10. Coefficient de réplétion stomacale

Le coefficient de réplétion stomacale (CR) a été calculé selon la méthode de ROSSECHI (1983).

$$CR = (Pe / P) \times 100 ; \text{ avec } Pe = \text{poids frais de l'estomac et } P = \text{Poids du poisson.}$$

2.8.11. Heterosis (H)

L'effet d'heterosis ou phénomène de vigueur hybride se traduit par une forte croissance et une plus grande résistance des hybrides par rapport aux parents (AVAULT & SHELL, 1968). L'heterosis est obtenu à partir de la formule suivante :

$$H = (MH - MP) \times 100 / MP$$

Avec MH = poids, croissance journalière, quotient nutritif ou taux de mortalité moyens des hybrides ; MP = poids, croissance journalière, quotient nutritif ou taux de mortalité moyens des parents.

2.8.12. Analyses statistiques

Pour tester le degré de signification des divergences ou ressemblances entre les lots traités, l'analyse de variance, le test U de Mann-Whitney, la régression linéaire et le test de Chi-carré ont été utilisés. Ces différentes analyses ont été effectuées à l'aide du programme STATISTICA 5.0 (Statsoft, INC, 1984-1997). Les différences ont été considérées significatives au seuil de 5 %.

2.8.12.1. Corrélation et régression

Le coefficient de corrélation (r) est la valeur du lien qui unit deux variables X et Y . Lorsque la valeur de r n'est pas significativement différente de 0, les variables sont indépendantes et plus ce coefficient se rapproche de l'unité en valeur absolue, plus l'intensité de la relation entre les deux variables est grande (SCHWARTZ & LAZAR, 1964).

On peut définir une droite autour de laquelle se distribuent les caractères étudiés. Cette droite appelée droite de régression peut être de type $Y = aX + b$. Les paramètres a et b de la droite sont calculés selon la méthode des moindres carrés. Lorsqu'il existe plusieurs valeurs de Y , on parle de régression multiple. Dans ce cas, le test de parallélisme permet de comparer les droites de régression.

Les droites de régression ont été utilisées pour étudier, d'une part, la relation entre la densité et le taux de mortalité, la croissance journalière, le quotient nutritif et le coefficient de variation. Et d'autre part, la relation entre la fréquence de distribution de l'aliment et les paramètres de survie et de croissance ci-dessus cités.

2.8.12.2. Analyse de variance

L'analyse de variance (ANOVA) est un test qui permet de comparer différentes populations à partir d'échantillons extraits de chacune d'elles. Dans sa forme paramétrique, tous les problèmes d'analyse de variance supposent que les moyennes soient normales et de même variance. Ce test permet de répondre à la question suivante : y a-t-il de la variabilité parmi ces moyennes pour chacun des critères de classification considérés? Si l'analyse conduit au rejet de l'hypothèse principale $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_k$ pour un critère de classification, cela ne signifie nullement que les moyennes des groupes formés par ce critère sont toutes différentes les unes des autres. Ce fait traduit simplement l'existence d'une

hétérogénéité parmi les moyennes (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984). L'interprétation d'une telle analyse est basée sur la valeur de F du test de Fisher ou F test. L'obtention des valeurs de p ou « p -value» est faite par comparaison des valeurs de F aux valeurs critiques du tableau de F .

Au cours de la présente étude, l'analyse de variance a été utilisée pour tester les similitudes et les divergences entre les différents traitements. Lorsque l'ANOVA a montré une différence significative, deux tests de comparaison ont été utilisés. Le test de Scheffé a permis de comparer les caractéristiques du milieu telles que les données physico-chimiques et le zooplancton. Quant au test *HSD* de Tukey, il a servi à confronter les paramètres de croissance, à savoir, la croissance journalière, le taux spécifique de croissance et le quotient nutritifs. Les données en pourcentage, entre autre la vitesse instantanée de croissance, ont été préalablement transformées en valeurs arcsinus (ZAR, 1984).

2.8.12.3. Test du Chi-Carré

Le test du Chi-Carré peut être utilisé pour déterminer si une différence significative existe entre les observations (O_i) et les espérances (E_i , valeurs attendues). Ce test peut également être utilisé pour la comparaison de pourcentages à partir d'un tableau de contingence. Il est basé sur le calcul d'une valeur de χ^2 . Le test est d'autant plus significatif que le risque α est plus petit ou que χ^2 est plus grand (SCHWARTZ & LAZAR, 1964).

Au cours de la présente étude, les taux de mortalités et les coefficients de variations obtenus à partir de différents traitements au cours d'un essai ont été comparés à l'aide du test du Chi-carré.

2.8.12.4. Test U de Mann-Whitney

Le test U de Mann-Whitney est un test non paramétrique permettant de comparer 2 groupes. Ce test suppose que la variable étudiée ait été mesurée sur au moins une échelle ordinaire (rangs). L'interprétation du test est en grande partie identique à celle des résultats du test t pour des échantillons indépendants, sachant que le test U est calculé sur la base de sommes de rangs et non des moyennes. Le test U est la plus sensible des alternatives non-paramétriques au test t pour des échantillons indépendants. Dans certains cas, ce test est même plus puissant que le test t pour rejeter l'hypothèse nulle.

Pour ce qui concerne le présent travail, le test U de Mann-Whitney a permis de comparer les variables morphométriques et méristiques dans le but de rechercher une éventuelle différence entre les espèces parentales ou entre les hybrides.

2.8.12.5. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) permet de connaître le rôle des descripteurs d'origine, dans la formation des composantes principales et de représenter, en espace réduit, les relations entre ces descripteurs (LEGENDRE & LEGENDRE, 1984). Dans une telle distribution, les axes principaux sont des droites passant par les plus grandes directions successives de l'ellipsoïde à n dimensions, pour lequel il existe un maximum de n axes principaux. Dans l'ACP, il est possible de projeter dans l'espace réduit des composantes principales, les axes-descripteurs aussi bien que les vecteurs objets. JOLICOEUR & MOSSIMANN (1960) puis GABRIEL (1971) ont proposé de juxtaposer ou de superposer ces projections dans un même graphique. Chaque axe factoriel peut être considéré comme une super variable, qui explique par conséquent l'information contenue dans le tableau de données et qui est définie également par une certaine quantité de variance (GABRIEL, 1971). Le pourcentage de variance exprimé permet de contrôler chaque extraction d'axe factoriel. Si le pourcentage exprimé par le premier facteur est très faible (< 30 %), cela veut dire qu'à partir de l'échantillonnage et en fonction des caractères choisis (variables), les données ne sont guère structurées ; elles sont relativement aléatoires. Si au contraire, dès le premier facteur, 90 % ou plus de la variance sont exprimés, cela signifie que les données sont très structurées et dans ce cas, le phénomène qui en est responsable est évident. Il ne nécessite pas l'utilisation d'un tel modèle. Il est certain que l'on n'interprétera pas de la même manière une analyse dans laquelle le pourcentage de variance du premier facteur est très faible ou au contraire élevé. Dans le premier cas, la structure que l'on interprète est une tendance, dans le second, c'est un fait évident.

Dans la présente étude, les descripteurs qui sont les variables morphométriques ont été normalisés. Ces données brutes ont été transformées en logarithme Népérien (SCHAEFER, 1991). Les caractères corrélés par rapport à l'axe 1 sont fonction de la longueur standard. Par conséquent, pour minimiser l'effet de la taille des spécimens, celui-ci a été ignoré et les caractères morphométriques ont été répartis par rapport aux axes 2 et 3.



TROISIEME PARTIE :
RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE I :
CARACTERISATIONS PHYSICO-CHIMIQUES ET
BIOLOGIQUES DES STATIONS D'ETUDE

INTRODUCTION

La connaissance des caractéristiques physico-chimiques, biologiques et environnementales est indispensable avant toute étude écologique ; ceci du fait que, l'écologie de l'environnement aquatique a connu beaucoup de variations durant ces deux dernières décennies. Puisque ces conditions écologiques fluctuent, les variables changent. Pouvoir maintenir la qualité de l'eau dans les conditions optimales permettra d'accroître à la fois les conditions physiologiques des poissons et la production zooplanctonique (DELINCE, 1992). Selon cet auteur, les informations procurées par la limnologie peuvent aider à améliorer la production piscicole. Ainsi, le contrôle des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et la maîtrise des processus de régulation planctonique peuvent permettre une bonne production piscicole.

Le présent chapitre est consacré à l'exploitation des résultats relatifs aux caractéristiques physico-chimiques de l'eau et à l'identification du zooplancton.

1.1. DONNEES PHYSICO-CHIMIQUES

1.1.1. Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso

Ces caractéristiques physico-chimiques concernent la température, le taux d'oxygène dissous, la transparence, le pH, la conductivité et le taux de solides dissous (TDS).

La température moyenne mensuelle de l'air varie peu le matin et se situe entre 25 °C et 27 °C. L'après-midi, la valeur la plus élevée est de 33 °C. Elle est enregistrée en février durant la grande saison sèche. La plus basse est de 26 °C et est observée au mois d'août, en petite saison sèche (Figure 15 a). Les températures matinales sont significativement ($p < 0,05$) plus basses que celles de l'après-midi (ANOVA: ensemble des résultats en annexe I).

En ce qui concerne l'eau, les températures moyennes mensuelles, matinales et de l'après-midi suivent le même profil (Figure 15 b). Le matin, la température de l'eau varie entre 25,7 °C en août et 28,5 °C au mois de mars. Toutefois, celles de l'après-midi restent élevées toute l'année. A cette période de la journée, la température acquiert sa valeur maximale de 32,4 °C en mai au début de la grande saison des pluies. Sa valeur minimale est de 27 °C et est enregistrée en août au cours de la petite saison sèche. La différence observée

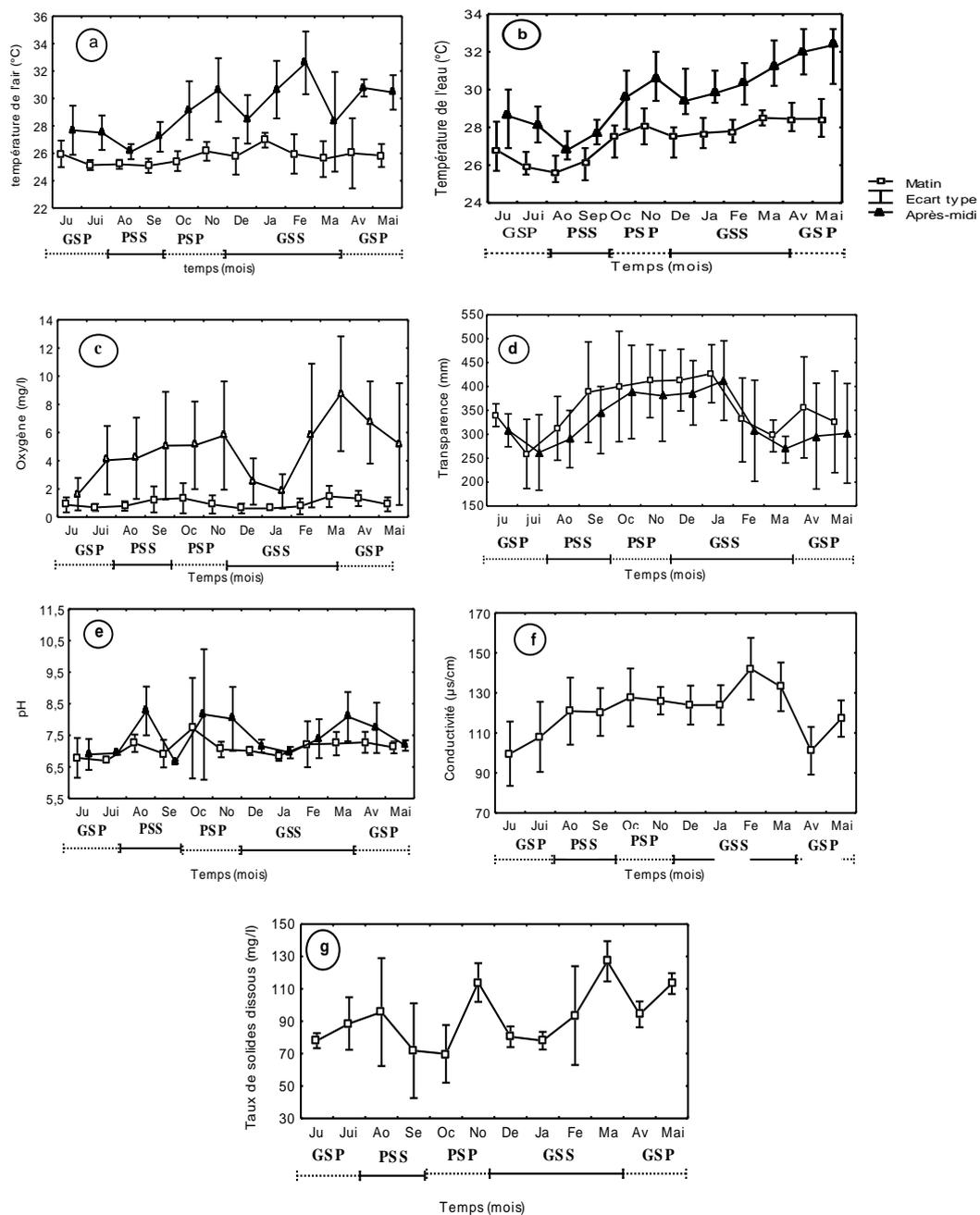


Figure 15. Variations moyennes mensuelles des caractéristiques physico-chimiques enregistrées le matin et l'après-midi dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, entre juin 2000 et mai 2003. GSP : grande saison des pluies ; GSS : grande saison sèche ; PSP : petite saison des pluies ; PSS : petite saison sèche ; a : température de l'air ; b : température de l'eau ; c : oxygène dissous ; d : transparence ; e : pH ; f : conductivité et g : taux de solides dissous.

entre la température de l'eau enregistrée le matin et celle de l'après-midi est significative ($p < 0,05$).

Pour ce qui est du taux moyen mensuel d'oxygène dissous, le matin, il varie peu et se situe entre 1 mg/l et 1,5 mg/l (Figure 15 c). Celui de l'après-midi chute au début de la grande saison sèche en janvier et atteint 2 mg/l. Cette baisse est suivie d'une hausse considérable qui est de 9 mg/l en mars à la fin de cette saison. La comparaison du taux d'oxygène enregistré le matin et celui observé l'après-midi permet de noter une différence significative ($p < 0,05$).

Les valeurs moyennes mensuelles de la transparence chutent le matin au cours de la grande saison des pluies, précisément aux mois de juillet et également en mars, lors de la grande saison sèche. Elles sont respectivement de 260 mm et de 300 mm. Des pics sont observés en janvier et en avril, ils correspondent respectivement à 430 mm et 360 mm. Les valeurs de l'après-midi semblent suivre la même évolution, avec toutefois un pic qui est de 420 mm en janvier, ainsi que deux minima de 260 mm en juillet et 280 mm en mars (Figure 15 d). Une différence significative a été notée entre les valeurs de la transparence enregistrées le matin et celles de l'après-midi ($p < 0,05$).

Au cours des relevés, le pH de l'eau présente une tendance légèrement acide ou neutre. Celui du matin varie peu et se situe entre 6,8 et 7,7 (Figure 15 e). L'après-midi, des fluctuations sont observées pendant le cycle annuel et cette caractéristique oscille entre 6,6 et 8,2. Cette dernière valeur tend vers une légère basicité.

La conductivité augmente de juillet à février, passant de 105 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 145 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ensuite elle diminue jusqu'à une valeur de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en avril (Figure 15 f). La valeur maximale de la conductivité qui est de 145 $\mu\text{S}/\text{cm}$, est observée au cours de la grande saison sèche et la valeur minimale qui est de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est notée pendant la grande saison des pluies.

L'évolution du taux de solides dissous (TDS) présente des fluctuations au cours du cycle annuel (Figure 15 g). Le TDS minimum est enregistré en octobre au cours de la petite saison des pluies. Il est de 70 mg/l. Tandis que la valeur maximale qui est de 130 mg/l, est atteinte en mars, à la fin de la grande saison sèche.

Les deux dernières caractéristiques physico-chimiques à savoir, la conductivité et le TDS, ne varient pas au cours de la journée. Seules les valeurs du matin ont été présentées.

❖ En résumé, l'étude des caractéristiques physico-chimiques réalisée dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, permet de déduire pour le taux d'oxygène, une amplitude, c'est-à-dire la différence entre les valeurs du matin et celles de l'après midi, d'une valeur de 3,99 mg/l au cours des saisons pluvieuses. Quand à la température, les écarts les plus élevés peuvent atteindre 4 °C. Selon BOYD (1979) les fluctuations rapides de la température et du taux d'oxygène dissous au cours de la journée stressent sévèrement les poissons. A part cet inconvénient, les valeurs des paramètres physico-chimiques enregistrées dans les bassins en béton montrent que ce milieu d'étude est favorable à la reproduction et l'alevinage.

1.1.2. Caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac de barrage d'Ayamé I

Les caractéristiques physico-chimiques étudiées précédemment ont également été appréciées au niveau du lac de barrage d'Ayamé I. En plus de ces paramètres, la composition ionique de l'eau été estimée.

1.1.2.1. Variations moyennes mensuelles

La température moyenne mensuelle de l'air varie le matin entre 25 °C et 28 °C. L'après-midi, cette caractéristique est élevée et atteint 40 °C en février, au cours de la grande saison sèche. Elle est basse en septembre (32 °C) pendant la petite saison sèche (Figure 16 a). La différence observée entre les températures de l'air enregistrées le matin et celles de l'après-midi est significative ($p < 0,05$) ; (ANOVA: ensemble des résultats en annexe II).

Les températures moyennes mensuelles de l'eau du matin et celles de l'après-midi ont le même profil de variation. La valeur du matin la plus élevée est de 31 °C et est observée au mois de mars, tandis que la plus basse qui est de 27 °C est enregistrée en août (Figure 16 b). L'après-midi, la valeur maximale est de 32 °C. Elle est notée en mars à la fin de la grande saison sèche et également en mai au début de la grande saison des pluies. Quant à la valeur minimale, 27,8 °C, elle est observée en septembre au cours de la petite saison sèche. La

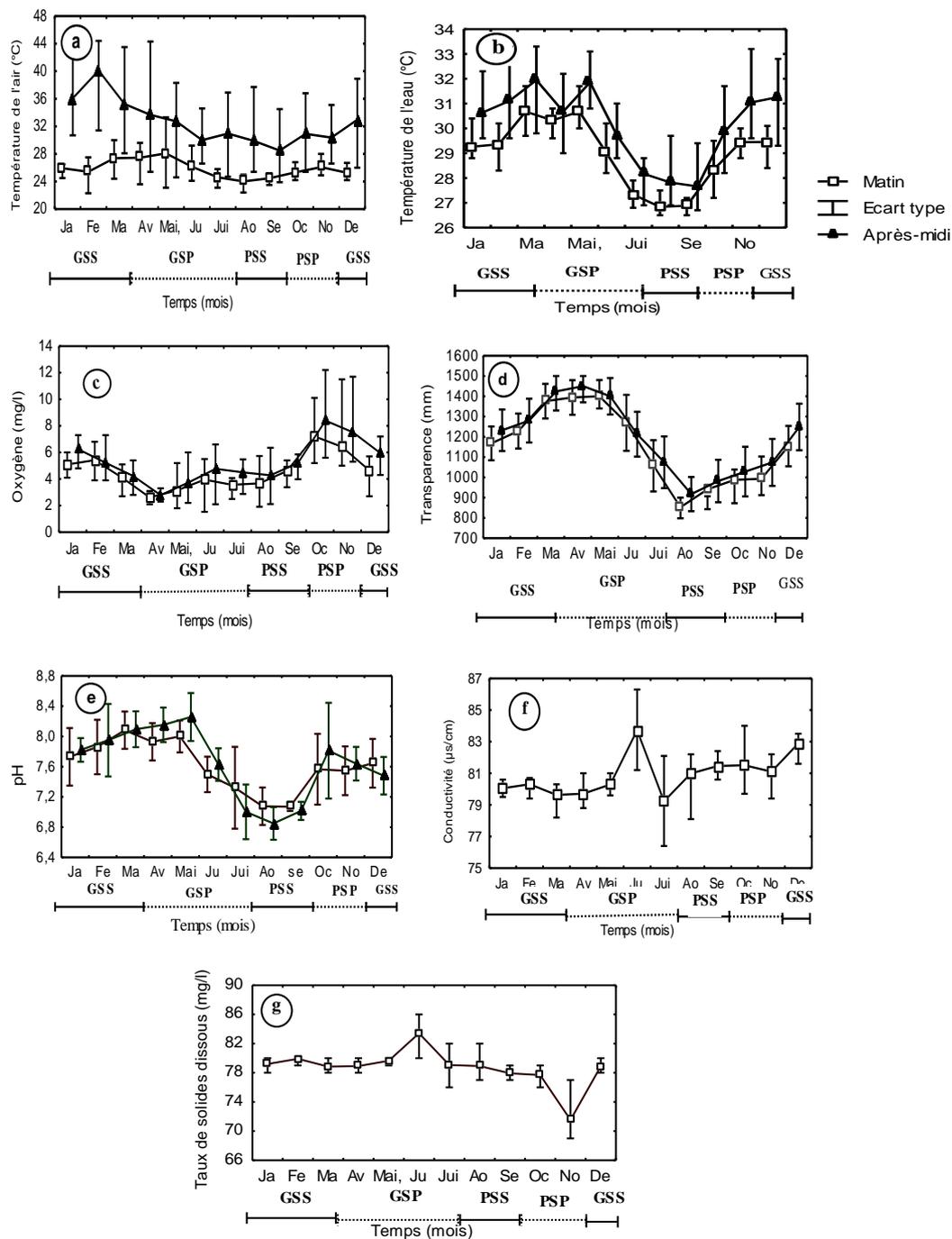


Figure 16. Variations moyennes mensuelles des caractéristiques physico-chimiques enregistrées le matin et l'après-midi dans les cages flottantes installées sur le lac de barrage d'Ayamé I, entre janvier 2001 et décembre 2003. GSS : grande saison sèche ; GSP : grande saison des pluies ; PSS : petite saison sèche ; PSP : petite saison des pluies ; a : température de l'air ; b : température de l'eau ; c : oxygène dissous ; d : transparence ; e : pH ; f : conductivité et g : taux de solides dissous.

comparaison des températures de l'eau du matin et celles de l'après-midi indique une différence significative ($p < 0,05$).

Les taux moyens mensuels d'oxygène dissous observés le matin et l'après-midi, présentent des fluctuations durant le cycle annuel et des profils de variation identiques. Le matin, le plus faible taux a été enregistré en avril, il est de 2,5 mg/l, tandis que le plus élevé atteint 7 mg/l. Il a été relevé au cours de la petite saison sèche, de façon précise au mois de septembre. Les taux les plus élevés sont observés l'après-midi. A cette période de la journée, le taux d'oxygène le plus faible est de 3 mg/l. Il a été relevé pendant la grande saison des pluies, précisément au mois d'avril. Le taux d'oxygène le plus élevé est de 8,5 mg/l. Il a été enregistré en octobre lors de la petite saison des pluies (Figure 16 c). La différence observée entre les taux d'oxygène du matin et ceux de l'après-midi est significative ($p < 0,05$).

Les valeurs moyennes de la transparence (Figure 16 d) oscillent le matin entre 1400 mm et 890 mm ; respectivement en mai, pendant la grande saison des pluies et en août lors de la petite saison sèche. L'après-midi elles se situent entre 920 mm et 1420 mm. Ces valeurs ont été observées respectivement aux mois d'août et d'avril. La transparence enregistrée le matin ne diffère pas significativement ($p > 0,05$) de celle notée l'après-midi.

Concernant le pH, d'importantes fluctuations sont observées au cours de l'année et le profil de variation du matin est identique à celui de l'après-midi. La valeur du pH matinal la plus élevée est de 8,1. Elle est légèrement basique et a été enregistrée en mars, au cours de la grande saison sèche. Tandis que la plus basse qui est de 7,1, est neutre. Elle est notée en septembre lors de la petite saison sèche (Figure 16 e). L'après-midi, le pH se situe entre 6,8 et 8,2. La plus faible valeur est observée en septembre lors de la petite saison sèche et la plus élevée en mai pendant la grande saison des pluies.

La conductivité varie peu au cours de l'année. En dehors du mois de juin où un pic atteignant 84 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est observé, cette caractéristique physico-chimique se situe entre 79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 81 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Figure 16 f).

Le taux de solides dissous (Figure 16 g) présente un pic qui est de 84 mg/l en juin. Ce paramètre chute en novembre et atteint 72 mg/l. En dehors de ces deux valeurs, le taux de solide dissous varie peu au cours de l'année. Il se situe entre 78 mg/l et 80 mg/l.

1.1.2.2. Cycle nyctémérien

Le pic de la température moyenne de l'air relevée pendant le jour, entre 6 h et 18 h, est atteint à 12 h (Figure 17 a). Il est de 37 °C. La valeur la plus basse de ce paramètre qui est de 25 °C est notée à 5 h. Les températures de l'air enregistrées pendant la nuit, sont nettement inférieures à celles du jour et varient peu, entre 25 °C et 28 °C. La comparaison de la température de l'air du jour et celle de la nuit par l'ANOVA a permis de noter une différence significative ($p < 0,05$) (ANOVA : ensemble des résultats en annexe III).

En ce qui concerne l'eau, les températures moyennes sont élevées pendant le jour et oscillent entre 29,1 °C et 31,3 °C. Ces valeurs sont enregistrées respectivement à 18 h et entre 13 h et 14 h. Quant à celles de la nuit, elles sont basses et varient entre 29,1 et 29,7 °C, respectivement à 19 h et 22 h (Figure 17 b). Une différence significative a été observée entre les températures de l'eau enregistrées au cours des périodes diurne et nocturne ($p < 0,05$).

Pendant la phase claire c'est-à-dire le jour, le taux moyen d'oxygène dissous oscille entre 5,8 mg/l et 6,8 mg/l. Le plus bas taux a été enregistré à 6 h et le plus élevé à 14 h. Le taux d'oxygène relevé à cette période de la journée est significativement élevé ($p < 0,05$), comparativement à celui noté lors de la phase obscure. En effet pendant la nuit, les valeurs de cette caractéristique physico-chimique se situent entre 5,3 mg/l et 6,1 mg/l. Elles sont enregistrées respectivement à 2 h et à 18 h) (Figure 17 c).

Le pic de la transparence d'une valeur de 1350 mm est atteint à 12 h. Les valeurs les plus basses de ce paramètre sont de 1000 mm et de 1050 mm. Elles ont été enregistrées à la fin et au début de la journée, respectivement à 18 h et à 6 h (Figure 17 d).

Les pH enregistrés aussi bien le jour que la nuit avoisinent la neutralité. Les valeurs du jour sont comprises entre 7,1 et 7,5 tandis que celles de la nuit se situent entre 7,1 et 7,3 (Figure 17 e).

La conductivité présente de légères fluctuations au cours de la journée. Elle se situe entre 80,5 $\mu\text{S/cm}$ et 81,2 $\mu\text{S/cm}$. Ces valeurs sont enregistrées respectivement à 7 h et à 11 h. Au cours de la nuit, la conductivité varie peu, elle est comprise entre 80,7 $\mu\text{S/cm}$ et 81,0 $\mu\text{S/cm}$ (Figure 17 f). La comparaison entre les valeurs de la conductivité observées au cours des phases obscure et claire n'indique pas de différence significative ($p > 0,05$).

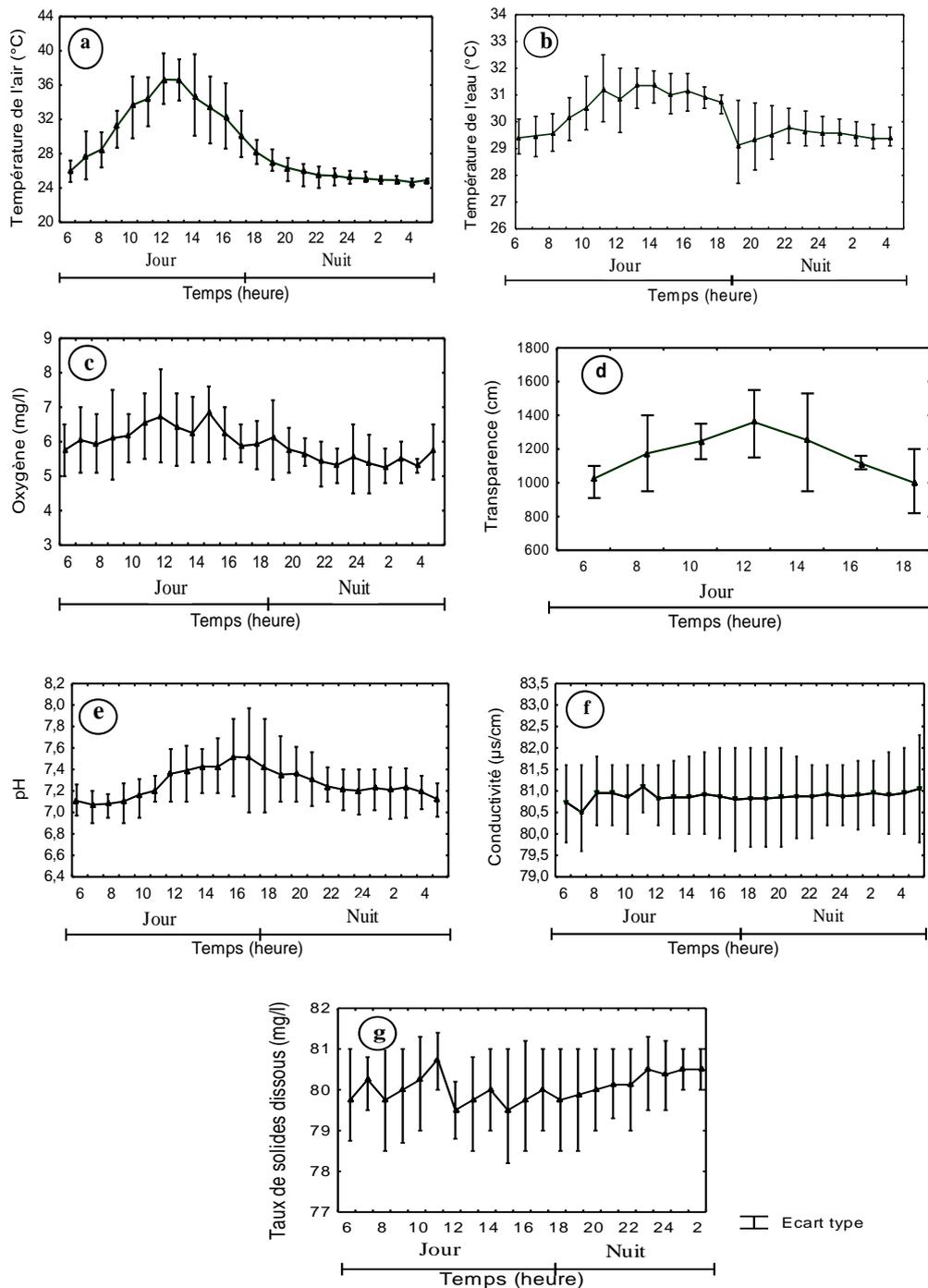


Figure 17. Variations des caractéristiques physico-chimiques des eaux du lac de barrage d'Ayamé I (cages flottantes) sur une période de 24 heures, entre janvier 2001 et décembre 2003. a : température de l'air ; b : température de l'eau ; c : oxygène dissous ; d : transparence ; e : pH ; f : conductivité et g : taux de solides dissous.

Pendant le jour, le taux moyen de solides dissous (Figure 17 g) oscille entre 79,5 mg/l et 80,8 mg/l. L'enregistrement de ces valeurs a été faite respectivement à 12 h et à 11 h. Au cours de la nuit, les valeurs du TDS sont voisines de celles de la journée. Cette caractéristique varie entre 79,7 mg/l et 80,5 mg/l respectivement à 18 h et à 23 h. Aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les valeurs de TDS diurnes et nocturnes.

❖ BOYD (1979), McDONALD (1983) et DELINCE (1992) indiquent que des intervalles de température variant entre 30 °C et 35 °C, de taux d'oxygène compris entre 3 mg/l et 6 mg/l, de pH de 6,5 à 8,5, de conductivité oscillant entre 50 μ S/cm et 600 μ S/cm et des taux de solides dissous inférieures à 200 mg/l, sont favorables à l'élevage des tilapias. Les caractéristiques physico-chimiques notées dans les cages expérimentales d'élevage installées sur le lac de barrage d'Ayamé I se situent dans les gammes prescrites par ces auteurs. Ce milieu d'étude est donc propice à l'élevage du tilapia.

1.1.2.3. Composition ionique des eaux du lac de barrage d'Ayamé I

La composition ionique concerne les taux d'ammoniaque, de nitrites, de nitrates, de calcium, de magnésium et de phosphates contenus dans les eaux du lac de barrage d'Ayamé I.

Au cours de l'année, le taux d'ammoniaque du lac de barrage d'Ayamé I (Figure 18 a) présente des fluctuations irrégulières. Le plus bas taux qui est de 0 mg/l, est enregistré en février, tandis que le plus élevé est noté décembre (0,14 mg/l).

Le taux de nitrites (Figure 18 b) varie entre 0 et 0,08 mg/l au cours du cycle annuel. Cette dernière valeur correspond au pic enregistré au mois d'avril.

Une augmentation du taux de nitrates suivie d'une diminution est observée d'un mois à un autre. Le taux maximum noté en avril est de 9,00 mg/l (Figure 18 c).

Concernant le calcium (Figure 18 d), les taux les plus bas sont observés en février (0,1 mg/l) et en avril (0 mg/l). Quant à la valeur la plus élevée, elle est de 2,5 mg/l et est enregistrée en décembre.

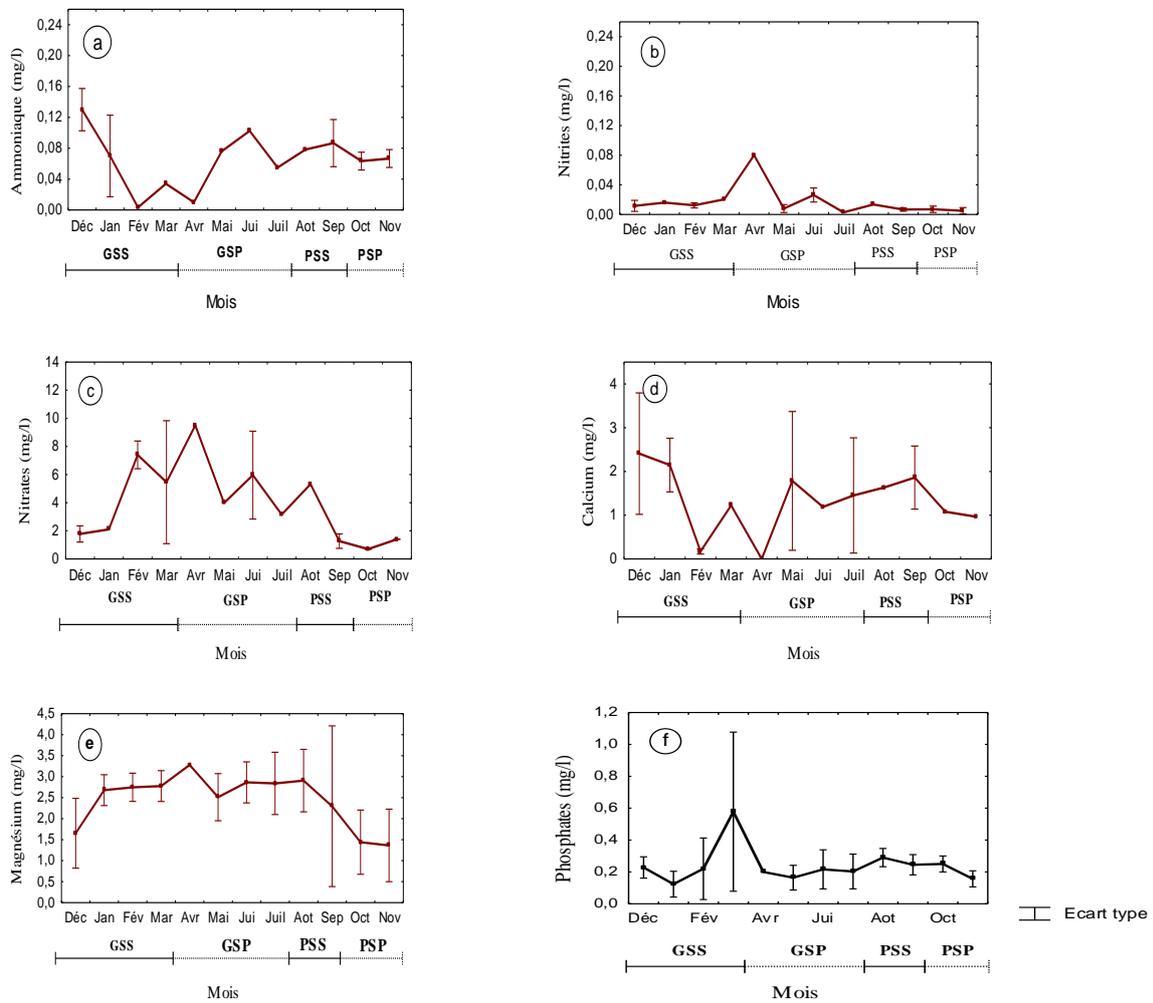


Figure 18. Variations moyennes mensuelles des composés ioniques enregistrés dans les cages flottantes installées sur le lac de barrage d’Ayamé I, entre janvier 2001 et décembre 2003. a : ammoniaque ; b : nitrites ; c : nitrates ; d : calcium ; e : magnésium et f : phosphates.

Le taux de magnésium (Figure 18 e) varie entre 1,4 mg/l et 3,4 mg/l. Le plus bas taux est noté en novembre et le plus élevé en avril.

Pour ce qui est des phosphates (Figure 18 f), à part le pic enregistré en mars qui est de 0,60 mg/l, ce paramètre varie très peu au cours de l'année. Il se situe entre 0,1 mg/l et 0,30 mg/l.

❖ Le taux moyen d'ammoniaque des eaux du lac de barrage d'Ayamé I est compris entre 0 mg/l et 0,14 mg/l. Il est comparable à celui enregistré par BOYD & TUCKER (1998) dans les eaux douces, qui est en moyenne de 0,10 mg/l. Pour ce qui concerne les nitrates, au cours de l'année, les taux moyens relevés dans les cages flottantes varient entre 0,1 mg/l et 9 mg/l. Les valeurs enregistrées par BOYD (1976) et HARGRAVES (1997) (inférieurs à 2 mg/l) ainsi que KOUAMELAN (1999) (0,31 mg/l) se situent dans cet intervalle. Les taux de nitrites enregistrés dans les cages flottantes, qui se situent entre 0 mg/l et 0,08 mg/l sont aussi bas que ceux relevés par KOUAMELAN (1999). Cet auteur note dans le lac d'Ayamé I des valeurs moyennes de nitrites de 0,004 mg/l. Ces bas taux peuvent être liés au fait que lors du processus de la nitrification, les nitrites sont convertis en nitrates aussi rapidement qu'ils sont produits, augmentant ainsi le taux de ces derniers dans le milieu (HOLLERMAND & BOYD, 1980 ; HARGREAVES & TUCKER, 1996). Concernant les phosphates, des valeurs de 0,17 mg/l enregistrées par BOYD (1976) et HARGRAVES (1997) avoisinent les taux enregistrés lors de la présente étude. Quant au calcium, celui relevé dans les cages flottantes oscille entre 0 mg/l et 2,5 mg/l. Il est inférieur à ceux enregistrés dans certains cours d'eau ivoirien à savoir, la Comoé (4,40 mg/l), le Sassandra (4,20 mg/l) et le Bandama (7,05 mg/l) (ILTIS & LEVEQUE, 1982), ainsi que celui obtenu par KOUAMELAN (1999) qui est de 9,08 mg/l.

1.2. DONNEES BIOLOGIQUES DU LAC DE BARRAGE D'AYAME I

1.2.1. Composition spécifique du zooplancton

Trois grands groupes de zooplancton à savoir, les Rotifères, les Copépodes et les Cladocères, répartis en 13 familles et composés de 28 espèces ont été observés (Tableau XIII). Une forte richesse spécifique a été notée chez les Rotifères. Au sein de ce groupe, 18 espèces appartenant à 6 familles ont été identifiées. Quant aux Copépodes, seulement 2

Tableau XIII. Liste faunistique des espèces de zooplancton répertoriées dans les cages flottantes au cours de l'élevage de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides dans le lac de barrage d'Ayamé I.

Groupes	Familles	Espèces
Copépodes	Cyclopidae	<i>Thermocyclops decipiens</i>
	Diaptomidae	<i>Thermodiaptomus yabensis</i>
Cladocères	Bosminidae	<i>Bosmina longirostris</i>
	Daphnidae	<i>Ceriodaphnia cornuta</i>
		<i>Simocephalus latirostris</i>
	Sididae	<i>Diaphanosoma excisum</i>
		<i>Moina micrura</i>
	Moinidae	<i>Ceriodaphnia dubia</i>
		<i>Alonella nana</i>
Macrothricidae	<i>Macrothrix goeldii</i>	
Rotifères	Brachionidae	<i>Brachionus falcatus</i>
		<i>Brachionus caudatus</i>
		<i>Brachionus calyciflorus</i>
		<i>Brachionus angularis</i>
		<i>Anuraeopsis navicula</i>
		<i>Keratella tropica</i>
		<i>Keratella cochlearis</i>
		<i>Keratella lenzi</i>
	<i>Keratella quadrata</i>	
	Testudinellidae	<i>Hexarthra intermedia</i>
		<i>Filinia opoliensis</i>
		<i>Filinia longiseta</i>
		<i>Lecane leontina</i>
<i>Lecane bulla</i>		
Synchaetidae	<i>Polyarthra vulgaris</i>	
Trichocercidae	<i>Trichocerca chattoni</i>	
	<i>Trichocerca similis</i>	
Asplanchnidae	<i>Asplanchna brightwelli</i>	
Total	13	28

espèces, *Thermocyclops decipiens* et *Thermodiaptomus yabensis*, respectivement de la famille des Cyclopidae et des Diaptomidae ont été observées. Les Cladocères, sont représentés par cinq familles que sont les Bosminidae, les Daphnidae, les Sididae, les Moinidae et les Macrothricidae.

1.2.2. Densité du zooplancton dans les cages flottantes

Au cours de l'année, à l'exception du mois de mai, la densité mensuelle des Copépodes qui est de 12000 à 30000 individus/m³, surpasse considérablement celle des Rotifères et des Cladocères (Figure 19). Les densités des Cladocères les plus faibles sont observées entre août et janvier, elles varient entre 1000 et 3300 individus/m³. Une faible densité de 2000 individus/m³ est également notée en juin. Les plus élevées atteignent 12000 individus/m³ et sont observées en juillet. Chez les Rotifères, de faibles densités comprises entre 1000 individus/m³ et 1500 individus/m³ sont enregistrées de décembre à février. Au sein de ce groupe, la densité maximale qui est de 15000 individus/m³ est obtenue en mai. La comparaison de la densité des trois groupes de zooplancton (ANOVA : ensemble des résultats en annexe IV) permet de montrer une différence significative ($p < 0,05$) entre la population des Copépodes et celles des Cladocères ou des Rotifères.

1.2.3. Abondance relative du zooplancton dans les cages flottantes

Une prédominance des Copépodes est observée durant toute l'année, sauf en mai (Figure 20). La proportion de zooplancton appartenant à ce groupe de situe entre 50 % et 89 %. En effet, au cours de ce mois, le pourcentage des Rotifères est de 40 %. Il avoisine celui des Copépodes. Comparés aux Cladocères, les Rotifères sont prédominants d'août à novembre et de mars à juin. Leur proportion varie respectivement entre 14 % et 20 % et entre 10 % et 45 %. La densité relative des Rotifères est plus faible que celle des Cladocères en janvier, février et décembre.

❖ Le présent travail a permis de répertorier 28 espèces de zooplancton réparties en 13 familles. Le nombre d'espèces identifiées au cours de cette étude est inférieur à celui de NOBAH (1998) et de OUATTARA (1998). Ces auteurs notent 46 espèces de zooplancton, réparties en 18 familles dans le lac de barrage d'Ayamé I. Ces résultats témoignent de la

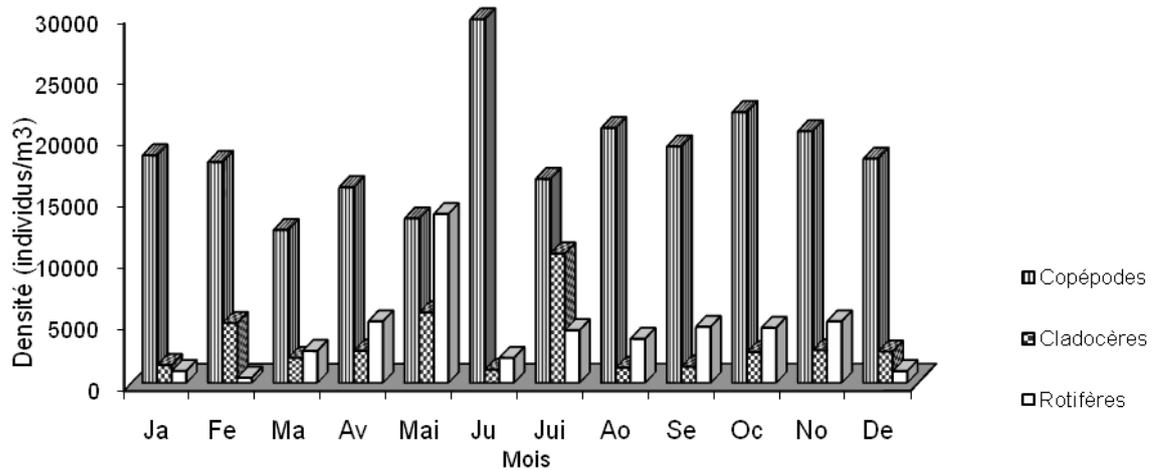


Figure 19. Variations moyennes mensuelles de la densité des Copépodes, des Rotifères et des Cladocères enregistrée de janvier 2001 à décembre 2002 dans les cages flottantes d'élevage expérimental de poissons du lac de barrage d'Ayamé I.

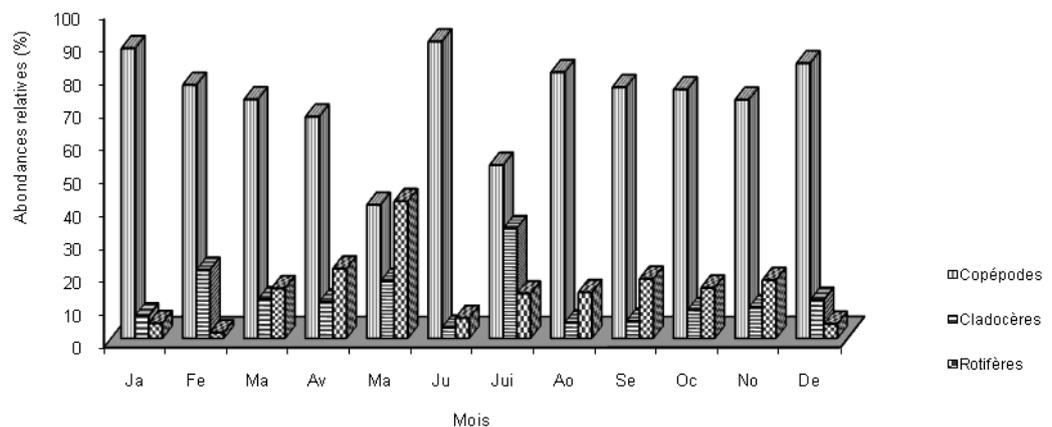


Figure 20. Variations mensuelles des abondances relatives des Copépodes, des Rotifères et des Cladocères de janvier 2001 à décembre 2002 dans les cages flottantes d'élevage expérimental de poissons du lac de barrage d'Ayamé I.

faible richesse spécifique du milieu d'étude, c'est-à-dire des cages flottantes. Ils peuvent être liés aux engins de capture utilisés, à la méthodologie adoptée au cours des travaux antérieurs ou à l'appauvrissement du milieu en zooplancton. Pour ce qui concerne les travaux de NOBAH (1998), la bouteille à plancton a été utilisée pour des prélèvements verticaux, c'est-à-dire en fonction de la profondeur. Dans la présente étude par contre, un filet à plancton a été utilisé. Une autre cause semble être le fait que, l'activité de l'élevage entraîne une forte concentration d'espèces de poissons autour des cages. Il est possible que ceux-ci exercent une capture sélective du zooplancton du milieu, justifiant ainsi l'absence de certaines espèces zooplanctoniques dans cet échantillonnage.

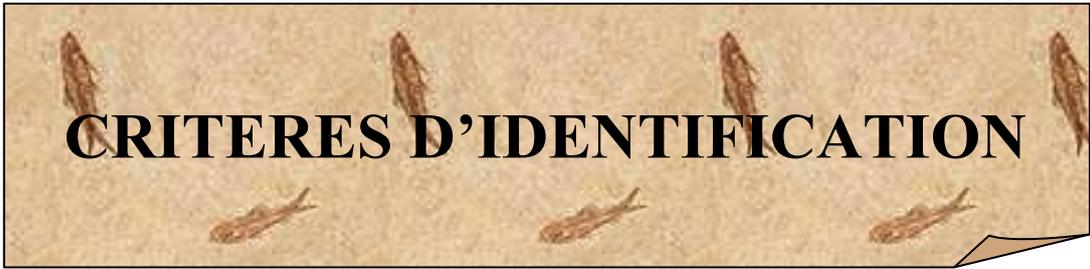
La variabilité de la densité des Copépodes, des Rotifères et des Cladocères présents dans les cages flottantes semble être fonction des cycles saisonniers. En effet, la saison des pluies s'accompagne d'un apport important de nutriments induisant une prolifération d'algues favorables au développement rapide du zooplancton (LEGENDRE, 1986). Cette saison est précédée de la saison sèche, moins riche en zooplancton. Ces observations sont confirmées par les travaux de NOBAH (1998) qui indiquent une augmentation du taux de chlorophylle *a*, donc de la biomasse phytoplanctonique au cours de la grande saison des pluies et de la petite saison sèche. Toutefois, il est à noter, comme l'ont observé MOSS (1988) dans le lac George en Ouganda et KONE (2000) dans le lac de barrage d'Ayamé I, que la variabilité de la densité ne suit pas rigoureusement le cycle des saisons. En effet, des densités moyennes mensuelles élevées du peuplement zooplanctonique peuvent être suivies de densités moyennes faibles le mois suivant et inversement. Dans la présente étude, la densité du peuplement zooplanctonique varie entre 15000 individus/m³ et 50000 individus/m³ alors que celle de NOBAH (1998) et OUATTARA (1998) variait entre 40000 individus/m³ et 110000 individus/m³. Cette différence peut être attribuée aux poissons en élevage ou pas, susceptibles d'utiliser le zooplancton comme complément alimentaire.

