

AGROCAMPUS
OUEST

CFR Angers

CFR Rennes



Institut Supérieur de Pêche et
d'Aquaculture de Bizerte - Tunisie



Centre Technique d'Aquaculture -
Tunisie



Année universitaire : 2016 - 2017

Spécialité :

Sciences Halieutiques et Aquacoles

Spécialisation (et option éventuelle) :

Aquaculture

Mémoire de Fin d'Études

d'Ingénieur de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

de Master de l'Institut Supérieur des Sciences agronomiques, agroalimentaires, horticoles et du paysage

d'un autre établissement (étudiant arrivé en M2)

Etude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil "Oreochromis niloticus" entre les eaux douces et géothermales en Tunisie

Par : Rabeb THABET

Soutenu à Rennes le 13 / 09 / 2017

Devant le jury composé de :

Président : Hervé LE BRIS

Examineur : Alexis FOSTIER

Enseignant référent : Dominique OMBREDANE

Maître de stage: Sami MILI

Co-encadreur: Houcine LAOUAR

Les analyses et les conclusions de ce travail d'étudiant n'engagent que la responsabilité de son auteur et non celle d'AGROCAMPUS OUEST

Ce document est soumis aux conditions d'utilisation
«Patrimoine-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de Modification 4.0 France»
disponible en ligne <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.fr>



Confidentialité

Non Oui si oui : 1 an 5 ans 10 ans

Pendant toute la durée de confidentialité, aucune diffusion du mémoire n'est possible ⁽¹⁾.

Date et signature du maître de stage ⁽²⁾ :

A la fin de la période de confidentialité, sa diffusion est soumise aux règles ci-dessous (droits d'auteur et autorisation de diffusion par l'enseignant à renseigner).

Droits d'auteur

L'auteur⁽³⁾ **Rabeb THABET**

autorise la diffusion de son travail (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire (joindre dans ce cas la fiche de conformité du mémoire numérique et le contrat de diffusion)

(Facultatif) accepte de placer son mémoire sous licence Creative commons CC-By-Nc-Nd (voir Guide du mémoire Chap 1.4 page 6)

Date et signature de l'auteur :

Autorisation de diffusion par le responsable de spécialisation ou son représentant

L'enseignant juge le mémoire de qualité suffisante pour être diffusé (immédiatement ou à la fin de la période de confidentialité)

Oui Non

Si non, seul le titre du mémoire apparaîtra dans les bases de données.

Si oui, il autorise

la diffusion papier du mémoire uniquement(4)

la diffusion papier du mémoire et la diffusion électronique du résumé

la diffusion papier et électronique du mémoire

Date et signature de l'enseignant :

Remerciements

Après avoir rendu grâce à Dieu, le tout puissant et le miséricordieux, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce mémoire, il s'agit plus particulièrement:

- Les membres du jury M. Alexis FOSTIER et Mme. Dominique OMBREDANE qui ont accepté d'évaluer mon travail.
- M. Hervé LE BRIS, mon tuteur de stage, pour ses conseils, son encouragement et son intérêt porté sur le travail que j'aie réalisé.
- M. Sami MILLI, mon encadrant de l'Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte pour son entière disponibilité, son aide inestimable, sa patience et ses conseils, sans les quels ce travail n'aurait pu aboutir.
- Mon Co-encadrant au sein du Centre Technique d'Aquaculture, M. Houcine LAOUAR qui m'a procuré toutes les ressources et les conditions nécessaires au bon déroulement de mon stage.
- Tout le personnel du Centre Technique d'Aquaculture (sièges de Monfleury et Boumhel), de la station de recherche expérimentale de Bechima, et la famille de M. Abdelkader, pour leur aide, et accueil sympathique ainsi que leur coopération professionnelle tout au long la période de stage.
- Le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, et l'institution de recherche et de l'enseignement supérieur agricole (IRESA) pour m'avoir offrir la bourse, par laquelle j'ai faits mes études de master en Agrocampus.
- Tous les enseignants et le personnel d'Agrocampus-ouest, de l'INAT et de l'ISPAB qui ont contribué à ma formation.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui, de près ou de loin, ont participé à l'aboutissement de ce travail.

Dédicaces

La vie n'est qu'un éclair,

Et un jour de réussite est un jour très cher.