➤ Conclusion partielle

Lors de la mesure de la température et du taux d'oxygène dissous, des écarts relativement élevés entre les valeurs du matin et celles du soir (taux d'oxygène : 3,99 mg/l ; température : 4 °C) ont été notés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso. Ces amplitudes sont susceptibles de stresser les tilapias. Hors mis cet inconvénient, tous les paramètres physico-chimiques mesurés sur les deux sites, à savoir, les bassins en béton et les cages flottantes, se situent dans la gamme requise pour l'élevage du tilapia. Pour ce qui est du

zooplancton, il a été constaté que l'activité de l'élevage des tilapias est susceptible d'influencer la richesse spécifique et la densité du peuplement.

L'étude des paramètres physico-chimiques et biologiques a montré que les sites d'expérimentation sont favorables à l'élevage du tilapia. A ce titre, dans le chapitre suivant, sont réalisés des croisements expérimentaux entre *Tilapia zillii* et *T. guineensis*, en vue de l'obtention d'hybrides. Ceux-ci, ainsi que les espèces parentales, feront l'objet d'une étude systématique au cours de l'élevage.



CRITERES D'IDENTIFICATION

CHAPITRE II
CRITERES D'IDENTIFICATION :
CARACTERISATIONS GENETIQUE, CHROMATIQUE
ET MORPHOLOGIQUE DE *TILAPIA ZILLII*, DE *T.*
***GUINEENSIS*, DES HYBRIDES DE PREMIERE ET**
DEUXIEME GENERATIONS

Une partie des résultats de ce chapitre a été publiée dans la revue *Journal of Fish Biology*.

NOBAH, C.S.K., KOUAMELAN, E.P., N'DOUBA, V., SNOEKS, J., TEUGELS, G.G., GOORE-BI, G., KONE, T. & FALK, T. M . 2006. The colour pattern of the caudal fin, a useful criterion for identification of two species of *Tilapia* and their hybrids. *Journal of Fish Biology*, **69** : 698 – 707.

INTRODUCTION

Tilapia zillii et *T. guineensis* présentent une certaine proximité génétique résultant d'une origine ancestrale commune et d'une différenciation récente (POUYAUD, 1995). De ce fait, l'identification de ces deux espèces n'est pas toujours aisée. La présence d'hybrides issus du croisement naturel entre ces poissons dans le lac de barrage d'Ayamé I, contribue à rendre plus complexe l'identification des parents et celle de leurs descendants. En effet, selon TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (2003), la différenciation des *T. zillii*, des *T. guineensis* et de leurs hybrides se fait sur la base de « patrons de coloration ». En plus, SCHWANCK & RANA (1996) avancent que l'identification peut se faire à l'aide de données morphométriques. Cependant, lorsque ces critères taxinomiques sont couplés à des analyses génétiques, certains résultats s'avèrent contradictoires (BAMBA, 2001).

Selon VAN DER BANK (2000), les hybrides en générale, font l'objet de nombreux concepts qui prêtent à controverse. Certains auteurs prétendent que ceux-ci sont morphologiquement (RIESEBERG, 1995) ou génétiquement (WOODRUFF, 1989) intermédiaires entre les deux parents. Qu'en est-il des hybrides issus des croisements entre *T. zillii* et *T. guineensis*?

Dans l'optique de répondre à cette interrogation, la caractérisation génétique des souches parentales et des hybrides a été réalisée par l'utilisation des techniques de la biologie moléculaire. Cette partie a pour objectif de situer sur l'identité génétique des individus parentaux et de la descendance. Ce chapitre concerne les *T. zillii*, les *T. guineensis* et les hybrides obtenus après croisements expérimentaux et non les hybrides naturels du lac d'Ayamé. L'hybridation dans ce milieu s'étant faite sur au moins une décennie, la pureté des souches parentales suscite une interrogation. Donc, pour lever l'équivoque, la vérification de la pureté des espèces parentales s'avère indispensable.

Une deuxième partie de l'étude est consacrée à l'évolution des caractères chromatiques visibles à l'œil nu sur des spécimens vivants, du stade alevin au stade adulte, c'est-à-dire entre 2 et 20 cm. Il s'agit d'une description de la coloration et des motifs des souches parentales puis des hybrides en fonction de leur taille. Elle a pour but de faciliter leur identification sur le terrain.

Une étude des caractères morphométriques, est aussi réalisée, afin d'identifier les paramètres contribuant à discriminer les différentes populations étudiées.

2.1. CARACTERISATION GENETIQUE DES SOUCHES PARENTALES (*TILAPIA ZILLII* ET *T. GUINEENSIS*) ET DES HYBRIDES F1A ET F1B

Cette caractérisation a été réalisée sur les *Tilapia zillii*, les *T. guineensis* et les hybrides F1A et F1B. Deux types d'Amorce, à savoir, OPA 17 et OPB 8 ont été utilisées. L'électrophorégramme obtenu suite à l'amplification aléatoire de l'acide désoxyribonucléique polymorphique (RAPD) de ces 4 spécimens révèle des profils avec des bandes de migration dont les tailles varient entre 200 et 2000 pb (Figure 21).

Les échantillons de *T. guineensis* sont caractérisés par les fragments RAPD dont les tailles sont de 830 pb avec l'amorce OPA 17 et de 980 pb avec l'amorce OPB 8. De même, les échantillons de *T. zillii* peuvent facilement être identifiés par la présence des fragments RAPD dont les bandes de migration sont de 220 pb et de 1100 pb avec l'amorce OPA 17. Avec l'amorce OPB 8, elles sont de 580 pb. Tous les spécimens hybrides F1A et F1B sont nettement caractérisés par la présence d'un profil composite, constitué à la fois de fragments RAPD spécifiques de *Tilapia zillii* et de *T. guineensis*. Aucune différence à l'intérieur des profils RAPD n'a été notée entre les deux groupes d'hybrides réciproques.

❖ L'analyse de l'ADN mitochondriale des souches parentales *T. zillii*, *T. guineensis* ainsi que celle des hybrides F1A et F1B par la technique RADP, tout comme l'étude de la séquence complète du cytochrome *b* réalisée par FALK (2004), démontre que les spécimens de *T. zillii* et de *T. guineensis* utilisés dans le présent travail sont de souche pure. La possibilité de réaliser avec succès des croisements réciproques de *T. zillii* et de *T. guineensis* dans un milieu artificiel tel que les bassins en béton est démontrée dans la présente investigation. De plus, les études génétiques effectuées, telles que l'analyse de l'ADN mitochondrial confirment l'identité des souches parentales et de leurs hybrides. Elles indiquent également que ces derniers sont intermédiaires entre les deux parents, puisque les hybrides sont caractérisés par des bandes résultant des profils de *T. zillii* et de *T. guineensis*.

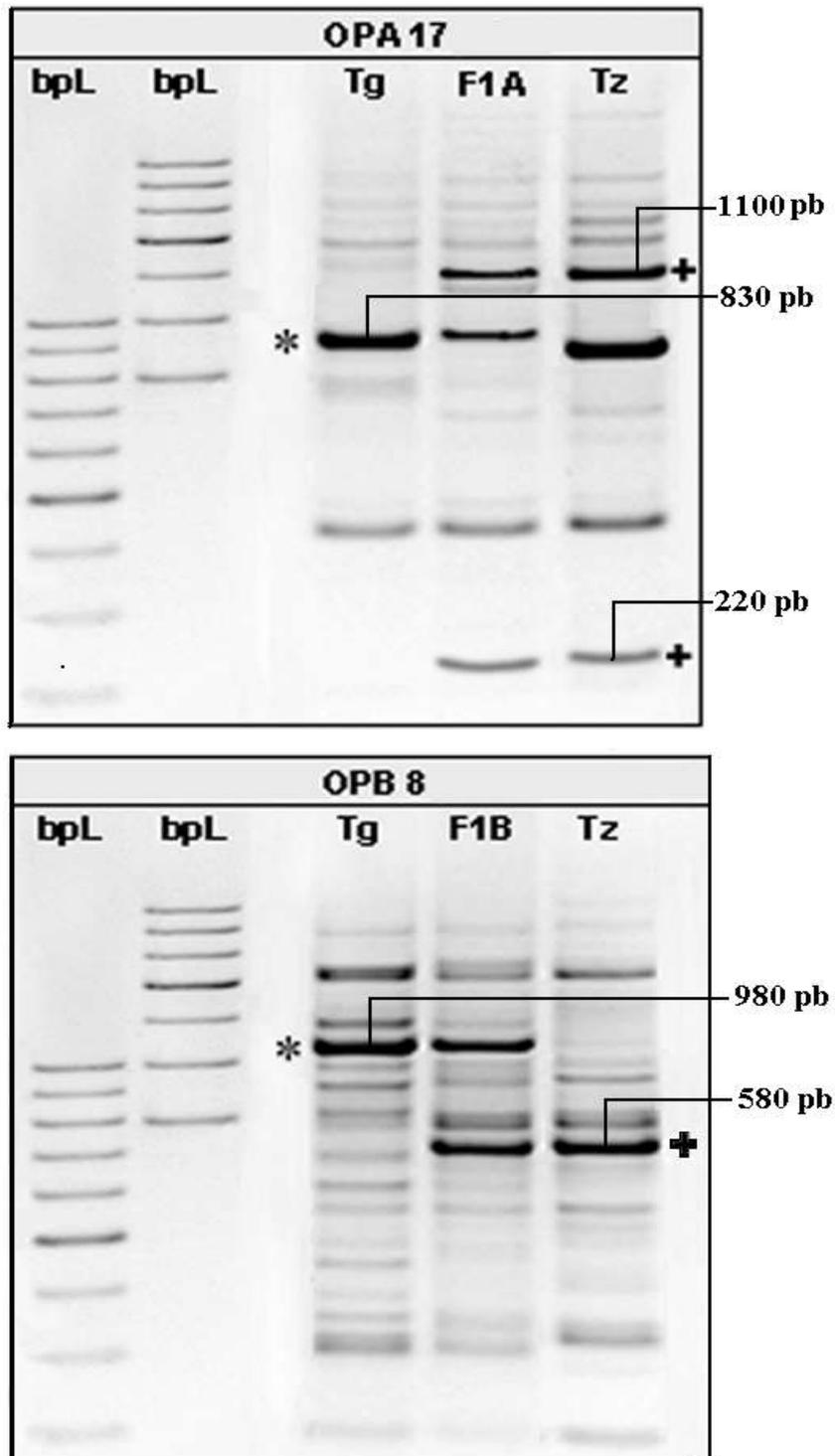


Figure 21. Electrophorogramme de l'amplification aléatoire de l'acide désoxyribonucléique polymorphe (RAPD) de *Tilapia zillii* (Tz), de *T. guineensis* (Tg) et des hybrides F1A et F1B. OPA 17 et OPB 8 : profils de trois différentes amorces RAPD ; + et * : fragments RAPD spécifiques respectivement de *T. zillii* et de *T. guineensis*, présents dans l'ensemble des hybrides réciproques. bpL : marqueur de poids moléculaire (200 – 2000 pb).

2.2. ETUDE CHROMATIQUE

Cette étude concerne d'une part, les caractères chromatiques observés sur la nageoire caudale des espèces parentales, ainsi que celle des hybrides de première et deuxième générations. D'autre part, elle s'intéresse aux colorations présentes sur le reste du corps, à savoir les flancs, la gorge et la poitrine.

2.2.1. Etude des caractéristiques de la caudale des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations.

Cette étude prend en compte la coloration de base de la nageoire caudale et ensuite, les motifs ou ornements sur cette partie du corps.

2.2.1.1. Coloration de la caudale des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations.

Chez *Tilapia zillii*, durant tout le cycle d'élevage, 97 % à 100 % de la population présentent une nageoire caudale unicolore, entièrement grisâtre sombre. Le reste de la population, c'est-à-dire seulement 0 % à 3 % a une nageoire caudale bicolore (Figure 22 a).

Pour ce qui est de *T. guineensis*, entre 2 cm et 12,9 cm LS, le pourcentage d'individus présentant une nageoire caudale bicolore (partie supérieure jaune claire et partie inférieure jaune foncé) augmente progressivement et passe de 0 % à 98 %. Quant à l'autre partie de la population qui diminue, elle présente une nageoire caudale jaunâtre. A partir de 13 cm, tous les individus ont une nageoire caudale bicolore.

Chez les hybrides F1A et F1B, de 2 cm à 12,9 cm LS, au fur et à mesure que ces poissons grandissent (Figure 22 b), la proportion d'individus ayant une nageoire caudale bicolore, semblable à celle de *Tilapia guineensis*, augmente. Chez les hybrides F1A, le pourcentage passe de 57 % à 96 %, tandis que chez les F1B, il varie entre 50 % et 84 %. La population restante, présente une nageoire caudale jaunâtre. A partir de 13 cm LS, 100 % des hybrides F1A et F1B ont une nageoire caudale bicolore. Notons que la double coloration de la nageoire caudale se met en place plus rapidement chez les hybrides F1A que chez les hybrides F1B.

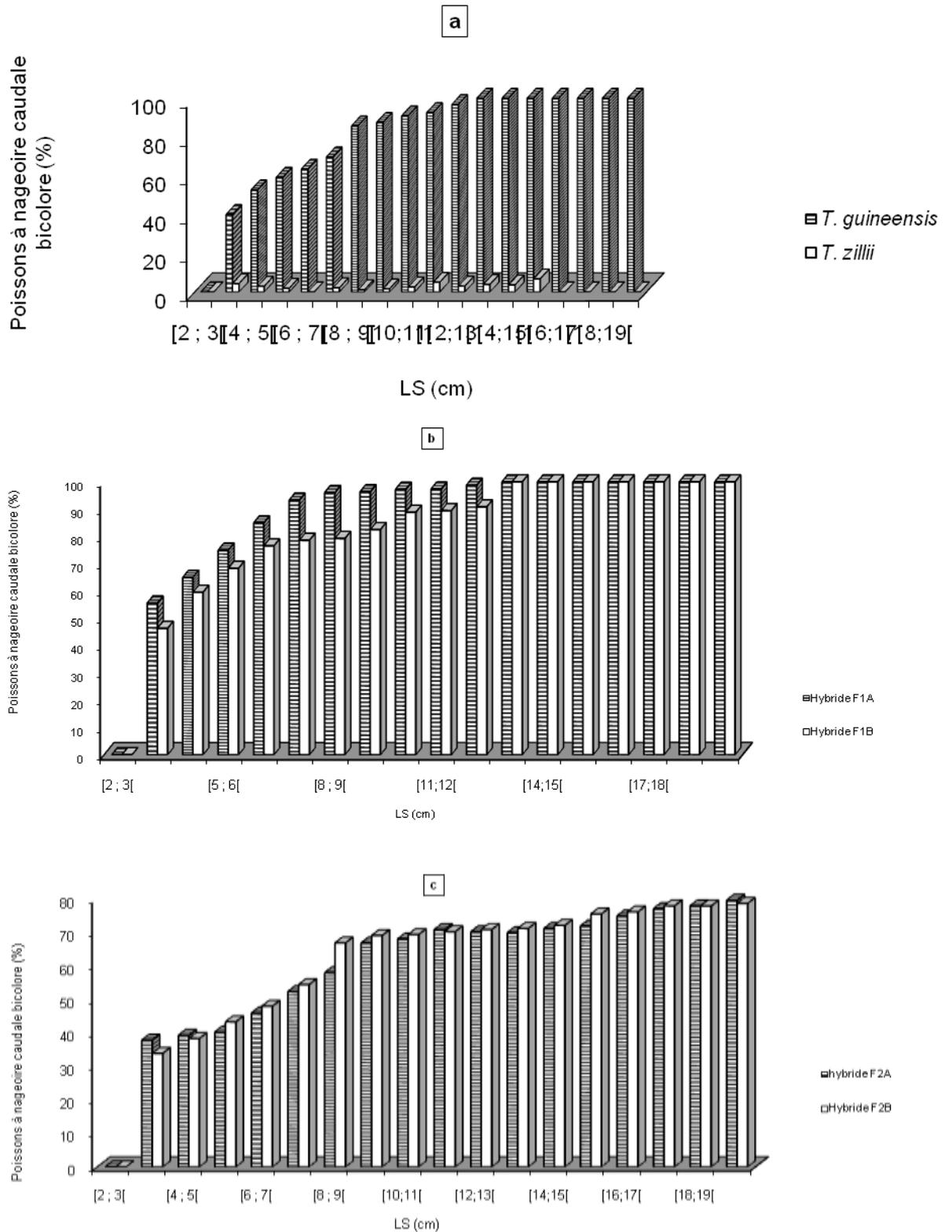


Figure 22. Variation des proportions de poissons présentant la double coloration de la nageoire caudale en fonction de la longueur standard. a : souches parentales ; b : hybrides de première génération F1A et F1B ; c : hybrides de deuxième génération F2A et F2B.

Quant aux hybrides de deuxième génération F2A et F2B, entre 2 cm et 14,9 cm LS, le pourcentage des poissons présentant une nageoire caudale bicolore, similaire à celle de *T. guineensis* et des hybrides de première génération, passe de 0 % à 70 % (Figure 22 c). Au-delà de 15 cm LS, 75 % à 79 % (environ $\frac{3}{4}$) des individus présentent une nageoire caudale bicolore. Le reste de la population présente une nageoire grisâtre sombre, semblable à celle de *T. zillii*.

2.2.1.2. Apparition de perles sur la caudale des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations.

En ce qui concerne l'ornementation, l'apparition de perles sur la nageoire caudale de *Tilapia zillii* se fait également en fonction de la taille. Entre 2 cm et 13,9 cm LS, la proportion de poissons perlés augmente. Elle passe de 0 % à 90 %. Le reste de la population dont le pourcentage diminue, est dépourvue de perle. A partir de 14 cm LS, 100 % des spécimens de cette espèce présentent des perles blanchâtres parsemant le fond grisâtre sombre (Figures 23 a). Par contre, chez *T. guineensis*, quel que soit le stade de développement, la nageoire caudale ne présente aucun motif.

Chez les tilapias hybrides de première génération, quel que soit le sens du croisement, la proportion de poissons dont la nageoire caudale présente des perles augmente en fonction de la taille (Figures 23 b). Entre 2 cm et 14,9 cm LS, elle passe de 0 % à 98 % et de 0 % à 92 % respectivement chez les hybrides F1A et F1B. La population restante est sans perle. A partir de 15 cm LS, la totalité des spécimens a une nageoire caudale perlée.

Les tilapias hybrides de deuxième génération F2A et F2B évoluent de la manière suivante. Le pourcentage d'individus possédant une nageoire caudale entièrement perlée le plus élevé, se situe entre 75 % et 85 %. Cette proportion est atteinte à partir de 16 cm LS (Figure 23 c). Chez ces deux populations, les 15 % à 25 % de poissons restant ne présentent pas de perles.

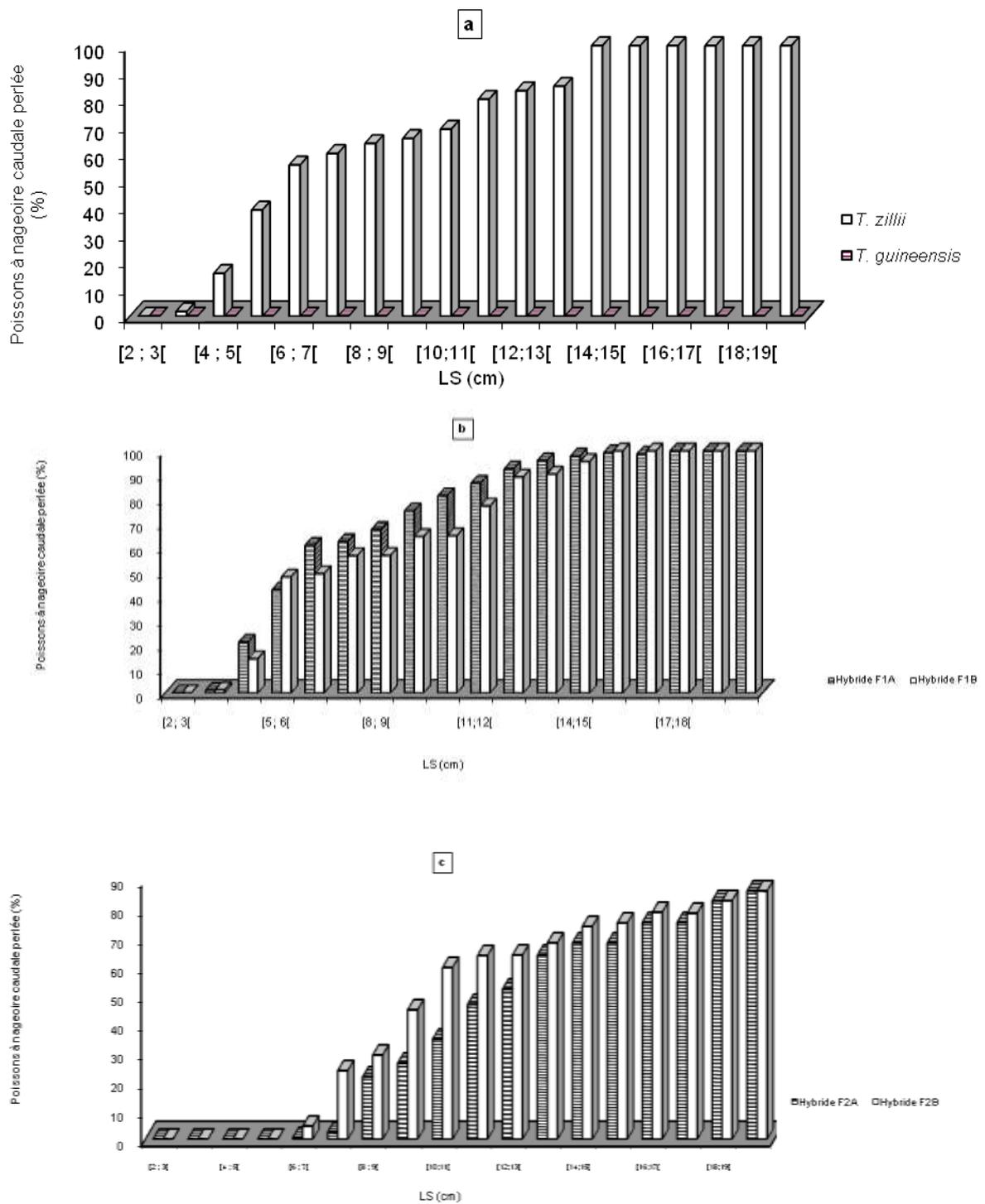


Figure 23. Variation des proportions de poissons ayant des perles sur la nageoire caudale en fonction de la longueur standard. a : souches parentales ; b : hybrides de première génération F1A et F1B ; c : hybrides de deuxième génération F2A et F2B.

Un tableau récapitulatif (Tableau XIV) met en évidence le phénotype définitif des souches parentales et des hybrides. Chez *Tilapia zillii*, la coloration définitive de la nageoire caudale est grisâtre sombre avec des perles sur toute la surface de cette partie du corps de ce poisson (Figure 24). Pour ce qui concerne *T. guineensis*, le phénotype définitif de la nageoire caudale est bicolore avec la partie supérieure jaunâtre clair et la partie inférieure jaunâtre foncé, sans aucune perle (Figure 25). Quant à la totalité des hybrides de la première génération et à environ 50 % de ceux de la deuxième génération, le phénotype définitif de ceux-ci est caractérisé par une nageoire caudale bicolore. La moitié supérieure est jaunâtre claire et la moitié inférieure jaunâtre foncé avec la présence de perles (Figure 26 a et b).

❖ L'étude des caractères chromatiques de la nageoire caudale fait apparaître chez les *Tilapia zillii* de taille variant entre 2 cm et 13,9 cm LS, une population hétérogène. Ceci, du fait de l'apparition progressive ontogénique des caractères chromatiques, tels que la coloration et la présence de perles sur cette partie du corps. Au delà de 14 cm LS, la population est homogène et caractérisée par une nageoire caudale grisâtre, entièrement recouverte de perles. Ce motif semble être définitif et comparable aux descriptions de THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964), TREWAVAS (1982), TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992 ; 2003) et POUYAUD (1995). En effet, THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964) observait chez *T. zillii*, une nageoire caudale brunâtre avec des perles jaunes. Quant à TREWAVAS (1982), il notait chez cette espèce, une nageoire caudale généralement recouverte de points grisâtres avec de pâles interstices. Selon POUYAUD (1995), toute la surface de la nageoire caudale de *T. zillii* est entièrement maculée de perles blanchâtres. Quelle que soit la coloration indiquée par les auteurs ci-dessus, les perles sont présentes sur toute la surface de la nageoire caudale et cela correspond aux observations faites dans la présente étude.

Chez *Tilapia guineensis*, entre 2 cm et 12,9 cm LS, la population est hétérogène mais à partir de 13 cm LS, tous les spécimens ont une nageoire caudale bicolore. La moitié supérieure est jaunâtre clair et moitié inférieure jaunâtre foncé et sans aucune perle. La description de la nageoire caudale de *T. guineensis* a varié selon les auteurs. Contrairement au phénotype de *T. guineensis* observé dans la présente étude, THYS VAN DEN AUDENAERDE (1964) et TREWAVAS (1983) observaient chez cette espèce, après conservation dans de l'alcool, une nageoire caudale brunâtre ou grisâtre avec des perles colorées sur la partie médiane.

Tableau XIV. Tableau récapitulatif de l'étude des caractères chromatiques de la nageoire caudale des espèces parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*) et des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations. LS : longueur standard ; NC : nageoire caudale ; A : la moitié supérieure est jaunâtre clair, tandis que la partie inférieure est jaunâtre foncé.

	2 cm ≤ LS ≤ 14 cm	LS > 14 cm
<i>Tilapia zillii</i>	- NC unicolore (grisâtre) sans perle - NC unicolore (grisâtre) avec des perles	- NC unicolore (grisâtre), entièrement recouverte de perles
<i>T. guineensis</i>	- NC unicolore (jaunâtre) sans perle - NC bicolore (A) sans perle	- NC bicolore (A) sans perles.
Tilapias hybrides F1A et F1B	- NC unicolore (jaunâtre) sans perle - NC bicolore (A) sans perle - NC bicolore (A) avec des perles sur la moitié supérieure ou sur toute la surface	- NC bicolore (A) avec des perles sur la moitié supérieure ou sur toute la surface
Tilapias hybrides F2A et F2B	- NC unicolore (grisâtre) sans perle - NC unicolore (grisâtre) avec des perles - NC unicolore (jaunâtre) sans perle - NC bicolore (A) sans perle - NC bicolore (A) avec des perles sur la moitié supérieure ou sur toute la surface	- Phénotype de <i>T. zillii</i> - Phénotype de <i>T. guineensis</i> - Phénotype des hybrides F1

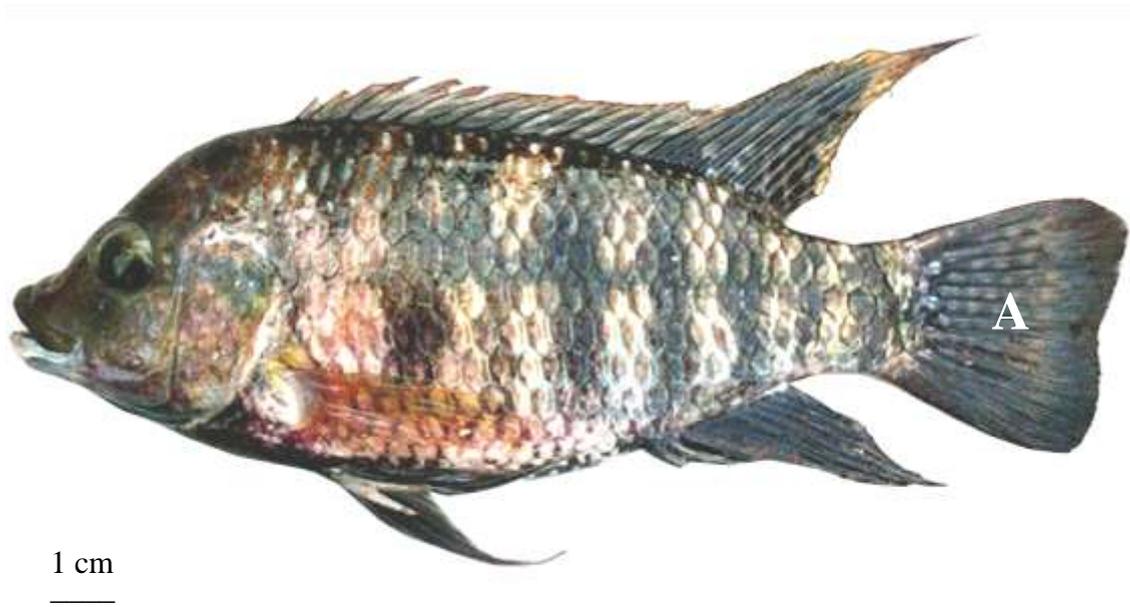


Figure 24. Phénotype définitif (≥ 14 cm LS) des *Tilapia zillii* élevés dans les cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d’Ayamé I. A : nageoire caudale grisâtre et entièrement recouverte de perles (LS = 18 cm).



Figure 25. Phénotype définitif (≥ 13 cm LS) des *Tilapia guineensis* (LS = 18 cm) élevés dans les cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d’Ayamé I. Nageoire caudale bicolore avec la partie supérieure jaunâtre claire (A) et la partie inférieure jaunâtre foncée et sans perles (B).



Figure 26. Phénotypes définitifs (≥ 13 cm LS) des hybrides F1A et F1B élevés dans les cages flottantes expérimentales, installées sur le lac de barrage d’Ayamé I. a : nageoire caudale bicolore, la moitié supérieure est jaunâtre clair et perlée (C), tandis que la partie inférieure est jaunâtre foncé et sans perle (D) ; b : nageoire caudale bicolore et entièrement recouverte de perles. La moitié supérieure est jaunâtre clair et perlée (E), la partie inférieure étant aussi perlée mais jaunâtre foncé (F).

LOISELLE (1969) et POUYAUD (1995) signalaient chez les spécimens de *T. guineensis* du lac de barrage d'Ayamé I, la présence de perles. Celles-ci sont situées respectivement sur la partie médiane et sur la moitié supérieure de la nageoire caudale, tandis que la moitié inférieure est toujours colorée en jaune. Contrairement à ces auteurs, le présent travail est en accord avec les observations de TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992, 2003) et GOURENE *et al.* (1995). Au cours de la présente investigation, tous les changements des caractères chromatiques de *T. guineensis* apparaissant durant la croissance ont été observés du stade juvénile au stade adulte. Aucun spécimen de *T. guineensis* n'a présenté des perles sur la nageoire caudale.

Chez les hybrides F1A et F1B de taille comprise entre 2 cm et 12,9 cm LS, la population est hétérogène et trois phénotypes peuvent être distingués. Le phénotype de type 1 est une nageoire caudale entièrement jaunâtre et sans perles. Dans la présente étude, ce phénotype a été observé sur les spécimens de *T. zillii* de longueur standard variant entre 2 cm et 13,9 cm et de *T. guineensis* de taille comprise entre 2 cm et 12,9 cm. Il est comparable à celui d'une population d'hybrides issus du croisement entre *T. zillii* x *T. guineensis*, décrite par POUYAUD (1995). Le phénotype de type 2 est une nageoire caudale bicolore sans perles. Toutefois, aucune donnée relative à la taille n'a été précisée par cet auteur. Le phénotype de type 3 présente une nageoire caudale bicolore avec des perles sur la moitié supérieure ou sur l'ensemble de cette partie du corps. Au delà de 13 cm LS, la population des hybrides de première génération est homogène et caractérisée par un phénotype définitif avec la nageoire caudale bicolore et perlée. Pour certains spécimens, les perles sont peu ou pas visibles sur la moitié inférieure de la nageoire caudale. Ce phénotype a aussi été rapporté par POUYAUD (1995), lors de la description des tilapias hybrides naturels issus du croisement entre *T. zillii* et *T. guineensis*, sans aucune indication sur la taille. Il est à noter qu'aucune différence visible n'a été observée entre les hybrides F1A et F1B, à part un léger retard dans la mise en place de la coloration définitive de ces derniers. Les hybrides décrits dans la présente investigation ont une morphologie intermédiaire entre celle de *T. zillii* et de *T. guineensis*. Ces observations permettent d'affirmer, à l'instar de LEGENDRE *et al.* (1992), que cette hybridation a produit de "vrais hybrides", possédant à la fois les caractères génétiques des deux parents.

La population d'hybrides de deuxième génération F2A et F2B est hétérogène. Elle est constituée de trois phénotypes. Environ 25 % du phénotype de chaque espèce parentale *T. zillii* et *T. guineensis* et à peu près 50 % du phénotype des hybrides de première génération.

A partir de la présente investigation, une clé d'identification des espèces parentales et de leurs hybrides, basée sur la coloration de la nageoire caudale a été réalisée.

Clé des espèces (spécimens de LS > 14 cm)

- 1** - Nageoire caudale unicolore (grisâtre sombre) avec des perles réparties sur toute la surface.....*Tilapia zillii*
- Nageoire caudale bicolore, avec la moitié supérieure jaunâtre clair et la moitié inférieure jaunâtre foncé ; perles présentes ou absentes sur la nageoire caudale.....**2**
- 2** - Nageoire caudale bicolore avec la moitié supérieure jaunâtre clair et la moitié inférieure jaunâtre foncé, mais entièrement dépourvue de perles*T. guineensis*
- Nageoire caudale bicolore avec la moitié supérieure jaunâtre clair et la moitié inférieure jaunâtre foncé ; perles présentes sur la moitié supérieure ou sur toute la surface de la nageoire caudale.....*Tilapia hybrides (T. zillii x T. guineensis)*

2.2.2. Etude de la coloration des flancs, de la gorge et de la poitrine des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations

La coloration des flancs, de la gorge et de la poitrine de individus parentaux et des hybrides a également été appréciée afin d'en déterminer l'importance. Au cours de cette étude, pour tous les spécimens, la population mixte, c'est-à-dire non sexée se situe entre 2 cm et 7,9 cm LS, tandis que les mâles et les femelles sont compris entre 8 cm et 19,9 cm LS.

2.2.2.1. Coloration des flancs des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et deuxième (F2A et F2B) générations

Des tâches rougeâtres, foncées ou pâles, ont été observées au niveau des flancs des espèces parentales et des hybrides de première et deuxième générations.

a) *Tilapia zillii* et *T. guineensis*

Au sein de la population mixte de *Tilapia zillii* (Figure 27 a1), entre 2 cm et 2,9 cm LS, les spécimens les plus nombreux sont ceux dont les flancs sont rougeâtre pâle. Ils sont de 35 %. Entre 3 cm et 5,9 cm LS, les poissons dont les flancs présentent des tâches rougeâtre foncé sont dominants, comparés aux spécimens possédant des flancs rougeâtre pâle. Les

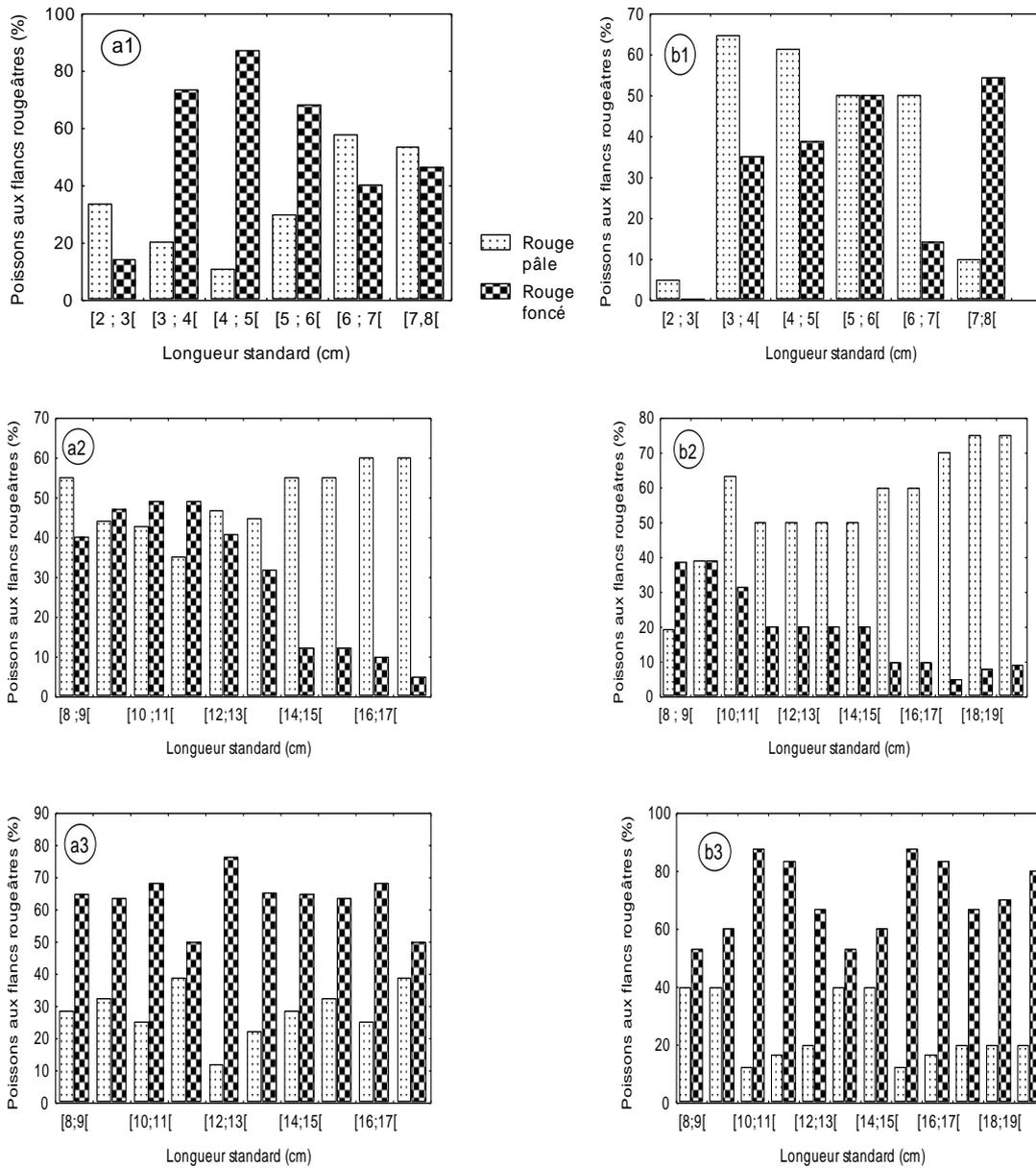


Figure 27. Evolution de la coloration des flancs de *Tilapia zillii* et de *T. guineensis* en fonction de la longueur standard. a : *Tilapia zillii* ; b : *T. guineensis* ; 1 : mixte (non sexés) ; 2 : mâle ; 3 : femelle. n = 1080 descriptions par espèce.

proportions se situent respectivement entre 70 % et 90 % et entre 10 % et 30 %. Entre 6 cm et 7,9 cm LS, les flans de 50 % à 55 % de *T. zillii* sont rougeâtre pâle.

Chez le mâle de cette même espèce (Figure 27 a 2), entre 8 cm et 12,9 cm LS, les spécimens aux flancs rougeâtre pâle (37 % à 55 %) sont aussi nombreux que ceux aux flancs rougeâtre foncé (35 % à 50 %). A partir de 13 cm, le nombre de spécimens aux flancs rougeâtre pâle (55 % à 66 %) augmente et surpasse les individus aux flancs rougeâtre foncé (15 % à 5 %).

Pour ce qui est de la population femelle (Figure 27 a3), la proportion des spécimens de *Tilapia zillii* aux flancs rougeâtre foncé, qui varie entre 50 % à 78 %, est supérieure à celle des poissons dont cette partie du corps est rougeâtre pâle (12 % à 40 %).

Au sein de la population mixte de *Tilapia guineensis* (Figure 27 b1), entre 3 cm et 6,9 cm LS, les poissons possédant des tâches rougeâtre pâle sur les flancs, dominent l'ensemble de la population (50 % à 63 %), sauf entre 5 et 5,9 cm LS.

Chez *Tilapia guineensis* de sexe mâle (Figure 27 b2) : entre 8 cm et 9,9 cm LS, le pourcentage des spécimens possédant des flancs rougeâtre pâle augmente et passe de 10 % à 65 %. A partir de 10 cm, les individus dont les flancs sont rougeâtre pâle sont les plus nombreux et représentent 50 % à 75 % de la population, tandis que les poissons aux flancs rougeâtre foncé sont en nombre réduit (5 % à 35 %).

Le pourcentage de *T. guineensis* de sexe femelle (Figure 27 b3) aux flancs rougeâtre foncé (45 % à 90 %) est nettement supérieur à celui des poissons dont ces parties du corps sont rougeâtre pâle (10 % et 55 %).

☐ Il ressort de ces observations que, la majorité des spécimens de *Tilapia zillii* et de *T. guineensis* de sexe mâle présente des flancs rougeâtre pâle, tandis que chez les femelles, ces parties du corps sont dans l'ensemble rougeâtre foncé.

b) Hybrides F1A et F1B

Pour ce qui est de la population mixte des hybrides F1A (Figure 28 a1), le pourcentage des spécimens présentant des flancs rougeâtre pâle oscille entre 29 % et 54 %. Il est supérieur à celui des poissons chez lesquels ces parties du corps sont rougeâtre foncé (15 % et 27 %), sauf entre 6 cm et 6,9 cm LS.

Chez les spécimens de sexe mâle (Figure 28 a2), entre 8 cm et 15,9 cm LS, la proportion des hybrides F1A aux flancs rougeâtre pâle est comprise entre 40 % et 55 %. Elle

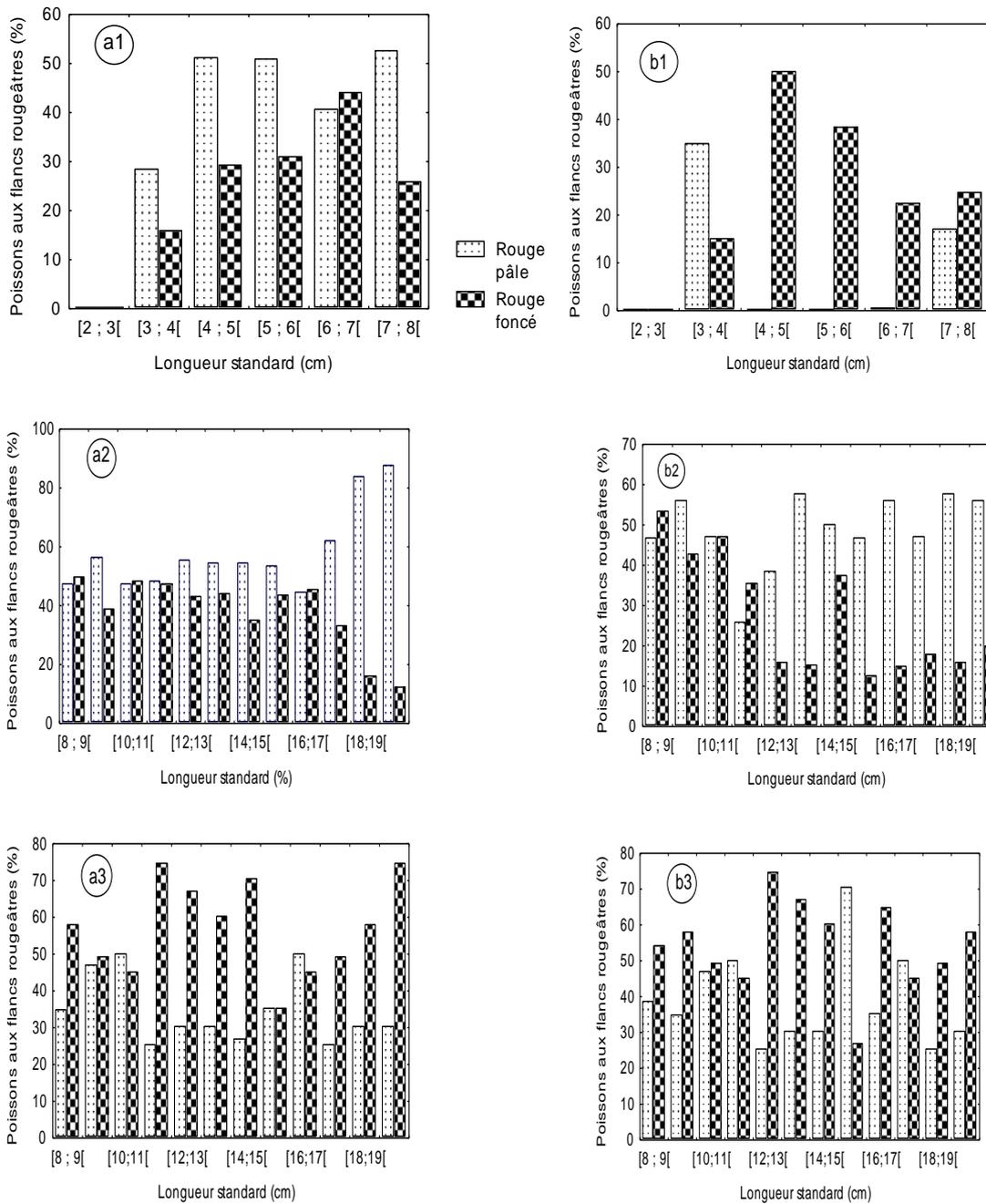


Figure 28. Evolution de la coloration des flancs des tilapias hybrides F1A et F1B en fonction de la longueur standard. a : F1A ; b : F1B ; 1 : mixte ; 2 : mâle ; 3 : femelle. n = 1080 descriptions par hybride de première génération.

est comparable à celle des spécimens dont les flancs sont rougeâtre foncé (40 % à 58 %). A partir de 16 cm LS, les individus présentant des flancs rougeâtre pâle surpassent considérablement (60 % à 90 %) le second groupe (spécimens aux flancs rougeâtre foncé).

La proportion d'hybrides F1A de sexe femelle présentant des flancs rougeâtre pâle est faible et varie entre 26 % et 50 %. Par contre, celle des spécimens chez lesquels ces parties du corps sont rougeâtre foncé est élevée et se situe entre 35 % et 75 % (Figure 28 a3).

Au sein de la population mixte des hybrides F1B (Figure 28 b1), les spécimens présentant des flancs rougeâtre foncé commencent à apparaître à partir de 3 cm et leur pourcentage varie entre 0 % et 55 %. Les individus du second groupe sont peu nombreux et leurs proportions oscillent entre 0 % et 35 %.

Chez les hybrides F1B mâles, entre 8 cm et 11,9 cm LS, la proportion des spécimens (Figure 28 b2) présentant des flancs rougeâtre foncé est élevée et varie entre 35 % et 55 %. Celle des hybrides dont ces parties du corps sont rougeâtre pâle oscille entre 25 % et 58 %. A partir de 12 cm, les individus aux flancs rougeâtre foncé sont moins nombreux que ceux colorés en rouge pâle. Leur pourcentage varie respectivement entre 15 % et 38 % et entre 25 % et 80 %.

Chez les hybrides F1B de sexe femelle (Figure 28 b3), le pourcentage des spécimens aux flancs rougeâtre foncé varie entre 30 % et 75 % et est un peu plus élevé que celui des individus colorés à ce niveau en rouge pâle (25 % et 70 %).

☐ Il ressort de ces observations que chez les individus de sexe mâle, la majorité des hybrides F1A et F1B présente des flancs rougeâtre pâle. Tandis que les femelles ont dans l'ensemble des flancs rougeâtre foncé.

c) Hybrides F2A et F2B

Au sein de la population mixte (Figure 29 a1), entre 2 cm et 2,9 cm LS, les hybrides F2A présentant des flancs rougeâtre pâle commencent à apparaître et sont de 25 %. De 3 cm à 7,9 cm LS, le pourcentage des spécimens chez lesquels ces parties du corps sont de couleur rouge foncé est plus élevé et varie entre 55 % et 90 %, comparé à celui des individus dont les flancs sont rougeâtre pâle (15 % à 50 %).

Chez les hybrides F2A de sexe mâle (Figure 29 a2), la proportion des poissons aux flancs rougeâtre pâle varie entre 45 % et 84 %. Elle est supérieure à celle des spécimens du

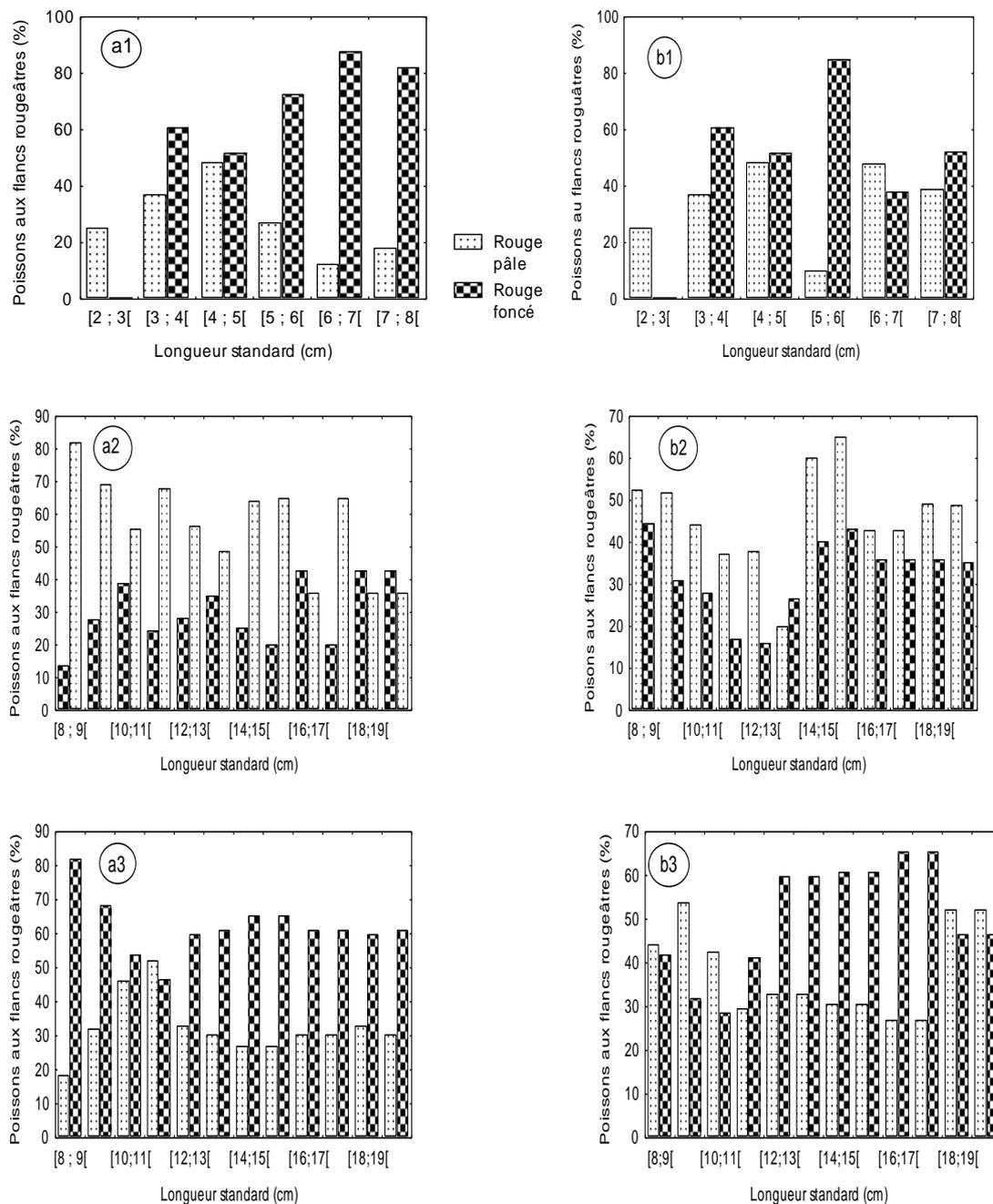


Figure 29. Evolution de la coloration des flancs des hybrides F2A et F2B en fonction de la longueur standard. a : F2A ; b : F2B ; 1 : mixte ; 2 : mâle et 3 : femelle. n = 1080 descriptions par hybride de deuxième génération.

second groupe (flancs rougeâtre foncé) dont le pourcentage est compris entre 15 % et 43 %. Ceci ne s'observe pas entre 16 cm et 16,9 cm LS et entre 18 cm et 20 cm LS.

Quant aux femelles de tilapias d'hybride F2A (Figure 29 a3), à partir de 8 cm, les poissons aux flancs rougeâtre foncé sont les plus nombreux (entre 45 % et 85 %) sauf entre 11 cm et 11,9 cm LS.

Pour ce qui est de la population mixte des hybrides F2B (Figure 29 b1), entre 2 cm et 2,9 cm LS, aucun spécimen ne possède des flancs rougeâtre foncé. Entre 3 cm et 7,9 cm LS, le pourcentage d'individus du second groupe (flancs rougeâtre pâle) se situe entre 10 % et 50 % et ceux dont ces parties du corps sont rougeâtre foncé représentent 40 % à 85 % de la population.

Chez les hybrides F2B de sexe mâle (Figure 29 b 2), le pourcentage des spécimens aux flancs rougeâtre pâle oscille entre 19 % et 50 %. Quant aux individus colorés en rouge foncé, ils se situent entre 16 % et 65 %.

Au niveau de la population des hybrides F2B de sexe femelle (Figure 29 b3), le pourcentage des spécimens présentant des flancs rougeâtre foncé se situe entre 30 % et 65 % et est comparable à celui des hybrides dont cette partie est rougeâtre pâle qui oscille entre 25 % et 55 %.

☐ Ces observations permettent de constater que chez les individus de sexe mâle, la majorité des hybrides F2A et F2B présente des flancs rougeâtre pâle tandis que les femelles ont dans l'ensemble des flancs rougeâtre foncé. Cette même observation a été faite chez les espèces parentales et les hybrides de première génération.

2.2.2.2. Coloration de la gorge et de la poitrine des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*), des hybrides de première (F1A et F1B) et de deuxième (F2A et F2B) générations

Des tâches noirâtres ou grisâtres ont été observées au niveau de la gorge et de la poitrine des espèces parentales et des hybrides de première et deuxième générations. Ces colorations sont absentes chez certains spécimens. Dans ce cas, puisque les proportions sont exprimées en pourcentage, le reste de la population, qui n'est pas représentée sur les histogrammes, présente une coloration blanchâtre au niveau de ces deux parties du corps.

a) *Tilapia zillii* et *T. guineensis*

Au sein de la population mixte de *Tilapia zillii* (Figure 30 a1), le pourcentage des spécimens dont la gorge et la poitrine sont grisâtres se situe entre 15 % et 70 %. Il est plus élevé que celui des poissons chez lesquels ces parties du corps sont noirâtres (entre 8 % et 30 %).

Chez les *Tilapia zillii* de sexe mâle (Figure 30 a2), le pourcentage des spécimens dont la gorge et la poitrine sont grisâtres oscille entre 15 % et 60 %, tandis que le second groupe (gorge et poitrine noirâtre) est moins représenté (entre 0 % et 2 %).

Quant aux femelles de la même espèce (Figure 30 a3), les spécimens pourvus de tâches noirâtres sur la gorge et la poitrine sont les plus nombreux. Leur proportion se situe entre 50 % et 75 %, tandis que les individus possédant des tâches grisâtres sont en nombre réduit, c'est-à-dire entre 5 % et 30 %.

Au sein de la population mixte de *Tilapia guineensis* (Figure 30 b1), les colorations grisâtres et noirâtres commencent à apparaître à partir de 4 cm. Entre 4 cm et 7,9 cm, le pourcentage des individus dont la gorge et la poitrine sont grisâtres est plus élevé (20 % à 80 %) que celui des spécimens dont cette partie du corps est noirâtre (entre 2 % et 15 %).

Pour ce qui concerne les mâles de cette espèce parentale (Figure 30 b2), les individus présentant une coloration grisâtre au niveau de la gorge et de la poitrine sont les plus représentés (70 % à 94 %). Par contre, le pourcentage des poissons dont cette partie du corps est noirâtre varie entre 0 % et 25 %.

Chez *T. guineensis* de sexe femelle (Figure 30 b3), à part les individus de taille comprise entre 11 et 11,9 cm LS, le pourcentage des spécimens dont la gorge et la poitrine sont noirâtres est le plus élevé (entre 50 % et 90 %). Par contre, celui des poissons dont cette partie du corps est grisâtre est bas et varie entre 0 % et 50 %.

☐ Il ressort de ces résultats que, la gorge et la poitrine de la majorité des *Tilapia zillii* et des *T. guineensis* de sexe mâle sont grisâtres ou blanchâtres, tandis que chez la plupart des femelles, cette partie du corps est noirâtre.

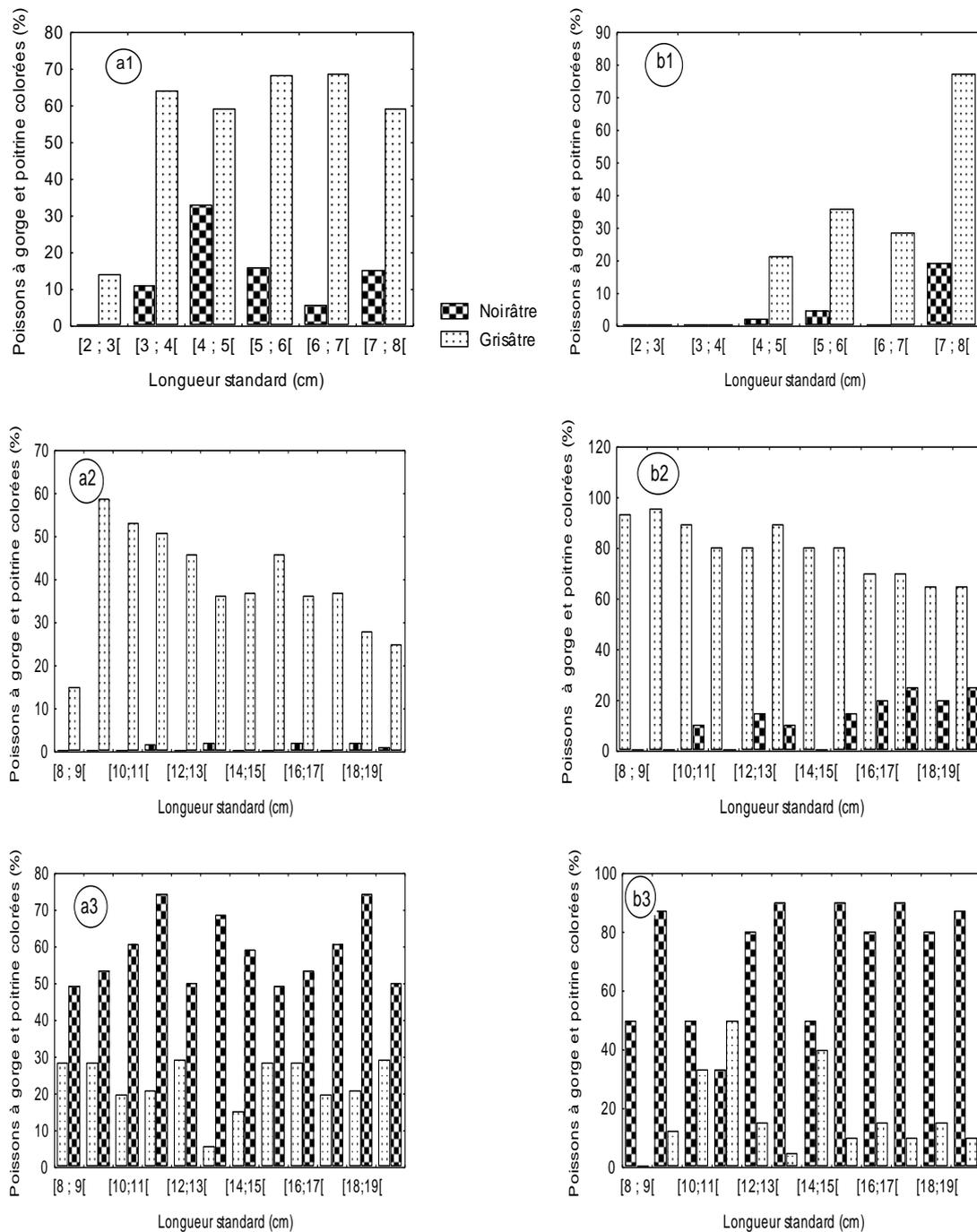


Figure 30. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des *Tilapia zillii* et des *T. guineensis* en fonction de la longueur standard. a : *Tilapia zillii* ; b : *T. guineensis* ; 1 : mixte 2 : mâle et 3 : femelle. n = 1080 descriptions par espèce.

b) Hybrides F1A et F1B

Au sein de la population mixte des hybrides F1A (Figure 31 a1), les tâches grisâtres commencent à apparaître à 3 cm LS. A partir de cette taille, le pourcentage des hybrides dont la gorge et la poitrine sont grisâtres et noirâtres varie respectivement entre 6 % et 45 % et entre 35 % et 65 %.

Chez les hybrides F1A de sexe mâle (Figure 31 a2), le pourcentage des spécimens dont la gorge et la poitrine sont grisâtres est plus élevé que celui du second groupe (gorge et poitrine noirâtres). Les proportions varient respectivement entre 65 % et 90 % et entre 2 % et 33 %.

Au sein des hybrides F1A de sexe femelle (Figure 31 a3), le pourcentage des spécimens présentant une coloration noirâtre au niveau de la gorge et de la poitrine varie entre 51 % et 75 %, tandis que celui des hybrides dont cette partie du corps est grisâtre se situe entre 20 % et 46 %.

Concernant la population mixte des hybrides F1B (Figure 31 b1), la coloration grisâtre apparaît à 3 cm LS. A partir de cette taille, les poissons les plus nombreux (20 % à 75 %) présentent une coloration grisâtre au niveau de la gorge et de la poitrine. La proportion de ceux dont ces régions du corps sont noirâtres se situe entre 3 % et 42 %.

Chez les hybrides F1B de sexe mâle (Figure 31 b2), le pourcentage des spécimens présentant une coloration noirâtre au niveau de la gorge et de la poitrine diminue lorsque la taille augmente. Celui des hybrides dont la gorge et la poitrine sont grisâtres est élevé et varie entre 36 % et 66 %.

Quant aux femelles du même groupe d'hybrides (Figure 31 b3), le pourcentage de celles dont la gorge et la poitrine sont noirâtres oscille entre 50 % et 92 %, tandis que celui des spécimens présentant une teinte grisâtre à ce niveau, varie entre 8 % et 30 %.

☐ Ces résultats permettent de souligner que, la gorge et la poitrine de la majorité des hybrides F1A et F1B de sexe mâle sont grisâtres, tandis que chez la plupart des femelles, cette partie du corps est noirâtre.

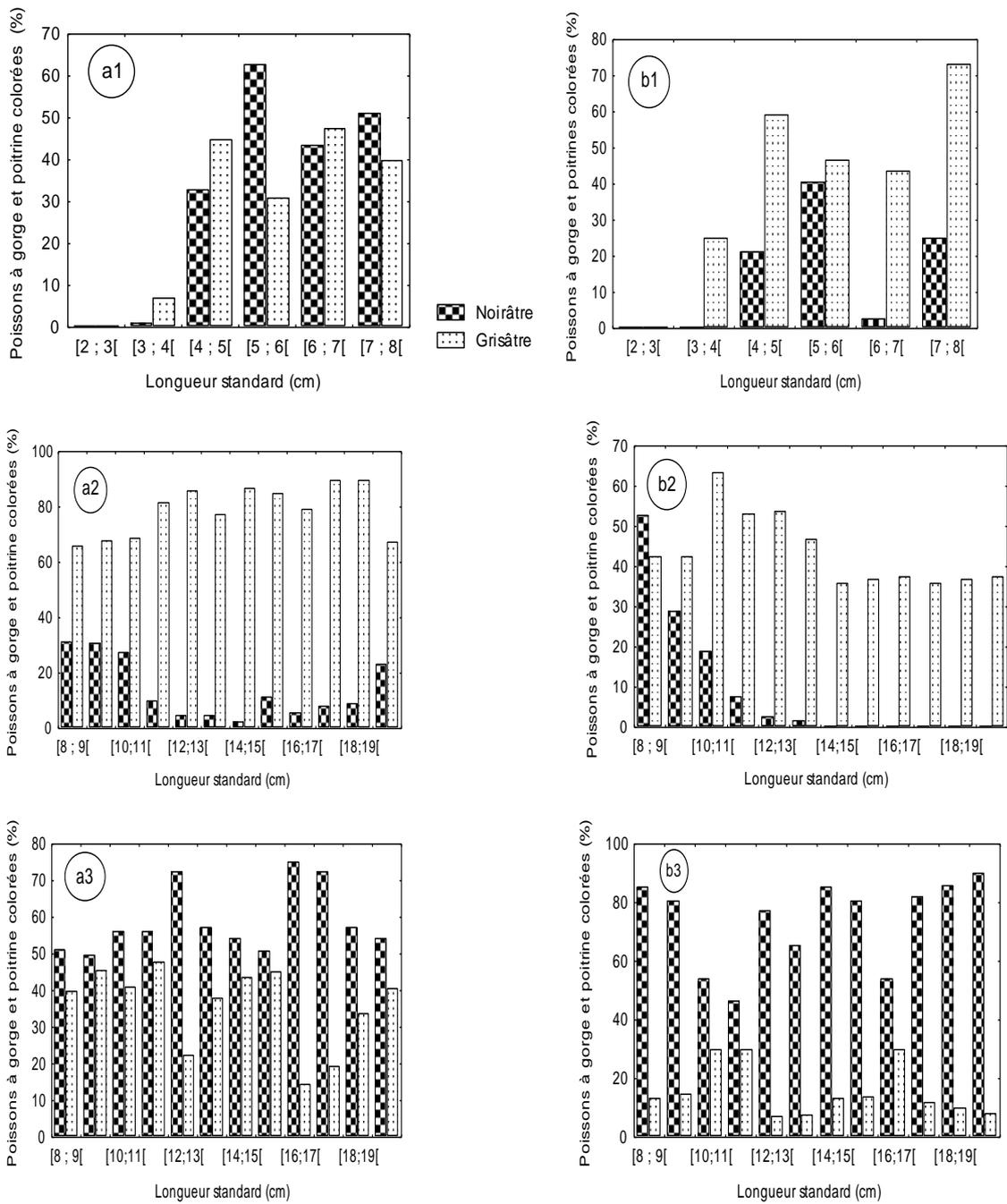


Figure 31. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des hybrides F1A et F1B en fonction de la longueur standard. a : F1A ; b : F1B ; 1 : mixte ; 2 : mâle et 3 : femelle. n = 1080 descriptions par hybride de première génération.

c) Hybrides F2A et F2B

Au sein de la population mixte des hybrides F2A (Figure 32 a1), la coloration grisâtre commence à apparaître à 3 cm LS. A partir de cette taille, le pourcentage de poissons dont la gorge et la poitrine sont grisâtres oscille entre 25 % et 45 %, tandis que celui du second groupe varie entre 0 % et 90 %.

Chez les hybrides F2A de sexe mâle (Figure 32 a2), la proportion des individus dont la gorge et la poitrine sont grisâtres varie entre 10 % et 84 %. Celle des spécimens chez lesquels ces parties du corps sont noirâtres se situe entre 12 % et 78 %.

Les hybrides F2A de sexe femelle (Figure 32 a3) quant à eux, présentent une coloration noirâtre au niveau de la gorge et la poitrine. Leur proportion se situe entre 20 % et 75 %. Elle est voisine de celle des spécimens dont la gorge et la poitrine sont grisâtres. Ceux-ci varient entre 20 % et 70 %.

Au sein de la population mixte des hybrides F2B (Figure 32 b1), les teintes grisâtre et noirâtre commencent à apparaître à partir de 3 cm LS. Ainsi, entre 3 cm et 3,9 cm LS, la proportion de poissons dont la gorge et la poitrine sont grisâtres est de 25 %, tandis que la coloration noirâtre est observée chez 2 % de la population. Entre 4 cm et 7,9 cm LS, la gorge et la poitrine de 15 % à 35 % des hybrides sont grisâtres. Chez 22 % à 55 % des spécimens ces parties du corps présentent une coloration noirâtre.

Concernant les hybrides F2B de sexe mâle (Figure 32 b 2), le pourcentage de poissons à gorge et poitrine noirâtres varie entre 0 % et 30 %, tandis que celui des spécimens dont ces parties du corps sont grisâtres oscille entre 33 % et 54 %.

Quant aux hybrides F2B de sexe femelle (Figure 32 b3), la gorge et la poitrine de 24 % à 55 % des spécimens sont grisâtres. Par contre, pour 22 % à 55 % de la population, ces parties du corps sont noirâtres.

☐ Il est à retenir que, la gorge et la poitrine de la majorité des hybrides F2A et F2B de sexe mâle sont grisâtres, tandis que pour la plupart des femelles, cette partie du corps est noirâtre.

❖ La description des flancs, de la gorge et de la poitrine des individus parentaux ainsi que celle des hybrides permet de distinguer 2 groupes. Le premier représente la majorité des spécimens de sexe mâle. Il est caractérisé par les poissons aux flancs rougeâtre pâle et à gorge et poitrine grisâtres ou blanchâtres. Quant au deuxième groupe, il est constitué

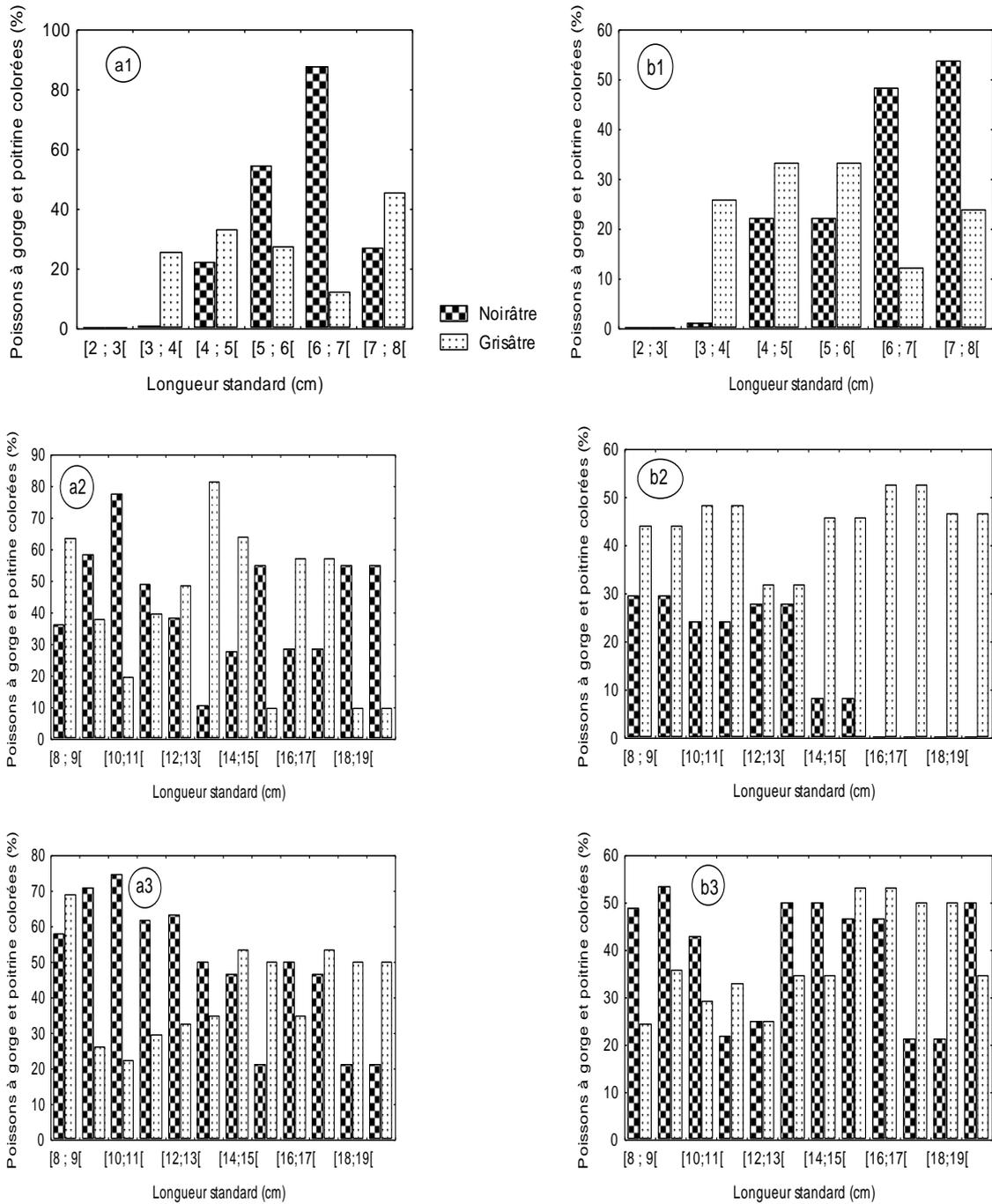


Figure 32. Evolution de la coloration de la gorge et de la poitrine des hybrides F2A et F2B en fonction de la longueur standard. a : F2A ; b : F2B ; 1 : mixte ; 2 : mâle et 3 : femelle. n = 1080 descriptions par hybride de deuxième génération.

de la plupart des spécimens de sexe femelle. Ces poissons ont en majorité des flancs rougeâtre foncé avec la gorge et la poitrine noirâtres. Selon VOSS (1980), les colorations des flancs, de la gorge et de la poitrine, sont fonction des stades de développement. Elles sont également liées aux facteurs éthologiques. Pour cet auteur, chaque coloration correspond à un état de motivation défini. Les différentes teintes observées dans la présente investigation peuvent être corrélées au processus de la reproduction. En effet, pour SEEHAUSEN *et al.* (1999), chez les Cichlidés, ce phénomène s'accompagne de la mise en place d'une coloration pouvant jouer un rôle dans la reconnaissance des congénères. Cette teinte intervient dans les sélections sexuelles intraspécifiques, pour le choix de la femelle ou du mâle, en vue d'une compétition ou d'une reproduction. Ainsi, chez *Sarotherodon melanotheron* de sexe mâle, la maturité sexuelle se traduit par une coloration métallique dorée de l'opercule alors qu'il est transparent chez la femelle mature (TREWAVAS, 1983). Chez les espèces étudiées, les résultats de VOSS (1980) permettent de montrer clairement l'existence d'un lien direct entre les motifs colorés des poissons et le processus de la reproduction. Selon cet auteur, au stade territorial, la coloration des flancs des mâles de *T. guineensis* et de *Tilapia zillii* devient de plus en plus foncée et quelques tâches rouges commencent à apparaître chez cette dernière espèce. Au 1^{er} stade de la parade sexuelle ou de formation de paire, les tâches rouges se présentent chez *T. guineensis* mâle et femelle ainsi que *T. zillii* de sexe mâle. Au 2^e stade de parade sexuelle, les mâles et les femelles de ces deux espèces ont une tâche noirâtre au niveau de la gorge et de la poitrine. Chez les *T. zillii*, des tâches rouges apparaissent à la base des flancs. Au moment du frai, les teintes rouges des flancs et noires de la gorge et de la poitrine de *T. guineensis* sont bien visibles. Au cours de la garde des œufs, la coloration noire se fait très épaisse chez ce poisson. Quant aux *T. zillii*, en plus des motifs précités, il y a apparition de tâches rouges. Au moment de la garde des alevins ou stade de libération, les mâles et les femelles de *T. guineensis* et *T. zillii* ont des tâches noires très épaisses au niveau de la gorge et de la poitrine, avec des tâches rouges chez cette dernière espèce. Si une motivation supplémentaire survient de façon inattendue, l'apparence peut changer plus ou moins rapidement, en partie ou globalement (VOSS, 1980). C'est pourquoi, chez les juvéniles des deux espèces en état d'abandon ou de soumission, la gorge et la poitrine sont dépourvues de tâches.

2.3. ETUDE MERISTIQUE ET MORPHOMETRIQUE DE *TILAPIA ZILLII*, DE *TILAPIA GUINEENSIS* ET DES HYBRIDES F1A et F1B

Cette étude a pour but, l'identification des espèces parentales et des hybrides à partir des caractères méristiques, c'est à dire le comptage des différentes pièces anatomiques. Elle se

propose également de discriminer ceux-ci, à travers une étude morphométriques. Celle-ci consiste à analyser les mensurations effectuées sur les poissons.

2.3.1. Fréquence de distribution des caractères méristiques

Les 210 comptages des caractères méristiques de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B ont permis d'établir des polygones de fréquence. Ces pièces anatomiques concernent : le nombre de rayons mous dorsaux (RMD), le nombre de rayons de la nageoire caudale (RNC), le nombre de rayons épineux dorsaux (RED), le nombre d'écaillés autour du pédoncule caudal (EPC), le nombre d'écaillés sur la ligne latérale inférieure (ELI), le nombre de rayons mous anaux (RMA) et le nombre d'écaillés sur la ligne latérale supérieure (ELS).

La représentation de la fréquence des observations en fonction du RMD permet d'observer 1 pic qui correspondent à 12 RMD et caractérise les spécimens de *Tilapia zillii*. Trois autres pics correspondant à 13 RMD sont superposés. Ces pics caractérisent à la fois les *T. guineensis*, les hybrides F1A et F1B (Figure 33 a).

Sur les polygones représentant la fréquence des observations du RNC, deux pics correspondant à 5 RNC caractérisent les populations de *T. zillii* et des hybrides F1A. Les spécimens de *T. guineensis* et des hybrides F1B se distinguent des précédentes par 6 RNC (Figure 33 b).

Les pics des polygones correspondant aux autres caractères méristiques sont superposés. Le nombre de pièces anatomiques est en majorité identique pour les 4 populations étudiées. Il s'agit de 15 RED (Figure 33 c) de 16 EPC (Figures 33 d), de 13 et 15 ELI (Figures 33 e), de 9 RMA (Figures 33 f) et de 21 ELS (Figures 33 g).

☐ Les caractères méristiques étudiés ne permettent pas de séparer les espèces parentales entre elles. Ils ne contribuent pas également, à discriminer celles-ci des hybrides.

2.3.2. Etude des caractères morphométriques et méristiques à l'aide de l'analyse en composantes principales

Une analyse en composantes principales (ACP) a été réalisée exclusivement à partir de 28 caractères morphométriques et de 120 spécimens de *Tilapia zillii*, *T. guineensis*, les hybrides F1A et F1B. Au total, 3360 mensurations ont été effectuées.

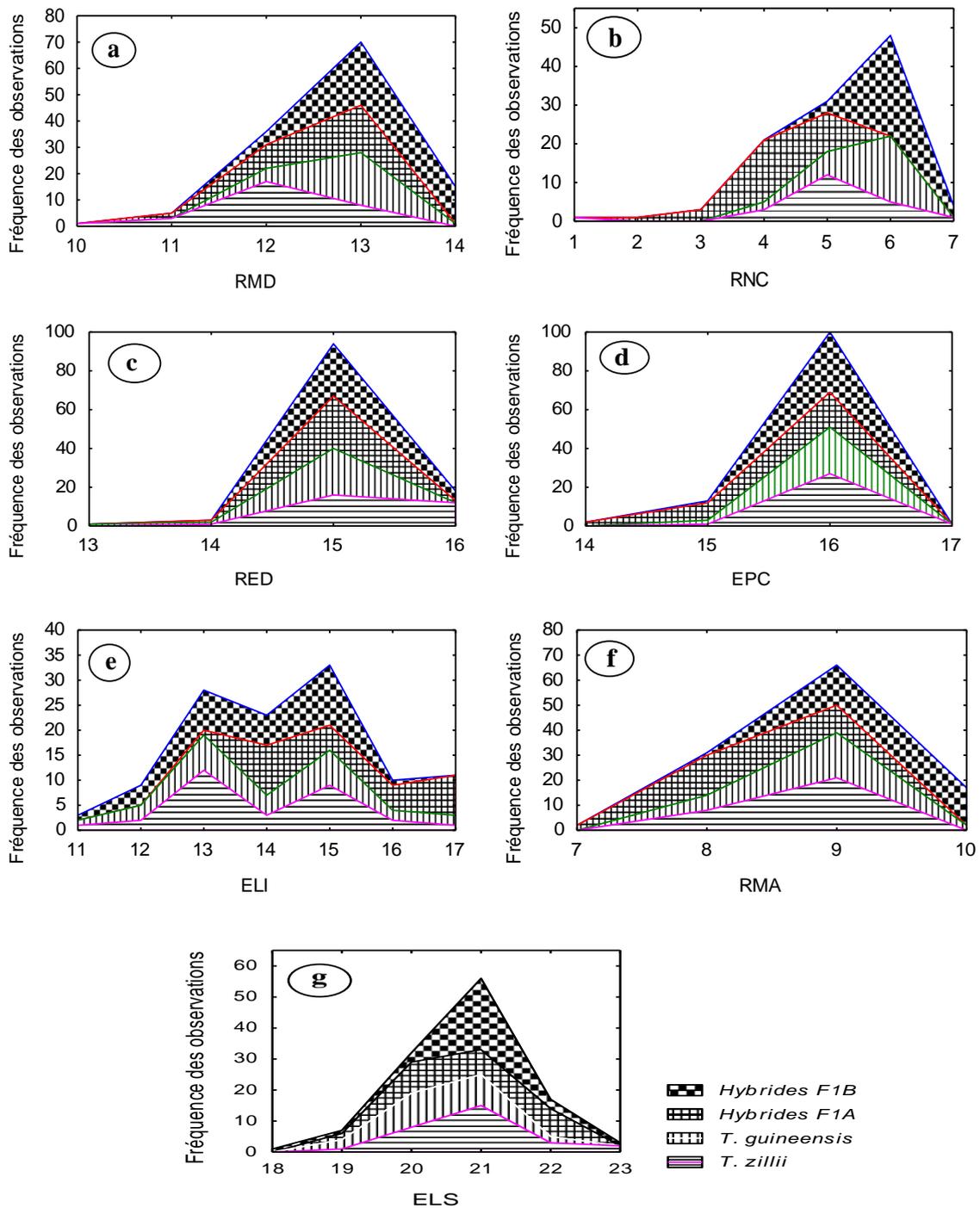


Figure 33. Fréquence de distribution des caractères méristiques des populations de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et de leurs hybrides F1A et F1B en fonction du nombre des pièces anatomiques. a : nombre de rayons mous dorsaux (RMD) ; b : nombre de rayons de la nageoire caudale (RNC) ; c : nombre de rayons épineux dorsaux (RED) ; d : nombre d'écailles autour du pédoncule caudal (EPC); e : nombre d'écailles sur la ligne latérale inférieure (ELI) ; f : nombre de rayons mous anaux (RMA) ; g : nombre d'écailles sur la ligne latérale supérieure (ELS).

Le tableau XV reprend les valeurs propres des 5 premiers axes factoriels résultant de l'ACP des caractères morphométriques de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B. Une décroissance progressive avec une forte rupture qui se situe entre le premier et le second axe factoriel a été observée. Le premier axe exprime 71,28 % de la variabilité totale. Les deux premiers axes cumulent plus de la moitié (83,16 %) de la variabilité totale. L'axe 1 exprime une grande variabilité, puisque la répartition des variables par rapport à cet axe est fonction de la longueur standard. Par conséquent, seuls les axes 2 et 3 ont été considérés pour la projection des caractères morphométriques.

Les caractères méristiques ont aussi fait l'objet d'une ACP. Au cours de cette analyse, 8 caractères méristiques ont été considérés pour 120 spécimens de *Tilapia zillii*, *T. guineensis*, les hybrides F1A et F1B, soit 960 comptages effectués.

Suite à l'ACP des caractères méristiques des espèces parentales et des hybrides, les valeurs propres des 5 premiers axes factoriels ont été obtenues (Tableau XVI). Une décroissance progressive avec une forte rupture, qui se situe entre le premier et le second axe factoriel a été notée. Le premier axe exprime 22,20 % de la variabilité totale. Les deux premiers axes cumulent 39,83 % de la variabilité totale. Dans la projection des caractères méristiques, seuls les axes 1 et 2 ont été considérés.

D'après la projection des variables morphométriques après extraction des poids factoriels (Figure 34), les caractères tels que la longueur de la plus longue épine dorsale (LED), la distance ano-pédonculaire (DAP), la distance dorso-pédonculaire (DDP) et la hauteur du dernier rayon épineux de la nageoire anale (HEA) ont une forte contribution dans la répartition des espèces parentales *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ainsi que de leurs hybrides F1A et F1B.

De même, la projection des caractères méristiques (Figure 35) permet d'observer que le nombre de rayons épineux dorsaux (RED), le nombre de rayons mous dorsaux (RMD) et le nombre de rayons mous anaux (RMA) ont une forte contribution dans la répartition des groupes ci-dessus identifiés.

Suite à l'analyse en composantes principales des caractères morphométriques des souches parentales et des hybrides, trois groupes peuvent être observés par rapport à

Tableau XV. Valeurs propres avec le pourcentage de variance des cinq premiers axes factoriels résultant de l'analyse en composantes principales (ACP) des caractères morphométriques.

Axes	Valeurs propres	% Variance	Valeur propre cumulée	% de variance cumulé
1	7,84	71,27	7,84	71,28
2	1,31	11,88	9,15	83,16
3	0,56	5,09	9,70	88,25
4	0,38	3,45	10,09	91,70
5	0,24	1,18	10,33	93,88

Tableau XVI. Valeurs propres avec le pourcentage de variance des cinq premiers axes factoriels résultant de l'analyse en composantes principales (ACP) des caractères méristiques.

Axes	Valeurs propres	% Variance	Valeur propre cumulée	% de variance cumulé
1	1,55	22,20	1,55	22,20
2	1,23	17,63	2,79	39,83
3	1,11	15,89	3,90	55,72
4	1,00	14,30	4,90	70,02
5	0,82	11,79	5,73	78,81

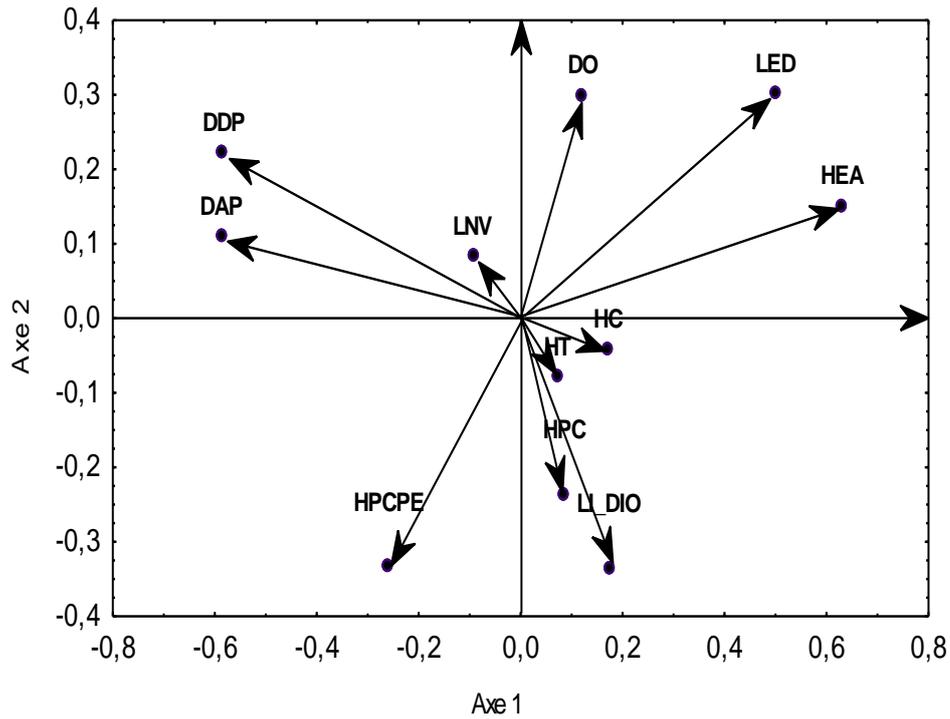


Figure 34. Projection des variables morphométriques après extraction des poids factoriels, suite à l'analyse en composantes principales (ACP).

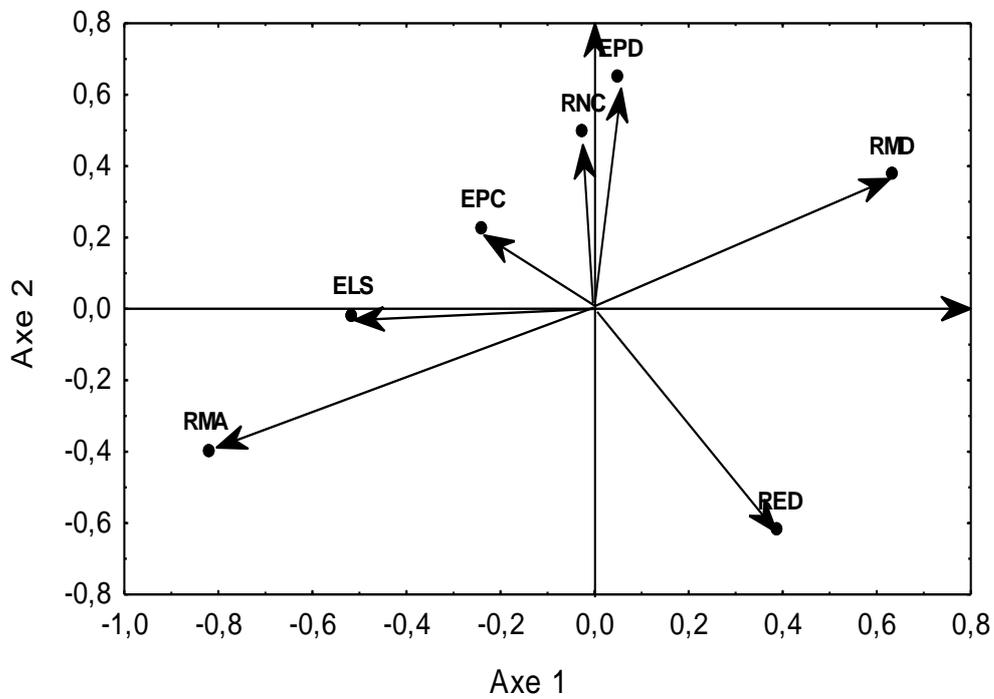


Figure 35. Projection des variables méristiques après extraction des poids factoriels.

l'axe 1. Les spécimens de *T. zillii* et de *T. guineensis* sont respectivement corrélés positivement et négativement par rapport à l'axe 1 (Figure 36). Les échantillons représentant les deux types d'hybrides F1A et F1B, constituent le 3^e groupe. Ils se situent de part et d'autre de cet axe.

La même analyse a été effectuée avec les caractères méristiques des individus parentaux et de leurs hybrides (Figure 37). Elle permet également de distinguer trois grands groupes par rapport à l'axe 1. Les échantillons représentant les *T. zillii* et les *T. guineensis* sont en majorité corrélés respectivement négativement et positivement par rapport à l'axe 1. Les hybrides F1A et F1B se situent de part et d'autre de cet axe. Ils constituent le 3^e groupe.

La comparaison entre les hybrides F1A et F1B (test U de Mann-Whitney) permet de noter une différence significative ($p < 0,05$), en prenant en compte les caractères morphométriques et méristiques suivants : la hauteur du dernier rayon épineux de la nageoire anale (HEA), la hauteur pectoro-pelvienne (HPcPe), la distance ano-pédonculaire (DAP), la distance dorso-pédonculaire (DDP) et le nombre de rayons mous anaux (RMA).

❖ L'analyse en composantes principales des variables morphométriques et méristiques, couplée avec le test U de Mann-Whitney, a permis de séparer les *Tilapia zillii* des *T. guineensis* en fonction des caractères morphométriques et méristiques suivants : la longueur de la dernière épine dorsale, la distance ano-pédonculaire, la distance dorso-pédonculaire, le nombre de rayons épineux dorsaux, le nombre de rayons mous dorsaux et le nombre de rayons mous anaux. Cependant, cette analyse ne permet pas de séparer les hybrides F1A et F1B des espèces parentales.

➤ Conclusion partielle

En définitive, la présente étude permet de déduire que les deux espèces parentales, à savoir *Tilapia zillii* et *T. guineensis*, utilisées comme géniteurs, sont de souche pure. La coloration et les motifs définitifs des parents et des descendants hybrides se mettent en place progressivement au cours de leur croissance. Ce travail met à contribution une clé d'identification basée sur la coloration et les motifs de la nageoire caudale. Cette étude montre également que les colorations des flancs, de la gorge et de la poitrine jouent un rôle dans le processus de la reproduction. Elles sont fonction du stade de maturation sexuel et de certains facteurs éthologiques.

Dans le chapitre suivant, les caractéristiques des reproductions interspécifiques, intraspécifiques et introgressives seront abordées.

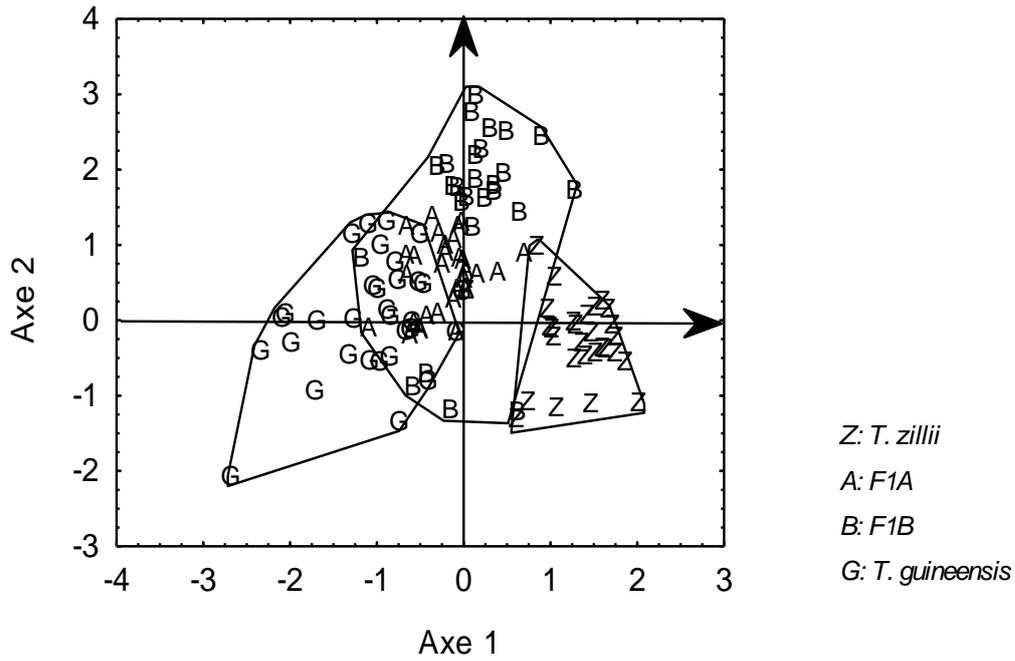


Figure 36. Projection en ACP (analyse en composantes principales) des caractères morphométriques de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B par rapport aux axes 1 et 2.

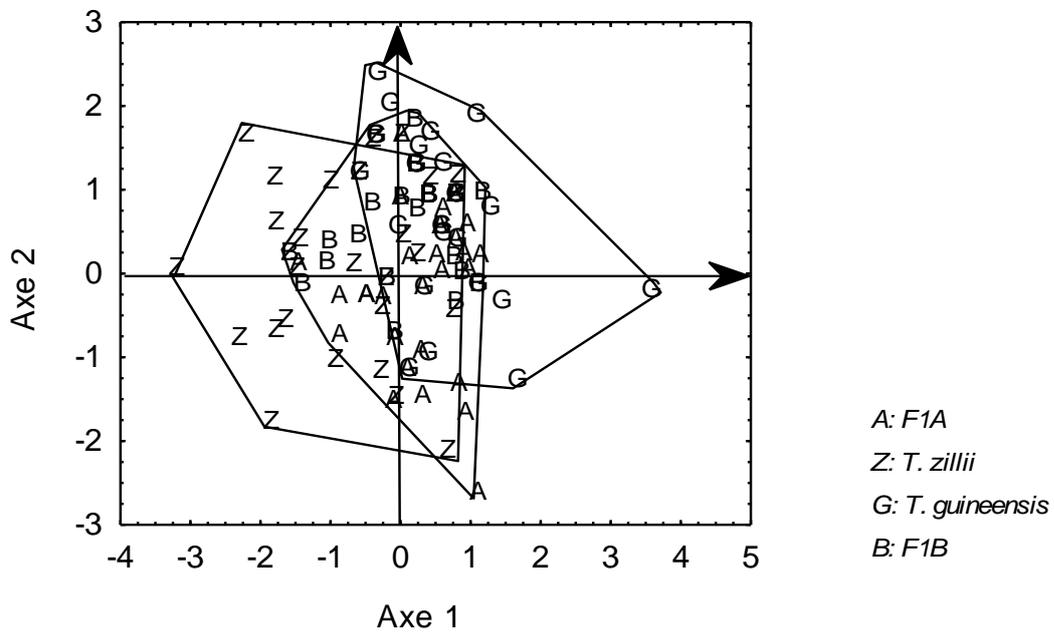


Figure 37. Projection en ACP (analyse en composantes principales) des caractères méristiques de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides F1A et F1B par rapport aux axes 1 et 2.

CHAPITRE III

ETUDE DE LA REPRODUCTION :

PRODUCTION D'ALEVINS PAR LES *TILAPIA ZILLII*,

LES *T. GUINEENSIS* ET LES HYBRIDES DE

PREMIERE (F1A ET F1B) ET DEUXIEME (F2A ET

F2B) GENERATIONS

INTRODUCTION

La reproduction est un processus qui permet la pérennisation d'une espèce. Selon PONCIN (1996), elle constitue l'étape par laquelle passe leur survie et leur maintien dans la nature. Débutant par une fécondation, la reproduction aboutit à des individus matures pouvant produire des gamètes. Chez les tilapias, la maturité sexuelle est fonction des conditions de l'environnement, de l'âge et de la taille des individus (POPMA & MASSER, 1999). La faible fécondité et la désynchronisation des pontes chez des représentants de ce groupe, peuvent constituer un facteur limitant, dans le processus de production en masse des alevins (BAROILLER & JALABERT, 1989 ; MACINTOSH & LITTLE, 1995 ; COWARD & BROMAGE, 1998 ; BHUJEL & SURESH, 2000 ; LITTLE & HULATA, 2000). Ces contraintes sont d'autant plus importantes lorsque le processus de reproduction doit faire intervenir deux espèces différentes. Largement utilisés en pisciculture, les croisements interspécifiques chez les tilapias ont pour objectif d'accroître la combinaison des traits de caractères avantageux de deux espèces (HICKLING, 1960 ; WOHLFARTH, 1994 ; BARTLEY *et al.*, 2000).

Dans le cadre de ce travail, l'utilisation de poissons très prolifiques que sont les *T. zillii*, les *T. guineensis* et leurs hybrides, pour des essais de pisciculture intensive, mérite que l'on étudie certains paramètres importants liés à la reproduction. Il s'agit de la production d'alevins, de la période des interpontes, du temps écoulé avant la première reproduction, du taux de mortalité des géniteurs et du sexe ratio de la descendance.

3.1. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTRASPECIFIQUES

Les reproductions intraspécifiques serviront de références pour l'évaluation des croisements interspécifiques et introgressifs.

Chez *Tilapia zillii*, le nombre d'alevins produit le plus élevé est de 8020 alev/kg fe/an et le plus bas de 7650 alev/kg fe/an (Tableau XVII). Une valeur moyenne de 7690 alev/kg fe/an est obtenue pour ce paramètre. Chez cette espèce, les durées minimale, moyenne et maximale écoulées entre la mise en charge des géniteurs et la première reproduction sont respectivement de 20 jours, 22 jours et 26 jours. La période des interpontes la plus longue est de 120 jours et la plus courte de 30 jours. Aucune mortalité n'est enregistrée chez les géniteurs de *T. zillii*.

Tableau XVII. Poids moyen des poissons, nombre d'alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs observés au cours des croisements intraspécifiques dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso. Min : minimum ; Max : maximum ; Moy : moyen ; alev/kg fe/an : alevins par kilogramme de femelle par an ; T° moyenne de l'eau : 30,26 °C ; Taux moyen d'oxygène dissous : 4,22 mg/l.