*A mon cher père **Mohamad** et ma chère mère **Fatma**.*

*Pour l'éducation et le grand amour dont ils m'ont entouré
depuis ma naissance,*

Et pour leurs patiences et leurs sacrifices.

*A mes chers frères : **Ahmad** et **Karim***

*A mes chères sœurs : **Ferdawes**, **Salsabil**, **Kawthar**
et **Istabrak***

*A tous mes proches et mes amis **Karam**, **Bara**, **Samí**, **Cyríne**,
Mabrouka, **Ons** et **Alaa***

*A tous ceux que j'aime, A tous ceux qui m'aiment
Je dédie ce mémoire.*

Rabeb THABET

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Contexte bibliographie	3
I- Aperçu général sur les potentialités hydriques et aquacoles en Tunisie	4
1- L'aquaculture en Tunisie	4
2- Potentialités hydriques et filière aquacole en Tunisie	4
II- Aperçu général sur la production des Tilapias	5
1- Production mondiale	5
2- Production du tilapia en Tunisie.....	5
III- Présentation de l'espèce <i>Oreochromis niloticus</i> (Linneaus, 1758).....	5
1- Caractéristiques morphologiques de l'espèce	6
2- Exigences écologiques	6
2-1- La température.....	7
2.2. La salinité.....	7
2.3. L'oxygène dissous	7
2.4. Le potentiel d'hydrogène (pH).....	7
2.5. Les composés azotés	8
2.6. La photopériode	8
3- Biologie de la reproduction	8
3.1. Comportement reproductif.....	8
3.2. Maturité sexuelle.....	8
3.3. Fécondité.....	9
4- Croissance	9
5- Production de population mono-sexe mâle	9
6- Risques pathologiques.....	9
7- Régime alimentaire	10
Chapitre II : Matériel et Méthodes	11
I. Présentation des zones d'étude et des structures d'élevage	12
1- La station expérimentale de Bechima	12
2- La retenue du barrage Smati.....	13
3- Conception et montage des structures d'élevage.....	13
II. Matériel biologique et procédure d'élevage.....	14
1. Matériel biologique	14

2.	Procédure de l'élevage	14
2.1.	Récupération des œufs et des larves	14
2.2.	Paramètres de reproduction des femelles.....	16
2.3.	Elevage larvaire.....	16
2.4.	Le pré-grossissement	16
2.5.	Le grossissement.....	17
2.6.	Veille à la pathologie	17
3.	Alimentation.....	17
4.	Les paramètres zootechniques.....	18
4.1.	Gain en masse corporelle	18
4.2.	Taux de croissance journalier (TCJ)	19
4.3.	Taux de survie.....	19
4.4.	Taux de conversion alimentaire (TC)	19
4.5.	Ration alimentaire journalière.....	19
4.6.	Relation Longueur totale – poids	19
5.	Suivi des paramètres physicochimiques.....	20
6.	Traitement statistique des données.....	20
III.	Etude économique de l'élevage d'O. niloticus.....	20
1.	Calcul des charges variables	21
2.	Charges diverses.....	21
3.	Calcul des charges fixes	21
4.	Calcul des charges totales (CT).....	21
5.	Calcul du prix de revient	21
	Résultats et Discussion.....	22
I-	Evaluation des paramètres d'élevage d'O. niloticus.....	23
1-	Evaluation de la fécondité chez les géniteurs.....	23
2-	Evaluation de la croissance pendant l'élevage larvaire	25
2.1.	Evaluation des paramètres zootechniques	25
2.2.	Evaluation des paramètres physicochimiques de l'eau.....	27
3-	Suivi de la croissance de tilapias pendant la phase du pré-grossissement.....	29
3.1.	Evaluation des paramètres zootechniques	29
3.2.	Effet des structures d'élevage sur les performances de croissance	31
3.3.	Evaluation des paramètres physicochimiques pendant la phase du pré-grossissement.....	32

3.3.1 Evolution de la température	33
3.3.2 Evolution du pH.....	33
3.3.3 Evolution de l'oxygène dissous	33
3.3.4 Evolution de la salinité.....	33
3.3.5 Evolution des éléments azotés	33
3.3.6 Interprétation de résultats de l'analyse physicochimique.....	34
3.4 Effet des paramètres physicochimiques sur la croissance des tilapias	34
4- Suivi des paramètres de la croissance de tilapias pendant la phase du grossissement..	35
4.1. Suivi des paramètres physicochimiques	35
4.2. Variation des paramètres de croissance des poissons du Tilapia durant la phase du grossissement	36
II. Etude de rentabilité économique	38
1. Estimation du coût de production d'un alevin de 2g	38
2. Estimation du coût de production d'un alevin de 15g	40
Conclusion.....	41
Références bibliographiques	43
ANNEXES	50