	4 <i>Tilapia zillii</i> (mâle) x 4 <i>T. zillii</i> (femelle)			4 <i>T. guineensis</i> (mâle) x 4 <i>T. guineensis</i> (femelle)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Poids moyen des femelles (g)	89	100	94,66	90	105	96,67
Poids moyen des mâles (g)	115	138	123,67	118	130	124,33
Nombre d'alevins produits (alev/kg fe/an)	7650	8020	7690	6780	6950	6900
Période des interpontes (jours)	30	120	55	26	126	58
Temps avant la première reproduction (jours)	20	26	22	23	29	26
Taux de mortalité des géniteurs (%)	0			0		

La production minimum, moyenne et maximum d'alevins de *T. guineensis*, est respectivement de 6780 alev/kg fe/an, 6900 alev/kg fe/an et 6950 alev/kg fe/an. Aucune mortalité n'est observée parmi les géniteurs en reproduction dans les bassins en béton. Chez cette souche parentale, le temps le plus court, avant la première reproduction est de 23 jours et le plus long de 29 jours. La période des interpontes la plus longue est de 126 jours et la plus courte de 26 jours ; la moyenne étant de 58 jours.

Au vu de ces données, le nombre moyen d'alevins produits au cours des croisements intraspécifiques entre les *Tilapia zillii* est supérieur à celui obtenu lors des croisements entre les *T. guineensis*.

3.2. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTERSPECIFIQUES

Les croisements interspécifiques concernent, d'une part, *Tilapia zillii* (mâle) x *T. guineensis* (femelle) et d'autre part, *Tilapia zillii* (femelle) x *T. guineensis* (mâle) (Tableau XVIII). Ces deux types de croisements ont été effectués pour obtenir les hybrides de première génération F1A et F1B.

Le nombre le plus élevé d'alevins issus du premier croisement est de 7182 alev/kg fe/an et le plus bas de 5607 alev/kg fe/an, avec une moyenne de 6612 alev/kg fe/an. Aucune mortalité n'a été enregistrée après la mise en charge des géniteurs. Le temps moyen écoulé avant la première reproduction des souches parentales utilisées pour ce croisement est de 24 jours. La plus longue période entre deux pontes successives est de 120 jours et la plus courte de 31 jours.

Concernant le deuxième croisement, la quantité maximale d'alevins produits est de 5408 alev/kg fe/an, tandis que la plus faible est de 4529 alev/kg fe/an, avec une moyenne de 4965 alev/kg fe/an. Un taux de mortalité moyen de 33,33 % a été enregistré. Les périodes des interpontes les plus courtes et longues sont respectivement de 34 et 57 jours, avec une moyenne de 45,67 jours. Pour ce croisement, la durée la plus brève avant la première reproduction est de 175 jours et la plus longue de 200 jours.

Le nombre moyen d'alevins produits au cours des croisements interspécifiques entre *Tilapia zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle) est plus élevé que celui des croisements entre *Tilapia zillii* (femelle) et *T. guineensis* (mâle).

Tableau XVIII. Poids moyen des poissons, nombre d'alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs observé au cours des croisements interspécifiques entre *Tilapia zillii* et *T. guineensis*, dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso. Min : minimum ; Max ; maximum ; Moy : moyen ; alev/kg fe/an : alevins par kilogramme de femelle par an ; T° moyenne de l'eau : 30,34 °C ; Taux moyen d'O₂ dissous : 4,00 mg/l.

	4 <i>Tilapia zillii</i> (mâle) x 4 <i>T. guineensis</i> (femelle)			4 <i>Tilapia zillii</i> (femelle) x 4 <i>T. guineensis</i> (mâle)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Poids moyen des femelles (g)	79	99	92	85	91	88,33
Poids moyen des mâles (g)	125	133	128,67	128	132	130,33
Nombre d'alevins produits (alev/kg fe/an)	5607	7182	6612	4529	5408	4965
Période des interpontes (jours)	31	120	63,33	34	57	45,67
Temps avant la première reproduction (jours)	21	27	24	175	200	190
Taux de mortalité des géniteurs (%)	0			24,25	42,41	33,33

3.3. PRODUCTION D'ALEVINS A PARTIR DES CROISEMENTS INTROGRESSIFS

Ces croisements sont effectués entre les hybrides de première génération. Le premier est réalisé entre les hybrides F1A et le deuxième, entre les F1B (Tableau XIX). Ils ont permis d'obtenir respectivement les hybrides F2A et F2B.

Au cours du premier croisement, le nombre d'alevins produits le plus élevé est de 6245 alev/kg fe/an et le plus bas de 5844 alev/kg fe/an. La valeur moyenne de ce paramètre est de 6146 alev/kg fe/an. Quant au taux de mortalité des hybrides de première génération croisés, il est nul. Les périodes minimale, moyenne et maximale des interpontes sont respectivement de 36 jours, 70,36 jours et 128 jours. Les durées minimale, moyenne et maximale observées avant la première reproduction sont respectivement de 42 jours, 56 jours et 49 jours.

Les quantités minimale, moyenne et maximale d'alevins produits au cours du second croisement sont respectivement de 6019 alev/kg fe/an, 6253 alev/kg fe/an et 6551 alev/kg fe/an. Aucune mortalité n'a été enregistrée chez les géniteurs croisés. La plus longue période entre deux pontes successives est de 116 jours tandis que la plus courte est de 32 jours, avec une moyenne de 66,34 jours. La durée moyenne écoulée avant la première reproduction est de 38 jours ; les durées minimale et maximale étant respectivement de 32 jours et 42 jours.

Le nombre moyen d'alevins produits au cours des croisements entre les hybrides F1B est plus élevé que celui enregistré au cours des croisements entre les hybrides F1A.

❖ Le nombre d'alevins produits au cours des croisements intraspécifiques entre les *Tilapia zillii*, à savoir, 7690 alevins en moyenne, est élevé, comparativement à celui des autres types de croisement. Selon TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992 ; 2003), cette espèce est naturellement inféodée aux cours d'eau continentaux. La production importante d'alevins par les *T. zillii* semble traduire une adaptation de ces poissons à l'eau douce, donc au lac d'Ayamé I.

Au cours des croisements entre *Tilapia zillii* (femelle) et *T. guineensis* (mâle), les valeurs les moins appréciables, concernant les paramètres de reproduction ont été enregistrées. En effet, le nombre moyen d'alevins produits le plus bas, qui est de 4965 alevins et un taux de mortalité élevé atteignant 33,33 % ont été enregistrés.

Tableau XIX. Poids moyen des poissons, nombre d’alevins produits, période des interpontes, temps avant la première reproduction et taux de mortalité des géniteurs enregistrés au cours des croisements entre les hybrides F1A [F1A (mâle) x F1A (femelle)] et entre les hybrides F1B [F1B (mâle) x F1B (femelle)] dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d’Aboisso. Min : minimum ; Max : maximum ; Moy : moyen ; alev/kg fe/an : alevins par kilogramme de femelle par an ; T° moyenne de l’eau : 30,16 °C ; Taux moyen d’oxygène dissous : 4,21mg/l.

	4 F1A (mâle) x 4 F1A (femelle)			4 F1B (mâle) x 4 F1B (femelle)		
	Min	Max	Moy	Min	Max	Moy
Poids moyen des femelles (g)	90	102	96	87	104	94,67
Poids moyen des mâles (g)	123	132	126,67	130	139	135,67
Nombre d’alevins produits (alev/kg fe/an)	5844	6245	6146	6019	6551	6253
Période des interpontes (jours)	36	128	70,36	32	116	66,34
Temps avant la première reproduction (jours)	42	49	56	32	38	42
Taux de mortalité des géniteurs (%)	0			0		

Il a également été observé la durée moyenne la plus longue avant la première reproduction, qui est de 190 jours. L'une des caractéristiques du croisement ci-dessus est le fait que la femelle appartienne à l'espèce *T. zillii*. Selon les observations de LEGNER (1978), la femelle de cette espèce est très agressive. Les paramètres de la reproduction ci-dessus cités semblent être fortement influencés par l'agressivité de la femelle. Comparés aux observations de RUWET *et al.* (1976) et MELARD & PHILIPPART (1981), chez les incubateurs buccaux largement utilisés en pisciculture, tels que *Oreochromis niloticus*, les produits de la reproduction entre *Tilapia zillii* (femelle) et *T. guineensis* (mâle) sont meilleurs.

Au cours de la présente investigation, des périodes d'interpontes très longues, pouvant atteindre jusqu'à 128 jours, ont été notées aussi bien dans les croisements intraspécifiques, interspécifiques, qu'introgressifs. Chez *T. guineensis*, LEGENDRE (1986) attribue les périodes de repos assez longues, jusqu'à 126 jours à des conditions défavorables en enclos.

Selon WOOTTON (1982) et BEHREND & SMITHERMAN (1983), la température affecte la durée des interpontes par inhibition ou ralentissement de la vitellogénèse. En effet, dans les bassins en béton de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso, les écarts souvent élevés entre la température de l'eau du matin et celle du soir (cas du mois de mai : 27 °C le matin et 32 °C le soir) peuvent stresser sévèrement les poissons (DELINCE, 1992). D'après MACINTOSH & LITTLE (1995) et COWARD & BROMAGE (2000), les femelles de tilapia ont tendance à pondre de façon désynchronisée, en fonction des conditions environnementales. Les observations de ces auteurs sont vérifiées dans la présente étude.

3.4. ETUDE DU SEX-RATIO DE LA DESCENDANCE

L'intérêt de ce chapitre réside dans le fait que, le sex-ratio de la descendance peut être influencé par le type et le sens du croisement.

Au cours des croisements intraspécifiques, 50,81 % et 51,05 % des mâles respectifs de *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ont été enregistrés ; ce qui correspond à des sex-ratios respectifs de 1,62 : 0,97 et 1,04 : 0,96 (Tableau XX).

Les populations d'hybrides de première génération F1A et F1B obtenues à partir des croisements interspécifiques sont constituées respectivement de 55,26 % et 52,85 % de mâles.

Tableau XX. Sex-ratios des alevins de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides de première génération (F1A et F1B) et de deuxième génération (F2A et F2B) obtenus à partir des croisements intraspécifiques, interspécifiques et introgressifs. Les valeurs d'une même ligne partageant une lettre en commun ne diffèrent pas significativement.

Alevins	Mâles (%)	Femelles (%)	Sex-ratios
<i>Tilapia zillii</i>	50,81 a	49,19 a	1,62
<i>T. guineensis</i>	51,05 a	48,95 a	1,04
F1A	55,26 a	44,74 a	1,23
F1B	52,85 a	47,15 a	1,12
F2A	56,03 a	43,97 a	1,27
F2B	51,69 a	48,31 a	1,07

Ce qui permet de déduire des sex-ratios respectifs de 1,23 : 0,81 et 1,12 : 0,89 au sein des hybrides F1A et F1B.

Chez les hybrides de deuxième génération F2A, 56,03 % de mâles et 43,97 % de femelles ont été notés. Parmi les descendants hybrides F2B, respectivement 51,69 % et 48,31 % de mâles et de femelles ont été enregistrés. Il en résulte des sex-ratios respectifs de 1,27 : 0,79 et 1,07 : 0,93 chez les populations d'hybrides F2A et F2B.

La proportion de mâles de *T. zillii*, de *T. guineensis*, d'hybrides F1A, F1B, F2A et F2B obtenus à partir des croisements intraspécifiques, interspécifiques et introgressifs, ne diffère pas significativement ($p > 0,05$) de celle des femelles (Test de Chi² : annexe V). Par conséquent, les différents sex-ratios enregistrés sont statistiquement du même ordre de grandeur.

❖ Le sex-ratio de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides de première (F1A et F1B) et de deuxième (F2A et F2B) génération est voisin de 1 : 1. Des résultats similaires ont été signalés par LOISELLE (1971). En effet, cet auteur a enregistré chez les hybrides F1 issus des croisements expérimentaux entre *T. zillii* et *T. guineensis*, des sex-ratios de 1 : 1. Le sex-ratio n'est pas statique. C'est un paramètre dynamique de la population. Il est capable de changer de façon spatiale et temporelle (FAGADE, 1978 ; ETIM *et al.*, 1989). Ces auteurs estiment que le sex-ratio peut être fonction des espèces croisées et du sens du croisement. Ces observations sont étayées par les études de MELARD & PHILIPPART (1981), MIREN (1982), N'GOKAKA (1983). Selon ces auteurs, le croisement entre *Oreochromis niloticus* (femelle) et *O. aureus* (mâle) donne 30 % à 100 % d'alevins de sexe mâle, tandis que le croisement inverse produit des individus de sexe ratio voisin de 1 : 1. Selon AVTALION & HAMMERMAN (1978) et HAMMERMAN & AVTALION (1979), le déterminisme poly génétique du sexe des tilapias serait un facteur supplémentaire de la variabilité du sex-ratio des populations hybrides. D'après MELARD *et al.* (1994), les facteurs tels que la température, la photopériode, la qualité de l'eau, le stress agiraient sur le déterminisme du sexe. Dans le cas de la présente étude, le sex-ratio est indépendant du sens du croisement et de la lignée c'est-à-dire la première ou la deuxième génération.

➤ Conclusion partielle

En définitive, les croisements interspécifiques entre *Tilapia zillii* et *T. guineensis* produisent des hybrides (F1) fertiles et viables. Ce travail montre que l'obtention d'hybrides à partir de *T. zillii*, une espèce territoriale, monogame permanente, réputée très agressive et de *T. guineensis*, tout aussi territoriale, n'est pas un frein à la production massive d'alevins. Le nombre moyen d'alevins produits dans les croisements réciproques est suffisant dans la perspective d'une exploitation piscicole. De plus, les croisements introgressifs n'ont pas de conséquence négative sur la reproduction et la production massive d'alevins. Pour ce qui concerne les conditions physico-chimiques des bassins en béton, seules les variations brusques de la température au cours de la journée sont susceptibles d'affecter la reproduction.

Les reproductions effectuées ont produit des descendants. La quantité d'alevins obtenus est significative, dans l'optique d'une exploitation piscicole. De ce fait, le chapitre suivant étudie le potentiel aquacole des espèces parentales et des hybrides.

CHAPITRE IV :
CROISSANCE COMPAREE DES SOUCHES
PARENTALES (*TILAPIA ZILLII* ET *T. GUINEENSIS*)
ET DES HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION
(F1A ET F1B) (ESSAI 1)

INTRODUCTION

Les hybrides représentent aujourd'hui une part significative de la production des poissons. C'est le cas des hybrides des Bar rayés aux USA et des poissons-chats en Thaïlande (BARTLEY *et al.*, 2000). Parmi les hybrides fréquemment utilisés en pisciculture, le tilapia rouge a fait l'objet d'une attention toute particulière du fait de ses performances. En particulier, son fort taux de croissance et une conversion élevée de l'aliment (WATANABE *et al.*, 1990).

En Afrique, les hybrides ont également fait l'objet de nombreuses études (WOHLFATH, 1994 ; PENMAN & McANDREW, 2000 ; CHANGADEYA *et al.*, 2003).

Dans le cadre de la présente étude, qui s'est faite en Côte d'Ivoire dans le lac de barrage d'Ayamé I, les hybrides issus du croisement entre *Tilapia zillii* et *T. guineensis* semblent être inconnus, du point de vue de leurs performances piscicoles. Néanmoins, de nombreux travaux sur les individus parentaux ont été réalisés (LEGENDRE, 1986 ; LEGENDRE & ECOUTIN, 1989 ; DOUDET, 1991 ; LEGENDRE, 1991). Il en ressort que ces deux espèces ne présentent pas un grand intérêt pour la pisciculture, parce qu'ayant un faible potentiel piscicole. Qu'en est-il des hybrides issus de ces deux espèces ? Ces derniers peuvent – ils cumuler les avantages des individus parentaux et donner un meilleur rendement ?

Le présent travail a donc pour but d'étudier la croissance comparée de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et celle de leurs hybrides F1A et F1B en cages flottantes expérimentales implantées dans le lac de barrage d'Ayamé I. Dans ce chapitre, l'accent sera mis sur les paramètres tels que, le taux de mortalité, les gains de poids, le facteur de condition et le quotient nutritif. Ceux-ci ont été évalués au cours de deux phases de croissance, à savoir le prégrossissement et le grossissement.

4.1. TAUX DE MORTALITE

- Phase de prégrossissement (Tableau XXI) :

Chez les *Tilapia zillii*, le taux de mortalité obtenu en élevage mixte est de 1,15 %. Mais en élevages mâle et femelle, aucune mortalité n'a été constatée. Par conséquent, ce paramètre varie peu en fonction du type d'élevage. Les taux de mortalité enregistrés chez

Tableau XXI. Taux de mortalité (%) moyens observés au cours des phases de prégrossissement (14,13 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii* (14,12 g), *T. guineensis* (14,35 g) et leurs hybrides de première génération [F1A (14,35 g) et F1B (13,69 g)] élevés en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d’Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). A l’exception des moyennes qui sont comparées entre elles, pour chaque phase d’élevage les valeurs du tableau partageant au moins une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil 0,05 (Test du Chi-Carré).

Lots	Elevages	Prégrossissement (140 jours)	Grossissement (168 jours)
<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	1,15 \pm 0,81 a	10,00 \pm 3,48 b
	Mâle	0,00 \pm 0,00 a	2,00 \pm 2,83 a
	Femelle	0,00 \pm 0,00 a	2,00 \pm 2,83 a
	Moyenne	0,50 \pm 0,81 a	4,67 \pm 2,83 a
<i>T. guineensis</i>	Mixte	24,50 \pm 6,36 bc	11,00 \pm 2,36 b
	Mâle	17,72 \pm 4,63 b	14,00 \pm 3,89 b
	Femelle	30,29 \pm 4,75 c	6,67 \pm 1,39 b
	Moyenne	24,17 \pm 6,40 b	10,56 \pm 3,26 ab
Hybride F1A	Mixte	6,30 \pm 3,78 a	5,33 \pm 1,15 a
	Mâle	1,70 \pm 1,15 a	6,00 \pm 4,04 a
	Femelle	4,00 \pm 0,00 a	2,00 \pm 1,00 a
	Moyenne	4,00 \pm 3,75 ad	4,44 \pm 4,08 a
Hybride F1B	Mixte	7,00 \pm 2,12 e	3,00 \pm 0,71 a
	Mâle	8,50 \pm 0,71 e	8,00 \pm 2,02 a
	Femelle	11,50 \pm 0,71 e	2,00 \pm 0,00 a
	Moyenne	9,00 \pm 2,15 ed	4,33 \pm 2,06 a

cette espèce ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$) (test du Chi² : ensemble des résultats en annexe VI a et b).

Chez *T. guineensis* en élevage mixte, le taux de mortalité est de 24,50 %. Il est respectivement de 17,72 % et de 30,29 % en élevages mâle et femelle. Le taux de mortalité le plus élevé est celui des femelles. Une différence significative a été observée entre le taux de mortalité des mâles et celui des femelles ($p < 0,05$).

Comme les individus parentaux, le taux de mortalité a été évalué chez les hybrides. En considérant les hybrides F1A et les différents types d'élevages, mixte, mâle et femelle, ces taux sont respectivement de 6,30 % ; 1,70 % et 4,00 %. Ils sont faibles chez les mâles et élevés chez les mixtes. Les taux de mortalité des tilapias hybride F1A mâle, femelle et mixte ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$).

Quant aux hybrides F1B élevés dans les mêmes conditions, ils présentent des taux de mortalité respectifs de 7,00 % ; 8,50 % et 11,50 % en élevages mixte, mâle et femelle. Le taux le plus élevé concerne les femelles et le plus bas est observé avec les mixtes. La comparaison des taux de mortalités par l'analyse de variance (ANOVA) permet de noter qu'il n'existe pas de différence significative entre les trois types d'élevage ($p > 0,05$).

Il apparaît donc que le taux de mortalité moyen de *T. zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides F1A et F1B est respectivement de 0,50 % ; 24,17 % ; 4,00 % et 9,00 %. Ce paramètre est élevé chez *T. guineensis* et bas chez *T. zillii*. La différence entre le taux de mortalité des *T. zillii* et celui des tilapias hybrides F1A et entre ce dernier groupe et les hybrides F1B n'est pas significative ($p > 0,05$).

- Phase de grossissement (Tableau XXI) :

Le taux de mortalité observé chez *T. zillii* en élevage mixte est de 10,00 %. En ce qui concerne les deux autres types, c'est-à-dire mâle et femelle, il est de 2,00 %. Ce paramètre est plus élevé chez les mixtes qu'en élevages monosexes. La comparaison des valeurs enregistrées montre que la différence observée entre les *T. zillii* de sexes mâle et femelle n'est pas significative ($p > 0,05$).

Chez les *T. guineensis*, le taux de mortalité des élevages mixte, mâle et femelle est respectivement de 11,00 % ; 14,00 % et 6,67 %. La valeur obtenue chez les mâles est supérieure à celles des femelles et des mixtes. La différence observée entre ces trois taux de mortalité n'est pas statistiquement significative ($p > 0,05$).

Les hybrides F1A ont un taux de mortalité de 5,33 % en ce qui concerne l'élevage mixte. Ce taux est respectivement de 6,00 % et de 2,00 %, lors des élevages monosexes mâles et femelles. Ce paramètre est élevé chez les mâles et bas chez les femelles. Les valeurs du taux de mortalité des mâles, des femelles et des mixtes ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Le taux de mortalité des hybrides F1B est de 3,00 % ; 8,00 % et 2,00 % respectivement en élevages mixte, mâle et femelle. Les 3 taux sont statistiquement comparables. Il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les élevages mâle, femelle et mixte.

Il ressort de toutes ces analyses que, le taux de mortalité moyen de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B est respectivement de 4,67 % ; 10,56 % ; 4,44 % et 4,33 %. Chez *T. guineensis*, ce paramètre est plus élevé que celui de *T. zillii* et des hybrides F1A et F1A. Il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre les taux de mortalité enregistrés lors de l'élevage de ces trois dernières populations.

❖ En considérant les données de la présente étude réalisée dans les cages flottantes, en phase de prégrossissement, le taux de mortalité de *Tilapia guineensis*, qui est de 24,50 % en élevage mixte, est plus élevé que celui de *T. zillii* et des hybrides. Tandis qu'en phase de grossissement, les taux enregistrés chez les individus parentaux et les hybrides sont comparables. Lors d'études similaires en enclos installés en lagune Ebrié, avec une densité initiale de 100 individus/m³, LEGENDRE (1986) note en élevage mixte de *T. guineensis* un taux de mortalité de 13,50 %. Comparés aux résultats du présent travail, ce taux est inférieur à ceux notés chez *T. guineensis*, mais nettement supérieurs à ceux enregistrés avec de *T. zillii* et les hybrides. MELARD & PHILIPPART (1982) ont noté chez *T. guineensis*, des taux de mortalité plus élevés. Ils sont de 25 % en bassins et de 50 % en étangs. De faibles taux de mortalité, voisins de ceux notés chez les tilapias hybrides F1A et F1B, attestent, selon MORISSENS *et al.*, (1987), de la rusticité des poissons en élevage.

Cette étude comparative du taux de mortalité montre que les hybrides étudiés sont aussi bien adaptés aux conditions d'élevage que *T. zillii*. Bien que signalée dans les zones côtières ouest africaines, cette espèce est, selon TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992 ; 2003), inféodée aux eaux continentales. Ces données sur la distribution géographique pourraient sous entendre une plus grande prédisposition naturelle de *T. zillii* à vivre dans les eaux douces du lac de barrage d'Ayamé I. Du point de vue de la survie, les hybrides étudiés pourraient, par conséquent, avoir hérité des caractères intrinsèques de cette dernière espèce. Ce qui n'est pas le cas de *T. guineensis*, une espèce, naturellement adaptée aux zones côtières, qui ne s'est sans doute pas acclimatée aux eaux du barrage.

4.2. EVOLUTION DU POIDS MOYEN EN FONCTION DU TEMPS

- Phase de prégrossissement :

Chez *Tilapia zillii*, à la fin de la phase de prégrossissement qui dure 140 jour, le poids moyen des poissons en élevages mixte, mâle et femelle est respectivement de 34 g, 38 g et 24 g (Figure 38 a₁). L'évolution du poids moyen des poissons de sexe femelle est lente, par rapport à celle des élevages mixte et monosex masculin.

Au cours de cette phase, les poids moyens des *Tilapia guineensis* en élevages mixte, mâle et femelle sont proches les uns des autres (Figure 38 b₁). Ils sont respectivement de 41 g, 44 g et 39 g au 140^e jour d'élevage.

Chez les tilapias hybrides F1A, du 1^{er} au 56^e jour, les poids moyens des poissons en élevage mixte sont voisins de ceux des mâles et des femelles. Du 56^e jour à la fin des élevages, le poids moyen des tilapias hybrides de sexe mâle est plus élevé et se démarque de celui des mixtes et des femelles (Figure 38 c₁).

Entre le 28^e et le 112^e jours, l'évolution du poids moyen des tilapias hybrides F1B de sexe mâle est rapide, comparée à celle des poissons en élevages mixte et femelle. Après cette période, l'évolution du poids moyen des élevages mixte et femelle est appréciable, mais reste inférieure à celle des individus de sexe mâle (Figure 38 d₁).

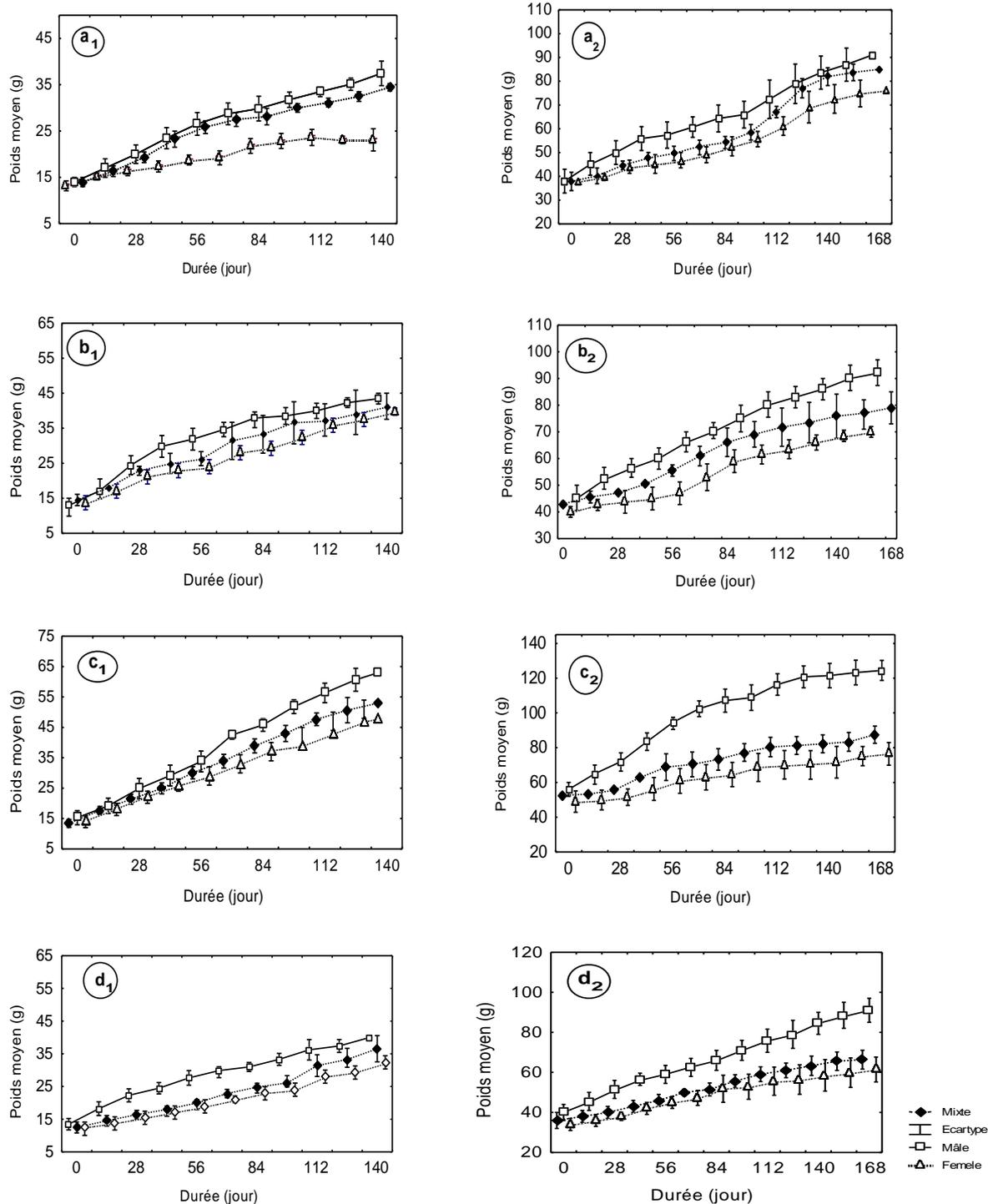


Figure 38. Evolution du poids moyen de *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et de leurs hybrides F1A et F1B au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) en fonction de la durée d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I. a : *Tilapia zillii* ; b : *T. guineensis* ; c : hybrides F1A ; d : hybrides F1B ; indices 1 : prégrossissement ; indice 2 : grossissement.

- Phase de grossissement

Au début de cette période de grossissement, c'est-à-dire du 1^{er} au 98^e jour, le poids moyen des *Tilapia zillii* de sexe femelle est voisin de celui de l'élevage mixte. Ils sont respectivement de 52 g et de 55 g au 98^e jour. Mais entre le 128^e jour et le 154^e jour, le poids des mixtes se rapproche de celui des mâles. Ils sont respectivement de 82 g et de 85 g à la fin de cette période d'élevage (Figure 38 a₂).

Entre le 1^{er} le 168^e jour de la phase de grossissement, le poids moyen des *Tilapia guineensis* de sexe mâle se situe entre 45 g et 92 g. Il est nettement plus élevé, comparé à celui des poissons en élevage mixte qui est compris entre 43 et 79g. Ceux-ci ont un poids supérieur à celui des femelles qui passe de 40 g à 70 g (Figure 38 b₂). Le poids moyen des mixte est intermédiaire entre celui des élevages monosexes.

Du début à la fin de cette phase d'élevage, l'évolution du poids moyen des tilapias hybrides F1A monosexes mâle passe de 58 g à 124 g. Cette croissance est rapide, comparativement à celle des élevages femelle (de 50 g à 76 g) et mixte (de 52 g à 83 g) (Figure 38 c₂). Le poids moyen des poissons mixte est plus élevé que celui des femelles.

Concernant les tilapias hybrides F1B, le poids moyen des individus de sexe mâle passe de 40 g au début de l'élevage à 90 g à la fin. Il reste toujours supérieur à celui des élevages mixte qui varie entre 38 g à 64 g et des femelles, compris entre 37 g et 61 g (Figure 38 d₂). Le poids moyen des poissons en élevage mixte est proche de celui des femelles.

Il apparaît donc que, quel que soit l'espèce ou l'hybride étudié au cours des deux phases d'élevage, à savoir le pré-grossissement et le grossissement, le poids moyen des mâles est supérieur à ceux des poissons en élevages mixte et femelle. Les valeurs les plus faibles ayant été observées chez ces dernières.

4.3. CROISSANCE JOURNALIERE

- Phase de prégrossissement (Tableau XXII) :

La croissance journalière des élevages mixte, mâle et femelle de *Tilapia zillii* est respectivement de 0,20 g/j ; 0,23 g/j et 0,17 g/j. Ce paramètre est élevé chez les mâles et faible chez les femelles. Cette différence n'est toutefois pas significative ($p > 0,05$) (ANOVA : ensemble des résultats en annexes VII a à VII e).

Chez *Tilapia guineensis*, les élevages mixte, mâle et femelle ont une croissance journalière respective de 0,17 g/j ; 0,20 g/j et 0,16 g/j. Celle des mâles est supérieure à celle des poissons en élevages mixte et femelle. Aucune différence ($p > 0,05$) n'est notée en comparant les différentes valeurs.

Lors de l'élevage des hybrides F1A, des croissances journalières de 0,32 g/j ; 0,42 g/j et 0,31 g/j ont été enregistrées respectivement en élevages mixte, mâle et femelle. Ce paramètre est élevé chez les mâles et bas chez les femelles. Une différence significative ($p < 0,05$) a été notée, d'une part entre la croissance journalière des poissons en élevages mixte et mâle, et d'autre part, entre ces derniers et les femelles.

En considérant la croissance journalière des hybrides F1B, elle est de 0,33 g/j ; 0,35 g/j et 0,24 g/j, respectivement en élevages mixte, mâle et femelle. La valeur observée pour les mâles est supérieure à celle des poissons en élevages mixte et femelle. La différence observée pour l'ensemble des valeurs de croissance journalière n'est toutefois pas statistiquement significative ($p > 0,05$).

Il apparaît donc, des croissances journalières moyennes de 0,20 g/j ; 0,18 g/j ; 0,35 g/j et 0,31 g/j enregistrées respectivement chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis*, les hybrides F1A et F1B. Ce paramètre est bas chez *T. guineensis* et élevé chez les hybrides F1A. Une différence significative ($p < 0,05$) a été notée entre la croissance journalière des souches parentales et celle des tilapias hybrides.

Tableau XXII. Croissances journalières moyennes (g/j) observée au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et chez leurs hybrides F1A et F1B en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d’Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). A l’exception des moyennes qui sont comparées entre elles, pour chaque phase d’élevage, les valeurs du tableau partageant au moins une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil 0,05 (ANOVA).

Lots	Elevages	Prégrossissement	Grossissement
<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	0,20 \pm 0,08 a	0,27 \pm 0,23 a
	Mâle	0,23 \pm 0,08 a	0,31 \pm 0,19 a
	Femelle	0,17 \pm 0,07 a	0,26 \pm 0,17 a
	Moyenne	0,20 \pm 0,08 a	0,28 \pm 0,25 a
<i>T. guineensis</i>	Mixte	0,17 \pm 0,14 a	0,27 \pm 0,08 ab
	Mâle	0,20 \pm 0,06 a	0,30 \pm 0,05 b
	Femelle	0,16 \pm 0,08 a	0,25 \pm 0,28 a
	Moyenne	0,18 \pm 0,16 b	0,27 \pm 0,28 a
Hybride F1A	Mixte	0,32 \pm 0,06 c	0,30 \pm 0,24 b
	Mâle	0,42 \pm 0,13 d	0,40 \pm 0,25 c
	Femelle	0,31 \pm 0,05 c	0,28 \pm 0,1 b
	Moyenne	0,35 \pm 0,15 c	0,33 \pm 0,25 b
Hybride F1B	Mixte	0,33 \pm 0,06 a	0,29 \pm 0,08 a
	Mâle	0,35 \pm 0,11 a	0,36 \pm 0,23 b
	Femelle	0,24 \pm 0,08 a	0,25 \pm 0,05 a
	Moyenne	0,31 \pm 0,14 c	0,30 \pm 0,23 c

- Phase de grossissement (Tableau XXII) :

Chez *Tilapia zillii*, la croissance journalière enregistrée en élevages mixte, mâle et femelle est respectivement de 0,27 g/j ; 0,31 g/j et 0,26 g/j. Ce paramètre est élevé chez les mâles et faible chez les femelles. La comparaison de l'ensemble des valeurs de croissance journalière obtenues par l'analyse de variance n'indique pas de différence significative ($p > 0,05$).

La croissance journalière notée chez *Tilapia guineensis* est de 0,27 g/j (mixtes) ; 0,30 g/j (mâles) et 0,25 g/j (femelles). La valeur observée chez les mâles est supérieure à celles des poissons en élevages mixte et femelle. La différence entre la croissance journalière des mâles et celle de l'élevage mixte n'est pas significative ($p > 0,05$). Par contre, une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre la croissance journalière des mâles et celle des femelles.

Pour ce qui concerne les hybrides F1A, la croissance journalière des mâles est de 0,40 g/j. Elle est plus élevée que celles des poissons en élevages mixte (0,30 g/j) et femelle (0,28 g/j). Seule la différence entre la croissance journalière de ces deux derniers types d'élevage (mixte et femelle) n'est pas significative ($p > 0,05$).

En considérant la croissance journalière des hybrides F1B, celle des individus de sexe mâle est de 0,36 g/j. Cette valeur est supérieure à celle des poissons en élevages mixte (0,29 g/j) et femelle (0,25 g/j). La différence entre la croissance journalière des mâles et celle des deux autres types d'élevage (femelle et mixte) est significative ($p < 0,05$). Cependant, il n'existe pas de différence significative ($p > 0,05$) entre ces deux derniers élevages.

Il ressort de toute ces observations que, la croissance journalière moyenne des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis* et des hybrides F1A et F1B est respectivement de 0,28 g/j ; 0,27 g/j ; 0,33 g/j et 0,30 g/j. La valeur la plus élevée a été obtenue chez les hybrides F1A et la plus basse chez *T. guineensis*. Lorsque la croissance journalière de chaque souche parentale est comparée à celle des hybrides, une différence significative ($p < 0,05$) est observée. La comparaison entre les valeurs de croissance journalière des hybrides F1A et F1B donne le même résultat.

❖ A partir de la présente étude, il apparaît que la croissance journalière des tilapias hybrides est supérieure à celle des espèces parentales. En phase de prégrossissement et de grossissement, les valeurs sont respectivement de 0,35 g et de 0,33 pour les hybrides F1A g et de 0,31 g et 0,30 g pour les F1B. Comme observée dans la présente investigation, une étude comparative entre *O. niloticus*, *O. macrochir* et de leurs hybrides [*O. niloticus* (femelle) × *O. macrochir* (mâle)] a montré une croissance plus intéressante chez ces derniers, comparée à celle des espèces parentales (MICHA *et al.*, 1996). De même, BEHRENDIS *et al.* (1982) indiquent que les hybrides (F1) issus du croisement entre *O. hornorum* et *O. mossambicus* ont de meilleurs taux de croissance, comparativement aux espèces parentales. D'autres auteurs à savoir, TOGUYENI *et al.* (1997) et SIDDIQUI & AL-HARBI (1995) ont cependant indiqué que les performances de croissance des hybrides pouvaient être comprises entre celles des espèces parentales croisées. Par ailleurs, d'après PHILIPPART & BERREBI (1990) et BARTLEY *et al.* (2000), des hybrides interspécifiques se sont montrés moins performants que les souches parentales. Ainsi, à la fin d'une expérience d'hybridation, OTUBUSIN (1988) indique que la croissance des hybrides [*Oreochromis niloticus* (femelle) × *Sarotherodon galilaeus* LINNAEUS, 1758 (mâle)] est inférieure à celle des espèces parentales dont ils sont issus. L'ensemble de ces travaux confirme les observations de VAN DER BANK (2000), qui indique l'existence d'une variabilité entre les performances de croissance des hybrides et celles de leurs parents. Cette variation pourrait être liée à des facteurs génétiques (BEHRENDIS *et al.*, 1982 ; SIDDIQUI & AL-HARBI, 1995). Selon VAN DER BANK (2000), ce phénomène s'expliquerait par : (1) l'augmentation du taux de mutation chez les hybrides, (2) l'action de nouvelles combinaisons alléliques, (3) l'expression ou non des allèles sous de nouvelles régulations et (4) la fixation des allèles récessives.

4.4. VITESSE INSTANTANEE DE CROISSANCE

Les pentes des courbes de tendance traduisant la relation entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen des souches parentales et des hybrides étudiés sont négatives. C'est-à-dire, la vitesse instantanée de croissance diminue lorsque le poids moyen augmente (Figure 39). Cette diminution a été observée aussi bien au cours des phases de prégrossissement et de grossissement, que lors des différents types d'élevage.

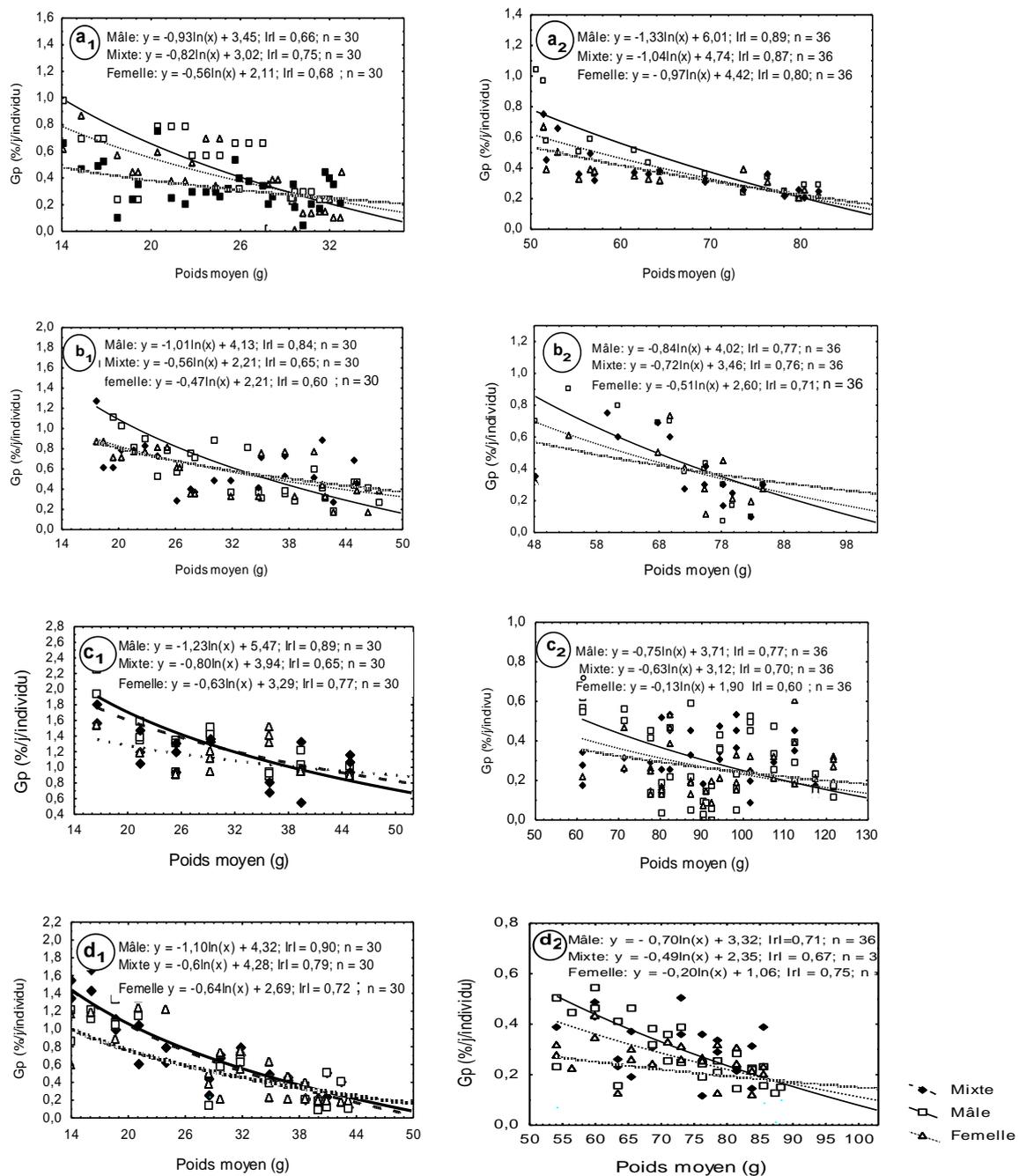


Figure 39. Evolution de la vitesse instantanée de croissance (%/j/individu) en fonction du poids moyen (g) de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et de leurs hybrides F1A et F1B au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I. a : *Tilapia zillii* ; b : *T. guineensis* ; c : hybrides F1A ; d : hybrides F1B ; indice 1 : prégrossissement et indice 2 : grossissement.

- Phase de prégrossissement :

Chez *Tilapia zillii*, l'étude de l'évolution de la vitesse instantanée de croissance en fonction du poids moyen (Figure 39 a₁) montre des coefficients de corrélation (r) respectifs de -0,66 ; -0,75 et -0,68 en élevages mâle, mixte et femelle. Les résultats de la régression linéaire permettent d'observer une liaison ($ddl = 28 ; p < 0,05$) entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen des *T. zillii*, quel que soit le type d'élevage (Ensemble des résultats en annexe VIIIa).

La même étude permet de noter chez *T. guineensis* (Figure 39 b₁), des coefficients de corrélation respectifs de -0,84 ; -0,65 et -0,60 dans les élevages mâle, mixte et femelle. Les valeurs de coefficient de corrélation indiquent une liaison ($ddl = 28 ; p < 0,05$) entre les deux paramètres étudiés.

Chez les hybrides F1A, l'étude de la relation entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen a permis d'obtenir (Figure 39 c₁) des coefficients de corrélation respectifs de -0,89 ; -0,65 et -0,77 en élevages mâle, mixte et femelle. Les résultats de la régression linéaire montrent également que, la vitesse instantanée de croissance dépend ($ddl = 28 ; p < 0,05$) du poids moyen des hybrides F1A, quel que soit le type d'élevage.

Pour ce concerne les hybrides F1B, des coefficients de corrélation respectifs de -0,90 ; -0,79 et -0,72 en élevages mâle, mixte et femelle ont été obtenus à partir de la même étude (Figure 39 d₁). Chez cette espèce, ces résultats permettent de noter, pour les différents types d'élevages, une liaison ($ddl = 28 ; p < 0,05$) entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen des hybrides étudiés.

Au cours de cette phase de prégrossissement, le point d'intersection entre les courbes traduisant l'évolution de la vitesse instantanée de croissance en fonction du poids moyen des poissons de sexe mâle, mixte et femelle a pour abscisse 33 g chez *T. zillii* et 35 g chez *T. guineensis*. Chez les hybrides F1A et F1B, ces points ont pour abscisses respectives 37 g et 40 g. Pour chaque espèce ou hybride étudié, la vitesse instantanée de croissance correspondant aux points d'intersections ci-dessus identifiés est la même quel que soit le type d'élevage (mâle, mixte ou femelle). Chez *T. zillii*, *T. guineensis* et les hybrides F1A, avant le point d'intersection, la vitesse instantanée de croissance des mâles est significativement supérieure

($p < 0,05$) à celle des femelles et des mixtes (ANOVA : ensemble des résultats en annexes VIIIc à VIII f). Chez les hybrides F1B, la vitesse instantanée des mâles coïncide avec celle des mixtes. Celles-ci sont significativement supérieures à celle des femelles ($p < 0,05$). Cette tendance s'inverse dans la deuxième section de chaque figure, après le point d'intersection. C'est-à-dire, la vitesse instantanée des femelles devient supérieure à celle des mixtes et des mâles.

- Phase de grossissement :

Chez les *Tilapia zillii* (Figure 39 a₂), des coefficients de corrélation de -0,89 ; -0,87 et -0,80 ont été obtenus respectivement en élevages mâle, mixte et femelle. L'étude de la relation entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen de *T. zillii* par la régression linéaire, montre une liaison ($ddl = 34 ; p < 0,05$) entre ces deux variables, quel que soit le type d'élevage (Ensemble des résultats en annexe VIII b).

L'étude de l'évolution de la vitesse instantanée de croissance en fonction du poids moyen de *Tilapia guineensis*, a permis d'obtenir (Figure 39 b₂) des coefficients de corrélation respectifs de -0,77 ; -0,76 et -0,71 en élevages mâle, mixte et femelle. L'analyse de régression linéaire, permet de noter, pour ces trois types d'élevage, l'existence d'un lien ($ddl = 34 ; p < 0,05$) entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen de *T. guineensis*.

Pour ce qui concerne les hybrides F1A, la même étude a été effectuée (Figure 39 c₂). Il en résulte des coefficients de corrélation de -0,77 ; -0,70 et -0,60 respectivement dans les élevages mâle, femelle et mixte. Quel que soit le type d'élevage, la vitesse instantanée de croissance dépend ($ddl = 34 ; p < 0,05$) du poids moyen des hybrides F1A.

Quant aux hybrides F1B (Figure 39 d₂), des coefficients de corrélation de -0,71 ; -0,67 et -0,75 ont été obtenus respectivement lors des élevages mâle, mixte et femelle. Pour ces trois types, l'étude de la relation entre la vitesse instantanée de croissance et le poids moyen montre l'existence d'un lien ($ddl = 34 ; p < 0,05$) entre ces deux paramètres.

En phase de grossissement, le point d'intersection entre les trois courbes traduisant l'évolution de la vitesse instantanée de croissance en fonction du poids moyen des poissons en élevages monosexes (mâle et femelle) et mixte a pour abscisse 80 g et 79 g respectivement

chez *T. zillii* et *T. guineensis*. Chez les hybrides F1A et F1B, ces points ont pour abscisses respectifs 105 g et 80 g. Pour chaque espèce ou hybride étudié, la vitesse instantanée de croissance correspondant aux points d'intersections ci-dessus identifiés est la même quel que soit le type d'élevage mâle, mixte ou femelle. En considérant les vitesses instantanées situées avant le point d'intersection, celles des mâles sont significativement supérieures à celles des femelles et des mixtes, quel que soit l'espèce ou l'hybride étudié ($p < 0,05$). Cette tendance s'inverse dans la deuxième section de chaque figure (après le point d'intersection). La vitesse instantanée des femelles devient supérieure à celle des mixtes et des mâles.

❖ Il ressort de la présente étude que, lors des élevages, aussi bien monosexes mâle, femelle que mixte, la vitesse instantanée de croissance des souches parentales et des hybrides tend à diminuer lorsque le poids moyen de ceux-ci augmente. Ces observations corroborent ceux de COCHE (1976) et MELARD (1986) obtenus chez *O. niloticus*. Selon ces auteurs, il existe chez le tilapia, une dépendance du poids corporel vis-à-vis de la vitesse instantanée de croissance. La vitesse de croissance tend à diminuer avec l'augmentation du poids donc avec l'âge. Selon WURTSBAUGH & DAVIS (1977), le poids du poisson agit sur le niveau métabolique mais aussi sur le taux maximum de consommation de nourriture. La taille du poisson pourrait aussi contrôler la synthèse des protéines et donc l'efficacité de la croissance (GERKING, 1971). HAINES (1973) indique également un déclin de la synthèse des protéines quand la taille du poisson croît.

4.5. RELATION LONGUEUR/POIDS ET FACTEUR DE CONDITION

4.5.1. Relation longueur/poids

L'évolution de la longueur standard en fonction du poids a été établie à partir de 5082 mesures dont 1170 chez *Tilapia zillii*, 1080 chez *T. guineensis*, 1482 chez les hybrides F1A et 1350 chez les F1B.

Chez *Tilapia zillii*, les valeurs du coefficient de corrélation sont de 0,97 en élevage mixte, 0,98 chez les mâles et 0,96 chez les femelles (Figure 40 a₁ ; a₂ et a₃). Ces coefficients indiquent une liaison significative ($ddl = 388$; $p < 0,05$) entre l'évolution de la longueur standard et celle du poids, quel que soit le type d'élevage (Annexe VIIIg). Cette espèce

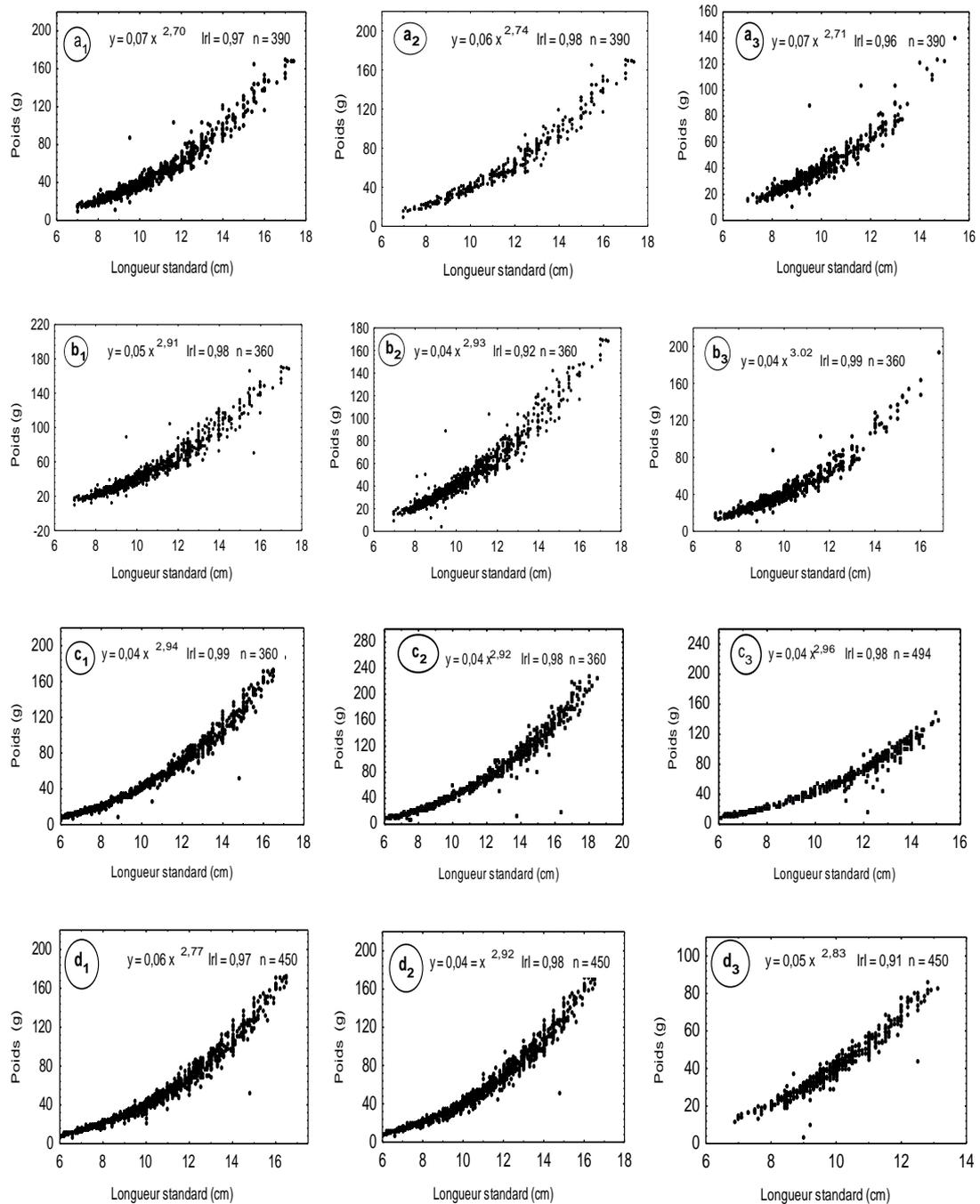


Figure 40. Relation entre la longueur standard ($5 \text{ cm} \leq LS \leq 18 \text{ cm}$) et le poids ($14,1 \text{ g} \leq LS \leq 180,2 \text{ g}$) de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en élevage en cages flottantes expérimentales installées sur le lac de barrage d'Ayamé I. r : coefficient de corrélation ; n : nombre de poissons mesurés. a : *Tilapia zillii* ; b : *T. guineensis* ; c : Hybrides F1A ; d : hybrides F1B. Indices 1 : mixte ; indice 2 : mâle ; indice 3 : femelle.

présente des coefficients d'allométrie de 2,70, 2,74 et 2,71 respectivement en élevages mixte, monosexes mâle et femelle.

Lors de l'élevage de *Tilapia guineensis*, des valeurs de coefficient de corrélation de 0,98, 0,92 et 0,99 ont été observées respectivement en élevages mixte, mâle et femelle. Elles traduisent ainsi une liaison forte ($ddl = 358$; $p < 0,05$ quel que soit l'élevage) entre l'évolution de la longueur standard et celle du poids. Les coefficients d'allométrie obtenus en élevages mixte, mâle et femelle de cette espèce sont respectivement de 2,91, 2,93 et 3,02 (Figure 40 b₁ ; b₂ et b₃).

Les différentes valeurs de coefficients de corrélation enregistrées en élevages mixte, mâle et femelle des hybrides F1A sont respectivement de 0,99, 0,98 et 0,98. Ces valeurs permettent de noter, quel que soit le type d'élevage, une liaison forte [$ddl = 358$, $p < 0,05$ (mixte et mâle) ; $ddl = 492$, $p < 0,05$ (femelle)] entre l'évolution de la longueur standard et celle du poids. Des coefficients d'allométrie respectifs de 2,94, 2,92 et 2,96 ont été obtenus en élevages mixte, mâle et femelle (Figure 40 c₁ ; c₂ et c₃).

En élevages mixte, mâle et femelle des hybrides F1B, des coefficients de corrélation respectifs de 0,97, 0,98 et 0,91 ont été enregistrés. L'étude de la relation entre l'évolution de la longueur standard et celle du poids permet de noter une liaison forte entre ces deux paramètres ($ddl = 448$; $p < 0,05$), quel que soit le type d'élevage. Le coefficient d'allométrie enregistré en élevage mixte est de 2,77, celui de l'élevage monosexé mâle de 2,92 et celui de l'élevage monosexé femelle de 2,83 (Figure 40 d₁ ; d₂ et d₃).

☐ Il ressort des équations des droites de régression que *T. zillii*, *T. guineensis* et les hybrides F1A et F1B ont une croissance en poids proportionnelle au cube de la longueur. Chez ces deux espèces et leurs hybrides réciproques, la croissance est donc isométrique (b voisin de 3).

4.5.2. Facteur de condition

- Phase de prégrossissement (Tableau XXIII) :

Chez *Tilapia zillii*, les valeurs de facteur de condition obtenues en élevages mixte,

mâle et femelle sont respectivement de 3,84 ; 3,69 et 3,99. La comparaison de l'ensemble de ces valeurs n'indique aucune différence significative ($p > 0,05$) [le résultat des comparaisons (ANOVA) est présenté en annexes IX a et IX b].

La valeur du facteur de condition enregistrée en élevage femelle de *Tilapia guineensis* est de 4,28. Elle est proche de celles des mâles (4,21) et des mixtes (4,19). Elles ne sont donc pas significativement différentes ($p > 0,05$) les unes des autres (ANOVA : résultats en annexe VII a et VII b).

Chez les hybrides F1A, le facteur de condition observé chez les mâles est de 4,76. Il est comparable à celui des poissons en élevages femelle (4,06) et mixte (4,63). Ces trois valeurs ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$).

Quant aux hybrides F1B, les valeurs de facteur de condition enregistrées lors des élevages mâle, mixte et femelle sont respectivement de 3,93, 3,97 et 4,04. Elles ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) les unes des autres au seuil de 0,05.

Il ressort de ces analyses qu'au cours de cette phase, le facteur de condition moyen enregistré chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et chez leurs hybrides F1A et F1B est respectivement de 3,84 ; 4,23 ; 4,48 et 3,98. Ce paramètre est élevé chez les hybrides F1A et bas chez les *T. zillii*. La différence observée entre le coefficient de condition des *T. zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B n'est pas significative ($p > 0,05$) d'après la comparaison de l'ensemble des valeurs par l'ANOVA.

- Phase de grossissement (Tableau XXIII) :

Le facteur de condition moyen observé en élevages mixte et femelle de *T. zillii* est de 3,71. Cette valeur est statistiquement comparable ($p > 0,05$) à celle notée lors de l'élevage mâle (3,52).

Chez *Tilapia guineensis*, les facteurs de condition moyens enregistrés en élevage mixte et femelle sont proches les uns des autres (respectivement 4,02 et 4,08). Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues en élevage mâle (3,96). La différence observée entre les facteurs de condition de ces trois types d'élevages n'est pas significative ($p > 0,05$).

Tableau XXIII. Facteurs de conditions moyens observés en phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d’Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). A l’exception des moyennes qui sont comparées entre elles, pour chaque phase et chaque type (mixte, mâle et femelle) d’élevage, les valeurs du tableau partageant au moins une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil 0,05 (ANOVA).

Lots	Elevages	Prégrossissement	Grossissement
<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	3,84 \pm 0,49 a	3,71 \pm 0,35 b
	Mâle	3,69 \pm 0,39 a	3,52 \pm 0,34 b
	Femelle	3,99 \pm 0,42 a	3,71 \pm 0,36 b
	Moyenne	3,84 \pm 0,50 a	3,64 \pm 0,40 b
<i>T. guineensis</i>	Mixte	4,19 \pm 0,35 a	4,02 \pm 0,40 c
	Mâle	4,21 \pm 0,30 a	3,96 \pm 0,32 c
	Femelle	4,28 \pm 0,32 a	4,08 \pm 0,19 c
	Moyenne	4,23 \pm 0,38 a	4,02 \pm 0,44 c
Hybride F1A	Mixte	4,63 \pm 0,25 a	4,53 \pm 1,88 a
	Mâle	4,76 \pm 0,56 a	4,66 \pm 0,48 a
	Femelle	4,06 \pm 0,40 a	4,05 \pm 0,40 a
	Moyenne	4,48 \pm 0,58 a	4,41 \pm 1,90 a
Hybride F1B	Mixte	3,97 \pm 0,33 a	3,85 \pm 0,48 a
	Mâle	3,93 \pm 0,31 a	3,81 \pm 0,38 a
	Femelle	4,04 \pm 0,34 a	4,04 \pm 0,89 a
	Moyenne	3,98 \pm 0,35 a	3,90 \pm 0,90 abc

Le facteur de condition moyen des hybrides F1A de sexe mâle est de 4,66. Il est statistiquement du même ordre de grandeur ($p > 0,05$) que celui des poissons en élevages femelle (4,05) et mixte (4,53).

Des facteurs de condition de 3,85 ; 3,81 et 4,04 ont été obtenus respectivement en élevage mâle, mixte et femelle des hybrides F1B. Ce paramètre varie peu d'un élevage à un autre. La différence entre l'ensemble de ces valeurs n'est pas significative ($p > 0,05$).

Il en résulte qu'au cours de cette phase de grossissement, le facteur de condition moyen enregistré chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B est respectivement de 3,64 ; 4,02 ; 4,41 et 3,90. Ce paramètre est élevé chez les hybrides F1A et bas chez les *T. zillii*. La différence observée entre le facteur de condition des *T. zillii* et des *T. guineensis* et entre ces deux espèces parentales et les hybrides F1A est significative ($p < 0,05$).

❖ Au cours de la présente étude, pour tous les types d'élevage, à savoir, mixte, mâle et femelle, le facteur de condition varie peu et se situe entre 3,64 et 4,48. Ces résultats ont été obtenus aussi bien avec les espèces parentales que les hybrides. Ces valeurs sont élevées, comparativement à celles obtenues par LEGENDRE (1986) chez *Tilapia guineensis* élevé en enclos. Chez cette espèce, le facteur de condition est estimé à 2,06. Selon cet auteur, il traduit des conditions d'élevage défavorables et provoque des modifications dans la stratégie de la reproduction de ces espèces. Selon STEFFENS (1989), ce paramètre est influencé par des facteurs exogènes tels que la nourriture et les caractéristiques physico-chimiques. Il serait également fonction des facteurs intrinsèques liés à la physiologie, à savoir, le développement sexuel et l'état d'amaigrissement. En outre, le facteur de condition peut être fonction de la biologie et de la génétique de chaque groupe d'individus. Au cours de la présente étude comparative effectuée en cages flottantes, les facteurs exogènes cités n'ont pas varié d'une espèce à une autre ou en fonction du type d'élevage mâle, femelle ou mixte. Les différences notées entre le facteur de condition de *T. zillii* de *T. guineensis* et des hybrides F1A en phase de grossissement peuvent être liées aux facteurs intrinsèques, confirmant ainsi les observations de STEFFENS (1989).

4.6. QUOTIENT NUTRITIF

- Phase de prégrossissement (Tableau XXIV)

Chez *Tilapia zillii*, le quotient nutritif de l'élevage mâle est de 8,92. Il est inférieur à celui des élevages mixte (12,68) et femelle (12,79). La différence observée entre les mâles et les deux autres types d'élevage (femelle et mixte) est significative ($p < 0,05$) [le résultat des comparaisons (ANOVA) est présenté en annexes Xa à Xe].

Des quotients nutritifs de 7,28 ; 6,05 et 8,27 ont été enregistrés respectivement en élevages mixte, mâle et femelle de *Tilapia guineensis*. Ce paramètre est bas chez les mâles et élevé chez les femelles. Les différences observées entre ces trois lots sont statistiquement significatives ($p < 0,05$).

Pour ce qui concerne le quotient nutritif des hybrides F1A, il est de 5,99 chez les mâles, de 7,12 chez les femelles et de 6,18 chez les mixtes. La différence entre les élevages mixte et mâle n'est pas significative ($p > 0,05$). Par contre, il existe une différence significative ($p < 0,05$) entre le quotient nutritif des femelles et celui des deux autres types d'élevages (mâle et mixte).

Quant au quotient nutritif des F1B, le plus élevé a été obtenu en élevage femelle (8,87) et le plus bas en élevage mâle (6,85). La différence entre ces élevages (mâle et femelle) est significative ($p < 0,05$).

Il en résulte que, des quotients nutritifs moyens respectifs de 11,46 ; 9,63 ; 6,43 et 7,83 ont été enregistrés chez les *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B. La valeur la plus élevée a été observée chez *T. zillii* et la plus basse chez les hybrides F1A. La différence entre le quotient nutritif des espèces parentales et celui des hybrides est significative ($p < 0,05$).

- Phase de grossissement (Tableau XXIV)

Chez *Tilapia zillii*, le quotient nutritif des mâles qui est de 7,98, est inférieur à celui des poissons en élevages mixte (11,59) et femelle (13,37). La comparaison de l'ensemble des

Tableau XXIV. Quotients nutritifs moyens observés au cours des phases de prégrossissement (14,1 à 50 g ; 140 jours) et de grossissement (50 à 145 g ; 168 jours) chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* et leurs hybrides F1A et F1B élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d’Ayamé I (\pm : écart type entre réplicats). A l’exception des moyennes qui sont comparées entre elles, pour chaque phase et chaque type (mixte, mâle et femelle) d’élevage, les valeurs du tableau partageant une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil 0,05 (ANOVA).

Lots	Elevages	Prégrossissement	Grossissement
<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	12,68 \pm 0,65 a	11,59 \pm 1,20 a
	Mâle	8,92 \pm 0,39 b	7,98 \pm 0,68 b
	Femelle	12,79 \pm 0,83 a	13,37 \pm 0,23 c
	Moyenne	11,46 \pm 0,92 a	10,98 \pm 1,23 a
<i>T. guineensis</i>	Mixte	7,28 \pm 1,67 c	9,12 \pm 0,75 c
	Mâle	6,05 \pm 1,00 d	8,40 \pm 0,33 b
	Femelle	8,27 \pm 2,25 b	10,27 \pm 0,67 c
	Moyenne	9,63 \pm 1,03 b	9,26 \pm 0,78 c
Hybride F1A	Mixte	6,18 \pm 0,25 d	9,04 \pm 1,57 c
	Mâle	5,99 \pm 0,45 d	7,15 \pm 1,08 b
	Femelle	7,12 \pm 0,34 c	11,04 \pm 0,38 a
	Moyenne	6,43 \pm 0,50 d	9,08 \pm 1,68 c
Hybride F1B	Mixte	7,76 \pm 0,29 c	11,23 \pm 0,72 a
	Mâle	6,85 \pm 1,65 d	8,97 \pm 0,06 b
	Femelle	8,87 \pm 0,11 c	12,35 \pm 0,23 a
	Moyenne	7,83 \pm 1,72 c	10,85 \pm 0,85 a

valeurs de quotient nutritif obtenues pour les différents types d'élevage, à savoir, mixte, mâle et femelle indique une différence significative ($p < 0,05$).

Ce paramètre a été étudié chez *Tilapia guineensis*. La valeur la plus élevée a été obtenue chez les femelles (10,27) et la plus faible chez les mâles (8,40). Une différence significative ($p < 0,05$) a été notée seulement entre le quotient nutritif des femelles et celui des mâles.

Lors de l'élevage des hybrides F1A, des quotients nutritifs de 9,04 ; 7,15 et 11,04 ont été enregistrés respectivement en élevages mixte, mâle et femelle. Ce paramètre est élevé chez les femelles et bas chez les mâles. La différence observée entre le quotient nutritif des élevages mâle, mixte et femelle est significative ($p < 0,05$).

Chez les hybrides F1B, le quotient nutritif est de 11,23 lors de l'élevage mixte. Il est de 8,97 chez les mâles et de 12,35 chez les femelles. Ce paramètre est le plus élevé chez ces dernières et le plus bas chez les mâles. La différence notée entre le quotient nutritif des mâles et celui des femelles est significative ($p < 0,05$), par contre, celle observée entre les mixtes et les femelles n'est pas significative ($p > 0,05$).

Il ressort de ces analyses, des quotients nutritifs moyens respectifs de 10,98 ; 9,26 ; 9,08 et 10,85 respectivement chez *Tilapia zillii*, *T. guineensis* ainsi que leurs hybrides F1A et F1B. La valeur la plus élevée a été notée avec *T. zillii* et la plus basse chez les hybrides F1A. La différence observée entre *T. zillii* et les hybrides F1B et entre *T. guineensis* et les hybrides F1A n'est pas significative ($p > 0,05$).

❖ La présente investigation fait apparaître chez les hybrides de premières génération, de faibles quotients nutritifs, donc appréciables, comparativement aux valeurs enregistrées chez les espèces parentales. Ces résultats sont comparables à ceux de DOUDET (1991) et de SIDDIQUI & AL-HARBI (1995), lors de croisements effectués entre *Oreochromis niloticus* et *O. aureus*. Le présent travail permet également de noter que le quotient nutritif des hybrides F1A est inférieur à celui des F1B, aussi bien en phases de prégrossissement que de grossissement. Ce qui traduit une meilleure conversion de l'aliment chez les hybrides F1A. Ces résultats suggèrent que le sens du croisement peut avoir un effet significatif positif sur le paramètre étudié.

Le quotient nutritif élevé enregistré chez *T. zillii* confirme les observations de MELARD & PHILIPPART (1982). Pour ces auteurs, ces poissons se nourrissent considérablement sans pour autant améliorer leur croissance. Ce comportement contribue à augmenter le taux de conversion de l'aliment.

Les meilleurs quotients nutritifs enregistrés dans cette étude ont été obtenus en phase de prégrossissement, c'est-à-dire, entre 14 g et 50 g. Selon COCHE (1982) et MELARD (1986), le rendement de la nourriture diminue à mesure que le poids des poissons augmente.

En considérant les différents types d'élevage, quels que soit les paramètres étudiés, les meilleurs résultats ont été notés au cours des élevages monosexes mâles. En effet, il a été enregistré chez ces derniers, une croissance journalière et une vitesse instantanée de croissance plus élevées que celle des mixtes et des femelles. Il a également été observé avec les mâles, un faible quotient nutritif, donc un rendement de l'aliment plus intéressant que celui des deux autres types. Cette différence de croissance en faveur des mâles, enregistrée aussi bien chez les espèces parentales qu'avec les hybrides, a été signalée chez *Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*, *Oreochromis mossambicus* et *O. niloticus* (BONDARI, 1982 ; COCHE, 1982 ; LEGENDRE, 1986 ; TOGUYENI *et al.*, 1997 ; TACON *et al.*, 2000 et MASSOU *et al.*, 2004). Selon RUWET *et al.* (1976), les différences notées entre les mâles et les femelles sont liées à l'existence d'un patron de croissance dépendant du sexe. En effet, TACON *et al.* (2000) et MASSOU *et al.* (2004) signalent que lors de la maturation sexuelle des mâles, il se produit une stimulation de la croissance par certaines hormones anabolisantes, que sont les stéroïdes sexuels, la thyroxine et les hormones de croissance. Tandis que chez les femelles, le poids corporel inférieur à celui des mâles, résulte d'une réorientation massive de l'énergie stockée vers le développement des gonades, à savoir, la construction de réserves vitellines. Puisque chez les tilapias, la taille des ovaires est selon PETERS (1971), très grande par rapport à celle des gonades mâles. Ce phénomène est couplé à un effet inhibiteur des fortes concentrations de stéroïdes sexuelles, contribuant ainsi au ralentissement de la croissance des femelles.

4.7. ETUDE DE L'EFFET D'HETEROSIS

Chez les hybrides F1A en phase de prégrossissement, l'heterosis est de -0,68 pour le taux de mortalité, de +0,84 pour la croissance journalière et de -0,39 pour le quotient nutritif (Tableau XXV). En phase de grossissement, il est de +0,20 pour la croissance journalière et

Tableau XXV. Effet d'heterosis observé pour le taux de mortalité, la croissance journalière et le quotient nutritif des tilapias hybrides F1A et F1B après 140 jours (phase de prégrossissement) et 168 jours (phase de grossissement) d'élevage. HA : heterosis des hybrides F1A ; HB : heterosis des hybrides F1B.

Phases	Paramètres	HA	HB
Prégrossissement	Tm	- 0,68 ± 0,06	- 0,27 ± 0,02
	Cj	+ 0,84 ± 0,06	+ 0,63 ± 0,04
	Qn	- 0,39 ± 0,12	- 0,26 ± 0,04
Grossissement	Tm	- 0,42 ± 0,29	- 0,43 ± 0,05
	Cj	+ 0,20 ± 0,06	+ 0,09 ± 0,02
	Qn	- 0,10 ± 0,02	+ 0,07 ± 0,01

respectivement de -0,42 et -0,10 pour le taux de mortalité et le quotient nutritif. L'heterosis le plus élevé est celui de la croissance journalière en phase de prégrossissement.

Chez les hybrides F1B, l'heterosis du taux de mortalité, du quotient nutritif et de la croissance journalière est respectivement de -0,27, -0,26 et +0,63 en phase de prégrossissement. En phase de grossissement, ce paramètre est de -0,43 pour le taux de mortalité. Il est de +0,09 et de +0,07 pour ce qui concerne respectivement la croissance journalière et le quotient nutritif.

☐ En considérant les valeurs absolues des différents paramètres étudiés, il en résulte que l'heterosis est plus élevé chez les tilapias hybrides F1A, comparativement aux hybrides F1B.

❖ Au cours des phases de prégrossissement et de grossissement, en considérant les valeurs absolues, l'heterosis du taux de mortalité, de la croissance journalière et du quotient nutritif est élevé chez les hybrides F1A. Cependant il est relativement faible dans l'ensemble. Un effet d'heterosis pour la croissance par hybridation interspécifique dans le genre *Oreochromis* a déjà été mis en évidence pour plusieurs croisements impliquant surtout l'espèce *O. niloticus* (PRUGININ, 1968 ; JALABERT *et al.*, 1974). En effet, après des études effectuées par MICHA *et al.* (1996), il apparaît, comme dans la présente étude, que les hybrides F1 (*O. niloticus* femelle x *O. macrochir* mâle) croissent plus vite que les souches *O. niloticus* et *O. macrochir* pures. Bien que l'heterosis soit relativement faible, cet auteur montre une vigueur d'autant plus nette que la femelle appartient à l'espèce à croissance plus rapide. L'effet contraire est observé chez les hybrides F1A produits au cours de la présente étude.

➤ Conclusion partielle

L'étude comparative effectuée, a permis d'indiquer les espèces parentales ou les tilapias hybrides les plus performants, pour chacun des paramètres étudiés, à savoir, le taux de survie, la croissance journalière la vitesse instantanée de croissance et le quotient nutritif. Il ressort que les taux de survie sont aussi élevés chez les hybrides F1A, F1B que chez *T. zillii*. Un gain de poids journalier et un quotient nutritif appréciables ont été notés chez les hybrides

F1A. Ces observations sont confirmées par l'étude de l'effet d'hétérosis, qui montre une vigueur, relativement notable chez ces hybrides. D'une façon générale, ces derniers sont donc zootechniquement plus performants que les hybrides F1B et les individus parentaux.

Dans l'optique de l'étude initiale des performances zootechniques, le chapitre suivant sera consacré à l'étude de la croissance dans deux structures d'élevages. Il s'agit des étangs en terre et des bassins en béton. Ce qui permettrait d'évaluer la structure d'élevage adaptée à une meilleure croissance. Pour la suite, du travail, ne seront pris en compte que les hybrides F1A de sexe mâle, puisque ces derniers se sont montrés les plus performants.

CHAPITRE V :

**CROISSANCE DES HYBRIDES F1A EN FONCTION DU
MILIEU D'ELEVAGE : BASSINS EN BETON ET ETANGS EN
TERRE (ESSAI 2)**

Une partie des résultats de ce chapitre a été publiée dans la revue *African Journal of Aquatic Science*.

NOBAH, C.S.K., KONE, T., N'DOUBA, V., SNOEKS, J., GOORE-BI, G. & KOUAMELAN, E.P. 2006. Comparative analysis of the aquaculture potential of hybrid *Tilapia zillii* (male) x *T. guineensis* (female) (Teleostei: Cichlidae) in floating cages, cement tanks and earth ponds. *African Journal of Aquatic Science*, **31** (2): 319–323

INTRODUCTION

Selon PICKERING (1993), les performances de croissance des poissons ne sont pas influencées que par leurs potentialités génétiques. Elles sont surtout liées à l'écologie de l'espèce utilisée. En effet, chez *Tilapia guineensis*, LEGENDRE (1986) montre que les paramètres de croissance sont optimisés par l'utilisation d'acadja-enclos, principalement en période de poussée planctonique. Pour la même durée d'élevage, MELARD (1986) et COCHE (1976) obtiennent des poids moyens variant en fonction des structures d'élevage que sont les étangs et les bassins.

Selon LEGENDRE (1986) et VANGA (2001), les tilapias en général sont très prisés par la population. De ce fait, connaissant l'importance numérique des hybrides du lac d'Ayamé I, il apparaît important d'identifier le type de structure qui sied à leur développement en condition élevage. Ces observations montrent que le choix du système d'élevage revêt une grande importance. Celui-ci doit tenir compte des facteurs tels que le coût de la réalisation et la facilité d'utilisation.

Pour répondre à cette préoccupation, ce chapitre se propose de réaliser une étude comparative des paramètres de croissance des tilapias hybrides F1A de sexe mâle, issus du croisement entre *Tilapia zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle) dans les bassins en béton et les étangs en terre. Il s'agit du taux de mortalité, de la croissance, du quotient nutritif et du coefficient de condition. Seront également étudiés les caractéristiques physico-chimiques de ces deux structures d'élevage.

5.1. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES

Une étude comparative a été effectuée entre les caractéristiques physico-chimiques des étangs et celles des bassins en béton. Les valeurs moyennes de la transparence sont de 286 mm dans les bassins en béton et de 207 mm en étang en terre. Elles ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$). En étang en terre, la température, le taux d'oxygène dissous et le pH sont respectivement de 31,19 °C, 7,93 mg/l et 8,26. Dans les bassins en béton, des valeurs respectives de 30,44 °C, 6,69 mg/l et 7,47 ont été enregistrées. Ces paramètres sont significativement plus élevés en étangs en terre qu'en bassins en béton. (ANOVA : ensemble des résultats en annexe XI).

❖ Il ressort de cette étude, des valeurs moyennes de transparence de 207 mm, relativement faibles dans les étangs. Selon DELINCE (1992), de pareils résultats traduiraient l'abondance de la matière organique tels que le plancton et les détritus. Ils seraient également la résultante du taux élevé de la matière minérale, à savoir la suspension du sédiment, du seston et du matériel non colloïdal dans ce milieu. La température et le taux d'oxygène dissous, estimés respectivement à 31,19 °C et 7,93 mg/l, ont été les plus élevés en étangs en terre. Dans la gamme optimale, il est connu qu'une augmentation de la température est favorable à la croissance. Ainsi, BOYD & TUCKER (1998) signalent que chez les espèces aquacoles, le taux de croissance augmente de 1,8 % à 3 %, lorsque la température augmente de 10 °C, entre 5 et 25 °C. GABILLARD *et al.* (2003, 2005) expliquent ce phénomène par le fait que les concentrations de substance hormonales, à savoir, la thyroxine et l'hormone de croissance connues pour favoriser la prise alimentaire, sont augmentées par la température. Ce qui peut induire, en plus d'une augmentation du métabolisme général, une amélioration du coefficient de conversion alimentaire. En ce qui concerne le taux d'oxygène, DELINCE (1992) estime qu'une sursaturation est favorable à la mise en place d'une forte communauté algale ou phytoplanctonique, contribuant à enrichir le milieu d'élevage. Dans les bassins en béton, de fortes fluctuations de ce taux ont été observées durant les essais. Il tombe parfois en dessous de la valeur optimale qui est de 3 mg/l, recommandée par RAPPAPORT *et al.* (1976) ; PHILIPPART & RUWET (1982) et MELARD (1986) pour l'élevage des tilapias. Ce qui contribuerait à retarder la croissance des hybrides évoluant dans ce milieu.

5.2. TAUX DE MORTALITE ET PARAMETRES DE CROISSANCE

5.2.1. Evolution du poids moyen en fonction du temps

Le poids moyen des hybrides augmente plus rapidement en étangs en terre qu'en bassins en béton (Figure 41). Après 233 jours d'élevage, ce paramètre est plus faible chez les individus maintenus en bassins en béton.

5.2.2. Taux de mortalité, croissance journalière, vitesse instantanée de croissance et quotient nutritif

Les poids moyens finaux de 45,23 g et 171,70 g ont été enregistrés respectivement dans les bassins en bétons et les étangs en terre (Tableau XXVI).

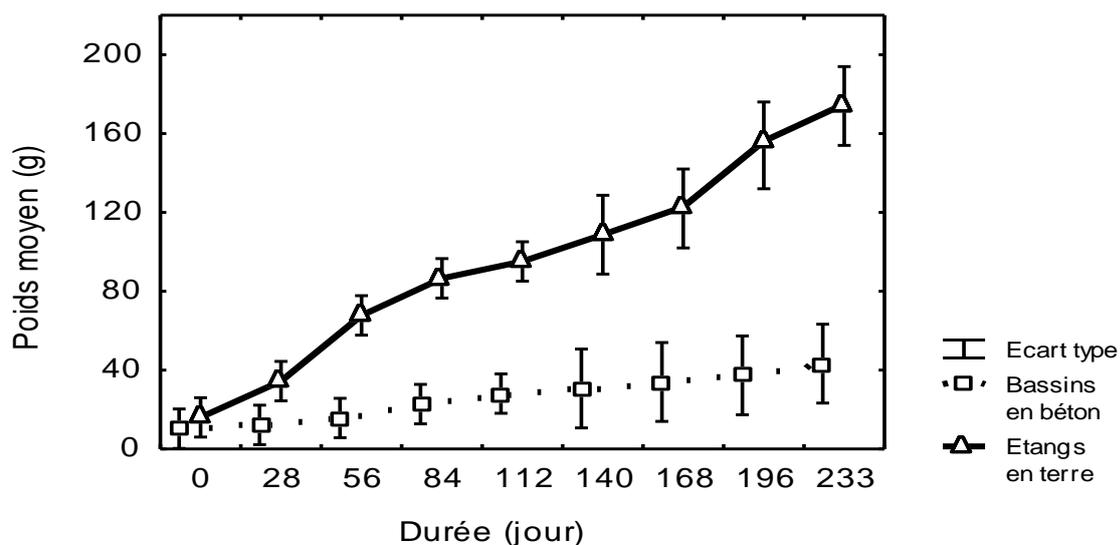


Figure 41. Evolution du poids moyen (poids moyen initial : 12,59 g) des tilapias hybrides F1A après 233 jours d'élevage dans les étangs en terre et les bassins en béton installés à la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso

Tableaux XXVI. Taux de mortalité (%), croissance journalière (g/j), vitesse instantanée de croissance et quotient nutritif des hybrides F1A de sexe mâle (poids moyen initial : 12,59 g) élevés en bassins en béton et en étangs en terre durant 233 jours (\pm : écart type entre les réplicats). Pour chaque ligne du tableau, les valeurs partageant une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil 0,05 (ANOVA ou χ^2).

Paramètres	Bassins en béton	Etangs en terre
Poids moyen initial (g)	12,12 \pm 0,12 a	12,76 \pm 0,56 a
Poids moyen final (g)	45,23 \pm 0,74 a	171,70 \pm 0,98 b
Taux de mortalité (%)	31,86 \pm 5,76 a	2,86 \pm 1,89 b
Croissance journalière (g/j)	0,15 \pm 0,09 a	0,74 \pm 0,34 b
Vitesse instantanée de croissance (%/j)	0,70 \pm 0,08 a	1,50 \pm 0,19 b
Quotient nutritif	10,28 \pm 0,77 a	5,42 \pm 0,33 b

Ce paramètre est élevé en étangs en terre et bas dans les bassins en béton. La différence observée entre les poids moyens finaux des différents systèmes d'élevage est significative ($p < 0,05$) (ANOVA : ensemble des résultats en annexe XII b).

Des taux de mortalité de 31,86 % en bassins en béton et de 2,86 % en étangs en terre ont été notés. La valeur la plus faible a été observée dans les étangs en terre et la plus forte dans le deuxième milieu d'élevage. La différence observée entre ces deux milieux d'élevage est statistiquement significative ($p < 0,05$) (test du Chi² : ensemble des résultats en annexe XII a).

La croissance journalière enregistrée en étangs en terre est plus élevée (0,74 g/j) que celle notée en bassins en béton (0,15 g/j). La comparaison des valeurs de croissances journalières montre une différence significative ($p < 0,05$) entre les deux systèmes d'élevage.

La vitesse instantanée de croissance des tilapias hybrides F1A est élevée en étangs (1,50 %/j) et basse en bassins en béton (0,70 %/j). La différence observée entre ces deux milieux d'élevage est significative ($p < 0,05$).

Des quotients nutritifs de 10,28 et 5,42 ont été obtenus. La valeur la plus forte a été observée en bassins en béton et la plus faible en étangs en terre. La différence observée entre les quotients nutritifs est statistiquement significative ($p < 0,05$).

❖ Dans cet essai, les meilleurs résultats concernant le taux de mortalité, la croissance et le quotient nutritif ont été obtenus en étang en terre. La croissance des hybrides F1A semble varier en fonction du système d'élevage. Tout comme ces hybrides, d'après les études effectuées par COCHE (1976) et MELARD (1986) chez *Oreochromis niloticus* de 20 g, après 200 jours d'élevage, le poids moyen final obtenu en étangs de 150 m² est de 650 g. Il est nettement plus élevé que celui des individus maintenus en bacs et en cages flottantes de 1 m³. Les valeurs sont respectivement de 300 g et de 150 g. Chez cette espèce, MELARD & PHILIPPART (1982) ont également enregistré une croissance journalière plus élevée en étangs (2,94 g/j) qu'en bacs (1,66 g/j). Quant à BREINE *et al.* (1996), ils observaient également des gains de poids journaliers d'alevins de *Tilapia cameroneensis* de 0,19 g/j, plus élevés en étangs qu'en bacs (0,09 g/j). Dans les étangs, on note une diversification de source d'aliment. Cet argument est étayé par les travaux de BOYD & TUCKER (1998). Ce dernier

avance qu'en réalité, la croissance des animaux en étangs en terre est tributaire de plusieurs sources d'aliments. Cette idée est renforcée par celle de SCHROEDER *et al.* (1990), selon qui, la nourriture naturelle disponible dans les étangs est importante et s'ajoute à l'aliment artificiel, contribuant à enrichir le régime alimentaire des poissons. En tenant compte de ces données, les poissons se développant dans les étangs, disposent d'une plus grande quantité d'aliment. Ceux-ci proviendraient des plantes se développant dans l'étang, ou de la matière organique telle que l'aliment artificiel, introduite dans ce biotope. Dans le milieu naturel, d'après ABDEL-MALEK (1972) et BUDDINGTON (1979), *Tilapia zillii* se nourrit de macrophytes ainsi que d'invertébrés benthiques. FAGADE (1971) estime que *T. guineensis* consomme des invertébrés également, mais surtout des algues et des débris. Les hybrides élevés en étang, semblent avoir hérité des qualités alimentaires génétiques des espèces parentales ci-dessus citées. Ce qui leur a permis de tirer profit aussi bien de la nourriture artificielle que de l'aliment naturel disponible en grande quantité dans les étangs en terre, optimisant ainsi leur croissance dans ce milieu.

En situation de confinement comme les bassins en béton, les poissons sont aussi capables de sécréter certains facteurs inhibiteurs biochimiques qui ont un effet défavorable sur le taux de croissance (HENDERSON-ARZAPALO *et al.*, 1980). En plus, le taux de mortalité qui est de 31,86 %, élevé dans ce milieu d'élevage, a contribué à réduire fortement la densité. Selon MELARD (1986), cette situation augmente la territorialité et l'agressivité. Ces deux interactions influencent négativement le taux de croissance et peuvent aussi être à la base d'un gaspillage de nourriture (ROBINSON & DOYLE, 1990 ; WATANABE *et al.*, 1990). Ceci se traduit dans la présente étude, par le quotient nutritif élevé, atteignant 10,28 chez les hybrides maintenus en bassins en béton. Les étangs se prêtent mieux à l'élevage des hybrides, eu égard aux conditions environnementales (physico-chimie et biologie) de ce milieu.

5.3. FACTEUR DE CONDITION

Les facteurs de condition enregistrés dans les bassins en béton et les étangs en terre sont respectivement de 3,75 et 4,33. La valeur la plus élevée a été observée en étangs en terre et la plus faible dans le deuxième milieu d'élevage. La différence observée entre ces deux valeurs est statistiquement significative ($p < 0,05$) (ANOVA : ensemble des résultats en annexe XIII).

❖ Au cours de la présente étude, le facteur de condition le plus élevé a été observé en étang. Les résultats obtenus corroborent ceux de STEFFENS (1989). Cet auteur estime que ce paramètre varie en fonction des conditions environnementales, du programme d'alimentation et de l'âge de l'espèce étudiée.

➤ **Conclusion partielle**

Comparativement à l'élevage en bassins en béton, les performances zootechniques des tilapias hybrides se développant dans les étangs en terre sont plus appréciables. Les caractéristiques physico-chimiques ainsi que l'écosystème aquatique de cette structure, concourent à l'amélioration du régime alimentaire des tilapias hybrides F1A. Il en découle l'obtention d'un meilleur rendement.

Après avoir étudié l'effet de deux structures d'élevage sur la croissance des tilapias hybrides F1A de sexe mâle, ces derniers seront soumis dans le chapitre suivant, à l'évaluation de l'influence de la densité de mise en charge sur leur développement.

CHAPITRE VI :
INFLUENCE DE LA DENSITE DE MISE EN CHARGE
SUR LA CROISSANCE DES HYBRIDES DE
PREMIERE GENERATION F1A (ESSAI 3)

Une partie des résultats de ce chapitre a été publiée dans la revue *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*.

NOBAH, C.S.K., KONE T., OUATTARA N.I., N'DOUBA V., SNOEKS J., GOORE BI G. & KOUAMELAN E.P. 2003. Résultats préliminaires de l'élevage en cage flottante d'un tilapia hybride : **densité de mise en charge**, taux de rationnement et mode de distribution de l'aliment. *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 27 (1 et 2) : 145-156

INTRODUCTION

Selon WOODS (2002), en aquaculture, le volume d'eau disponible pour chaque individu affecte la croissance des poissons. Ce paramètre, appelé densité de mise en charge, peut aussi altérer les interactions comportementales des poissons (BREINE *et al.*, 1996 ; BASKERVILLE-BRIDGES & KLING, 2000 ; WANG *et al.*, 2000 ; WOODS, 2002). D'après LEATHERLAND & CHO (1985) et BEVERIDGE & MC ANDREW (2000), chez une espèce donnée, la densité optimale de mise en charge est un facteur très important, conditionnant l'efficacité du système d'élevage.

Les espèces parentales *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ont fait l'objet de nombreuses études (MELARD & PHILIPPART, 1981, 1982 ; WOKOMA & MARIOGHAË, 1996) et particulièrement en Côte d'Ivoire (CISSE, 1986 ; LEGENDRE, 1986 ; LEGENDRE *et al.*, 1989 ; LEGENDRE, 1991). Contrairement aux individus parentaux, aucune donnée relative à l'effet de la densité de mise en charge sur la croissance des hybrides n'existe. Le présent chapitre tentera donc d'évaluer l'influence de la variation de cette densité sur un certain nombre de paramètres, à savoir, le gain de poids, la production, le taux de mortalité, le facteur de condition, le coefficient de variation et le quotient nutritif.

6.1. POIDS MOYEN FINAL, CROISSANCE JOURNALIERE, PRODUCTION ET TAUX DE MORTALITE

Pour les densités de mise en charge de 20 individus/m³ et de 100 individus/m³, les poids moyens finaux obtenus après 282 jours d'élevage sont respectivement de 150,41 g et de 128,41 g (Tableau XXVII). La comparaison des valeurs de ce paramètre permet de noter une différence significative ($p < 0,05$) entre les lots de faibles densités de mise en charge et ceux de fortes densités de mise en charge [les résultats des comparaisons (ANOVA) sont présentés en annexe XV].

L'étude de la relation entre la densité de mise en charge et le poids moyen final par l'analyse de régression linéaire, indique l'existence d'un lien entre ces deux variables ($r = -0,811$; $ddl = 10$; $p < 0,05$) (les résultats de la régression linéaire sont présentés en annexe XVI).

Tableau XXVII. Poids moyen final (g), croissance journalière (g/j), production (kg/m³/an) et taux de mortalité (%) en fonction de la densité de mise en charge des hybrides F1A de sexe mâle (poids moyen initial : 19,69 g) après 282 jours d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). Les valeurs d'une même ligne partageant une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil de 0,05.

D (individu/m ³)	20	50	100	150
Poids moyen initial (g)	19,2 \pm 1,59 a	19,6 \pm 1,19 a	19,7 \pm 0,06 a	20,2 \pm 4,49 a
Poids moyen final (g)	150,41 \pm 19,93 a	139,95 \pm 4,00 a	128,41 \pm 8,80 b	133,31 \pm 4,37c
Croissance journalière (g/j)	0,50 \pm 0,06 b	0,41 \pm 0,06 a	0,39 \pm 0,18 a	0,37 \pm 0,14 a
Production (kg/m³/an)	3,54 \pm 1,51 a	7,17 \pm 0,89 a	13,70 \pm 0,02 b	20,82 \pm 3,78 c
Taux de mortalité (%)	5,13 \pm 0,17 a	6,70 \pm 0,35 a	8,47 \pm 0,44 a	14,00 \pm 2,74 b

La plus faible valeur de croissance journalière est de 0,37 g/j. Elle a été notée à la densité de 150 individus/m³. La plus élevée qui est de 0,50 g/j a été enregistrée à celle de 20 individus/m³. Une différence significative ($p < 0,05$) a été observée entre la valeur de croissance journalière enregistrée à 20 individus/m³ et celles notées aux densités comprises entre 50 et 150 individus/m³.

Les résultats de la régression linéaire montrent que la croissance journalière dépend de la densité de mise en charge ($r = - 0,955$; $ddl = 10$; $p < 0,05$).

Concernant la production, la plus faible valeur qui est de 3,54 kg/m³/an a été enregistrée à la densité de 20 individus/m³ et la plus élevée (20,82 kg/m³/an) à celle de 150 individus/m³. Une différence significative ($p < 0,05$) a été notée lors de la comparaison de l'ensemble des valeurs de ce paramètre. Les valeurs de production enregistrées aux faibles densités, à savoir, 20 et 50 individus/m³, diffèrent significativement ($p < 0,05$) de celles obtenues aux fortes densités (100 et 150 individus/m³).

Les résultats de la régression linéaire permettent de noter une liaison ($r = 0,956$; $ddl = 10$; $p < 0,05$) entre la densité de mise en charge et la production.

Le taux de mortalité observé au cours de cette expérience a varié entre 5,13 % et 14,00 %. La valeur la plus faible a été enregistrée à la plus petite densité de mise en charge qui est de 20 individus/m³, tandis que la plus forte a été observée à la densité plus élevée. Toutefois, les différences observées ne sont significatives ($p < 0,05$) que lorsque le taux de mortalité obtenu à une densité de 150 individus/m³ est comparé aux trois autres densités à savoir, 20, 50 et 100 individus/m³. Le résultat des comparaisons (test du Chi²) est présenté en annexe XIV.

L'étude de la relation entre la variation de la densité de mise en charge et le taux de mortalité indique une liaison ($r = 0,961$; $ddl = 10$; $p < 0,05$) entre ces deux paramètres.

❖ Il ressort de la présente étude, l'existence d'une liaison entre la densité et le poids moyen final ainsi que la production. Le présent travail confirme les résultats de DELINCE (1992). D'après cet auteur, ces deux paramètres de croissance sont en relation directe avec la densité de mise en charge. L'élevage de *Oreochromis niloticus* en cages a montré que les densités les plus élevées (100 poissons/m³) permettaient d'atteindre les plus fortes productions (DAUNGSAWASDI *et al.*, 1986). Si la production augmente de façon significative en fonction de la densité, il est important de noter qu'en revanche, les poids moyens finaux des hybrides F1A diminuent lorsque la densité augmente. Ils sont de 150,41 g ;

139,95 g ; 128,41 g et 133,31 g, pour des densités respectives de 20, 50, 100 et 150 individus/m³. Des résultats similaires ont été obtenus chez *O. niloticus* par COCHE (1976) et EDWARD *et al.* (1981). Aussi, JARIMOPAS *et al.*, (1992) et HENGSAWAT *et al.* (1996) arrivent-ils à la conclusion selon laquelle les poids moyens finaux sont inversement proportionnels à la densité de mise en charge.

En considérant les croissances journalières de la présente étude, obtenues aux densités comprises entre 20 et 150 individus/m³, il apparaît une liaison entre ces deux paramètres. Ces observations sont similaires à celles de OUATTARA *et al.* (2003). Ces auteurs signalent une diminution de la croissance journalière qui passe de 0,32 g/j à 0,27 g/j lorsque la densité de la souche isolée de *S. melanotheron* augmente. De même, SURESH & LIN (1992) ont mentionné chez le tilapia rouge, une diminution de la croissance avec l'augmentation de la densité. Par contre, LEGENDRE (1986) et LEGENDRE *et al.* (1989) ont montré chez *S. melanotheron* élevé en cage enclos avec la même gamme de densités de mise en charge, qu'il n'y a pas de liaison significative entre l'évolution de la croissance journalière et celle de la densité.

Pour MELARD (1986), l'effet de la densité sur la croissance s'expliquerait par différentes voies qui interagissent. Dans la conception de cet auteur, lorsque la densité augmente, il se produit une diminution de la territorialité, des contacts interindividuels, de l'agressivité et de la compétition. Ensuite, lorsque le seuil de la densité optimale est dépassé, un développement du stress dû probablement à l'action de substances inhibitrices de la croissance est observé. Selon le même auteur, l'augmentation du nombre d'individus au delà de la densité optimale conduirait à une hausse des exigences énergétiques, avec pour conséquence une diminution de la croissance et de l'utilisation de l'aliment.

Pour ce qui concerne le taux de mortalité, la présente étude fait apparaître une liaison entre la densité de mise en charge et ce paramètre. Ce qui est contraire aux résultats obtenus par WATANABE *et al.* (1990) chez le tilapia rouge de Floride [*Oreochromis urolepis hornorum* (femelle) x *O. mossambicus* (mâle)]. Cet auteur indique que le taux de mortalité de cet hybride élevé en cages flottantes n'est nullement influencé par les densités comprises entre 100 individus/m³ et 300 individus/m³. De même, pour DAUNGSAWASDI *et al.* (1986), la mortalité des *O. niloticus* élevés en cages ne dépend pas de la densité de mise en charge. Toutefois, les observations faites dans la présente étude sont en accord avec les travaux de GALMAN (1987), LEGENDRE (1986), LEGENDRE *et al.* (1989) et OUATTARA *et al.* (2003). En effet aussi bien chez *Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron* de densités comprises entre 20 et 150 individus/m³ qu'avec le tilapia rouge (*O. niloticus* x *O. aureus* x *O.*

mossambicus) de charge variant entre 5,3 et 12,0 individus/m³, ces auteurs ont montré un accroissement du taux de mortalité avec l'augmentation de la densité. LEGENDRE (1986) signale que, lors de l'élevage de *S. melanotheron* et *T. guineensis* en cages enclos installées dans le milieu lagunaire, le plus fort taux de mortalité qui est de 24,70 % a été obtenu à la densité de 150 individus/m³. Chez les tilapias hybrides étudiés, l'augmentation de la mortalité lorsque la densité augmente, pourrait s'expliquer par le développement du stress dû au confinement.

6.2. FACTEUR DE CONDITION, COEFFICIENT DE VARIATION ET QUOTIENT NUTRITIF

Les facteurs de condition de 4,06 ; 4,13 ; 4,01 et 4,07 ont été obtenus aux densités respectives de 20, 50, 100 et 150 individus/m³ (tableau XXVIII). La comparaison de l'ensemble des valeurs montre que ces valeurs enregistrés aux densités testées ne sont pas significativement différentes ($p > 0,05$) les uns des autres (Annexe XV).