Liste des figures

Figure 1: Tilapia du Nil (Présent travail, 2017).....	6
Figure 2: Localisation géographique des zones d'étude.....	12
Figure 3: Schéma de l'installation expérimentale à Bechima (Dhraief, 2005)	13
Figure 4 : Photo des 4 enclos installés dans le barrage	15
Figure 5: Photo d'un enclos entier	15
Figure 6: Photo des cages installées à Bechima	15
Figure 7: Photo d'une cage entière	15
Figure 8: Les papilles génitales du Tilapia femelle (a) et mâle (b) (FAO, 1995)	17
Figure 9: Evolution de la fécondité absolue chez d'O. niloticus en fonction du poids et de la taille	23
Figure 10: Droite de régression entre la masse totale et la longueur totale des femelles de Tilapia	24
Figure 11: Evolution du poids moyen des larves du Tilapia du Nil en fonction du temps élevé à la station de Bechima	26
Figure 12: Evolution moyenne des paramètres physicochimiques de l'eau durant 24h	28
Figure 13: Représentation graphique de variables étudiées sur le plan des composantes principales.....	28
Figure 14: Graphiques de l'Analyse en Composantes Principales de l'effet des paramètres physicochimiques sur la croissance des alevins d'O.niloticus entre les EG (à droite) et les ED (à gauche).....	35

Liste des tableaux

Tableau 1: Qualité d'eau requise pour l'élevage du Tilapia du Nil (Suresh, 2003).....	6
Tableau 2 : Paramètres zootechniques des alevins pré-grossis entre Bechima et la retenue du barrage.....	16
Tableau 3: Composition de l'aliment du Tilapia selon les cycles d'élevage (Azaza et al., 2009)	18
Tableau 4: Elevage larvaire du 10/05/2017 au 04/06/2017 à la station expérimentale de Bechima.....	25
Tableau 5: Tableau comparatif de l'évaluation des paramètres zootechniques durant l'élevage larvaire chez <i>O. niloticus</i>	26
Tableau 6: Tableau comparatif des performances zootechniques enregistrés chez les tilapias pré-grossis entres les eaux douces et les eaux géothermales.....	29
Tableau 7: Tests de comparaison au seuil de 5% des pentes et des positions d'allométrie de la masse moyenne en fonction de la longueur totale par mois de Tilapia du Nil entre les eaux douces et les eaux géothermales. (ED : Eau douce ; EG : Eau géothermale)	30
Tableau 8: Etude statistique de l'effet des bacs sur le pré-grossissement des alevins.....	32
Tableau 9: Tableau comparatif de l'évolution des paramètres physicochimiques en fonction du poids moyen des tilapias élevé en eau douce et en eau géothermale	32
Tableau 10: Variation des paramètres physicochimiques entre la station du Bechima et la retenue du barrage de 15/07/2017 à 16/08/2017	36
Tableau 11: Paramètres zootechniques des tilapias grossis au niveau de la station de Bechima (en eau géothermale) et de la retenue du barrage Smati (en eau douce).....	37
Tableau 12: Etude statistique de l'effet des bacs sur le grossissement des individus du Tilapia.....	37
Tableau 13: Tableau comparatif des performances de croissance du Tilapia du Nil entre divers milieux d'étude	38
Tableau 14: Estimation des charges fixes CF et variables CV pour la production des alevins de 2g	39
Tableau 15: Estimation des charges fixes et variables pour la production des alevins de 15g pré-grossis en cages à Bechima, et en enclos dans la retenue de barrage Smati.....	40