L'étude de la corrélation entre la densité de mise en charge et le facteur de condition permet de noter qu'il n'existe pas de liaison ($r = 0,285$; $ddl = 10$; $p > 0,05$) entre ces deux variables (Annexe XVI).

Le coefficient de variation le plus bas est de 5,94 %. Il a été enregistré à la densité de 20 individus/m³ et le plus élevé (13,86 %) à 150 individus/m³ (tableau XXVIII). Une différence significative (Chi^2 ; $p < 0,05$) n'a été observée qu'entre le coefficient de variation enregistré au deux densités extrêmes, à savoir 20 individus/m³ et 150 individus/m³ (Annexe XVII).

L'étude de la relation entre la densité de mise en charge et le coefficient de variation a permis de noter l'existence d'une liaison ($r = 0,911$; $ddl = 10$; $p < 0,05$) entre ces deux paramètres (Annexe XVI).

Les valeurs de quotient nutritif enregistrées au cours de cette étude sont comprises entre 7,50 et 8,79 (tableau XXVIII). L'analyse de variance prenant en compte l'ensemble des valeurs de quotients nutritifs n'indique aucune différence significative ($p > 0,05$) (Annexe XV).

L'étude de la relation entre la densité et le quotient nutritif indique cependant une liaison entre ces deux variables ($r = 0,857$; $ddl = 10$; $p < 0,05$) (Annexe XVI).

Tableau XXVIII. Facteur de condition, coefficient de variation (%) et quotient nutritif en fonction de la densité de mise en charge des hybrides F1A mâles (poids moyen initial : 19,69 g) après 282 jours d'élevage en cages flottantes expérimentales dans le lac de barrage d'Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). Les valeurs d'une même ligne partageant une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil de 0,05.

D (individu/m ³)	20	50	100	150
Coefficient de condition	4,06 \pm 0,26 a	4,13 \pm 0,81 a	4,01 \pm 0,32 a	4,07 \pm 0,39 a
Coefficient de variation (%)	5,94 \pm 1,59 a	11,75 \pm 2,50 ab	11,10 \pm 2,23 ab	13,86 \pm 2,79 b
Quotient nutritif	7,50 \pm 0,45 a	8,29 \pm 0,36 a	8,79 \pm 0,31 a	8,53 \pm 0,01 a

❖ D'après la présente étude, il n'existe pas de liaison entre l'évolution du facteur de condition des hybrides F1A et la densité de mise en charge. Des résultats similaires ont été obtenus par OUATTARA *et al.* (2003) chez les souches isolées et lagunaires de *Sarotherodon melanotheron*.

Pour ce qui concerne le coefficient de variation, la présente étude montre que ce paramètre dépend de la densité de mise en charge. Cette assertion est contraire aux résultats de OUATTARA *et al.* (2003). Ces auteurs n'observent pas de variation de ce coefficient lorsque la densité augmente. La liaison observée entre ces deux paramètres dans le présent travail peut résulter de l'agressivité et de la compétition des hybrides F1A étudiés. De ce fait, les poissons de plus grande taille se nourrissent aisément tout en empêchant l'accès à la nourriture aux poissons de petite taille.

Une liaison entre le quotient nutritif et la densité de mise en charge des hybrides F1A a été notée dans la présente étude. ANDREWS *et al.* (1971), STICKNEY *et al.* (1972) et ALLEN (1974) expliquent l'augmentation du quotient nutritif en fonction de la densité par la réduction du taux d'oxygène disponible et le développement d'une situation de stress conduisant à une hausse des exigences énergétiques. Selon LEATHERLAND & CHO (1985), il s'en suit une diminution de la croissance associée à une forte consommation de l'aliment. Dans ce cas, il apparaît évident que l'aliment distribué est utilisé pour couvrir les besoins énergétiques au lieu d'améliorer la croissance pondérale.

➤ Conclusion partielle

Suite au suivi de la croissance en fonction de la densité de mise en charge variant entre 20 et 150 individus/m³, les résultats sont appréciables, pour les densités de 20 individus/m³. Il est à noter que ceux-ci concernent les paramètres étudiés à savoir, la croissance journalière qui est de 0,50 g/j, le quotient nutritif de 7,50 et le coefficient de variation de 5,94 %. Cette étude a également montrée que les densités élevées provoquent un confinement qui a pour corollaire, un développement du stress et une hausse des exigences énergétiques. Ceci a pour conséquence une baisse de la croissance pondérale. La variation de la densité de mise en charge a contribué à optimiser le potentiel aquacole des hybrides F1A.

Dans les chapitres précédents, ont été étudiés, tous les paramètres de croissance, liés à l'alimentation ou non. La suite de cette investigation sera consacrée aux paramètres spécifiques à l'alimentation des hybrides F1A.

CHAPITRE VII :
RATION ALIMENTAIRE SPECIFIQUE DES
HYBRIDES DE PREMIERE GENERATION F1A
(ESSAI 4)

Une partie des résultats de ce chapitre a été publiée dans la revue *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*.

NOBAH, C.S.K., KONE T., OUATTARA N., N'DOUBA V., SNOEKS J., GOORE BI G. & KOUAMÉLAN E.P. 2003. Résultats préliminaires de l'élevage en cage flottante d'un tilapia hybride : densité de mise en charge, **taux de rationnement** et mode de distribution de l'aliment. *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 27 (1) : 145-156

INTRODUCTION

Selon FAURE & LABBE (1999) et GUILLAUME *et al.* (1999), les besoins du poisson en aliments sont déterminés par des facteurs liés à l'animal, à savoir, l'espèce, la souche, la taille, le stade de développement et l'état physiologique. Ils sont également fonction de certaines caractéristiques du milieu tels que la température et l'oxygène.

La pratique de l'alimentation des poissons présente des difficultés particulières pour trois raisons principales (FAURE & LABBE, 1999) :

- la difficulté de voir si tout l'aliment distribué est effectivement ingéré ;
- les pertes liées au gaspillage de l'aliment entraînant la détérioration du milieu d'élevage et la pollution de l'environnement aquatique proche ;
- l'adaptation de la température du milieu à la ration distribuée.

La quantité d'aliment allouée doit donc être ajustée aux besoins supposés du poisson à un instant donné : c'est le rationnement alimentaire (FAURE & LABBE, 1999).

Si certains auteurs tels que COCHE (1976) et LEGENDRE (1986) ont adopté des rations alimentaires fixes au cours de l'élevage des poissons, d'autres par contre comme MELARD & PHILIPPART (1981) ; MELARD (1986) et KAUSHIK & CUZON (1999), ont montré l'importance d'établir des tables de rationnement spécifiques. Contrairement aux taux fixes, les formules de rationnement permettent un rationnement continu directement lié à l'évolution journalière du poids des poissons (MELARD, 1986).

Pour mesurer l'ingéré volontaire ou degré d'acceptation de l'aliment, la distribution manuelle de la nourriture jusqu'à satiété est souvent employée. Le principal avantage de cette méthode est la possibilité d'évaluer directement l'appétit des poissons et d'ajuster ainsi le rationnement (BEVERIDGE, 1996). Cette mesure, simple en apparence, est cependant fortement influencée par la perception propre de l'expérimentateur (GUILLAUME *et al.*, 1999). Une méthode tout aussi objective est l'analyse de la réplétion stomacale des poissons (LEGENDRE, 1996).

Dans ce travail, après avoir déterminé une ration alimentaire adaptée aux besoins des hybrides F1A mixtes, le degré d'acceptation de l'aliment commercial par ces derniers sera étudié.

7.1. DETERMINATION D'UNE RATION ALIMENTAIRE SPECIFIQUE DES HYBRIDES

Il est question dans ce paragraphe, de déterminer les rations de maintenance, optimale et maximale encore appelées rations types.

7.1.1. Rations de maintenance, optimale et maximale

A l'issue de 14 jours d'élevage des tilapias hybrides F1A de poids moyens intermédiaires de 9,09 g ; 27,94 g ; 66,11 g ; 138,28 g et 172,68 g, les rations types ont été déterminées (Figure 42). Les rations alimentaires de maintenance (R.MT) pour lesquelles la vitesse instantanée de croissance est nulle sont respectivement de 2,40 % ; 2,30 % ; 1,25 % ; 1,00 % et 0,85 %. Les rations optimales (R.OP) sont respectivement de 7,00 % ; 6,00 % ; 3,75 % ; 3,25 % et 2,50 %. Elles correspondent au point d'intersection entre la tangente passant par le point de coordonnées (0,0) et la courbe de variation de la vitesse instantanée de croissance en fonction de la ration alimentaire. Les rations maximales (R.MX) quand à elles, correspondent aux vitesses instantanées de croissance les plus élevées. Elles sont respectivement de 13,00 % ; 9,00 % ; 6,00 % ; 5,50 % et 4,12 % (la matrice permettant de réaliser ces différentes courbes est présentée en annexe XVIII).

7.1.2. Equation de rationnement

La relation entre les rations optimales, maximales et de maintenance déduites de la figure 41 et le poids moyen des hybrides F1A a été étudiée (Figure 43). Il en résulte que la ration alimentaire diminue avec l'augmentation du poids moyen. La relation entre ces variables est définie par une équation de type $Y = aX^b$ ou Ration alimentaire = a (poids moyen)^b :

$$\text{R.MT. (\%)} = 6,289 P^{-0,375} \quad r^2 = 0,91 \quad n = 15$$

$$\text{R.OP (\%)} = 16,228 P^{-0,342} \quad r^2 = 0,94 \quad n = 15$$

$$\text{R.MX (\%)} = 30,639 P^{-0,380} \quad r^2 = 0,98 \quad n = 15$$

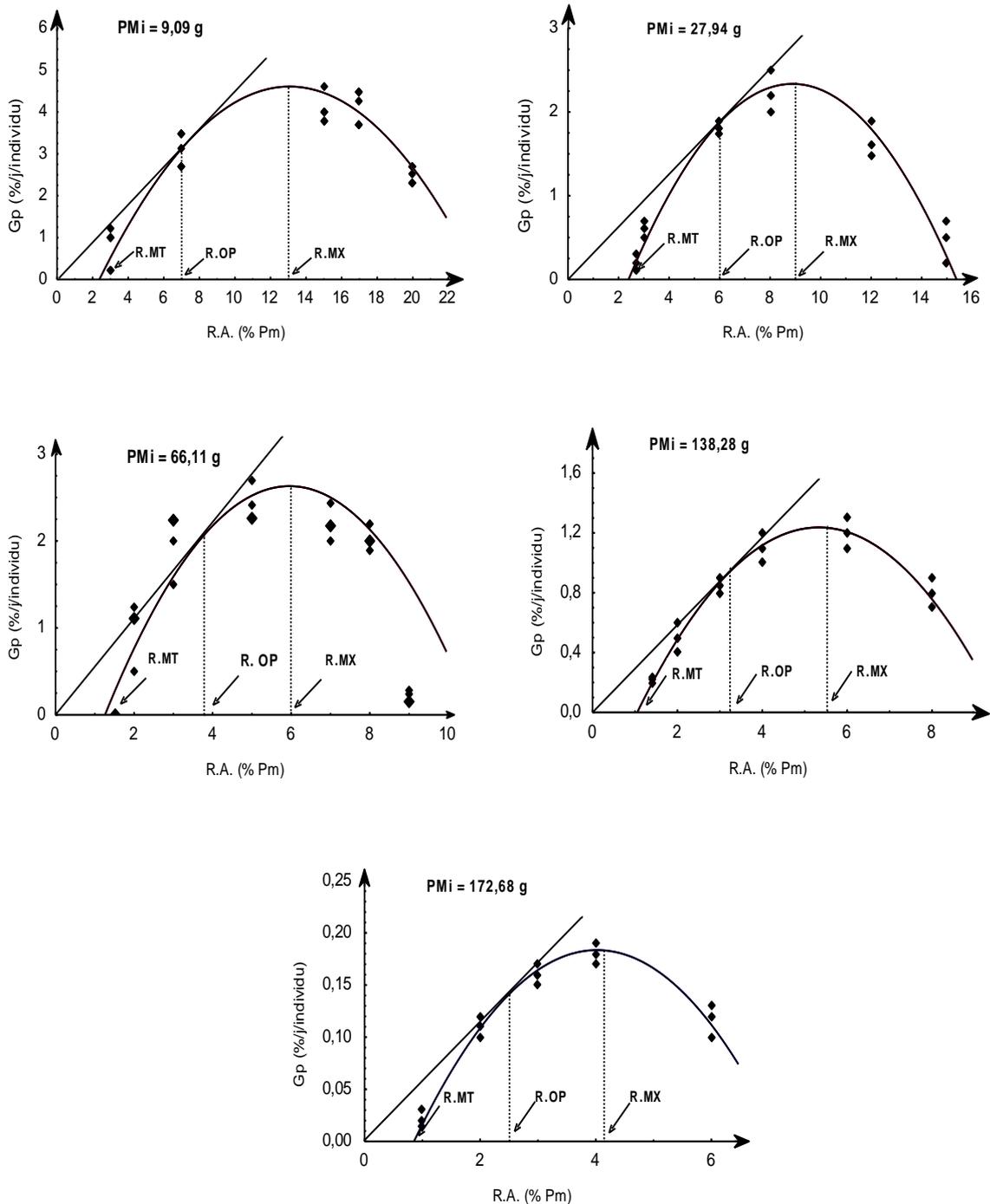


Figure 42. Variation de la vitesse instantanée de croissance (Gp) en fonction de la ration alimentaire et du poids moyen intermédiaire des tilapias hybrides F1A [*Tilapia zillii* (mâle) × *T. guineensis* (femelle)] mixtes en cages flottantes. PMi = poids moyen intermédiaire ; Gp = vitesse instantanée de croissance ; R.A. = ration alimentaire ; R.MT = ration de maintenance ; R.OP = ration optimale ; R.MX = ration maximale ; nombre de poissons évalués pour chaque graphique = 300 ; Température : 28,2 à 32,7 °C ; taux d'oxygène dissous : 5,2 à 8,1 mg/l.

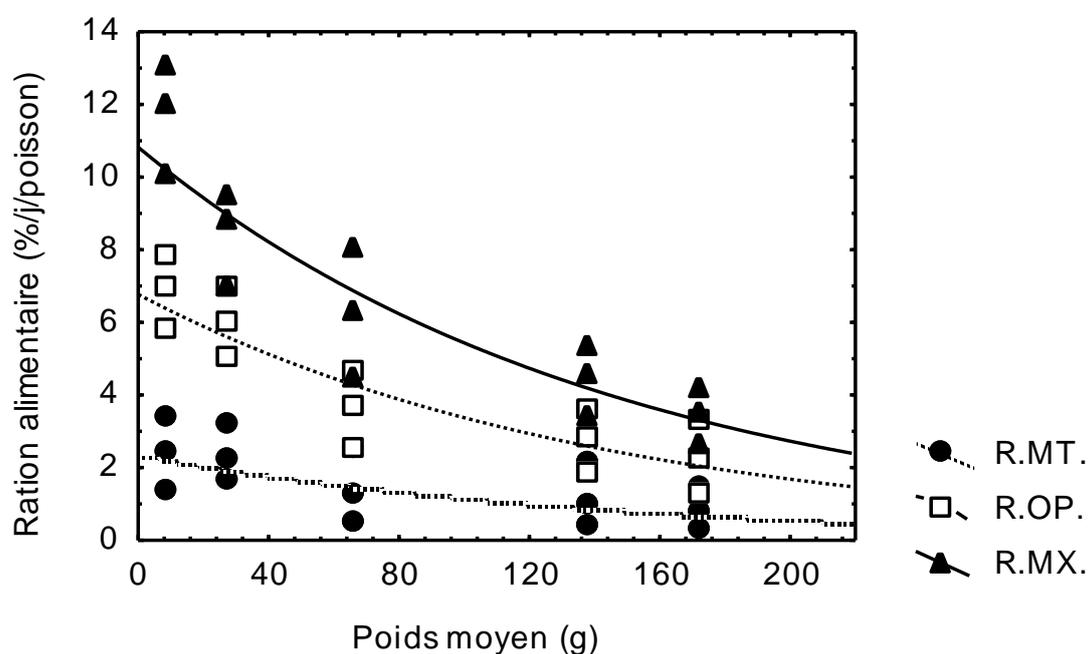


Figure 43. Variation de la ration alimentaire en fonction du poids moyen des hybrides F1A élevés en cages flottantes dans le lac de barrage d’Ayamé I (R.MT : ration de maintenance ; R.OP : ration optimale ; R.MX : ration maximale). Température : 28,2 à 32,7 °C ; taux d’oxygène dissous : 5,2 à 8,1 mg/l.

❖ La relation entre la vitesse instantanée de croissance et la ration alimentaire des tilapias hybrides fait apparaître trois niveaux importants de rationnement ou rations types, définis par MELARD (1986). Il s'agit de la ration optimale (R.OP (%) = $16,228 P^{-0,342}$), de la ration maximale (R.MA (%) = $30,639 P^{-0,380}$) et de la ration de maintenance (R.MT. (%) = $6,289 P^{-0,375}$). La diminution des rations types (%), lorsque le poids corporel augmente, a été observée par HOGENDOORN *et al.* (1983) et MELARD (1986). Pour ces auteurs, ce phénomène résulte de la réduction du métabolisme et donc des besoins de maintenance avec l'accroissement de la taille du poisson.

Chez *Oreochromis niloticus*, pour un poids corporel de 10 g, les rations de maintenance, optimale et maximale sont respectivement de 1,30 , 4,40 et 9,30 %/j (MELARD, 1986). Celles déduites de la présente étude, chez les hybrides de même poids moyen, sont de R.MT.=2,70 ; R.OP.= 7,50 et R.MX.=12,70. Ces valeurs sont, d'une manière générale, supérieures à celles de cet auteur. Chez *S. melanotheron*, la formule de rationnement élaborée par OUATTARA (2004) à une température variant entre 28,2 et 32,7°C permet d'obtenir des taux de rationnement maximum de 19,77 % pour des poissons de 10 g. Ils sont plus élevés que ceux notés chez les tilapias hybrides F1A. Pour ce dernier auteur, les inconvénients liés à l'utilisation du distributeur à pendule expliquent le taux de rationnement élevé. Il s'agit du déclenchement du mouvement du pendule par les vagues et les courants induisant un gaspillage de l'aliment. MELARD (1986) note que la différence observée entre les rations alimentaires, traduit des variations interspécifiques du métabolisme. Ces fluctuations s'expriment par le fait que les potentialités de croissance d'*O. niloticus* sont supérieures à celles des hybrides étudiés. La variabilité de la ration alimentaire entre les espèces ci-dessus citées, peut aussi être imputée au taux de protéine contenu dans l'aliment, aux conditions et aux structures d'élevage utilisées.

7.2. ÉTUDE DE LA CROISSANCE JOURNALIÈRE ET DU QUOTIENT NUTRITIF A PARTIR DE LA RATION MAXIMALE

7.2.1. Croissance journalière

Une étude comparative de la croissance journalière obtenue à partir de deux formules de rationnement maximum a été réalisée. L'une (R.MX (%) = $30,639 P^{-0,380}$) est spécifique

des hybrides F1A et l'autre (R.MX. (g) = 0,192. P^{0,685}) est déduite par MELARD (1986) (Tableau XXIX).

Pour des poids moyens intermédiaires de 9,09 g ; 27,94 g ; 66,11 g ; 138,28 g et 172,68 g, la croissance journalière obtenue à partir du taux de rationnement spécifique des hybrides est comprise entre 0,69 g/j et 1,02 g/j. Celles notées avec la formule de rationnement de MELARD (1986) varient quant à elles entre 0,42 g/j et 0,56 g/j. Quel que soit le poids moyen intermédiaire, la croissance journalière obtenue à partir de la formule de rationnement spécifique des hybrides F1A est plus élevée, comparativement à celle enregistrée avec la formule de MELARD (1986).

❖ La croissance journalière des hybrides F1A, obtenue avec la ration maximale, déduite de la présente étude est comprise entre 0,69 g/j et 1,02 g/j. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues chez cette même population, nourrie avec la ration alimentaire déterminée par MELARD (1986). Elles se situent entre 0,42 g/j et 0,56 g/j. Des résultats similaires ont été enregistrés par OUATTARA (2004) chez *S. melanotheron*. En effet, en utilisant un taux de rationnement spécifique des *S. melanotheron*, cet auteur a noté des croissances journalières meilleures à celles obtenues lors de l'utilisation de la formule de rationnement de MELARD (1986). Pour une espèce, un aliment et dans des conditions d'élevage données, la croissance des espèces piscicoles dépend de la ration alimentaire des poissons (GUILLAUME *et al.*, 1999). Cette étude montre clairement que la croissance varie en fonction du niveau de rationnement. Dans un objectif économique, à but lucratif, cette étude permet de minimiser ou de maximiser la croissance (CHO, 1992).

7.2.2. Quotient nutritif

A partir de poids moyens intermédiaires de 9,09 g ; 27,94 g ; 66,11 g ; 138,28 g et 172,68 g, des quotients nutritifs respectifs de 7,72 ; 8,02 ; 8,55 ; 8,46 et 8,66 ont été obtenus (Tableau XXX). Les valeurs de ce paramètre ont très peu varié d'un poids moyen intermédiaire à un autre.

Le quotient nutritif le plus bas (7,72) a été obtenu chez les individus de 9,09 g et le plus élevé (8,66) chez les poissons de 172,68 g.

Tableau XXIX. Effet de deux niveaux de rationnement [R.MX(a) : spécifique des hybrides F1A et R.MX(b) : déduit par Mélard (1986)] sur la croissance journalière des tilapias hybrides F1A. R.MX : Ration maximale ; PMi : poids moyen intermédiaire ; Cj : croissance journalière.

PMi (g)	R.M.X(a) (%)	Cj (g/j)	R.M.X(b) (%)	Cj (g/j)
9,09	13,24	0,78 ± 0,12	9,63	0,45 ± 0,08
27,94	8,64	0,88 ± 0,09	6,76	0,42 ± 0,17
66,11	6,23	0,69 ± 0,18	5,15	0,51 ± 0,11
138,28	4,71	1,02 ± 0,21	4,09	0,54 ± 0,06
172,68	4,33	0,79 ± 0,15	3,81	0,56 ± 0,16

Tableau XXX. Quotients nutritifs déterminés à partir de la formule de rationnement spécifique des hybrides F1A élevés en cages flottantes dans lac de barrage d’Ayamé I (R.MX (%) = $30,639 P^{-0,380}$). R.MX : Ration maximale ; PMi : poids moyen intermédiaire ; Qn : quotient nutritif.

PMi (g)	R.M.X (%)	Qn
9,09	13,24	7,72 ± 0,82
27,94	8,64	8,02 ± 0,49
66,11	6,23	8,55 ± 0,15
138,28	4,71	8,42 ± 0,61
172,68	4,33	8,66 ± 0,19

❖ Le quotient nutritif compris entre 7,72 et 8,66, noté dans la présente étude, est comparable à celui obtenu dans les chapitres précédents (entre 7,50 et 8,00) avec la ration alimentaire déterminée par MELARD (1986). Selon DELINCE (1992), l'efficacité de la transformation de l'aliment artificiel dépend de la qualité et de la quantité de l'aliment consommé, exprimé par le quotient nutritif. En condition d'élevage, la consommation d'aliment détermine le poids final que peut atteindre un poisson. Si la quantité d'aliment consommé est très faible, l'écart entre les besoins de maintenance et de croissance devient défavorable pour un gain de poids (STEFFENS, 1989).

7.3. EVALUATION DE L'INGERE VOLONTAIRE CHEZ LES HYBRIDES

Chez les hybrides ayant reçu de l'aliment, 79 % ont un coefficient de réplétion élevé, variant entre 0,90 et 2,00 tandis que 0 % à 9 % ont un bas coefficient de réplétion (entre 0,10 et 0,70) (Figure 44). De faibles coefficients de réplétion (0,10 et 0,70) ont été notés chez 17 % à 39 % d'hybrides non nourris. Cependant, le coefficient de réplétion est élevé (0,70 à 2) pour seulement 3 % à 9 % d'hybrides à jeun.

❖ L'étude de la réplétion quantitative montre que 70 % des hybrides nourris avec l'aliment commercial ont un coefficient de réplétion élevé, compris entre 0,90 et 2. Ces valeurs traduisent des estomacs pleins. Contrairement aux résultats obtenus, LEGENDRE (1986) a montré que, chez *Tilapia guineensis* en cage-enclos, la proportion de poissons nourris, chez lesquels l'indice de réplétion était élevé n'excédait pas 34 %. Selon cet auteur, de tels résultats traduisent la perte d'une quantité importante de l'aliment lors de sa distribution. La ration alimentaire des hybrides étudiés est la ration maximale déterminée dans ce chapitre à partir de la courbe de rationnement. Cette ration spécifique des hybrides semble contribuer à améliorer l'ingestion volontaire des granulés distribués à ces derniers. Pour ALI (1992) et BOUJARD (1994), les facteurs de variation de l'ingestion volontaire sont nombreux et de nature très diverse. Il s'agit de la température, la caractéristique chimique de l'eau et le stress des poissons. Ces paramètres induisent des réponses tout aussi diverses, qu'il s'agisse du rejet de l'aliment, de l'arrêt momentané de l'ingestion, de l'hypophagie ou de l'hyperphagie. Au cours de la présente étude, les indices de réplétion des estomacs d'hybrides à jeun pendant

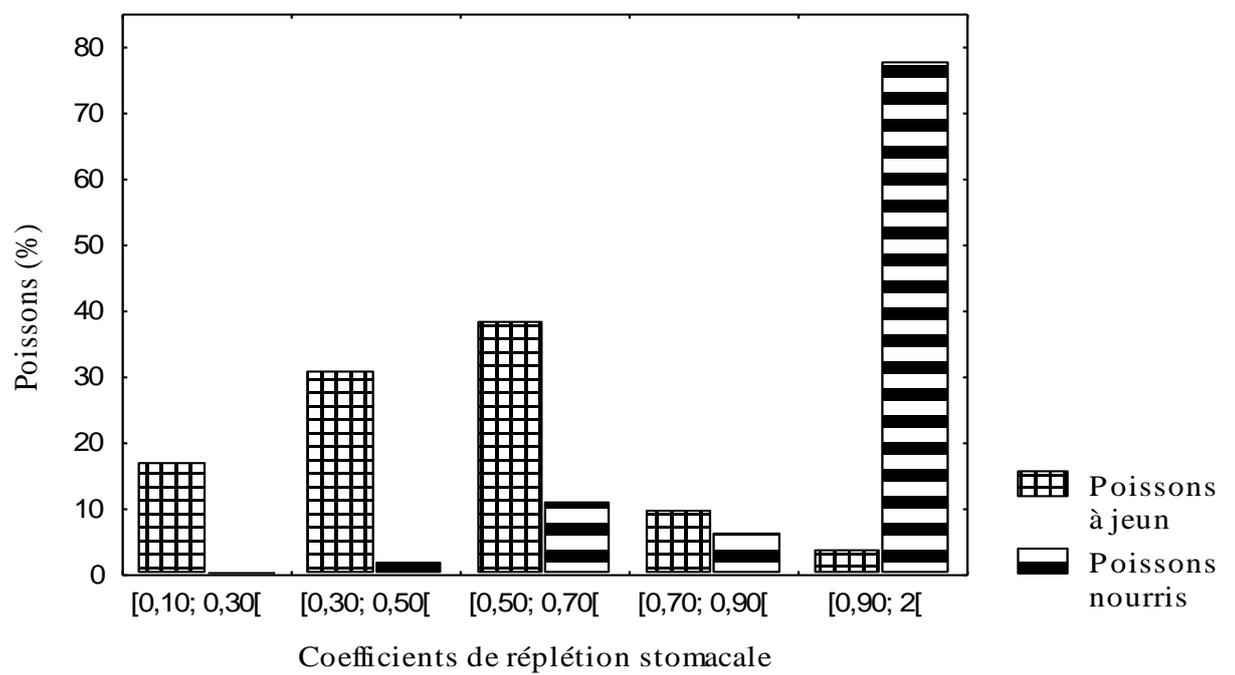


Figure 44. Evolution du coefficient de réplétion stomacale des tilapias hybrides F1A de sexe mâle [*Tilapia zillii* (mâle) x *T. guineensis* (femelle)] nourris à l'aliment commercial d'une part et non nourris d'autre part.

24 heures se maintiennent à un niveau relativement élevé. En effet, 4 % à 39 % d'hybrides à jeun ont un indice de réplétion compris entre 0,50 et 2,00. Selon LEGENDRE (1986), ces estomacs jamais totalement vides contiennent principalement des fibres végétales provenant vraisemblablement du *fouling*, c'est-à-dire les algues et le phytoplancton se développant sur les filets des cages. Chez les tilapias hybrides étudiés, une sorte de boue a été observée dans les estomacs de poissons non nourris. En effet, la comparaison entre les cages immergées sans poisson et les cages contenant des poissons montre que les parois internes des cages vides sont recouvertes d'une quantité non négligeable de fibres végétales. Les hybrides étudiés étant issus de parents omnivores et phytophages, ces végétaux sont probablement broutés par les poissons des cages immergées.

➤ Conclusion partielle

Ce travail a permis d'établir pour la première fois les formules de nourrissage des tilapias hybrides en cages flottantes. A partir de la ration maximale déterminée, des gains de poids journaliers deux fois supérieurs à ceux obtenus avec la formule de MELARD (1986) ont été enregistrés. L'étude de la réplétion quantitative des estomacs des tilapias hybrides a montré que l'aliment commercial disponible sur le marché est accepté par ces poissons.

Après la détermination des rations alimentaires et du degré d'ingestion de l'aliment, le chapitre suivant sera consacré à l'étude de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment.

CHAPITRE VIII :
INFLUENCE DU MODE DE DISTRIBUTION DE
L'ALIMENT SUR LA CROISSANCE DES HYBRIDES
DE PREMIERE GENERATION F1A (ESSAI 5)

Les résultats de ce chapitre ont été publiés dans la revue *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*.

NOBAH, C.S.K., KONE T., OUATTARA N., N'DOUBA V., SNOEKS J., GOORE BI G. & KOUAMELAN E.P. 2003. Résultats préliminaires de l'élevage en cage flottante d'un tilapia hybride : densité de mise en charge, taux de rationnement et **mode de distribution de l'aliment**. *Science et Technique Série Sciences Naturelles et Agronomie*, 27 (1 et 2) : 145-156.

INTRODUCTION

La notion d'alimentation des poissons fait apparaître inévitablement celle des modalités de distribution de l'aliment. Ainsi, trois modes de distribution peuvent-ils être distingués :

- la distribution manuelle, encore largement utilisée, à l'avantage d'impliquer une surveillance du comportement du poisson, surtout si ce dernier n'est pas «sauvage» et se laisse aisément observé (FAURE & LABBE, 1999).

- la distribution automatique permet, selon les appareils choisis, le fractionnement de la distribution ou la distribution en continue sur toute la période de l'alimentation.

- les distributeurs libre service qui laissent aux animaux l'initiative de leur repas, grâce à un conditionnement manipulateur, sont de plus en plus utilisés en pisciculture (GERARD & GENDRE, 1980 ; MELARD & PHILIPPART, 1982 ; FAURE, 1983 ; MELARD, 1986).

Les études sur diverses espèces de poissons (Clariidés, Cyprinidés, Cichlidés, Salmonidés) ont rapporté que la croissance peut différer en fonction des heures de prise d'aliment (BOUJARD & LEATHERLAND, 1992 ; BARAS *et al.*, 1995 ; BOUJARD *et al.*, 1995 ; GELINEAU *et al.*, 1996). De même, il a été démontré que la fréquence de distribution journalière de l'aliment, jouait un rôle important dans la croissance des poissons (COCHE, 1977).

Le présent travail s'intéresse à deux modes de nourrissage, à savoir la distribution manuelle à fréquence variée et la distribution libre service. Cette étude comparative a pour but de mettre en évidence les effets de ces deux procédés de nourrissage sur la croissance d'une population d'hybrides F1A de sexe mâle.

8.1. TAUX DE MORTALITE

Les résultats enregistrés indiquent pour la distribution manuelle, des taux de mortalité compris entre 2,00 % et 10,00 % (Tableau XXXI). Ce paramètre est faible à la fréquence de 2 repas/j et élevé à 1 repas/j. A l'exception des lots nourris en 1 repas/j et ceux nourris en 2 repas/j, aucune différence significative ($p > 0,05$) n'a été observée entre les autres fréquences (Annexe XIX).

Tableau XXXI. Taux de mortalité en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment chez les tilapias hybrides F1A de sexe mâle de poids moyen initial 19,7 g après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I. (\pm : écart type entre les réplicats). Les valeurs possédant au moins une lettre en commun ne diffèrent pas significativement ($p > 0,05$).

Fréquence et mode de distribution	Taux de mortalité (%)
Distributeur libre service	6,00 \pm 1,65 ab
5 repas/j	5,00 \pm 1,41 ab
4 repas/j	7,00 \pm 1,07 ab
3 repas/j	7,00 \pm 1,41 ab
2 repas/j	2,00 \pm 1,41 a
1 repas/j	10,00 \pm 2,66 b

Le taux de mortalité enregistré avec le distributeur à pendule est de 6,00 %. Il est supérieur à celui obtenu pour 5 et 2 repas/j. Le taux de mortalité obtenu avec le distributeur à pendule ne diffère pas significativement ($p > 0,05$) de ceux notés lors de la distribution manuelle.

L'étude de la relation entre le taux de mortalité et la fréquence de distribution de l'aliment montre qu'il n'existe aucune liaison ($r = - 0,303$; $ddl = 13$; $p > 0,05$) entre ces deux variables (Annexe XXI).

❖ Le présent travail montre que le taux de mortalité n'est pas significativement influencé par la fréquence et le mode de distribution de l'aliment. Cependant, le plus fort taux de mortalité a été observé à 1 repas/j. Lorsque la ration journalière est distribuée une fois par jour, cela signifie que les poissons ne recevront plus d'aliment jusqu'au lendemain. Dans ce cas, l'envie de se nourrir en vain au cours de la journée ou de la nuit, peut favoriser le stress et l'agressivité chez les tilapias hybrides, issus de parents agressifs. Ce qui justifierait ainsi, un taux de mortalité relativement élevé chez ces poissons.

8.2. POIDS MOYEN FINAL ET CROISSANCE JOURNALIERE

Lors de la distribution manuelle, les poids moyens finaux ont varié entre 69,13 g (2 repas) et 57,55 g (1 repas) (Tableau XXXII). La comparaison entre ces poids moyens et ceux notés lors de la distribution mécanique indique une différence significative ($p < 0,05$). Lorsque les valeurs obtenues pour l'ensemble des fréquences de distribution de l'aliment sont comparées entre elles, seul les poids moyens finaux enregistrés à 3 et 5 repas/j ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$) (Annexes XX a et XX b).

La relation entre la variation du poids moyen final et celle de la fréquence de distribution de l'aliment ne montre aucune liaison ($r = 0,207$; $ddl = 13$; $p > 0,05$) (Annexe XXI).

Le poids moyen final observé pour le distributeur à pendule est de 73,26 g. Cette valeur est plus élevée que celles obtenues avec la distribution manuelle. La différence entre ces deux modes de distribution est significative ($p < 0,05$).

Tableau XXXII. Poids moyen final (g) et croissance journalière (g/j) en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment, chez les hybrides F1A mâles de poids moyen initial 19,7 g, après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats) (Pmi : poids moyen initial ; Pmf : poids moyen final ; Cj : croissance journalière). Les valeurs d'une même colonne partageant la même lettre ne diffèrent pas au seuil de 0,05 (ANOVA).

Fréquence et mode de rationnement	Pmi (g)	Pmf (g)	Cj (g/j)
Distributeur libre service	20,5 \pm 0,93 a	73,26 \pm 2,31 a	0,77 \pm 0,04 a
5 repas/j	19,1 \pm 4,09 a	66,91 \pm 0,14 b	0,56 \pm 0,04 b
4 repas/j	19,3 \pm 0,28 a	60,06 \pm 1,63 c	0,52 \pm 0,01 b
3 repas/j	20,4 \pm 1,85 a	65,48 \pm 3,33 b	0,50 \pm 0,02 b
2 repas/j	20,0 \pm 0,70 a	69,13 \pm 1,63 d	0,63 \pm 0,01 c
1 repas/j	19,3 \pm 1,25 a	57,55 \pm 0,21 e	0,49 \pm 0,01 b

La croissance journalière déterminée pour la distribution manuelle oscille entre 0,49 g/j (1 repas) et 0,63 g/j (2 repas). La comparaison de l'ensemble des valeurs obtenues indique une différence significative ($p < 0,05$). Les croissances journalières enregistrées pour les différentes fréquences de distribution ont également été comparées entre elles. Il en résulte, une différence significative ($p < 0,05$), seulement entre la croissance journalière des hybrides nourris en deux repas par jour et à celle des individus recevant 5, 4, 3 et 1 repas par jour.

La relation entre les deux variables montre qu'il n'existe pas de liaisons ($r = 0,031$; $ddl = 13$; $p > 0,05$) entre la croissance journalière et la fréquence de distribution de l'aliment (Annexe XXI).

La croissance journalière enregistrée avec le distributeur à pendule est de 0,77 g/j. Il est plus élevé que celles observées avec la distribution manuelle. La différence notée entre les deux modes de distribution de l'aliment est significative ($p < 0,05$).

❖ Au cours de la présente étude, le poids moyen final et la croissance journalière obtenus lors de l'utilisation du distributeur à pendule sont supérieurs à ceux notés pour des fréquences de distribution de l'aliment variant entre 1 et 5 repas/j. Chez la truite arc-en-ciel, ALANÄRÄ (1992) signale des taux de croissance significativement élevés, avec l'utilisation de distributeurs libre service. En milieu lagunaire, MORRISSENS *et al.* (1987) observent chez *Oreochromis niloticus* de poids variant entre 11 g et 232 g, que la croissance journalière des poissons nourris à l'aide d'un distributeur est plus élevée (0,92 g/j) que celle de ceux recevant la nourriture à la main (0,71 g/j). Concernant ce dernier type de nourrissage, GUILLAUME *et al.* (1999) estiment que les modalités de distribution d'aliments sont imposées arbitrairement. De ce fait, la fréquence, les horaires et la durée des repas ne sont pas forcément en phase avec les rythmes d'alimentation propre de l'espèce étudiée, contrairement au mode de distribution libre service. Chez le tilapia *Sarotherodon melanotheron* de poids variant entre 18 g et 82 g, élevée en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I, OUATTARA (2004) indique que le distributeur libre service n'a pas d'influence sur la croissance journalière. La fréquence retenue par cet auteur, pour la distribution manuelle de l'aliment, à savoir 9 h 00, 12 h 00 et 15 h 00, convenait au rythme alimentaire de cette espèce.

Pour ce qui concerne la fréquence de distribution de l'aliment, la présente étude montre que le gain de poids journalier le plus élevé qui est de 0,63 g/j a été enregistré chez les tilapias hybrides F1A, nourris 2 fois par jour. Cependant, en dehors de cette fréquence, la croissance journalière augmente lorsque le nourrissage est de plus en plus répétée. Chez *S.*

melanotheron de poids moyen compris entre 75 g et 235 g, LEGENDRE *et al.* (1989) observent les plus fortes performances de croissance pour une fréquence de distribution de quatre repas par jour. Selon le même auteur, la tranche des horaires de nourrissage de ces tilapias est comprise entre 8 h 30 et 19 h 00. Chez *Trachinotus carolinus* appelé communément Pompano, les poissons nourris entre 18 h et 20 h ont un gain de poids supérieur à ceux recevant la nourriture entre 6 h et 8 h. Ceci, malgré le fait que l'étude du rythme d'activité alimentaire de ce poisson dans le milieu naturel, ait révélé une forte activité alimentaire entre 6 h et 8 h (HEILMAN & SPIELER, 1999). Chez certains poissons, l'augmentation de la croissance peut être liée aux périodes de faible niveau d'activité, permettant une utilisation des ressources alimentaires pour la croissance somatique. Pendant les périodes de forte activité, l'aliment est plutôt transformée en énergie (NOESKE-HALLIN *et al.*, 1985 ; BARAS *et al.*, 1995 ; HEILMAN & SPIELER, 1999). D'autres études, par contre, ont montré le contraire (BOUJARD, 1995 ; BOUJARD *et al.*, 1995 ; GELINEAU *et al.*, 1996). La fréquence et le mode de distribution de l'aliment ont réellement un effet sur les performances de croissance des poissons. De plus, les meilleurs procédés sont ceux qui tiennent compte du rythme alimentaire de l'espèce étudiée. Cependant, il est important de noter que les périodes d'intense activité alimentaire dans le milieu naturel ne sont pas forcément celles qui permettent la croissance somatique la plus intéressante (HEILMAN & SPIELER, 1999).

8.3. QUOTIENT NUTRITIF

Le quotient nutritif observé pour la distribution manuelle a oscillé entre 8,00 (5 repas/j) et 11,00 (1 repas/j) (Tableau XXXIII). La comparaison de l'ensemble des valeurs de quotients nutritifs enregistrées indique une différence significative ($p < 0,05$). Lorsque les valeurs obtenus pour des fréquences variant entre 1 et 5 repas/j sont comparées entre elles, une différence significative est notée, sauf entre 5, 4 et 2 repas par jour ($p < 0,05$) (Annexes XXa et XXb).

L'étude de la relation entre le quotient nutritif et la fréquence de distribution de l'aliment montre qu'il n'existe pas de liaisons ($r = - 0,661$; $ddl = 13$; $p > 0,05$) entre ces deux variables (Annexe XXI).

Tableau XXXIII. Quotient nutritif en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment chez les hybrides F1A mâles de poids moyen initial 19,7 g après 98 jours d'élevage en cages flottantes dans le lac de barrage d'Ayamé I (\pm : écart type entre les réplicats). Les valeurs partageant une lettre en commun ne diffèrent pas au seuil de 0,05 (ANOVA).

Fréquence et mode de distribution	Quotient nutritif
Distributeur libre service	6,00 \pm 0,20 c
5 repas/j	8,00 \pm 1,56 a
4 repas/j	9,00 \pm 1,08 a
3 repas/j	10,23 \pm 1,98 b
2 repas/j	8,00 \pm 1,75 a
1 repas/j	11,00 \pm 1,70 b

Le quotient nutritif enregistré lors de l'utilisation du distributeur à pendule est de 6,00. Il est plus faible que l'ensemble des valeurs observées avec la distribution manuelle. La différence notée entre les deux modes de distribution de l'aliment est significative ($p < 0,05$).

❖ Il ressort du présent travail que le quotient nutritif le plus faible, a été enregistré lors de l'utilisation du distributeur à pendule. Il est par conséquent appréciable, comparé aux valeurs obtenues lorsque la fréquence varie entre 1 et 5 repas/j. Ces résultats corroborent ceux de ALANÄRÄ (1996), concernant la truite arc-en-ciel nourrie avec le distributeur libre service. Selon cet auteur, l'évaluation du taux de conversion de la nourriture chez cette espèce, montre que cet engin a des potentialités réelles dans un système de pisciculture intensive ou commerciale. Selon COCHE (1982), le distributeur libre service est théoriquement le meilleur système de nourrissage. Toutefois, en élevage à très forte densité, à savoir 500 à 600 individus/m³, les poissons peuvent heurter accidentellement la tige sans pour autant manger. De ce fait, le taux de conversion tend aussi à augmenter. La fréquence, les horaires et la durée des repas ne sont pas souvent conformes au rythme alimentaire de l'espèce étudiée, contrairement à la distribution libre service (GUILLAUME *et al.*, 1999).

➤ Conclusion partielle

D'après le présent travail, lors du nourrissage manuel, la fréquence, les horaires et la durée des repas sont souvent imposés arbitrairement et peuvent ne pas être en phase avec le rythme d'alimentation spécifique à l'espèce étudiée. Ce qui explique les faibles taux de croissance enregistrés chez les tilapias hybrides F1A, au cours du nourrissage à la volée, contrairement à la distribution libre service. La distribution mécanique de l'aliment est donc le meilleur mode de nourrissage. Toutefois, le taux de conversion tend à augmenter, eu égard au gaspillage accidentel de la nourriture. Les poissons peuvent heurter occasionnellement la tige, sans pour autant absorber la nourriture.



CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

Dans la région d'Aboisso, située au Sud Est de la Côte d'Ivoire, un barrage hydroélectrique a été construit en 1959. L'édification de cette infrastructure a entraîné la formation d'un lac artificiel abritant une faune et une flore aquatique. Considérant la faune, le constat a été fait de la présence d'une population hétérogène de poissons de la famille des Cichlidés. Comme espèces, ont été observées *Tilapia zillii*, colonisant les cours d'eau continentaux et *T. guineensis*, inféodée au milieu lagunaire. La troisième catégorie de poisson, objet de cette étude, a été identifiée comme étant un hybride issu du croisement entre ces deux espèces sus citées. Compte tenu du caractère hétérogène des populations, dû à l'hybridation, la pureté des souches parentales présentes dans ce milieu pose problème. Afin de déterminer les critères d'identification de ces hybrides, il est indispensable de s'assurer de la pureté des individus parentaux. C'est ainsi que grâce à des études de biologie moléculaire, cette pureté a été confirmée. Alors il a été possible de faire une hybridation expérimentale dans l'objectif fixé par ce travail, puisqu'il n'était pas possible de déterminer le degré des générations d'hybrides vivant dans le lac de barrage d'Ayamé I.

*Afin de réaliser ces croisements, les caractéristiques physico-chimiques des structures ont été vérifiées. L'obtention d'alevins viables, ayant produit des hybrides dont les caractéristiques phénotypiques et génotypiques ont pu être déterminés, sous-entend que ces conditions sont requises pour cette hybridation. Par conséquent, le milieu d'étude peut être conseillé pour l'élevage de ces hybrides.

Au plan systématique, ce travail est une contribution à la caractérisation très souvent controversée de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et de leurs hybrides. L'identification des individus parentaux a été étudiée par TEUGELS & THYS VAN DEN AUDENAERDE (1992, 2003), mais les critères de discrimination ont été précisés par la présente étude. Au cours de ce travail, la systématique des hybrides des générations F1 et F2 a été déterminée morphologiquement et génétiquement.

* Au plan morphologique :

- l'étude des caractères chromatiques des espèces parentales et de leurs descendants hybrides a permis de montrer que la mise en place de la coloration définitive est liée à la taille des individus.

- un nouveau critère d'identification a été défini. En effet, les différentes descriptions des motifs colorés liées à la taille des spécimens ont permis d'établir une clé d'identification des espèces parentales et des hybrides étudiés. Au delà de 14 cm LS, la population de *Tilapia zillii* est caractérisée par une nageoire caudale grisâtre, entièrement recouverte de perles ; celle de *T. guineensis* a une nageoire caudale bicolore. La moitié supérieure est jaunâtre claire et la moitié inférieure jaunâtre foncée, sans aucune perle. Quand aux hybrides réciproques F1A et F1B, ils sont caractérisés par une nageoire caudale bicolore et perlée.

- Ces individus héritent morphologiquement des caractères des deux parents. Ce phénomène se traduit par une coloration et une ornementation de la nageoire caudale, intermédiaire entre celle des deux parents.

* Au plan génétique, suite à l'identification du génome des deux parents afin de confirmer leur pureté, celle des hybrides de première génération a été effectuée. Les bandes de migration attestent que ces derniers héritent des caractères génétiques des deux parents.

A partir de l'étude systématique, l'hypothèse selon laquelle la prolifération d'hybrides dans le lac de barrage d'Ayamé I est liée à la présence de deux espèces sympatriques, naturellement parapatriques, génétiquement et morphologiquement proches a été confirmée.

Les hybrides obtenus ont été soumis à une étude zootechnique comprenant l'évaluation de leur reproduction et des potentialités piscicoles.

* En ce qui concerne la reproduction :

- les croisements interspécifiques entre *Tilapia zillii* et *T. guineensis* ont produit des individus fertiles et viables de sex-ratio voisin de 1 : 1.

- l'obtention d'hybrides à partir d'une espèce *T. zillii*, territoriale, monogame permanente, réputée très agressive (LEGNER, 1978) et d'une autre espèce, *T. guineensis*, tout aussi territoriale, est possible en captivité et n'est pas un frein à la production massive d'alevins.

* Pour ce qui est des potentialités piscicoles :

- Les tilapias hybrides étudiés sont plus performants que les espèces parentales *Tilapia zillii* et *T. guineensis*. L'étude comparative entre les hybrides réciproques a permis de montrer que ceux issus du croisement entre *T. zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle) c'est-à-dire les

F1A, présentent les meilleurs résultats du point de vue de la croissance. De plus, une vigueur hybride appréciable a été démontrée par l'étude de l'hétérosis.

Les hybrides F1A s'étant avérés plus performants expérimentalement, ils ont été soumis à d'autres tests.

- D'après l'étude de l'effet de la densité de mise en charge sur la croissance des hybrides F1A, les paramètres de survie et de croissance étudiés sont corrélés à la densité de mise en charge. A l'exception de la production, les meilleures valeurs ont été obtenues pour les plus faibles densités de mise en charge.

- L'étude de la croissance en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment, couplée au taux de rationnement spécifique des tilapias hybrides, a permis d'établir, la formule de nourrissage de ces poissons. Cette étude a aussi montré que pour les hybrides F1A, le meilleur mode de distribution de l'aliment est l'utilisation d'un distributeur à pendule.

Les expériences effectuées ont contribué à optimiser le potentiel aquacole des hybrides. Le gain de poids journalier des hybrides F1A de sexe mâle est de 0,50 g/j lorsque la densité de mise en charge est réduite à 20 individus/m³. Cette croissance journalière atteint 0,63 g/j avec une ration alimentaire spécifique des hybrides, couplée à l'emploi du distributeur mécanique à pendule. Un gain de poids journalier élevé, qui est de 0,74 g/j a été constatée en étang en terre, eu égard à la disponibilité de l'aliment naturel dans ce milieu.

Tous ces paramètres réunis sont les caractéristiques essentielles retenues en vue d'une éventuelle vulgarisation des hybrides. Les hybrides sont zootechniquement plus performants que les espèces parentales. De plus, les potentialités piscicoles de ces derniers présentent de réelles marges d'amélioration. Toutefois, le taux de croissance et le rendement de ces poissons demeurent relativement faibles. Les performances zootechniques des hybrides étudiés sont moins appréciables que celles de *Oreochromis niloticus*, une espèce communément utilisée en pisciculture intensive, tout au moins dans la perspective d'un élevage à vocation économique.