Liste des annexes

Annexe I : Les ressources hydriques géothermales en Tunisie (CTA, 2016)	51
Annexe II : Caractéristiques des principaux aquifères du sud tunisien (DGRE, 2000)	51
Annexe III : Caractéristiques du bassin versant du barrage Smati (DGBGTH, 2008)	51
IV : Exemple de table de rationnement à 28°C	52
Annexe V : Composition en macronutriments des différents composants de l'aliment de tilapia (unité = g/Kg) (Azaza et al., 2009).....	52
Annexe VI : Paramètres zootechniques adoptés pour la reproduction de <i>O.niloticus</i>	53
Annexe VII : Protocoles de dosage des nitrites, nitrates, ammonium, et orthophosphates	54
Annexe VIII: Résultats du script de l'effet des bacs sur les performances zootechniques pendant l'élevage larvaire	55
Annexe IX: Résultats du script de l'effet des cages sur les performances zootechniques pendant la phase du prégrossissement.....	56
Annexe X: Résultats du script de l'effet des enclos sur les performances zootechniques pendant la phase du prégrossissement.....	57
Annexe XI: Résultats du script de l'effet des cages sur les performances zootechniques pendant la phase de grossissement	58
Annexe XII : Résultats du script de l'effet des enclos sur les performances zootechniques pendant la phase de grossissement	59
Annexe XIII: Estimation des paramètres de production des géniteurs	60
Annexe IV : Salaires des personnels participant à la production d'alevin de 2 et 15g	60
Annexe XV : Performances de production des alevins pendant la phase de prégrossissement	60

Liste des abréviations

CMV: Complément Minéral Vitaminé

CTA: Centre Technique d'Aquaculture

DGEQV : Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie

DGBGTH : Direction Générale de Barrages et Grands Travaux Hydrauliques

DGPA : Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture

DGRE: Direction Générale des Ressources en Eaux

DT: Dinar Tunisien

ED: Eaux Douces

EG: Eaux Géothermales

FA: Fécondité Absolue

FR: Fécondité Relative

IC: Indice de Conversion

INSTM: Institut National des Sciences et Technologies de la Mer

ISPA: Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte

L/F: Larves/Femelle

P: Prix

TCJ: Taux de Croissance Journalier

Introduction

Depuis longtemps l'homme exploite les ressources hydriques pour satisfaire ses besoins principalement pour l'alimentation, la production d'électricité, ainsi que pour la pêche et l'aquaculture. Les premiers essais aquacoles ont commencé avant 4000 ans en Egypte par la production du fameux poisson: le Tilapia (FAO, 2017a). Actuellement, chez la famille des Cichlidés, deux espèces sont majoritairement cultivées : le Tilapia du Mozambique (*Oreochromis mosambicus*) et le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*).

A propos du Tilapia du Nil, ce dernier est une espèce originaire du Nil qui peuple également les bassins du Niger, du Volta et du Sénégal (Philippart et Ruwet, 1982). Grâce à ses caractéristiques intéressantes en aquaculture et en tenant compte de sa bonne adaptation aux milieux extrêmes et variés, de sa facilité de reproduction en captivité et de sa large valence écologique, ce poisson a fait l'objet de divers essais d'élevage et connaît actuellement une vaste distribution dans tous les continents depuis les années 60 (Azaza, 2009; Dhraief *et al.*, 2010).

Dans le monde, plusieurs méthodes ont été employées pour produire le tilapia, notamment en système extensif (majoritairement dans des étangs), semi-intensif ou encore intensif à hyper-intensif. Ces derniers systèmes de production demeurent le plus employé. En effet, ces systèmes sont caractérisés par l'utilisation de souches sélectionnées et d'un aliment composé performant (Balarin *et al.*, 1982; Watanabe *et al.*, 2002; *In*: FAO, 2005-2017).

En effet, le Tilapia du Nil est largement connu pour son adaptabilité constatée à tous les systèmes d'élevage, lié à cela sa période de ponte étalée sur toute l'année. De même, cette espèce est connue par sa résistance vis à vis des pathogènes, et sa capacité à supporter les situations de stress et les différentes manipulations associées à l'aquaculture (Mary, 2006).

Outre les avantages précités, *O. niloticus* possède un taux de croissance très intéressant, voire même unique par rapport aux autres espèces de la famille des cichlidés, en plus d'un bon taux de conversion alimentaire associé à une excellente aptitude à accepter l'aliment artificiel (Azaza *et al.*, 2005; Azaza *et al.*, 2009). Son régime alimentaire correspond aux niveaux les plus bas de la chaîne alimentaire (phytoplancton, détritus...). Par conséquent, ces atouts permettent de produire cette espèce avec des coûts de production relativement modérés et adéquats.

En Tunisie, outre le mullet, le sandre et la carpe, l'élevage d'*Oreochromis niloticus* pourrait s'avérer une alternative future intéressante pour le remplacement partiel de la production d'autres poissons dulçaquicoles, vu ses caractéristiques écobioécologiques très remarquables en pisciculture continentale.