Tous ces résultats sont expérimentaux. Au cours des expériences, les croisements interspécifiques et introgressifs ont donné des hybrides. En ce qui concerne les croisements introgressifs, ils ont produits une population morphologiquement constituée d'environ 25 % de *Tilapia zillii*. Le même taux a été observé pour *T. guineensis*. Quant aux hybrides, environ 50 % ont été identifiés. En revenant au lac d'Ayamé, milieu de la présente étude, ces croisements s'y opèrent. De plus, ce phénomène dure depuis une ou deux décennies.

En extrapolant les résultats expérimentaux au sein du lac d'Ayamé, plusieurs schémas s'offrent du fait que ces croisements sont aléatoires et non dirigés :

Au niveau de ce lac, on peut supposer, envisager ou imaginer les croisements suivants :

$$Tilapia zillii \times T. Guineensis = F1$$

$$T. zillii \times F1 = F2$$

$$T. Guineensis \times F1 = F2$$

$$T. zillii \times F2 = F3$$

$$T. Guineensis \times F2 = F3$$

$$T. zillii \times F3 = F4$$

$$T. Guineensis \times F3 = F4$$

.....

.....

$$T. zillii \times F_n = F_{n+1}$$

$$T. Guineensis \times F_n = F_{n+1}$$

$$F1 \times F2$$

$$F2 \times F1$$

$$F1 \times F3$$

$$F2 \times F3$$

$$F1 \times F4$$

$$F2 \times F4$$

.....

.....

$$F1 \times F_x$$

$$F2 \times F_y$$

$$F_x \times F_y$$

Tous ces croisements produisent des hybrides dont il est difficile de déterminer la génération. Ces hybrides prolifèrent au détriment des *Tilapia zillii* et *T. guineensis*. Les individus parentaux sont sans doute exposés à une extinction. En ce qui concerne les hybrides, Est-ce l'émergence d'une nouvelle espèce dans le lac de barrage Ayamé ?

PERSPECTIVES

Dans la majorité des cas, l'hybridation peut entraîner la disparition du point de vu phénotypique ou génotypique de l'une des espèces parentales et même de celle des hybrides. C'est pourquoi, il serait important d'envisager des études portant sur la caractérisation génétique des individus parentaux *Tilapia zillii* et *T. guineensis* se développant dans le lac de barrage d'Ayamé I, ainsi que celle des hybrides qui prolifèrent dans ce milieu. Les proportions réelles de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis* et des hybrides pourront ainsi être connu, afin de prendre des mesures, au cas ou l'une des espèces serait menacée d'extinction.

D'après la présente étude, les hybrides de première génération sont caractérisés par une nageoire caudale bicolore et perlée. Chez certains spécimens, les perles sont présentes sur la moitié supérieure de la nageoire caudale, tandis que chez d'autres, elles sont réparties sur toute la surface de cette nageoire. Le déterminisme de l'apparition des perles doit faire l'objet de recherches ultérieures en vue d'expliquer leur disposition sur la nageoire caudale.

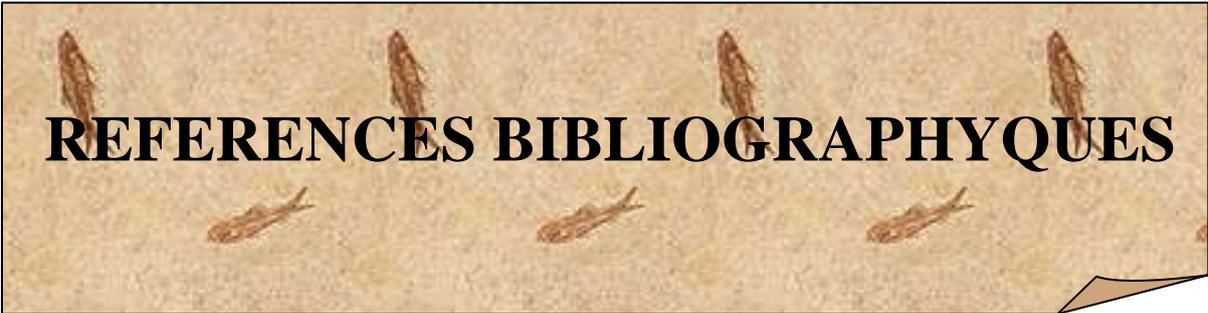
Le premier critère qui intéresse les producteurs de poissons destinés à l'alimentation est le potentiel de croissance. La plasticité de la croissance observée chez les tilapias hybrides étudiés lorsqu'ils sont soumis à des traitements différents, laisse présager des possibilités d'amélioration de leur gain de poids. Dans ce cadre, une amélioration de la qualité de l'aliment à partir de tests au cours desquels le taux de protéine peut augmenter jusqu'à 45 % (MELARD, 1986) peut être envisagée.

La plasticité de la croissance en réponse aux facteurs environnementaux, laisse augurer des potentialités d'adaptation des espèces à de nouveaux environnements. Des tests de résistance à la salinité peuvent être envisagés, d'autant plus que l'une des espèces parentales dont les hybrides sont issus, à savoir, *Tilapia guineensis*, colonise les zones côtières dans lesquelles la salinité est parfois élevée.

Des études relatives aux rythmes d'activités alimentaires, biologiques et de locomotion des hybrides étudiés, permettront de mieux définir les périodes de la journée favorisant l'ingestion de l'aliment et une utilisation (assimilation) efficace des nutriments.

En tilapiaculture, les techniques d'alimentation des poissons ont été abordées de façons très variables. Aux méthodes manuelles avec rationnement empirique ont succédé les méthodes automatiques. Les chercheurs se sont beaucoup plus intéressés à la détermination des besoins, qu'à la manière dont l'aquaculteur pouvait les satisfaire via le rationnement (FAURRE & LABBE, 1999). Il serait intéressant de tester, à l'avenir, l'effet de la distribution automatique de l'aliment avec restriction d'accès, dotés de programmes capables de faire varier à volonté la fréquence de distribution de l'aliment, aux heures voulues. Cette étude permettra d'ajuster le rationnement en fonction du rythme d'alimentation propre à l'espèce étudiée. Le gaspillage observé dans le cadre du distributeur libre service, dû au fait que le poisson heurte par inadvertance le pendule sans pour autant s'alimenter, peut également être évité.

Les méthodes génétiques peuvent jouer un rôle dans l'effort d'augmentation de la production aquacole en Afrique, à travers la sélection des souches, leur l'amélioration génétique et l'utilisation de «supers mâles» YY. Ceci, dans le but de résoudre le problème des bas taux de croissance observés chez les femelles.



REFERENCES BIBLIOGRAPHYQUES

- ABBAN, E.K. 1988. Taxonomy and biochemical genetics of some African freshwater fish species. Ph.D. Thesis, University of Wales, Cardiff. 150 p.
- ABDEL-MALEK, S.A. 1972. Food and feeding habits of some Egyptian fishes in Lake Quarun. I. *Tilapia zillii* (Gerv.) B. According to different length groups. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish.*, Cairo **2** : 204-213.
- AGNÈSE, J. F., ADÉPO-GOURÈNE, B. & POUYAUD, L. 1997. The utilization of allozymes to study populations of tilapia. *In* : Characterization of Ghanaian tilapia genetic resources for use in fisheries and aquaculture. PULLIN, R.S.V., CASAL, C.M.V., ABBAN, E.K. & FALK, T.M. (eds.), pp. 27-28. ICLARM conference Proceeding. Accra (Ghana)
- AGNÈSE, J. F., ADÉPO-GOURÈNE B. & POUYAUD, L. 1998. Natural hybridisation in tilapias. *In* : Genetics and aquaculture in Africa. AGNÈSE, J.F. (ed), pp. 95-104. Paris : ORSTOM.
- ALANÄRÄ, A. 1992. Demand feeding as a self regulating feeding system for rainbow trout (*Onchorhynchus mykiss*) in net pens. *Aquaculture*, **108** : 347-356.
- ALANÄRÄ, A. 1996. The use of self-feeders in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) production. *Aquaculture*, **145** : 1-20.
- ALI, M.A. 1992. Rhythms in fishers. Plenum Press, New York, 384 p.
- ALLEN, K.O. 1974. Effects of stocking density and water exchange rate on growth and survival of channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) in circular tanks. *Aquaculture*, **4** : 29-39.
- ANONYME, 1976. Document préparatoire à la loi-programme 1974-1976. Fascicule N°3 Programme majeur 10, 11, Développement Agricole, Pêche, élevage, Ministère du plan, Direction des Programmes Pluriannuels de Développement, Côte-d'Ivoire, 30 p.
- ARTHINGTON, A.H. 1991. Ecological and Genetic impacts of introduced and translocated freshwater fishes in Australia. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **48** (suppl.1) : 33-43.
- AVAILT, J.W. & SHELL, E.W. 1968. Preliminary studies with the hybrid *Tilapia*, *Tilapia nilotica* x *Tilapia mossambica*. *FAO Fish. Rep.*, **44** (4) : 237-242.
- AVENARD, J.M., ELDIN, M., GIRARD, G., SIRCOULON, J.T., TOUCHEBEUF, P., GUILLAUMET, J.L., ADJANOHOON, E. & PERRAUD, A. 1971. Le milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Mémoire de l'ORSTOM*, **50** : 1-379.
- AVTALION, R.R. 1982. Genetic markers in *Sarotherodon* and their use for sex and species identification. *In* : The Biology of Cultured tilapias. PULLIN, R.S.V. & LOWE-

- McCONNELL, R. (eds), pp. 269-227. Proceedings of ICLARM International conference.
- AVTALION, R.R. & HAMMERMAN, S. 1978. Sex determination of *Sarotherodon* (Tilapia). I. Introduction to a theory of autosomal influences. *Bamidgeh*, **30** : 110-115.
- BAERENDS, G.P. & BAERENDS VAN ROON, J.M. 1950. An introduction of the study of the ethology of cichlid fishes. *Behaviour*, **1** : 98-243.
- BALARIN, J.D. & HATTON, J.P. 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Unit of Aquatic Pathology, University of Stirling, Stirling, Scotland, 174 p.
- BAMBA, Y. 2001. Caractérisation morphologique des taxons *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) et *T. zillii* (Gervais, 1848) dans des zones d'hybridation naturelle (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université d'Abobo-Adjamé (Côte d'Ivoire), 38 p.
- BARAS, E., THOREAU, X. & MELARD, C. 1995. Effet de la variabilité temporelle de la disponibilité de l'aliment sur la croissance d'alevins de tilapia *Oreochromis niloticus*. *Cah. Ethol.*, **15** (4) : 71-80.
- BARDACH, J.E., RYTHER, J.H. & McLARNEY, W.O. 1972. Aquaculture : the Farming and Husbandry of Freshwater and Marine Organisms, New York : John Wiley & Sons, 205 p.
- BARDAKCI, F. & SKIBINSKI, D.O.F. 1994. Application of the RAPD technique in tilapia fish : species and subspecies identification. *Heredity*, **73** : 117-123.
- BAROILLER, J.F & JALABERT, B. 1989. Contribution of research in reproductive physiology to the culture of tilapias. *Aqua. Liv. Res.*, **2** : 105-116.
- BARTLEY, D.M., RANA, K. & IMMINK, A.J. 2000. The use of interspecific hybrids in aquaculture and fisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.*, **10** : 325-337.
- BASKERVILLE-BRIDGES, B & KLING, L.J. 2000. Larval culture of atlantic cod (*Gadus morhua*) at high stocking densities. *Aquaculture*, **181** : 61-69.
- BEHRENDTS, R.B., NELSON, R.G., SMITHERMAN, R.O. & STONE, N.M. 1982. Breeding and culture of the red-gold color phase of tilapia. *J. World Maricult. Soc.*, **13** : 210-220.
- BEHRENDTS, L.L. & SMITHERMAN, R.O. 1983. Use of Warm Water effluents to induce Winter spawning of tilapia in a temperate climate. *In* : International Symposium on tilapia in aquaculture. Tel Aviv University (ed.), pp. 446-454. Nazareth/Tel Aviv, Israël.

- BEVERIDGE, M.C.M. 1996. Cage Aquaculture. 2nd edition. Fishing News Books, Oxford, England, 346 p.
- BHUJEL, R.C. & SURESH, A.V. 2000. Advances in tilapia broodstock Management. *The Advocate*, **3** (5) : 19-22.
- BONDARI, K. 1982. Interactions of sex and culture condition on growth, survival and quality traits of blue tilapia. *Growth*, **46** : 238-246.
- BOUJARD, T. 1994. Aquaculture et comportement animal. *Aquaculture*, **52** : 21-44.
- BOUJARD, T. 1995. Diel rhythms of feeding activity in the European catfish, *Silurus glanis*. *Physiol. Behav.* **58** : 641-645.
- BOUJARD, T. & LEATHERLAND, J.F. 1992. Circadian rhythms and feeding times in fishes. *Env. Biol. Fishes*, **35** : 109-131.
- BOUJARD, T., GELINEAU, A. & CORRAZE, G. 1995. Time of a single daily meal influences growth performance in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* Walbaum. *Aquaculture Research*, **26** : 341-349.
- BOYD, C.E. 1976. Chemical and textural properties of muds from different depths in ponds. *Hydrobiologia*, **48** : 141-144.
- BOYD, C.E. 1979. Water quality in warmwater fish ponds. Auburn University, Craftmaster Printers, Opelika, Alabama, 359 p.
- BOYD, C.E. & TUCKER, C.S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Boston Dordrecht London, 700 p.
- BOWEN, S.H. 1982. Feeding, digestion and growth. *In* : Qualitative considerations. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds), pp. 141-156. Proceedings of International Conference on the Biology and Culture of Tilapias. Bellegio, Italy ; ICLARM, Manila, Philippines.
- BREINE, J.J., NGUENGA, D., TEUGELS, G.G & OLLEVIER, F. 1996. A comparative study on the effect of stocking density and feeding regime on the growth rate of *Tilapia camerounensis* and *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) in fish culture in Cameroon. *Aquat. Living Resour.*, **9** : 51-56.
- BRUTON, M.N. & BOLTT, E.R. 1975. Aspect of the biology of *Tilapia mossambica* Peters (Pisces : Cichlidae) in a natural freshwater lake (Lake Sibaya, South Africa). *J. Fish Biol.* **15** (3) : 449-456.
- BUDDINGTON, R.K. 1979. Digestion of an aquatic macrophyte by *Tilapia zillii*. *J. Fish Biol.* **15** : 449-456.

- CAVAILLES, M., KONAN, K. & DOUDET, T. 1981. Essai d'élevage de poissons en cage flottante en eaux continentales. C.T.F.T, Diversification de la Recherche Piscicole, Bouaké (Côte d'Ivoire), 28 p.
- CHANGADEYA, W., MALEKANO, L.B. & AMBALI, A.J.D. 2003. Potential of genetics for aquaculture development in Africa. *Naga*, **26** (3) : 31-35.
- CHEN, F.Y. 1969. Preliminary studies on the sex-determining mechanism of *Tilapia mossambica* Peters and *T. hornorum* Trewavas. *Verh. Internat. Verrein. Limnol.*, **17** : 719-714.
- CHEN, F.Y. & TSUYUKI, H. 1970. Zone electrophoretic studies on the proteins of *Tilapia mossambica* and *T. hornorum* and their F1 hybrids, *T. zillii* and *T. melanopleura*. *J. Fish. Res. Board Can.*, **27**(12) : 2167-2177.
- CHO, C.Y. 1992. Feeding systems for rainbow trout and other salmonids with reference to current estimate of energy and protein requirement, *Aquaculture*, **100** : 107-123.
- CISSE, A. 1986. Résultats préliminaires de l'alimentation artificielle de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon* en élevage. In : Aquaculture research in African region. FIS seminar, pp.103-111. PUDOC, Wageningen.
- COCHE, A.G. 1976. L'élevage des poissons en cages et en particulier de *Tilapia nilotica* (L.) dans le lac Kossou, Côte d'Ivoire. In : Symposium on Aquaculture in Africa. pp. 565-611. CIFA technical Paper, 4 (suppl. 1) : 791 p.
- COCHE, A.G. 1977. Premiers résultats de l'élevage en cage de *Tilapia nilotica* (L.) dans le lac Kossou, Côte d'Ivoire. *Aquaculture*, **10** : 109-140.
- COCHE, A.G. 1978. Revue des pratiques d'élevage de poissons en cage dans les eaux continentales. *Aquaculture*, **13** : 157-189.
- COCHE, A.G. 1982. Cage culture of tilapias. In : The biology and culture of tilapias. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds), pp. 205-246. ICLARM Conference Proceedings. International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines, 7, 432 p.
- COWARD, K. & BROMAGE, N.R. 1998. Histological classification of oocyte growth and the dynamics of ovarian recrudescence in *Tilapia zillii*. *J. Fish biol.* **53** : 285-302.
- COWARD, K. & BROMAGE, N.R. 1999. Spawning frequency, fecundity, eggs size and ovarian histology in groups of *Tilapia zillii* maintained upon two distinct food ration sizes from first- feeding to sexual maturity. *Aquat. Living Resour.* **12** : 11-22.

- COWARD, K. & BROMAGE, N.R. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Rev. Fish Biol. Fish.* **10** : 1-25.
- DADZIE, S. & WANGILA, B.C.C. 1979. Reproductive biology, length-weight relationship and relative condition of pond raised *Tilapia zillii* (Gervais). *J. Fish Biol.* **17** : 243-253.
- DAGET, J. 1952. Observation sur la ponte de *Tilapia zillii* (Gervais), poisson de la famille des Cichlidae. *Ann. Mag. Nat. Hist.* **5** (12) : 309-310.
- DAGET, J. & ILTIS, A. 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). Mémoire IFAN ; N°74, 385 p.
- DAGET, J. & MOREAU, J. 1981. Hybridation introgressive entre deux espèces de *Sarotherodon* (Pisces, Cichlidae) dans un lac de Madagascar. *Bull. Mus. Nat. Hist. Nat.* **4** (3-2) : 689-703.
- DAUNGSAWASDI, S., CHOMCHEI, C., YAMORBSIN, R. & KERTKOMUT, B. 1986. Net cage culture of tilapia and puntius in Klong Praew irrigation tank. Technical Paper of NIFI N° 64, Bangkok, Thailand, 10 p.
- DELINCE, G. 1992. The ecology of fish pond ecosystem with special reference to Africa. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands. 230 p.
- DIOMANDE, D. 2001. Macrofaune Benthique et Stratégies alimentaires de *Synodontis bastiani* et *S. schall* (Bassins Bia et Agnebi ; Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat. Université d'Abobo-Adjamé, Abidjan, Côte d'Ivoire, 251 p.
- DOUDET, T. 1991. Possibilités d'élevage d'espèces et d'hybrides de *Oreochromis* en milieu saumâtre : expérimentations en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) et revue bibliographique. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **24** : 335-347.
- DUSSART, J. 1963. Contribution à l'étude de l'adaptation des *Tilapia* à la vie en milieu mal oxygéné (Pisces Cichlides). *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **97** : 161-73
- DUSSART, J. 1980. Les Copépodes. In : Faune et flore aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne Tome I. ORSTOM (ed.), pp. 333-356. Collection Initiation Document Technique N° 44, France.
- EDWARDS, P., SINCHUMPASAK, O.A. & TABUCANON, M. 1981. The harvest of microalgae from the effluent of a sewage fed high rate stabilisation pond by *Tilapia nilotica*. Part 2 : Studies of fish ponds. *Aquaculture*, **23** : 107-147.
- ETIM, L., ETCHERI, I. & UMOREN, O. 1989. Aspects of the reproductive biology of *Tilapia guineensis* (Perciformes : Cichlidae) in Editas pond, Nigeria. *J. Afr. Zool.* **103** : 127-134.

- FAGADE, S.O. 1971. The food and feedings habits of *Tilapia* species in the Lagos Lagoon. *J. Fish. Biol.*, **3** : 151-156.
- FAGADE, S.O. 1978. On the biology of *Tilapia guineensis* (Dumeril) from the Lekki Lagoon, Lagos State, Nigeria. *Nigerian J. Sci.* **12** : 157-160.
- FALK, T.M. 2004. The utility of complete cytochrome *b* sequences for phylogenetic studies on African tilapiines (Teleostei, Cichlidae). *In* : Biodiversity, Management and Utilization of West African Fishes. Abban, E.K., Casal, C.M.V., Dugan, P. & Falk, T.M. (eds.), pp. 20-26. WorldFish Center Proceedings, Penang, Malaysia.
- FALTER, U. 1996. Searching for behavioral isolating mechanisms in tilapias. *ICLARM Conf. Proc.* **41** : 299-307.
- FAO, 2005. World Market of Tilapia. FAO/GLOBEFISH, Rome, Italy. Vol. 79, 28 p.
- FAURE, A. 1983. Intérêt et pratique de l'alimentation libre-service en salmoniculture intensive. *La Pisciculture Française*, **74** : 15-26.
- FAURE, A. & LABBE, L. 1999. Pratique de l'alimentation des poissons. *In* : Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. GUILLAUME, J., KAUSHIK, S., BERGOT, P. & METAILLER, R. (eds.), pp. 413-425. INRA, France.
- FRYER, G. & ILES, T.D. 1972. The Cichlid fishes of the great Lakes of Africa : Their Biology and Evolution, Oliver & Boyd, Edinburgh, 641 p.
- GABILLARD, J.C., WEIL, C., RESCAN, P.Y., NAVARRO, I., GUTIERREZ, J., LE BAIL, P.Y. 2003. Environmental temperature increases plasma GH levels independently of the nutritional status in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Gen. Comp. Endocrinol.*, **133** : 17-26.
- GABILLARD, J.C., WEIL, C., RESCAN, P.Y., NAVARRO, I., GUTIERREZ, J., LE BAIL, P.Y. 2005. Does the GH/GF system mediate the effect of temperature on fish growth ? *Cybium*, **29** : 107-117.
- GABRIEL, K.R. 1971. The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, **58** : 453-467.
- GALMAN, O.R. 1987. Le tilapia rouge des Philippines (*Oreochromis*, Pisces : Cichlidae). Caractères morphologiques, génétiques et biologiques : conséquence pour l'aquaculture. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse. Spécialité : Science Agronomiques (Ichtyologie appliquée), 142 p.
- GELINEAU, A., MAMBRINI, M., LEATHERLAND, J.F. & BOUJARD, T. 1996. Effect of feeding time on hepatic nucleic acid, plasma T3, T4 and GH concentrations in rainbow trout. *Physiol. Behav.* **59** : 1061-1067.

- GERARD, J.P. & GENDRE, G. 1980. Un nourrisseur "libre service" pour la distribution d'aliment secs destinés aux poissons. *La Pisc. Franç.*, **60** : 55-56.
- GERKING, S.D. 1971. Influence of rate of feeding on body weight on protein metabolism of bluegill sunfish. *Physiol. Zool.*, **44** : 9-19.
- GOORE-BI, G. 1998. Contribution à l'étude des crevettes d'eaux douces de Côte-d'Ivoire. Systématique, Biologie et Analyse socio-économique de la pêche de *Macrobrachium vollenhovenii* (HERKLOTS, 1875) et *M. macrobrachion* (HERKLOTS, 1851) (*Crustacea* : *Decapoda* : *Palaemonidae*) du bassin de la Bia. Thèse de Doctorat 3^e cycle, Université d'Abidjan, Côte d'Ivoire, 145 p.
- GOURÈNE, G., TEUGELS, G.G., HUGUENY, B. & THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1999. Evaluation et conservation de la diversité ichthyologique d'un bassin versant Ouest-Africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, **23** : 147-160.
- GOURENE, G., TEUGELS, G.G. & THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1995. Manuel pratique d'identification des poissons du lac d'Ayamé (Rivière Bia, Côte-d'Ivoire). *Arch. Scient.*, **14** : 1-41.
- GUERRERO, R.D. 1982. Control of tilapia reproduction. *In* : The Biology and Culture of Tilapias. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds), pp. 309-613. ICLARM Conférence proceedings, Manila, Philippines, 7 : 432 p.
- GUERRERO, R.D. III & GARCIA, A.M. 1983. Studies on the fry production of *Oreochromis niloticus* in a lake-based hatchery. *In* : International symposium on tilapia in aquaculture. Tel Aviv University (ed.), pp. 388-393. Nazareth/Tel Aviv, Israël.
- GUILLAUME, J., KAUSHIK, S., BERGOT, P. & MÉTAILLER, R. 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. INRA - France, 468 p.
- HAINES, T. 1973. An evaluation of RNA-DNA ratio as mesure of long term growth in fish population. *J. Fish. Res. Bd. Can.*, **30** : 195-199.
- HAMMERMAN, I.S. & AVTALION, R.R. 1979. Sex determination in *Sarotherodon* (tilapia). *Theor. Appl. Genet.*, **55** : 117-187.
- HANSON, T.R., SMITHERMAN, R.O., SHELTON, W.L. & DUNHAM, R.A. 1983. Growth comparisons of monosex tilapia produced by separation of sexes, hybridization and sex reversal. *In* : Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. FISHELTON, L. & YARON, Z. (eds), pp. 570-579. Nazareth, Israel, Tel Aviv University, 624 p.
- HARGRAVES, J.A. 1997. A simulation model of ammonia dynamics in commercial catfish ponds in the southeastern United States. *Aquacul. Eng.*, **16** : 27-43.

- HARGRAVES, J.A. & TUCKER, C.S. 1996. Evidence of control of water quality in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) ponds by phytoplankton biomass and sediment oxidation. *J. World Aquacul. Sci.* **27** : 21-29.
- HEILMAN, M.J. & SPIELER, R.E. 1999. The daily feeding rhythm to demand feeders and the effects of timed meal-feeding on the growth of juvenile Florida pompano, *Trachinotus carolinus*. *Aquaculture*, **180** : 53-64.
- HEM, S., LEGENDRE, M., TREBAOL, L., CISSE, A., OTEME, Z. & MOREAU, Y. 1994. L'aquaculture. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2- Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. DURAND, J.R., DUFOUR, P., GUIRAL, D. & ZABI, S.G. (eds), pp. 455-505. ORSTOM, Paris, France, 546 p.
- HENDERSON-ARZAPALO, A., STICKNEY, R.R. & LEWIS, D.H. 1980. Immune hypersensitivity in intensively cultured *Tilapia* species. *Trans. Am. Fish. Soc.* **109** : 244-247.
- HENGSAWAT, K., WARD, F.J. & JARURATJAMORN, P. 1996. The effect of stocking density on yield, growth and mortality of African catfish (*Clarias gariepinus* BURCHELL 1822) cultured in cages. *Aquaculture*, **152** : 67-76.
- HICKLING, C.F. 1962. Fish culture. Faber and Faber, London, 295 p.
- HILLIS, D.M., LARSON, A., DAVIS, S.K. & ZIMMER, E.A. 1990. NUCLEIC acids III : Sequencing. In : Molecular Systematics. HILLIS, D.M. & MORITZ, C. (eds.), pp. 318-370. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts.
- HOGENDOORN, H., JANSEN, J.A.J., KOOPS, W.J., MACHIELS, M.A.M., VAN EWIJK, P.H. & HEES, J.P. 1983. Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). II. Effect of body weight temperature and feeding level in intensive tank culture. *Aquaculture*, **34** : 265-285.
- HOLLERMAND, W.D. & BOYD, C.E. 1980. Nightly aeration to increase production of channel catfish. *Trans. Am. Fish. Sci.* **109** : 446-452.
- HTUN-HAN, M. 1978. Reproductive biology of the dab *Limanda limanda* (L.) in the North Sea : gonadosomatic index, hepatosomatic index and condition factor. *J. Fish. Biol.*, **13** : 369-378.
- ILTIS, A. & LEVEQUE, C. 1982. Caractéristiques physico-chimiques des rivières de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **15** : 115-130.
- JALABERT, B., MOREAU, J., PLANQUETTE, P. & BILLARD, R. 1974. Déterminisme du sexe chez *Tilapia macrochir* et *Tilapia nilotica* : action de la méthyltestostérone

- dans l'alimentation des alevins sur la différenciation sexuelle ; proportion des sexes dans la descendance des mâles « inversés ». *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, **14** (4-B) : 729-739.
- JARIMOPAS, P., NUKWAN, S. & LAWANYAWUT, K. 1992. Production of clarias hybrid (*Clarias macrocephalus* x *Clarias gariepinus*) cultured in concrete ponds with various stocking rates. *NIFI Newsl.*, **2** (1) : 1-8.
- JOLICOEUR, P. & MOSSIMANN, J.E. 1960. Size and shape variation in painted turtle. A principal component analysis. *Growth*, **24** : 339-354.
- KARTAS, F. & QUIGNARD, J.P. 1984. La fécondité des poissons téléostéens. Masson : Collection biologie des milieux marins 5, Paris, 117 p.
- KAUSHIK, S.J. & CUZON, G. 1999. Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. *In* : Besoins nutritionnels, Formules types, Table de rationnement et Données diverses. GUILLAUME, J., KAUSHIK, S., BERGOT, P. & METAILLER, R. (eds.), pp. 457-469. INRA, France.
- KEENLEYSIDE, M.H.A. 1991. Parental care. *In* : Cichlid Fishes : Behaviour, ecology and evolution. KEENLEYSIDE, M.H.A. (ed), pp. 191-208. Fish and Fisheries Serie 2 Chapman & Hall, London.
- KONE, T. 2000. Régime alimentaire et reproduction d'un tilapia lagunaire (*Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852) dans la rivière Bia et le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Université Catholique Louvain, 253 p.
- KOUAMELAN, E. P. 1999. Effet du lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de Doctorat, Université Catholique Louvain, 221 p.
- KOUASSI, N. J. 1980. Données sur l'effort de pêche et la production piscicole du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). *Ann. Univ. Abidj.* **13** : 155-180.
- LAË, R. 1997. Estimation des rendements de pêche des lacs africains au moyen de modèles empiriques. *Aqua. Living Resour.*, **10** : 83-92.
- LEATHERLAND, J.F. & CHO, C.Y. 1985. Effect of rearing density on thyroid and internal gland activity and plasma hepatic metabolite levels in rainbow trout, *Salmo gairdneri*, Richardson. *J. Fish Biol.*, **27** : 583-592.
- LEGENDRE, L. & LEGENDRE, P. 1984. La structure des données écologiques. Ecologie numérique, Tome 2. Masson, Paris, 335 p.
- LEGENDRE, M. 1986. Influence de la densité, de l'élevage monosexé et de l'alimentation sur la croissance de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* élevés

- en cage-enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **19** : 19-29.
- LEGENDRE, M. 1991. Potentialités aquacoles des Cichlidae (*Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*) et Clariidae (*Heterobranchus longifilis*) autochtones des lagunes ivoiriennes. Thèse de Doctorat, Université Montpellier II, 180 p.
- LEGENDRE, M. & ECOUTIN, J.M. 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I-Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, **2** : 71-79.
- LEGENDRE, M., HEM, S. & CISSE, A. 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for aquaculture. II Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, **2** : 81-89.
- LEGENDRE, M., TEUGELS, G.G., CAUTY, C. & JALABERT, B. 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.*, **40** : 59-79.
- LEGNER, E.F. 1978. Mass culture of *Tilapia zillii* (Cichlidae) in pond ecosystems. *Entomophaga*, **23** (1) : 51-56.
- LESSENT, P., 1968. Essais d'hybridations dans le genre *Tilapia* à la station de recherches piscicole de Bouaké, Côte d'Ivoire. *FAO Fish. Rep.*, **44** (4) : 148-159.
- LEVEQUE, C. 1999. Croissance et ontogénie. In : Les poissons des eaux continentales africaines : Diversité, écologie, utilisations par l'homme. LÉVÊQUE, C. & PAUGY, D. (eds), pp. 153-166. Edition IRD, Paris.
- LITTLE, D.C. & HULATA, G. 2000. Strategies for tilapia seed production. In : Tilapia : Biology and Exploitation. BEVERIDGE, M.C.M., McCANDREW, B.J. (eds), pp. 267-326. Kluwer Academic Publishing, Great Britain.
- LOISELLE, P.V. 1969. Monographie systématique et notes biologiques sur les poissons de la lagune de Lomé. *Bull. ens. sup. Be.* **5** : 7-37.
- LOISELLE, P.V. 1971. Hybridization in cichlids. *Buntl. Bull.* **27** : 9-18.
- LOVSHIN, L.L. 1982. Tilapia hybridization. In : The biology and culture of tilapia. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds.). pp. 279-308. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. Manilla, Philippines.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1955. The fecundity of *Tilapia* species. *E. Afr. Agric. J.*, **21** : 45-52.

- LOWE-McCONNELL, R.H. 1958. Observations on the biology of *Tilapia nilotica*. In : East African water. *Rev. Zool. Bot. Afr.* **57** : 129-170.
- LOWE-McCONNELL, R.H. 1959. Breeding behaviour patterns and ecological differences between *Tilapia* species and their significance for evolution within the genus *Tilapia* (Pisces : Cichlidae). *Proc. Zool. Soc. Lond.*, **132** : 1-30.
- LUIG, M. 2005. [Http://aquavisie.retry.org/database/vissen/tilapia_zillii.html](http://aquavisie.retry.org/database/vissen/tilapia_zillii.html) (site consulté le 28/06/2006).
- MACINTOSH, D.J. & LITTLE, D.C. 1995. Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). In : Brood stock management and egg and larval quality. Bromage, N.R., Roberts, J.R. (eds), pp. 277-320. Blackwell Sciences, Oxford.
- MAHATANE, A. 1986. Report of Junior Scientis programme at The African Regional Aquaculture Centre, Port Harcourt, Nigeria, 30 p.
- MAHE, G. 1993. Les écoulements fluviaux sur la façade atlantique de l'Afrique : Etude du bilan hydrique et variabilité interannuelle, analyse de situations hydroclimatiques moyennes et extrêmes. Editions de l'ORSTOM, Paris, 438 p.
- MASSOU, A.M., PANFILI, J., LE BAIL, P.Y., LAË, R., MIKOLASEK, O., FONTENELLE, G., BAROILLER, J.F. 2004. Evidence of perturbations induced by reproduction on somatic growth and microincrement deposition in *Oreochromis niloticus* otoliths. *J. Fish Biol.*, **64** : 380-398.
- MATHER, P. B. & ARTHINGTON, A. H. 1991. An assesment of genetic differentiation among feral Australian *Tilapia* population. *Aus. J. Mar. Freshwat. Res.*, **42** : 721-728.
- McDONALD, D.G. 1983. The effect of H⁺ upon the gills of freshwater fish. *Can. Jour. Zool.*, **61** : 991-703.
- MELARD, C. 1986. Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. *Cahiers Ethol. Appl.*, **6** (3) : 1-224.
- MELARD, C. 1998. Bases biologiques de l'aquaculture (*Notes de cours*). Universités de Liège - Station d'Aquaculture de Tihange. Centre de Formation et de Recherche en Aquaculture (CEFRA) : 256 p.
- MELARD, C., DESPREZ, D. & PHILIPPART, J.C. 1994. Le contrôle du sexe chez les tilapias : bilan et perspectives de 10 années de recherches à la station aquacole de Tihange. *Cah. Ethol. Appl.*, **13** (4) : 421-434.

- MELARD, C. & PHILIPPART, J.C. 1981. Pisciculture intensive du tilapia *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire en Belgique. *In* : Proceedings of the World Symposium on Aquaculture in Heated Effluents and Recirculation Systems. TIEWS, K. (ed.), pp. 637-658. Stavanger, Norway. Heeneman, Berlin, Federal Republic of Germany.
- MELARD, C. & PHILIPPART, J.C. 1982. La production de tilapia de consommation dans les rejets industriels d'eau chaude en Belgique. *Cah. Ethol. Appli.*, **1** (2) : 1-122.
- MICHA, J.C., CUVELIER, R., TILQUIN, C., MURAILLE, B., BOURGEOIS, M. & FALTER, U. 1996. Comparative growth of hybrids (F1, F2 and F3) of *Oreochromis niloticus* (L) and *O. Macrochir* (Blgr). *In* : The Third International Symposium on Tilapia in Aquaculture. PULLIN, R.S.V., LAZARD, J., LEGENDRE, M., AMON KOTHIAS, J.B. & PAULY, D. (eds), pp. 354-360. ICLARM Conference Proceedings, 41 : 575 p. Manila, philippines.
- MIRES, D. 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. *In* : The biology and Culture of Tilapias. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds), pp. 317-329. ICLARM Conference Proceedings, 7 : 432 p, Manila, Philippines.
- MORIARTY, C.M. & MORIARTY, D.J.W. 1973. Quantitative estimation of the daily ingestion of phytoplankton by *Tilapia nilotica* and *Haplochromis nigripinnis* in Lake George, Uganda. *J. Zool.* **171** : 15-24.
- MORISSENS, P., ROCHE, P., TAUZES, P., SONON, C. & AGLINGLO, C. 1987. La pisciculture intensive en enclos dans les grandes lagunes du sud-est du Bénin. *Bois Forêts Trop.*, **213** : 1-30.
- MOSS, B. 1988. Ecology of fresh water : man and medium, 2nd edition. Blakwell Scientific Publications, Oxford, 417 p.
- N.A.A.D.S. 2005. An introduction to commercial fish farming. Aquaculture Technical Manual. National Agricultural Advisory Services, Uganda. Vol. 1, 47 p.
- N'DOUBA, V. 1987. Contribution à l'étude des relations trophiques dans les étangs et lacs de Côte d'Ivoire : cas des peuplements des Copépodes. Thèse de Doctorat 3^e cycle, FAST, Université Nationale Côte d'Ivoire, Abidjan, 126 p.
- N'DOUBA, V. 2000. Biodiversité des Monogènes parasites des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire : Cas des poissons des rivières Bia et Agnébi. Thèse Doctorat d'Etat. Université de Cocody - Abidjan, 250 pp.
- NEEDHAM, P.R. 1962. A guide to the study of freshwater biology. Holden Day, Inc., (San

Francisco), 104 p.

NELSON, J.S. 1994. Fishes of the world. 3rd Edition, John Wiley and Sons, Toronto, 600 p.

N'GOKAKA, C. 1983. Ethologie et hybridation des tilapias. *Cah. Ethol. Appl.*, **3** : 195 p.

NOBAH, C.S.K. 1998. Distribution verticale des peuplements zooplanctoniques dans un lac artificiel Ouest Africain : le lac d'Ayamé I (Côte d'Ivoire). Mémoire de DEA, Université de Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire, 65 p.

NOBAH, C.S.K., KONE T., OUATTARA N.I., N'DOUBA V., SNOEKS J., GOORE BI G. & KOUAMELAN E.P. 2003. Résultats préliminaires de l'élevage en cage flottante d'un tilapia hybride : densité de mise en charge, taux de rationnement et mode de distribution de l'aliment. *Sc. Tech. Série Sc. Nat. Agr.*, **27 (1 et 2)** : 145-156.

NOBAH, C.S.K., KONE, T., N'DOUBA, V., SNOEKS, J., GOORE-BI, G. & KOUAMELAN, E.P. 2006. Comparative analysis of the aquaculture potential of hybrid *Tilapia zillii* (male) x *T. guineensis* (female) (Teleostei: Cichlidae) in floating cages, cement tanks and earth ponds. *Afr. J. Aqu. Sci.*, **31 (2)**: 319–323

NOBAH, C.S.K., KOUAMELAN, E.P., N'DOUBA, V., SNOEKS, J., TEUGELS, G.G., GOORE-BI, G., KONE, T. & FALK, T. M . 2006. The colour pattern of the caudal fin, a useful criterion for identification of two species of *Tilapia* and their hybrids. *Jour. of Fish Biol.*, **69** : 698 –707.

NOESKE-HALLIN, T.A., SPIELER, R.E., PARKER, N.C. & SUTTLE, M.A. 1985. Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *J. Nutr.*, **115** : 1228-1232.

OTUBUSIN S.O. 1988. Hybridization trial using *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus* in floating bamboo net-hapas in Kainji Lake Basin, Nigeria. *Aquaculture*, **74** : 233-237.

OUATTARA, A. 2000. Premières données systématiques et écologiques du phytoplancton du lac d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat, Katolieke Universiteit Leuven : 181 p.

OUATTARA, N.I. 1998. Impact de la construction d'un barrage sur le peuplement zooplanctonique de la rivière Bia (Côte d'Ivoire). Diplôme d'Etudes Approfondies d'Ecologie Tropicale. Université de Cocody, Abidjan, 49 p.

- OUATTARA, N.I. 2004. Etude du potentiel aquacole d'une population du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* Rüppell 1852 isolée dans le lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat en Sciences, Université de Liège, 223 p.
- OUATTARA, N.I., TEUGELS, G.G., N'DOUBA, V. & PHILIPPART, J-C. 2003. Potential of the black-chinned tilapia, *Sarotherodon melanotheron* (Cichlidae). Comparative study of the effect of stocking density on growth performance of landlocked and natural populations under culture condition in Lake Ayame (Côte d'Ivoire). *Aquaculture Research*, **34** : 1223-1229.
- PATERSON, H.E. 1978. More evidence against speciation by reinforcement. *S. Afr. J. Sci.*, **74** : 367-371.
- PAUGY, D. 1978. Ecologie et biologie des *Alestes baremoze* (Pisces, Characidae) des rivières de Côte d'Ivoire. *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.*, **12** : 245-275.
- PAYNE, A. I. 1983. Estuarine and Salt Tolerant Tilapias. *In* : International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University (ed), pp. 534–543. Proceedings ; Tel Aviv- Israël, 624 p.
- PAYNE, A.I. & COLLINSON, R.I. 1983. A comparison of the biological characteristics of *Sarotherodon aureus* (Steindachner) with those of *S. niloticus* (L.) and other tilapia of the delta lower Nile. *Aquaculture*, **30** : 335-351.
- PENMAN, D.J. & McANDREW, B.J. 2000. Genetics for the management and improvement of cultured tilapias. *In* : Tilapias, Biology and Exploitation, Fish and Fisheries series BEVERIDGE, M.C.M. & McANDREW, B.J (eds), pp. 227-266. Great Britain : Kluwer Academic Publishers.
- PETERS, H.M. 1971. Testis Weights in *Tilapia* (Pisces : Cichlidae). *Copeia* **1971** (1) : 13-17, figs. 163, 2 tables.
- PHILIPPART, J.C. & BERREBI, P. 1990. Experimental hybridization of *Barbus barbuis* and *Barbus meridionalis* : physiological, morphological, and genetic aspects. *Aquat. Living Resour.*, **3** : 325-332.
- PHILIPPART, J-C. & RUWET, J-C. 1982. Ecology and distribution of tilapias. *In* : The biology and culture of tilapias. PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. (eds.), pp. 15-59. ICLARM Conference Proceedings 7, 432 p. Manila, Philippines.
- PICKERING, A.D. 1993. Growth and stress in fish production. *Aquaculture*, **111** : 51-63.
- PONCIN, P. 1996. Reproduction chez nos poissons. Nouvelles Imprimeries Havaux. Fédération sportive des Pêcheurs Francophones (ed.), France, 96 p.

- POPMA, T. & MASSER, M. 1999. *Tilapia* : life history and biology. Southern Regional Aquaculture Center Publication (SRAC), Stoneville, 283 p.
- POURRIOT, R. 1980. Rotifères. *In* : Flore et Faune aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne. Tome I. DURAND, J-R. & LEVEQUE, C. (eds), pp. 333-356. Collections Initiations Documents Techniques, n° 44. ORSTOM (Paris).
- POUYAUD, L. 1995. Génétique des populations de tilapias d'intérêt aquacole en Afrique de l'Ouest. Relation phylogénétique et structuration populationnelles. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier II, 200 p.
- POUYAUD, L. & AGNESE, J.F. 1995. Phylogenetic relationships between 21 species of three tilapiine genera *Tilapia*, *Sarotherodon* and *Oreochromis* using allozyme data. *J. Fish Biol.*, **47** : 26-38.
- PREISENDORFER, R.W. 1986. Secchi disk science : visual optics of natural waters. *Limnol. Oceanogr.* **31** : 909-926.
- PRUGININ, Y. 1968. Culture of carp and *Tilapia* hybrids in Uganda. *FAO Fish. Rep.* **44** (4) : 223-229.
- PULLIN, R.S.V. 1983. Choise of tilapia species for aquaculture. *In* : International Symposium on Tilapia in Aquaculture. FISHELSON, L. & YARON. Z. (eds), pp. 64-76. Tel Aviv University, Israel.
- PULLIN, R.S.V. 1996. L'aquaculture du tilapia dans le monde : bilan et perspectives. *In* : Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. PULLIN, R.S.V., AMON KOTHIAS, J.B. & PAULY, D. (eds), pp. 1-16. ICLARM Conference Proceedings. Manille, Philippines, 41 : 630 p
- PULLIN, R.S.V. & LOWE-McCONNELL, R.H. 1982. The biology and culture of tilapias. ICLARM Conference Proceedings. Manila, Philippines, 7 : 432 p.
- RANA, K.J., McANDREW, B.J., WOHLFARTH, G & MACGOWAN. 1996. Observation sur les hybrides intergénériques chez les tilapias. *In* : Le troisième symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. PULLIN, R.S.V., LAZARD, J., LEGENDRE, M., AMON KOTHIAS JB. & PAULY, D. (eds.), pp. 433-440. ICLARM Conference Proceedings 41, 630 p. Manila Philippines.
- RAPPAPORT, A., SARIG, S. & MAREK, M. 1976. Result of tests of various aeration systems on the oxygen regime in the Genosar experimental pond and growth of fish. *Bamidgeh* **28** : 35-45.

- REY, J. & SAINT JEAN, L. 1980. Les brachiopodes. *In* : Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-soudanienne. ORSTOM (ed.), pp : 307-332. Sélection, Initiation Documentation Scientifique. Paris.
- RIESEBERG, L.H. 1995. The role of hybridisation in evolution : old wine in new skins. *Am. j. Bot.* **82** : 944-953.
- RIESEBERG, L.H. & ELLESTRAND, N.C. 1993. What can morphological and molecular markers tell us about plant hybridization? *Critical Rev. Plant Sci.* **12** : 213-241.
- ROBINSON, B.W. & DOYLE, R.W. 1990. Phenotypic correlations among behaviour and growth variables in tilapia : implications for domestication selection. *Aquaculture*, **85** : 177-186.
- ROSSECHI, E. 1983. Régime alimentaire du pageot, *Pallus erythrinus*, Linne 1758 (Pisces, Sparidae) dans le golfe du Lion. *Cybiurn*, **7** : 17-29.
- RUWET J.CL. 1962. La reproduction des *Tilapia macrochir* (Blgr) et *Tilapia melanopleura* (Dum.) au lac de barrage de la Lufira (Haut- Katanga). *Rev. Zool Bot. Afr.* **66** : 244-271.
- RUWET, J.C., VOSS, J., HANON, L., MICHA, J.C. 1976. Biologie et élevage des Tilapias. Symposium FAO/CPCA sur l'aquaculture en Afrique. Accra, Ghana, 27 p.
- SCHAEFER, S.A. 1991. Morphometric investigations in cyprinid biology. *In* : Cyprinid Fishes. Systematics, biology and exploitation. Winfield, I.J. & Nelson, J.S. (eds.), pp. 55-82. Chapman & Hall, London.
- SCHERRER, B. 1984. Présentation des données. *In* : Biostatistique. Morin, G. (ed.), pp.103-126. Paris, France.
- SCHROEDER, G.L., WOHLFARTH, G., ALKON, A., HALEVY, A., KRUEGER, H. 1990. The dominance of algal-bases food webs in fish ponds receiving chemical fertilizers plus organic manures. *Aquaculture*, **86** : 219-229.
- SCHWANCK, E. & RANA, K. 1996. Analyse morphométrique de trois tilapias (*Tilapia zillii*, *Sarotherodon galilaeus* et *Oreochromis niloticus*) et leurs hybrides intergénériques. *In* : Le troisième symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. PULLIN, R.S.V., LAZARD, J., LEGENDRE, M., AMON KOTHAS JB. & PAULY, D. (eds.), pp. 604-605. ICLARM Conference Proceedings 41, 630 p. Manille Philippines.
- SCHWARTZ, D. & LAZAR, P. 1964. Elément de statistique à l'usage des étudiants en propédeutique médicale. Editions Flammarion, 142 p.

- SEEHAUSEN, O., MAYHEW, J.P. & VAN ALPHEN, J.J.M. 1999. Evolution of Colours patterns in East African Cichlid fish. *J. Evol. Biol.* **12** : 514-534.
- SIDDIQUI, A.Q. 1977. Lake Naivasha (Kenya, East Kenya) fishery and its management together with a note on the food habits of fishes. *Biol. Conserv.* **12** (3) : 217-218.
- SIDDIQUI, A.Q. & AL-HARBI, A.H. 1995. Evaluation of three species of tilapia and a hybrid tilapia as culture species in Saudi Arabia. *Aquaculture*, **138** : 145-157.
- SIRAJ, S.S., SMITHERMAN, R.O., CASTILLO-GALLUSER, S. & DUNHAM, R.A. 1983. Reproductive traits for three years classes of *Tilapia nilotica* and maternal effects of their progeny. *In* : International symposium on tilapia in aquaculture. Tel Aviv University (ed). pp. 210-218. Nazareth, Israel/ Tel Aviv, Israel.
- SNOEKS, J. 1994. The haplochromines (Teleostei, Cichlidae) of Lake Kivu (East Africa). *Ann. Mus. Roy. Afr. Cent.*, **270** : 1-221.
- SPATARU, P. 1978. Food and feeding habits of *Tilapia zillii* (Gervais) (Cichlidae) in Lake Kinneret (Israel). *Aquaculture*, **14** : 327-338.
- STAPLE, D.J. & NOMURA, M. 1976. Influence of body size and food ration on the energy budget of rainbow trout *Salmo gairdneri* Richardson. *J. fish Biol.*, **9** : 29-43.
- STEFFENS, W. 1989. Principles of fish nutrition. Ellis Horwood in aquaculture and fisheries support. 383 p.
- STIASSNY, M.L.J. 1991. Phylogenetic intrarelationships of the family Cichlidae : an overview, *In* : Cichlid Fishes : Behaviour, ecology and evolution. KEENLEYSIDE, M.H.A. (ed.), pp. 1-31. Chapman & Hall, Fish and Fisheries Series 2. UK, 377 p.
- STICKNEY, R.R., MURAI, T. & GIBBONS, G.O. 1972. Rearing channel catfish fingerlings under intensive culture conditions. *Progr. Fish-culturist*, **34** : 100-102.
- SURESH, A.V. & LIN, C.K. 1992. Effect of stocking density on water quality and production of Red Tilapia in a recirculated water system. *Aquac. Eng.*, **11** : 1-22.
- TACON, P., BAROILLER, J.F., LE BAIL, P.Y., PRUNET, P., JALABERT, B., 2000. Effect of egg deprivation on sex steroids, gonadotropin, prolactin, and growth hormone profiles during the reproductive cycle of the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Gen. Comp. Endocrinol.* **117** : 54-65.
- TCHINDA, B. 1999. Morphological characterization of *Tilapia zillii*, *T. guineensis* and their hybrids (Teleostei, Cichlidae) in some West African Man-Made Lakes. Master of Science in Aquaculture. University of Ghent, Belgium, 58 p.