Le tilapia a été introduit pour la première fois en 1966 dans les oasis de Kebilli (Dérrouiche *et al.*, 2009) où l'aquaculture est souvent liée aux pratiques agricoles, afin de tirer profit du climat chaud et des ressources hydriques en eaux géothermales fréquentes dans le sud tunisien. Par ailleurs, sa survie et sa reproduction ont été bien étudiés (Zaouali, 1981). Cependant, l'idée de l'élevage de cette espèce ne s'est poursuivie qu'en 1999, après la création de la station de recherche expérimentale en pisciculture géothermale de Bechima dans le gouvernorat de Gabès, par l'Institut National des Sciences et des Technologies de la Mer (INSTM). Depuis cette date, plusieurs expériences ont mis en valeur la maîtrise et la réussite des différents cycles d'élevage de cette espèce, depuis la reproduction jusqu'au grossissement (Dhraïef, 2005).

En parallèle, divers essais d'acclimatation du tilapia ont été effectués au niveau des oasis du sud, ainsi que dans les retenues de barrages au nord et au centre tunisien, où la basse température hivernale constitue un facteur limitant à la croissance et à la survie de cette espèce. Ces expériences d'acclimatation ont connu des résultats encourageants et ont abouti à la réussite de l'élevage de cette espèce notamment au niveau des barrages de Lebna, de Lahma, de Ghezala et de Sidi Saâd (Azaza, 2004 ; Derouiche *et al.*, 2009).

La présente étude, commanditée par le Centre Technique d'Aquaculture (CTA) et l'Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte (ISPA), dans le cadre d'une convention signée en 2015 entre le CTA et l'INSTM, a pour principal but d'apporter des éléments pour l'amélioration des conditions d'élevage afin de produire annuellement 300.000 alevins de tilapia du Nil mono sexe mâles. Par ailleurs, nous allons nous intéresser à l'identification et à la caractérisation des points forts et faibles de l'élevage de cette espèce dans deux milieux assez différents (eaux douces et eaux géothermales), en tenant compte des paramètres physicochimiques des zones d'études, des paramètres zootechniques du poisson, des pathologies, du suivi et de l'évaluation des différents phases d'élevage (élevage larvaire, pré-grossissement et grossissement), en plus de l'étude économique, afin de déterminer le milieu le plus adéquat pour l'élevage de cette espèce en Tunisie.

Ainsi, ce travail a été structuré de la manière suivante :

- Dans la première partie, une présentation générale de l'espèce étudiée, sa production, ainsi que ses potentialités de son élevage dans les différents milieux.
- La deuxième partie, les matériels et méthodes, inclut la présentation des zones d'études, la méthodologie employée concernant les essais effectués, le matériel biologique utilisé et le traitement mathématique des données.
- La troisième partie englobe les résultats dégagés ainsi que leurs interprétations.

Chapitre I : Contexte bibliographie

I- Aperçu général sur les potentialités hydriques et aquacoles en Tunisie

1- L'aquaculture en Tunisie

En Tunisie, d'après la Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie (DGEQV, 2008), 5 types d'activités d'élevage des organismes aquatiques existent actuellement : la pisciculture marine, la pisciculture continentale, la pisciculture en eaux géothermales, la conchyliculture et l'engraissement du thon. Ces activités aquacoles remontent aux années 60 et ont débuté par l'élevage en eaux marines du loup/bar commun *Dicentrarchus labrax* et de la daurade *Sparus aurata*. En parallèle, les autorités compétentes ont mis en place une stratégie pour l'exploitation des retenues de barrages comme étant un support hydro-ichthyque non négligeable. Toutefois, les premiers essais d'introduction des espèces dulçaquicoles dans les barrages ont prouvé que seuls les carpes (*Cyprinus carpio communis*, *Cyprinus carpio specularis*, *Cyprinus carpio coriaceus*), le gardon (*Rutilus rubilio*), le rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), le sandre (*Stizostedion lucioperca*), le black-bass (*Micropterus salmoides*), les mulets (*Liza ramada*, *Mugil cephalus*) et le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*), ont pu s'acclimater (Rhouma et El Ouaer, 1978; Zaouali, 1981; Derouiche *et al.*, 2009). Généralement, la pisciculture continentale résultant de l'exploitation des retenues d'eau et lacs collinaires en Tunisie contribue avec 1000 tonnes/an dans la production halieutique totale (DGPA, 2016).

2- Potentialités hydriques et filière aquacole en Tunisie

D'après la Direction Générale de Barrages et Grands Travaux Hydrauliques, DGBGTH, (2008), le réseau hydrique tunisien s'étend sur une superficie totale estimée à 20.000 ha, et retenant plus de 4,2 milliards m³ d'eau. Ce réseau est constitué essentiellement des réservoirs de barrage, de barrages collinaires et des lacs collinaires situés principalement dans le nord et le centre de la Tunisie.

Les possibilités de développement de la filière aquacole sont assez considérables (ADCP, 1983). En effet, la Tunisie dispose de grandes potentialités naturelles significatives allant du nord vers le sud, qui se distinguent par la présence d'une trentaine de retenues de barrage et de lacs collinaires, réparties sur 13 gouvernorats entre le nord et le centre du pays. De plus, le sud offre l'opportunité d'intégrer la pisciculture à l'agriculture, où les eaux souterraines peuvent certainement contribuer à la diversification et à la production de certaines espèces d'eaux géothermales notamment le Tilapia du Nil. En effet, un grand potentiel de ressources en eaux chaudes existe dans le sud tunisien. Il s'agit des eaux géothermales dont la quantité exploitable est estimée à 737,8 Mm³/an (DGRE, 2000). Ce potentiel est constitué de ressources profondes principalement réparties entre trois aquifères (bien précisés dans les annexes I et II): le Continental Intercalaire, le Complexe Terminal et la Jefarra (Dhraief, 2005). Ce potentiel a permis de mieux développer l'élevage du tilapia ainsi que l'agriculture. En effet, l'idée a convergé vers la diversification des espèces d'élevage à l'égard de celles introduites dans les barrages (mulet, sandres, silures). Ainsi, une double exploitation et valorisation de l'eau géothermale est réalisée du fait que la même eau est utilisée aussi bien pour l'agriculture que pour la pisciculture afin d'enrichir les parcelles

agricoles en éléments nutritifs et organiques des poissons (Dhraief, 2005). Cependant, le type de disponibilité en eau, sa plus ou moins grande accessibilité et sa quantité peuvent constituer des facteurs limitant non négligeables pour l'installation d'une production de tilapia dans le sud (Azaza, 2004).

II- Aperçu général sur la production des Tilapias

1- Production mondiale

En 2015, le groupe des Tilapias a occupé le troisième rang en termes de production à l'échelle mondiale après les Cyprinidés et les Salmonidés. La production globale de tilapia a augmenté rapidement depuis les années 80 et elle a atteint 3.670.259 tonnes en 2014 (FAO, 2017b). En termes de localisation géographique, l'Asie représente plus de 80 % de la production de tilapia dans le monde, avec la Chine comme le plus grand producteur avec 1M tonnes. Par contre, et bien que l'Afrique soit le continent d'origine des tilapias, la production y reste encore extrêmement limitée (tout en excluant l'Egypte et le Zimbabwe) (FAO, 2017b).

2- Production du tilapia en Tunisie

Le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) a été la première espèce exotique élevée dans les eaux géothermales tunisiennes, notamment grâce à sa croissance rapide et à sa tolérance aux températures élevées. En outre, la remarquable adaptation et les résultats fort encourageants de l'élevage de cette espèce ont incité le secteur privé à investir dans cette activité depuis 2009 dans le gouvernorat de Médenine. Cependant, la production de tilapia est restée faible par rapport aux autres groupes des poissons d'eau douce (5.428 Tonnes contre 1034.035 pour le reste des espèces). L'essentiel de cette production est localisée dans les retenues de Lakhmés (Siliana), Lebna (Nabeul) et Sidi Saâd (Kairouan), (Romdhan, Comm. per). Le prix moyen du marché est également faible (3-4 DT/kg ; ce qui correspond à 1,2 – 1,7 €/kg) et demeure peu compétitif par rapport aux autres poissons d'élevage du fait que le marché des tilapias (et presque de la majorité des poissons dulçaquicoles) est assez restreint et ne répond pas aux habitudes alimentaires des tunisiens (Romdhan, Comm. per)

III- Présentation de l'espèce *Oreochromis niloticus* (Linneaus, 1758)