- TEMPLETON, A.R. 1989. The meaning of species and speciation : a genetic perspective. *In* : Speciation and its consequences. Otte, D. & Endler, J.A. (eds), pp. 3-27. Sinauer Associates, Sunderland, Mass.
- TEUGELS, G.G. & HANSSENS, M.M. 1994. Différentiation morphologique de huit populations de *Sarotherodon melanotheron* Rüppel, 1852 (Cichlidae). *In* : Biodiversité et aquaculture en Afrique (Atelier). AGNESE, J.F. (ed), pp. 84-90. CRO-ORSTOM, Abidjan.
- TEUGELS, G.G. & THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1992. Les Cichlidae. *In* : Faune des poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. LEVEQUE, C., PAUGY, D. & TEUGELS, G.G. (eds.), pp. 714-779. Paris & Tervuren, ORSTOM/ MRAC.
- TEUGELS, G.G. & THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 2003. Les Cichlidae. *In* : Poissons d'eaux douces et saumâtres de l'Afrique de L'Ouest. PAUGY, D., LEVEQUE, C. & TEUGELS, G.G. (eds.), pp. 520-599. Paris & Tervuren, IRD, MNHN/ MRAC.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1964. Révision systématique des espèces congolaises du genre *Tilapia* (Pisces, Cichlidae). *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, **124** : 1-147.
- THYS VAN DER AUDENAERDE, D.F.E. 1966. Les tilapias du Sud Cameroun et du Gabon. *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, **153** : 1-95.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1968. An anotated bibliography of *Tilapia* (Pisces, Cichlidae). *Doc. Zool. Mus Roy. Afr. Centr.*, **14** : 1-406.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E. 1971 Some new data concerning the *Tilapia* species of the Subgenus *Coptodon* (Pisces : Cichlidae). *Rev. Zool. Bot. Afrique.*, **84** : 160-168.
- THYS VAN DEN AUDENAERDE, D.F.E., TEUGELS, G.G. & KOUASSI, N.J. 1998. Évolution de la biodiversité des poissons après la construction d'un barrage : cas de la rivière Bia en Côte d'Ivoire. Rapport final Projet VLIR, 38 p.
- TOGUYENI, A., FAUCONNEAU, B., MELARD, C., FOSTIER, A., LAZARD, J., BARAS, E., KÜHN, E.R., GEYTEN, S. & BAROILLER, J.F. 1997. Sexual dimorphism studies in tilapias, using two pure species, *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron*, and their intergeneric hybrids (*O. niloticus* × *S. melanotheron* and *S. melanotheron* × *O. niloticus*). *In* : Tilapia aquaculture, pp.

- 200-214. Proceedings from the fourth international symposium on tilapia aquaculture. NRAES, FLORIDA.
- TREWAVAS, E. 1966. A preliminary review of fishes of the genus *Tilapia* in the eastward-flowing rivers of Africa, with proposals of two new specific names. *Rev. Zool. Bot. Afr.* **74**(3-4) : 394-424.
- TREWAVAS, E. 1973. On The cichlid fishes of the genus *Pelmatochromis* with proposal of a new genus for *P. congious* ; on the relationship between *Pelmatochromis* and *Tilapia* and the recognition of *Sarotherodon* as distinct genus. *Bull. British Mus. (Nat. Hist.) Zool.*, **25** (1): 1-16.
- TREWAVAS, E. 1980. *Tilapia* and *Sarotherodon* ? *Buntbarsche Bull.*, **81** : 1-6.
- TREWAVAS, E. 1982. Generic groupings of Tilapiini used in aquaculture. *Aquaculture*, **27** : 79-81.
- TREWAVAS, E. 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), London, 583 p.
- VANDEN BOSSCHE, J.P. & BERNACSEK, G.M. 1990. Source book for the inland fishery resources of Africa FAO Fisheries Technical Paper, Rome, 240 p.
- VAN DER BANK, F.H. 2000. Misconceptions about hybrids. *In* : Biodiversity and sustainable use of fish in the coastal zone. ABBAN, E.K., CASAL, C.M.V., FALK, T.M. & PULLIN, R.S.V. (eds), pp. 12-13. ICLARM Conference Proceedings. 71 p. Penang, Malaysia.
- VANGA, A.F. 2001. Conséquence socio-économique de la gestion des ressources naturelles : cas des pêcheries dans les lacs d'Ayamé et de Buyo (Côte d'Ivoire). Thèse de Doctorat de l'Université d'Abobo-Adjamé, Côte d'Ivoire, 210 p.
- VOSS, J. 1980. The color pattern of African cichlids fishes. T.F.H., New Jersey U.S.A, 123 p
- VOSS, J. & RUWET, J.C-L. 1966. Inventaire des mouvements d'expression chez *Tilapia guineensis* (Blkr. 1868) et *T. macrochir* (Blgr. 1912) (Poissons Cichlides). *Ann. Soc. R. Zool. Belg.*, **96** : 145-188.
- WANG, N., HAYWARD, R.S., NOLTIE, D.B. 2000. Effects of social interactions on growth of juvenile hybrid sunfish held at two densities. *N. Ammer. J. Aquac.*, **62** : 161-167.
- WATANABE, W.O., CLARCK, J.H., DUNHAM, J.B., WICKLUND, R.I. & OLLA, B.L. 1990. Culture of Florida red tilapia in marine cages : Effect of stocking density and dietary protein on growth. *Aquaculture*, **90** : 123-134.

- WELCOMME, R.L. 1981. Register of international transfers of invalid fishes. FAO Fisheries Technical paper. FAO, Rome, No. 213 : 120 p.
- WHYTE, S.A. 1975. Distribution, trophic relationships and breeding habits of the fish populations in a tropical Lake basin (Lake Bosumtwi, Ghana). *J. Zool. Lond.*, **176** : 25-56.
- WILSON, M. & KAUFMAN, L. 1995. A note on recent advance in the genetic characterization of tilapiine stocks in lake Victoria Region. *Afr. J. Trop. Hydrobio. Fish.*, **6** : 51-53.
- WOHLFARTH, G.W. 1994. The unexploited potential of tilapia hybrids in aquaculture. *J. Fish. Manag.*, **25** : 781-788.
- WOHLFARTH, G.W. & HULATA, G.I. 1981. Applied genetics of tilapias. ICLARM Studies and Reviews, Manille, Philippines, 26 p.
- WOHLFARTH, G.W., HULATA, G. I., ROTHBARD, S., ITZKOWICH, J. & HALEVY, A. 1983. Comparison between interspecific tilapia hybrids for some production traits. *In* : FISHELSON, L. & YARON, Y. (eds), pp. 559-569. ISTA Proceedings. Tel Aviv University, Israel.
- WOKOMA, K & MARIOGHAË, I. E. 1996. Survie de *Tilapia guineensis* à de basses concentrations d'oxygène dissous et à un pH peu élevé. *In* : Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. PULLIN, R.S.V., LAZARD, J., LEGENDRE, M., AMON KOTHIAS, J.B. & PAULY, D. (eds), pp. 486-492. ICLARM Conference Proceedings, 41 : 630 p.
- WOODRUFF, D.S. 1989. Genetic anomalies associated with *Cerion* hybrid zones : the origin and maintenance of new electromorphic variants called hybrizymes. *Biol. J. Linn. Soc.*, **36** : 281-294.
- WOODS, C.M.C. 2002. Effect of stocking density and gender segregation in the seahorse *Hippocampus abdominalis*. *Aquaculture*, **218** : 167-176.
- WOOTTON, J.R. 1982. Environmental factors in fish reproduction. *In* : Reproductive Physiology of Fish. RICHTER, C.J.J. & GOOS, H.J.TH. (eds), pp. 210-219. Pudoc, Wageningen.
- WOOTTON, J.R. 1994. Life histories as sampling devices : optimum egg size in pelagic fishes. *J. Fish Biol.*, **45** : 1067-1070.

- WURTSBAUGH, W.A. & DAVIS, G.E. 1977. Effects of fish size and ration level on the growth and food conversion efficiency of rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson. *J. Fish. Biol.*, **11** : 99-104.
- YASHOUV, A. 1969. Mixed fish culture in ponds and the role of *Tilapia* in it. *Bamidgeh*, **21**(3) : 75-92.
- ZAR, J.H. 1984. Biostatistical Analysis. Prentis Hall, Englewood Cliff, N.J., 126 p.



I. Caractérisation physico-chimique et biologique des stations d'étude

Annexe I. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant les caractéristiques physico-chimiques (T°: température ; O₂: oxygène dissous ; Trp: transparence) enregistrées le matin et l'après midi dans les bassins d'élevage expérimental de poissons de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso entre juin 2000 et mai 2003. Les valeurs de *p* marquées de (*) indiquent des différences significatives au seuil de 0,05.

CARACTÉRISTIQUES	EFFET	DL	MC	DL	MC	F	P
		EFFET	EFFET	ERREUR	ERREUR		
T° AIR	1	1	61,876	280	3,364	18,364	0,001 *
T° EAU	1	1	380,898	282	2,238	170,187	0,001*
O ₂	1	1	999,270	288	6,733	148,403	0,001*
TRP	1	1	404,122	244	90,795	4,4508	0,135

Annexe II. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant les caractéristiques physico-chimiques (T°: température, O₂: oxygène dissous, Trp: transparence) enregistrées le matin et l'après midi dans les cages flottantes du lac de barrage d'Ayamé I entre janvier 2001 et décembre 2003. Les valeurs de *p* marquées de (*) indiquent des différences significatives au seuil de 0,05.

Caractéristiques	Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	<i>p</i>
T° air	1	1	13,993	292	3,016	4,639	0,032*
T° eau	1	1	97,146	292	2,731	35,568	0,001*
O ₂	1	1	33,527	294	3,340	10,037	0,002*
Trp	1	1	1949,785	258	480,637	4,0566	0,045*

Annexe III. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant les caractéristiques physico-chimiques (T°: température ; O₂: oxygène dissous ; Trp: transparence) observées dans le lac de barrage d'Ayamé I pendant le jour et la nuit durant des cycles de 24 heures. Les valeurs de *p* marquées de (*) indiquent des différences significatives au seuil de 0,05.

A	Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	<i>p</i>
T° air	1	1	15,870	190	2,152	7,372	0,007*
T° eau	1	1	211,680	190	1,121	188,680	0,001*
O ₂	1	1	244,013	190	1,650	147,850	0,001*
CND	1	1	17,641	190	1,0173	17,341	0,107
TDS	1	1	2229,428	166	472,473	4,718	0,131

Annexe IV. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant les densités absolues des différents groupes zooplanctoniques observés dans les cages flottantes d'élevage expérimental de poissons du lac de barrage d'Ayamé I. A : saison sèche comparée à la saison des pluies pour chaque groupe ; B : synthèse de tous les effets des différents groupes ; C : test de Schéffé. La valeur de p marquée de (*) indique une différence significative au seuil de 0,05.

B	Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	p
Groupes	1	2	926772736	33	13191650	70,254	0,001*

C	Cladocères	Rotifères
Copépode	0,001*	0,001*
Cladocères	-	0,878

Annexe V. Résultats du test du Chi² (table de contingence) comparant la proportion des mâles à celle des femelles chez les alevins de *Tilapia zillii*, de *T. guineensis*, des hybrides F1A, F1B, F2A et F2B. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
<i>T. zillii</i>	% du total ligne 1	25,500	24,500	50,000
	% du total ligne 2	25,500	24,500	50,000
	% du total	51,000	49,000	
	Chi ² dl=1		$p = 1,000$	
<i>T. guineensis</i>	% du total ligne 1	25,500	24,500	50,000
	% du total ligne 2	27,500	22,500	50,000
	% du total	53,000	47,000	
	Chi ² dl=1		$p = 0,335$	
F1A	% du total ligne 1	25,500	24,500	50,000
	% du total ligne 2	26,500	23,500	50,000
	% du total	52,500	48,000	
	Chi ² dl=1		$p = 0,443$	
F1B	% du total ligne 1	25,500	24,500	50,000
	% du total ligne 2	28,000	22,000	50,000
	% du total	53,500	46,500	
	Chi ² dl=1		$p = 0,280$	
F2A	% du total ligne 1	25,500	24,500	50,000
	% du total ligne 2	26,000	24,000	50,000
	% du total	51,500	48,500	
	Chi ² dl = 1	3,950	$p = 0,047*$	

II. Croissance comparée des souches parentales (*Tilapia zillii* et *T. guineensis*) et des hybrides de première génération F1A et F1B (Essai 1)

Annexe VIa Résultats du test du Chi² (table de contingence) comparant le taux de mortalité des *Tilapia zillii*, *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en élevages mixte, monosex masculin et féminin en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

<i>Tilapia zillii</i>		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
Prégrossissement	% du total ligne 1	0,500	49,500	50,000
Mixte vs mâle ; mixte vs femelle	% du total ligne 2	0,000	50,000	50,000
	% du total colonne	0,500	99,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 1,000	
Grossissement	% du total ligne 1	5,000	45,000	50,000
Mixte vs mâle ; mixte vs femelle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	6,000	94,000	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,017*	
<i>T. guineensis</i>		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
Prégrossissement	% du total ligne 1	12,500	37,500	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	9,000	41,000	50,000
	% du total colonne	21,500	78,500	
	Chi ² dl=1	1,450	<i>p</i> = 0,228	
Prégrossissement	% du total ligne 1	12,500	37,500	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	15,000	35,000	50,000
	% du total colonne	27,500	72,500	
	Chi ² dl=1	0,630	<i>p</i> = 0,4285	
Prégrossissement	% du total ligne 1	9,000	41,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	15,000	35,000	50,000
	% du total colonne	24,000	76,000	
	Chi ² dl = 1	3,950	<i>p</i> = 0,047*	
Grossissement	% du total ligne 1	5,500	44,500	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	7,000	43,000	50,000
	% du total colonne	12,500	87,500	
	Chi ² dl = 1	0,410	<i>p</i> = 0,521	
Grossissement	% du total ligne 1	5,500	44,500	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000

	% du total colonne	9,000	91,000	
	Chi ² dl = 1	0,980	$p = 0,323$	
Grossissement	% du total ligne 1	7,000	43,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000
	% du total colonne	10,500	89,500	
	Chi ² dl = 1	2,610	$p = 0,106$	
Hybride F1A		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
Prégrossissement	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	4,000	96,000	
	Chi ² dl=1	2,080	$p = 0,149$	
Prégrossissement	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	5,000	95,000	
	Chi ² dl=1	0,420	$p = 0,516$	
Prégrossissement	% du total ligne 1	1,000	49,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	3,000	97,000	
	Chi ² dl = 1	0,690	$p = 0,407$	
Grossissement	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	3,000	47,000	50,000
	% du total colonne	5,500	94,500	
	Chi ² dl = 1	0,100	$p=0,756$	
Grossissement	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	3,500	96,500	
	Chi ² dl = 1	1,330	$p = 0,248$	
Grossissement	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	4,000	96,000	
	Chi ² dl = 1	2,080	$p = 0,149$	
Hybride F1B		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
Prégrossissement	% du total ligne 1	3,500	46,500	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	4,000	46,000	50,000
	% du total colonne	7,500	92,500	
	Chi ² dl=1	0,070	$p = 0,788$	

Prégrossissement	% du total ligne 1	3,500	46,500	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	6,000	44,000	50,000
	% du total colonne	9,500	90,500	
	Chi ² dl=1	1,450	$p = 0,228$	
Prégrossissement	% du total ligne 1	4,000	46,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
	% du total colonne	9,500	90,500	
	Chi ² dl = 1	0,520	$p = 0,469$	
Grossissement	% du total ligne 1	1,500	48,500	50,000
Mixte vs mâle	% du total ligne 2	4,000	46,000	50,000
	% du total colonne	5,500	94,500	
	Chi ² dl = 1	2,410	$p = 0,121$	
Grossissement	% du total ligne 1	1,500	48,500	50,000
Mixte vs femelle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	2,500	97,500	
	Chi ² dl = 1	0,210	$p = 0,651$	
Grossissement	% du total ligne 1	4,000	46,000	50,000
Mâle vs femelle	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	5,000	95,000	
	Chi ² dl = 1	3,790	$p = 0,052$	

Annexe. VI b Résultat du test du Chi² (table de contingence) comparant le taux de mortalité moyen des *Tilapia zillii*, *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

Prégrossissement		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
<i>Tilapia zillii</i> vs <i>T. guineensis</i>	% du total ligne 1	0,500	49,500	50,000
	% du total ligne 2	12,000	38,000	50,000
	% du total colonne	12,500	87,500	
	Chi ² dl=1	24,180	$p = 0,001 *$	
<i>Tilapia zillii</i> vs F1A	% du total ligne 1	0,500	49,500	50,000
	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	2,500	97,500	
	Chi ² dl=1	1,850	$p = 0,174$	
<i>Tilapia zillii</i> vs F1B	% du total ligne 1	0,500	49,500	50,000
	% du total ligne 2	4,500	45,500	50,000
	% du total colonne	5,000	95,000	
	Chi ² dl = 1	6,740	$p = 0,010*$	
<i>T. guineensis</i> vs F1A	% du total ligne 1	12,000	38,000	50,000

	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	14,000	86,000	
	Chi ² dl = 1	16,610	$p = 0,001^*$	
<i>T. guineensis</i> vs F1B	% du total ligne 1	12,000	38,000	50,000
	% du total ligne 2	4,500	45,500	50,000
	% du total colonne	16,500	83,500	
	Chi ² dl = 1	8,170	$p = 0,004^*$	
F1A vs F1B	% du total ligne 1	2,000	48,000	50,000
	% du total ligne 2	4,500	45,500	50,000
	% du total colonne	6,500	93,500	
	Chi ² dl = 1	2,060	$p = 0,151$	
Grossissement		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
<i>Tilapia zillii</i> vs <i>T. guineensis</i>	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
	% du total colonne	8,000	92,000	
	Chi ² dl=1	2,450	$p = 0,118$	
<i>Tilapia zillii</i> vs F1A	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	4,500	95,500	
	Chi ² dl=1	0,120	$p = 0,733$	
<i>Tilapia zillii</i> vs F1B	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	4,500	95,500	
	Chi ² dl = 1	0,120	$p = 0,733$	
<i>T. guineensis</i> vs F1A	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
	% du total colonne	8,000	92,000	
	Chi ² dl = 1	2,450	$p = 0,118$	
<i>T. guineensis</i> vs F1B	% du total ligne 1	2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
	% du total colonne	8,000	92,000	
	Chi ² dl = 1	2,450	$p = 0,118$	
F1A vs F1B	% du total ligne 1	2,000	48,000	50,000
	% du total ligne 2	2,000	48,000	50,000
	% du total colonne	4,000	96,000	
	Chi ² dl = 1	0,000	$p = 1,000$	

Annexe VIIa. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la croissance journalière des *Tilapia zillii* en élevages mixte et monosex (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et de grossissement.

A	Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	<i>p</i>
	Effet			Erreur			

Croissance journalière	Prégrossissement	1	2	0,005	67	0,006	1,060	0,342
	Grossissement	1	2	0,028	69	0,374	0,754	0,474

Annexe VIIb. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la croissance journalière des *Tilapia guineensis* en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et en grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	Dl	MC Erreur	F	p
		Effet			Erreur			
Croissance journalière	Prégrossissement	1	2	0,006	57	0,009	0,645	0,527
	Grossissement	1	2	0,266	102	0,051	5,121	0,007*
B				Mixte			Mâle	Femelle
Croissance journalière	Grossissement		Mixte				0,110	0,107
			Mâle					0,001 *

Annexe VIIc. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la croissance journalière des hybrides F1A en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	Dl	MC Erreur	F	p
		Effet			Erreur			
Croissance journalière	Prégrossissement	1	2	0,121	79	0,006	18,337	0,001 *
	Grossissement	1	2	0,504	159	0,015	9,783	0,001 *
B		Sexe		Mixte			Mâle	Femelle
Croissance journalière	Prégrossissement		Mixte				0,011*	0,120
			Mâle					0,001 *
	Grossissement		Mixte				0,041*	0,150
			Mâle					0,009 *

Annexe VII d. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la croissance journalière des hybrides F1B en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	p
		Effet			Erreur			
Croissance journalière	Pré-grossissement	1	2	0,125	105	0,063	1,986	0,142
	Grossissement	1	2	0,089	105	0,007	11,973	0,001*
B		Sexe			Mixte	Mâle		Femelle
Croissance journalière	Grossissement						0,004*	0,054
					Mâle			0,001 *

Annexe VII e. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la croissance journalière des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et des hybrides F1B en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC	F	P
		Effet			Erreur	Erreur		
Croissance journalière	Pré-grossissement	1	3	1,041	376	0,024	43,053	0,001*
	Grossissement	1	3	0,354	497	0,042	8,333	0,002*
B				F1A	F1B	<i>T. zillii</i>	<i>T. guineensis</i>	
Croissance journalière	Pré-grossissement			F1A	0,132	0,001*	0,001*	
				F1B		0,001*	0,001*	
				<i>T.zillii</i>				0,002*
	Grossissement			F1A	0,001*	0,060*	0,041*	
				F1B		0,003*	0,001*	
				<i>T.zillii</i>				0,101

Annexe VIII a. Résultats de la synthèse de régression linéaire entre le poids moyen et la vitesse instantanée de croissance (Gp) des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phase de pré-grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une liaison significative au seuil de 5 %.

Espèce ou hybride	Sexe	n	r	F (1,28)	Erreur type de l'estimation	p
-------------------	------	---	---	----------	-----------------------------	-----

<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	30	0,75	41,661	4,105	0,001*
	Mâle	30	0,66	27,23	4,637	0,001*
	Femelle	30	0,68	22,163	4,765	0,001*
<i>T. guineensis</i>	Mixte	33	0,65	4,713	8,790	0,004*
	Mâle	30	0,84	43,023	5,863	0,001*
	Femelle	30	0,60	11,211	7,986	0,002*
Hybrides F1A	Mixte	30	0,65	10,804	9,043	0,003*
	Mâle	30	0,89	54,599	5,918	0,001*
	Femelle	30	0,77	22,09	7,801	0,001*
Hybrides F1B	Mixte	30	0,79	37,880	6,186	0,001*
	Mâle	30	0,90	93,522	4,522	0,001*
	Femelle	30	0,72	16,361	7,596	0,004*

Annexe VIIIb. Résultats de la synthèse de régressions linéaires entre le poids moyen et la vitesse instantanée de croissance (Gp) des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en élevages mixte et monosex (mâle et femelle) en phase de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une liaison significative au seuil de 5 %.

		n	r	F (1,34)	Erreur type de l'estimation	p
<i>Tilapia zillii</i>	Mixte	36	0,87	28,496	8,667	0,001*
	Mâle	36	0,89	60,902	6,710	0,001*
	Femelle	36	0,80	48,827	7,27	0,001*
<i>T. guineensis</i>	Mixte	36	0,76	4,936	12,65	0,003*
	Mâle	36	0,77	7,376	11,72	0,015*
	Femelle	36	0,71	7,483	12,259	0,009*
Hybrides F1A	Mixte	36	0,71	17,456	14,91	0,003*
	Mâle	36	0,77	10,547	15,753	0,002*
	Femelle	36	0,60	11,49	14,34	0,007*
Hybrides F1B	Mixte	36	0,67	27,083	7,649	0,030*
	Mâle	36	0,71	7,297	9,658	0,012*
	Femelle	36	0,75	2,669	10,409	0,001*

Annexe VIIIc. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la vitesse instantanée de croissance (Gp) des *Tilapia zillii* en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	Dl	MC Erreur	F	<i>p</i>
		Effet			Erreur			
Gp	Prégrossissement	1	2	0,218	114	0,092	2,376	0,097*
	Grossissement	1	2	0,107	63	0,104	1,037	0,036*
B					Mixte	Mâle	Femelle	
Gp	Prégrossissement				Mixte	0,001 *	0,001 *	
					Mâle		0,005 *	
	Grossissement				Mixte	0,011 *	0,030 *	
					Mâle		0,012 *	

Annexe VIIIId. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la vitesse instantanée de croissance des *Tilapia guineensis* en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de prégrossissement et en grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	Dl	MC Erreur	F	<i>p</i>
		Effet			Erreur			
Gp	Prégrossissement	1	2	0,016	57	0,029	0,645	0,027 *
	Grossissement	1	2	0,066	102	0,051	5,021	0,017 *
B					Mixte	Mâle	Femelle	
Gp	Prégrossissement				Mixte	0,010*	0,707	
					Mâle		0,001 *	
	Grossissement				Mixte	0,010*	0,007*	
					Mâle		0,001* *	

Annexe VIIIe. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la vitesse instantanée de croissance des hybrides F1A en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	Dl	MC	F	<i>p</i>
		Effet			Erreur	Erreur		

	Prégrossissement	1	2	0,121	79	0,006	18,337	0,001 *
Gp	Grossissement	1	2	0,504	159	0,015	9,783	0,001 *
B			Sexe	Mixte		Mâle	Femelle	
	Prégrossissement		Mixte			0,010*	0,020*	
			Mâle				0,001 *	
Gp	Grossissement		Mixte			0,044*	0,045 *	
			Mâle				0,019 *	

Annexe VIII f. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant la vitesse instantanée de croissance des hybrides F1B en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A	Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	p	
			Effet	Erreur				
	Prégrossissement	1	2	0,125	105	0,063	1,986	0,042*
Gp	Grossissement	1	2	0,089	105	0,007	11,973	0,001*
B			Sexe	Mixte		Mâle	Femelle	
	Prégrossissement		Mixte			0,604	0,010*	
			Mâle				0,001 *	
	Grossissement		Mixte			0,001*	0,022*	
Gp			Mâle				0,001 *	

Relation longueur / poids

Annexe VIII g. Résultats de la synthèse de régression linéaire entre le poids et la longueur des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et F1B en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle). Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une liaison significative au seuil de 5 %.

		n	r	F (1,388)	Erreur type de l'estimation	p
	Mixte	390	0,97	5057,3	0,627	0,000*
<i>Tilapia zillii</i>	Mâle	390	0,98	4043,5	0,409	0,000*
	Femelle	390	0,96	3341,2	0,574	0,000*
	Mixte	360	0,98	5288,4	0,422	0,000*
<i>T. guineensis</i>	Mâle	360	0,92	4043,5	0,409	0,000*
	Femelle	360	0,99	3680,7	0,550	0,000*

		n	r	F (1,438)	Erreur type de l'estimation	P
	Mixte	360	0,99	5345,9	0,728	0,000*
Hybrides	Mâle	360	0,98	6442,6	0,724	0,000*
F1A	Femelle	494	0,98	F (1,492)=3704,3	0,748	0,000*
Hybrides	Mixte	450	0,97	5287,2	0,357	0,000*
F1B	Mâle	450	0,98	5805,3	0,429	0,000*
	Femelle	450	0,91	4227,4	0,375	0,000*

Annexe IXa Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le facteur de condition des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et des hybrides F1B en élevages mixte, mâle et femelle en phases de prégrossissement et de grossissement.

A	Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	p	
	Effet		Effet	Erreur				
<i>T. zillii</i>	Prégrossissement	1	2	0,246	27	0,065	3,777	0,065
	Grossissement	1	2	0,269	57	0,043	5,715	0,105
<i>T. guineensis</i>	Prégrossissement	1	2	0,724	58	0,090	8,019	0,200
	Grossissement	1	2	0,349	57	0,083	4,208	0,088
F1A	Prégrossissement	1	2	0,191	57	0,156	1,228	0,300
	Grossissement	1	2	0,756	57	0,050	1,528	0,225
F1B	Prégrossissement	1	2	0,080	64	0,033	2,365	0,102
	Grossissement	1	2	2,890	68	1,289	2,240	0,107

Annexe IXb. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le facteur de condition des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et des hybrides F1B en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A	Effet	dl	MC	DI	MC Erreur	F	p	
	Effet		Effet	Erreur				
	Prégrossissement	1	3	0,183	76	0,130	1,405	0,247
	Grossissement	1	3	4,557	73	0,063	71,261	0,001*
B			F1A	F1B	<i>T. zillii</i>	<i>T. guineensis</i>		

Grossissement	F1A	0,001	0,001*	0,001*
	F1B		0,758	0,101
	<i>T. zillii</i>			0,007*

Annexe Xa. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le quotient nutritif des *Tilapia zillii* en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et de grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	<i>p</i>
		Effet			Erreur			
Quotient nutritif	Pré-grossissement	1	2	246,615	117	13,061	18,887	0,001*
	Grossissement	1	2	110,662	126	39,073	2,832	0,006*

B		Mixte	Mâle	Femelle
Quotient nutritif	Pré-grossissement	Mixte	0,001 *	0,001 *
		Mâle		0,005 *
	Grossissement	Mixte	0,001 *	0,307
		Mâle		0,002 *

Annexe Xb. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le quotient nutritif des *Tilapia guineensis* en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de pré-grossissement et en grossissement. Les valeurs de *p* marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC	F	P
		Effet			Erreur	Erreur		
Quotient nutritif	Pré-grossissement	1	2	91183,41	117	328,731	277,379	0,001*
	Grossissement	1	2	11934,13	103	534,866	22,312	0,001*

B		Mixte	Mâle	Femelle
Quotient nutritif	Pré-grossissement	Mixte	0,001 *	0,001 *
		Mâle		0,001 *
	Grossissement	Mixte	0,001 *	0,307
		Mâle		0,001 *

Annexe Xc. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le quotient nutritif des hybrides F1A en élevages mixte et monosexé (mâle et femelle) en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	P
		Effet			Erreur			
Quotient nutritif	Prégrossissement	1	2	16820,63	78	2777,832	6,055	0,003 *
	Grossissement	1	2	7038,55	159	771,889	91,184	0,001 *
B		Sexe		Mixte		Mâle		Femelle
Quotient nutritif	Prégrossissement	Mixte				0,102		0,041*
		Mâle						0,001 *
	Grossissement	Mixte				0,001 *		0,003*
		Mâle						0,001 *

Annexe Xd. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le quotient nutritif des hybrides F1B en élevages mixte et monosexés en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	P
		Effet			Erreur			
Quotient nutritif	Prégrossissement	1	2	2397,386	111	156,344	1,532	0,022*
	Grossissement	1	2	730,975	111	831,457	0,879	0,041*
B		Sexe		Mixte		Mâle		Femelle
Quotient nutritif	Prégrossissement	Mixte				0,405*		0,379
		Mâle						0,043*
	Grossissement	Mixte				0,021*		0,323
		Mâle						0,047*

Annexe Xe. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant quotient nutritif des *Tilapia zillii*, des *T. guineensis*, des hybrides F1A et des hybrides F1B en phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %. A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A		Effet	dl	MC Effet	DI	MC Erreur	F	P
		Effet			Erreur			

Quotient nutritif	Prégrossissement	1	3	36088,77	389	2189,499	16,482	0,001*
	Grossissement	1	3	74647,14	444	1060,812	70,369	0,001*

B		F1A	F1B	<i>T. zillii</i>	<i>T. guineensis</i>
Quotient nutritif	Prégrossissement	F1A	0,001*	0,001*	0,001*
		F1B		0,001*	0,001*
		<i>T.zillii</i>			0,011*
Grossissement	Grossissement	F1A	0,001*	0,001*	0,101
		F1B		0,501	0,001*
		<i>T.zillii</i>			0,017*

III. Croissance des tilapias hybrides F1A en bassin en béton et en étang en terre

Annexe XI. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le taux d'oxygène dissous, la transparence et la température des bacs en béton et des étangs en terre. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

	Effet	dl Effet	MC Effet	DI Erreur	MC Erreur	F	p
Température	1	2	13,022	189	2,663	4,889	0,008*
Oxygène	1	2	257,578	189	9,342	27,570	0,001*
Transparence	1	2	222259,2	189	226,012	983,395	0,001*

Annexe XII a. Résultats du test du Chi² (table de contingence) comparant le taux de mortalité des hybrides F1A élevés, en étangs en terre et en bassins en béton. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

		Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
Bassins en béton vs	% du total ligne 1	16,000	34,000	50,000
	% du total ligne 2	1,500	48,500	50,000
Etangs en terre	% du total colonne	17,500	82,500	
	Chi ² dl=1		$p = 0,000*$	

Annexe XIIb. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le poids moyen initial (Pmi), le poids moyen final (Pmf), la croissance journalière (Cj), la vitesse instantanée de croissance (Gp) et le Qn enregistrés lors de l'élevage en bassins en béton et en étangs en terre. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

	Effet	dl Effet	MC Effet	Dl Erreur	MC Erreur	F	p
Pmi	1	2	0,155	15	0,189	0,082	0,921
Pmf	1	2	24589,23	14	79,748	308,335	0,001*
Cj	1	2	5,502	189	0,068	80,121	0,001*
Gp	1	2	22,551	15	0,482	467,471	0,001*
Qn	1	2	21,788	777	0,143	152,072	0,001*

Annexe XIII. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA1) comparant le facteur de condition des hybrides F1A en fonction du milieu d'élevage (bassins en béton et étangs en terre). La valeur de p marquée de (*) indiquent une différence significative au seuil de 5 % ($p < 0,05$).

Effet	dl Effet	MC Effet	Dl Erreur	MC Erreur	F	p
1	2	21.788	777	0.143	152.072	0.001*

IV. Essai 3: Influence de la densité de mise en charge sur la croissance des hybrides

Annexe XIV. Résultats du test de Chi² (table de contingence) comparant le taux de mortalité des hybrides F1A de sexe mâle élevés à 4 densités (20, 50, 100 et 150 individus/m³) de mise en charge différentes. Les valeurs de p marquées du signe « * » indiquent une différence significative au seuil de 5 %.

			Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
20 vs 50 individus/m ³	% du total ligne 1		2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2		3,500	46,500	50,000
	% du total colonne		6,000	94,000	
	Chi ² dl=1			0,350 $p = 0,5515$	
20 vs 100 individus/m ³	% du total ligne 1		2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2		4,000	46,000	50,000
	% du total colonne		6,500	93,500	
	Chi ² dl=1			0,740 $p = 0,3895$	
20 vs 150 individus/m ³	% du total ligne 1		2,500	47,500	50,000
	% du total ligne 2		7,000	43,000	50,000
	% du total colonne		9,500	90,500	
	Chi ² dl=1		4,710	$p = 0,0300^*$	
50 vs 100 individus/m ³	% du total ligne 1		3,500	46,500	50,000
	% du total ligne 2		4,500	45,500	50,000
	% du total colonne		8,000	92,000	

			Chi ² dl=1	0,270	$p = 0,6022$	
50	vs	150	% du total ligne 1	3,500	46,500	50,000
individus/m ³			% du total ligne 2	7,000	43,000	50,000
			% du total colonne	10,500	89,500	
			Chi ² dl=1	2,610	$p = 0,010^*$	
100	vs	150	% du total ligne 1	4,000	46,000	50,000
individus/m ³			% du total ligne 2	7,000	43,000	50,000
			% du total colonne	11,000	89,000	
			Chi ² dl=1	1,840	$p = 0,017^*$	

Annexe XV. Résultats de l'analyse de variance (ANOVA 1) comparant le quotient nutritif, la croissance journalière, les poids moyens initiaux et finaux des hybrides mâles issus du croisement entre *Tilapia zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle) en fonction de la densité de mise en charge. (* = effet significatif marqué à $p < 0,05$).
A : synthèse de tous les effets ; B : test HSD de Tukey.

A	Effet	dl Effet	MC Effet	DI Erreur	MC Erreur	F	p
Pmi	1	3	1,591	295	0,766	2,076	0,103
Pmf	1	3	923,849	187	176,809	5,225	0,001*
Qn	1	3	1,228	102	1,523	0,806	0,515
Cj	1	3	0,027	187	0,0765	0,358	0,006*
P	1	3	226339168	19	4126557	54,849	0,007*
K	1	3	0,030	76	0,0710	0,4352	0,728
B			20 individus/m ³	50 individus/m ³	100 individus/m ³	150 individus/m ³	
<i>Pmf</i>							
20 individus/m ³			-	0,595	0,011*	0,029*	
50 individus/m ³			-	-	0,012*	0,009*	
100 individus/m ³			-	-	-	0,019*	
<i>Production</i>							
20 individus/m ³			-	0,062	0,004*	0,001*	
50 individus/m ³			-	-	0,045*	0,001*	
100 individus/m ³			-	-	-	0,002*	
<i>Cj</i>							
20 individus/m ³				0,005*	0,011*	0,029*	
50 individus/m ³				-	0,112	0,109	
100 individus/m ³				-	-	0,119	

Annexe XVI. Résultats de la synthèse de la régression linéaire traduisant la relation entre le taux de mortalité, le poids moyen final, la croissance journalière, le quotient nutritif, le coefficient de variation, la production et la densité de mise en charge des hybrides mâles issus du croisement entre *Tilapia zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle). (* = effet significatif marqué à $p < 0,05$).

	n	r²	F (1,10)	Erreur type de l'estimation	p
Tm	12	0,923	132,41	14,368	0,001*
Pmf	12	0,657	11,49	0,756	0,014*
Cj	12	0,913	116,601	15,241	0,001*
Qn	12	0,735	31,511	26,613	0,003*
CV	12	0,831	54,944	21,277	0,003*
P	12	0,978	482,311	7,731	0,001*
K	12	0,081	0,176	67,113	0,715

Annexe XVII. Résultats du test du Chi² comparant le coefficient de variation de la taille des hybrides F1A élevés à des densités de mise en charge de 20, 50, 100 et 150 individus/m³. La valeur de p marquée du signe « * » indique une différence significative au seuil de 5 %.

			Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
20 vs 50 individus/m ³	% du total ligne 1		3,000	47,000	50,000
		% du total ligne 2	6,000	44,000	50,000
		% du total colonne	9,000	91,000	
		Chi ² dl=1		$p = 0,1382$	
20 vs 100 individus/m ³	% du total ligne 1		3,000	47,000	50,000
		% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
		% du total colonne	8,500	91,500	
		Chi ² dl=1		$p = 0,2049$	
20 vs 150 individus/m ³	% du total ligne 1		3,000	47,000	50,000
		% du total ligne 2	7,000	43,000	50,000
		% du total colonne	10,000	90,000	
		Chi ² dl=1		$p = 0,0494^*$	
50 vs 100 individus/m ³	% du total ligne 1		6,000	44,000	50,000
		% du total ligne 2	5,500	44,500	50,000
		% du total colonne	11,500	88,500	
		Chi ² dl=1		$p = 0,8246$	
50 vs 150 individus/m ³	% du total ligne 1		6,000	44,000	50,000
		% du total ligne 2	7,000	43,000	50,000
		% du total colonne	13,000	87,000	

		Chi ² dl=1		$p = 0,6741$	
100	vs	150	% du total ligne 1	7,000	43,000
			% du total ligne 2	5,500	44,500
			% du total colonne	12,500	87,500
			Chi ² dl=1	$p = 0,5212$	

V. Essai 4: Détermination des rations de maintenance, optimale et maximale et évaluation de l'ingéré volontaire des tilapias hybrides

Annexe XVIII. Matrice des courbes représentant la vitesse instantanée de croissance en fonction de la ration alimentaire

PMi = 9,09		PMi = 27.94		PMi = 66.11		PMi = 138.28		PMi = 172.65	
RA	Gp	RA	Gp	RA	Gp	RA	Gp	RA	Gp
3	-0,70	3	-0,80	1,5	-0,020	1	-0,52	0,5	0,02
3	-2,00	3	-0,90	1,5	-0,20	1	-0,40	0,5	0,03
3	-2,00	3	0,05	1,5	-0,30	1	0	0,5	0,01
7	-1,01	4	0,20	2	0,00	1,5	0,20	1,5	0,10
7	-0,94	4	0,30	2	0,00	1,5	0,22	1,5	0,11
7	0,30	4	0,10	2	0,00	1,5	0,24	1,5	0,12
10	0,20	8	2,50	3	1,23	3	0,50	3	0,17
10	1,20	8	2,2	3	1,10	3	0,60	3	0,15
10	1,00	8	2,20	3	0,50	3	0,40	3	0,18
15	3,50	12	1,47	7	2,00	4	0,85	4	0,16
15	3,13	12	1,6	7	2,24	4	0,90	4	0,19
15	2,70	12	1,90	7	1,50	4	0,80	4	0,17
20	3,80	15	0,5	8	2,42	6	1,20	5	0,10
20	4,60	15	0,20	8	2,26	6	1,00	5	0,13
20	4,00	15	0,7	8	2,70	6	1,10	5	0,12

V. Effet de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment sur la croissance des hybrides F1A.

Annexe XIX. Résultats du test du Chi² (table de contingence) comparant le taux de mortalité des hybrides F1A de sexe mâle élevés en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment.

Colonne 1	Colonne 2	Totaux lignes
-----------	-----------	---------------

distributeur vs 1 repas	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
	% du total ligne 2	5,000	45,000	50,000
	% du total colonne	8,000	92,000	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,2972	
distributeur vs 2 repas	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	4,000	96,000	
	Chi ² dl=1		2,080	<i>p</i> = 0,1489
distributeur vs 3 repas	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000
	% du total colonne	6,500	93,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,7742	
distributeur vs 4 repas	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000
	% du total colonne	6,500	93,500	
	Chi ² dl=1	0,080	<i>p</i> = 0,7742	
distributeur vs 5 repas	% du total ligne 1	3,000	47,000	50,000
	% du total ligne 2	2,500	47,500	50,000
	% du total colonne	5,500	94,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,7564	
1 repas vs 2 repas	% du total ligne 1	5,000	45,000	50,000
	% du total ligne 2	1,000	49,000	50,000
	% du total colonne	6,000	94,000	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,0172*	
1 repas vs 3 repas	% du total ligne 1	5,000	45,000	50,000 %
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000 %
	% du total colonne	8,500	91,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,4469	
1 repas vs 4 repas	% du total ligne 1	5,000	45,000	50,000 %
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000 %
	% du total colonne	8,500	91,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,4469	
1 repas vs 5 repas	% du total ligne 1	5,000	45,000	50,000 %
	% du total ligne 2	2,500	47,000	50,000 %
	% du total colonne	7,500	92,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,1795	
2 repas vs 3 repas	% du total ligne 1	1,000	49,000	50,000 %
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000 %
	% du total colonne	4,500	95,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,0881	

2 repas vs 4 repas	% du total ligne 1	1,000	49,000	50,000 %
	% du total ligne 2	3,500	46,500	50,000 %
	% du total colonne	4,500	95,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,0881	
2 repas vs 5 repas	% du total ligne 1	1,000	49,000	50,000 %
	% du total ligne 2	2,500	47,500	
	% du total colonne	3,500	96,500	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,2484	
3 repas vs 5 repas	% du total ligne 1	3,500	46,500	50,000
	% du total ligne 2	2,500	47,500	50,000
	% du total colonne	6,000	94,000	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,5515	
4 repas vs 5 repas	% du total ligne 1	3,500	46,500	50,000 %
	% du total ligne 2	2,500	47,500	50,000 %
	% du total colonne	6,000	94,000	
	Chi ² dl=1		<i>p</i> = 0,5515	

Annexe XXa. Résultat de la comparaison (ANOVA 1) de l'ensemble des valeurs de poids moyens [initial (Pmi) et final (Pmf)], de croissance journalière (Cj) et de quotient nutritif (Qn) des tilapias hybrides F1A mâles élevés avec différents modes de distribution de l'aliment. Les valeurs portant le signe (*) indiquent une différence significative au seuil de 0,05.

	Effet	dl Effet	MC Effet	dl Erreur	MC Erreur	F	<i>P</i>
Pmf	1	5	124651,300	293	1966,542	63,386	0,001*
Cj	1	5	0,267	293	0,279	0,956	0,045*
Qn	1	5	301702,500	166	4762,800	31,075	0,020*

Annexe XXb. Analyse de variance d'ordre 1 (test HSD de Tukey) comparant le poids moyen final des tilapias hybrides F1A en fonction de la fréquence et du mode de distribution de l'aliment au cours des phases de prégrossissement et de grossissement. Les valeurs portant le signe (*) indiquent une différence significative au seuil de 0,05.

	5 repas	4 repas	3 repas	2 repas	1 repas
<i>Pmf</i>					
Distributeur	0,012*	0,015*	0,016*	0,019*	0,003*
5 fois		0,008*	0,866	0,007*	0,496*
4 fois			0,009*	0,008*	0,041*
3 fois				0,009*	0,039*
2 fois					0,034*
<i>Cj</i>					

Distributeur	0,017*	0,045*	0,029*	0,014*	0,045*
5 fois		0,916	0,866	0,008*	0,084
4 fois			0,949	0,008*	0,575
3 fois				0,009*	0,619
2 fois					0,044*
<i>Qn</i>					
Distributeur	0,022*	0,040*	0,009*	0,001*	0,001*
5 fois		0,669	0,030*	0,087	0,001*
4 fois			0,004*	0,065	0,001*
3 fois				0,006*	0,090
2 fois					0,001*

Annexe XXI. Synthèse des analyses de régression linéaire étudiant la relation entre le taux de mortalité (Tm), le poids moyen final (Pmf), la croissance journalière (Cj), le quotient nutritif (Qn) et la fréquence de distribution de l'aliment chez les tilapias hybrides F1A mâles.

	n	r²	F (1,13)	Erreur type de l'estimation	p
Tm	15	0,092	0,815	1,506	0,393
Pmf	15	0,043	0,361	1,547	0,564
Cj	15	0,001	0,004	1,581	0,951
Qn	15	0,347	1,278	1,278	0,073

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE
Union-Discipline-Travail

Ministère de l'Enseignement supérieur
et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE DE COCODY-ABIDJAN



UFR BIOSCIENCES
22 BP : 582 Abidjan 22
Tél. /Fax : 22 44 44 73

Courriel : biosciences@univ-cocody.ci
ufrbiosciences@yahoo.fr

PERMIS D'IMPRIMER

Doctorat de l'Université de Cocody

Présenté par Mademoiselle NOBAH Céline Sidonie Koco

THEME : "Critères d'identification et performances zootechniques des Tilapias hybrides [*Tilapia zillii* (Gervais 1948 X *Tilapia guineensis* (Bleeker 1862)] dans trois structures d'élevage : cages flottantes (lac d'Ayamé), étangs en terre et bassins en béton (Aboisso)".



Vu et approuvé

Abidjan, le 14 décembre 2009

Le Doyen de l'UFR Biosciences

Prof. KATI-COULIBALY Séraphin

Vu et Permis d'Imprimer

Abidjan, le 14 décembre 2009

Le Président de l'Université de Cocody



RESUME

La présente investigation porte sur les critères d'identification et les performances zootechniques des hybrides issus des croisements entre *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) et *T. guineensis* (Bleeker, 1862). Ce travail a pour but de trouver une solution à la problématique de l'identification très souvent controversée des *T. zillii*, des *T. guineensis* et de leurs hybrides, puis d'étudier les potentialités piscicoles de ces derniers. Cette étude a été réalisée entre juin 2000 et novembre 2003, d'une part, dans les bassins en bétons de la Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso et d'autre part, en cages flottantes (1 m³) installées sur le lac de barrage d'Ayamé I. Des tilapias hybrides F1A et F1B issus respectivement des croisements entre *T. zillii* (mâle) et *T. guineensis* (femelle) et entre *T. zillii* (femelle) et *T. guineensis* (mâle) de souches pures, ont été identifiés et soumis à différents tests zootechniques. A partir des caractérisations génétique, chromatique et morphologique, une clé d'identification basée sur la coloration et la présence de perles sur la nageoire caudale a été produite. De l'étude des potentialités piscicoles des espèces parentales et des hybrides, il ressort que les hybrides F1A seraient zootechniquement plus performants que les hybrides F1B et leurs parents. L'élevage des hybrides F1A en étangs en terre donne de meilleurs résultats (taux de mortalité : 2,86 % ; croissance journalière : 0,74 g/j et quotient nutritif : 5,42), comparativement aux bassins en bétons (respectivement 31,86 % ; 0,15 g/j ; 10,28). La croissance des tilapias hybrides étudiés dépend de la densité de mis en charge. Dans le cadre de l'étude de l'alimentation, une formule de rationnement spécifique des hybrides a été déterminée ($R.MX (\%) = 30,639 P^{-0,380}$). Ce travail a prouvé que le distributeur à pendule est préférable au nourrissage à la volée.

Mots clés : Tilapia hybride - croissance - cages flottantes - caractères chromatiques.

ABSTRACT

The present work reports on the criterions for identification and the zootechnical performances of hybrid tilapias originate from crosses between *Tilapia zillii* (Gervais, 1848) and *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862). The aim of this study is to resolve the problems of identification of *Tilapia zillii*, *T. guineensis* and their hybrids often discussed and to study their growth performances. The study was conducted from jun 2000 to November 2003, in the one way in cement tanks of the *Station Piscicole des Eaux et Forêts d'Aboisso* and in the other way in floatting cages (1 m³) located in Ayamé man-made Lake. Hybrid tilapias F1A and F1B from crosses between pure strains of *Tilapia zillii* (male) and *T. guineensis* (female) and of *Tilapia zillii* (female) and *T. guineensis* (male) were characterised and bred. The genetic, chromatic and morphologic characterisations have shown that from 14 cm LS, the identification of hybrids and theirs parents is possible using an identification key, based on colour and dots on caudal fin. The study of growth peformances shows that the daily weight gain of hybrid tilapias F1A seems to be higher than those of F1B hybrids and the parents. In earthen ponds, mortality rate, daily weight gain and feed conversion ratio, displayed the best results (2.86 %, 0.74 g/d, 5.42, respectively) comparatively to cement tanks (31.86 %; 0.15 g/d; 10.28). The growth of hybrid tilapias studied depends on stocking density. The study of feeding rates allowed the determination of the feeding formulas of these tilapia hybrids ($R.MX (\%) = 30,639 P^{-0,380}$). The experiment on feeding strategies (manual and the use of self-feeder) gave better results with the self-feeder.

Key words: Tilapia hybrid – growth - floatting cages – chromatic characteres.