Comme tous les tilapias, *O. niloticus* (البطي التلي) fait partie de la famille des Cichlidés. La position systématique adoptée pour cette espèce est la suivante (FAO, 2005-2017):

Embranchement : Vertébrés
Sous embranchement : Gnathostomes
Super classe : Poissons
Classe : Ostéichthyens
Sous classe : Téléostéens
Ordre : Perciformes
Sous ordre : Percoïdes
Famille : Cichlidés
Sous famille : Tilapinés
Genre : *Oreochromis*
Espèce : *niloticus*



Figure 1: Tilapia du Nil (Présent travail, 2017)

1- Caractéristiques morphologiques de l'espèce

Le Tilapia du Nil est un Cichlidé appartenant au groupe des poissons incubateurs buccaux uni-parentaux maternels. Il est caractérisé par: (1) une coloration grisâtre avec poitrine et flancs rosâtres et une alternance de bandes verticales claires et noires nettement visibles notamment sur la nageoire caudale et la partie postérieure de la nageoire dorsale, (2) un nombre élevé de branchiospines longues et fines (18-28 sur la partie inférieure du premier arc branchial, et 4-7 sur la partie supérieure), (3) une nageoire dorsale longue à partie antérieure épineuse (17-18 épines) et à partie postérieure molle (12-14 rayons), (4) et un liséré noir en bordure de la nageoire dorsale et caudale chez les mâles (Trewavas, 1983).

On arrive facilement à distinguer *O. niloticus* d'une autre espèce de tilapia qui a plus ou moins les mêmes caractéristiques citées ci-dessus, à savoir *O. aureus*, mais qui présente en plus chez les mâles un liséré rouge tout au long de la bordure des nageoires dorsales et caudales (Rakotomalala, 2004).

2- Exigences écologiques

En raison de leur forte adaptabilité aux facteurs écologiques biotiques et abiotiques, l'élevage de cette espèce peut être réalisé dans les eaux douces, chaudes, ou dans des conditions bien contrôlées après une éventuelle acclimatation (Derouiche *et al.*, 2009). En effet, *O. niloticus* est une espèce euryèce qui s'adapte aux larges variations des facteurs écologiques, pouvant ainsi coloniser des milieux extrêmement différents (CTA, 2012b, 2015).

Le tableau suivant récapitule les différentes valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques tolérés pour la survie de ce poisson.

Tableau 1: Qualité d'eau requise pour l'élevage du Tilapia du Nil (Suresh, 2003)

Paramètre	T (°C)	Salinité (PSU)	Alcalinité (mg/L)	Dureté (mg/L)	Ammoniac (mg/L)	Oxygène dissous (mg/L)	pH
Intervalle	26 – 32	0 – 20	> 20	< 50	< 0,1	3 - 5	6,5 – 8,5

2-1- La température

La température représente un facteur principal qui conditionne de part et d'autre les propriétés de l'eau requise pour l'élevage des différentes phases de croissance du tilapia. Dans le milieu naturel, le tilapia est un poisson eurytherme qui peut supporter les grandes variations de la température (CTA, 2017). Ainsi, il est possible de rencontrer ce poisson à des températures entre 14-33°C. Cependant, dans des conditions d'élevage, les températures létales inférieure et supérieure enregistrées sont respectivement 7,4 et 40,73°C (Mélard, 1986 ; Sifa *et al.*, 2002). Au dessous de 16-17°C, il cesse de s'alimenter et devient de plus en plus sensible à une série de maladies (Chervinski, 1982). En ce qui concerne la reproduction, la température adéquate s'échelonne entre 22-30°C (Huet, 1970).

En Tunisie, les températures moyennes rencontrées pour le grossissement de tilapia se situent entre 9 et 28°C au niveau des retenues de barrages. Par ailleurs, Derouiche *et al.* (2009) ont signalé que cette espèce peut adopter une stratégie « d'hibernation » pour survivre et croître lorsque la température hivernale se trouve aux alentours de 9°C (au niveau du barrage Lebna). En contrepartie, les essais d'élevage de ce poisson au niveau du sud tunisien utilisant les eaux souterraines géothermales montrent une tolérance vis à vis des températures de 36 et 40°C (Azaza *et al.*, 2006 ; Kraiem et Azaza, 2007).

2.2. La salinité

Bien que la plupart des tilapias soient des espèces d'eau douce, leur capacité d'adaptation à différentes salinités est nettement remarquable (Stickney, 1986) . Ainsi, *O. niloticus* peut s'adapter à des eaux de salinité comprise entre 0,015-30 g/l. De même, au niveau des eaux géothermales tunisiennes, les tilapias montrent leur capacité à supporter des salinités élevées jusqu'à 28 g/l (Kraiem et Azaza, 2007). Toutefois, et en ce qui concerne sa reproduction, ce poisson serait incapable de se reproduire au-delà d'une salinité qui dépasse 15-18 g/l (Balarin et Hatton, 1979)

2.3. L'oxygène dissous

Les tilapias sont capables de survivre dans des conditions où la concentration en oxygène dissous est très basse. En effet, ils arrivent même à résister à des teneurs inférieures à 0,5 mg/l, niveau considéré inférieur au seuil limite toléré pour la plupart des espèces à intérêt aquacoles (Rappaport *et al.*, 1976). Toutefois, une teneur minimale de 2 à 3 mg/l est recommandée en élevage, au-dessous de laquelle une dépression du taux métabolique et de croissance peut affecter la production.

2.4. Le potentiel d'hydrogène (pH)

Le Tilapia du Nil présente une capacité de survie dans des milieux de pH extrêmes. Cependant, le pH optimal conseillé pour sa survie et son élevage oscille entre 7 et 8 (Huet, 1970).

2.5. Les composés azotés

En pisciculture, l'intoxication par l'ammoniaque est étroitement liée au pH, dont l'augmentation entraîne la transformation d'une quantité importante de l'ammoniaque totale sous sa forme toxique (NH₃) (Azaza, 2004). La concentration des déchets métaboliques azotés excrétés par les branchies et les urines dépend essentiellement de la température, de la taille des individus ainsi que de la quantité et la quantité de l'aliment distribué. Cette concentration doit être maintenue inférieure au seuil critique d'*O. niloticus*, en ne dépassant pas les 15 mg/l pour les nitrates, 2 mg/l pour les nitrites, et 0,95mg/l pour l'ammoniaque total (Malcolm *et al.*, 2000 in: anonyme 2017).

2.6. La photopériode

L'action de la lumière, bien qu'étroitement liée à la température, agit sur la croissance via le système endocrinien. En effet, Mélard *et al.*, (1986) expliquent qu'une photopériode optimale (18 h) stimule la sécrétion de l'hormone de croissance (GH) chez *O. niloticus*. Par ailleurs, les larves sont plus sensibles à la photopériode que les alevins et les juvéniles (El Sayed et Mamdouh, 2004). Expérimentalement, les larves qui sont exposées à une longue période d'éclairage (18-24h) ont une meilleure croissance et une efficacité alimentaire significativement plus importante que celles exposées à une période courte ou intermédiaire entre 6-12h (El Sayed et Mamdouh, 2004).

3- Biologie de la reproduction

3.1. Comportement reproductif

En milieu naturel, lorsque les conditions abiotiques sont bien réunies, les adultes migrent vers une zone peu profonde à substrat meuble (gravier, sable, argile). Après avoir choisi le site d'aménagement de son propre nid, chaque mâle défend agressivement son territoire et creuse avec sa bouche un nid en forme d'assiette. Les femelles vivant en banc à proximité des arènes de reproduction se déplacent entre les mâles et chacun tente d'acquiescer sa partenaire (Dhraief, 2005).

3.2. Maturité sexuelle

La taille de la première maturité sexuelle d'*O. niloticus* varie généralement entre 14-20 cm. Cependant, dans les conditions stressantes, cette espèce peut se reproduire dès l'âge de trois mois, à un poids inférieur à 50g (Kestemont *et al.*, 1989). En outre, la période de reproduction de cette espèce est exponentiellement continue pendant toute l'année si la température de l'eau est supérieure à 22°C. Ainsi, au niveau de la Tunisie, une étude a été réalisée par Azaza *et al.* (2010) sur la reproduction de tilapia du Nil en captivité dans les eaux géothermales de Bechima au sud tunisien. Ils ont montré que ce poisson atteint sa première maturité sexuelle durant la première année d'élevage, avec une Lm50 (Taille de la première maturité sexuelle) égale à 11,3 cm pour les femelles et 12,3 cm pour les mâles.

3.3. Fécondité

La fécondité absolue est définie comme étant le nombre d'œufs fraîchement récupérés de la cavité buccale d'une femelle. Or, chez les tilapias, comme chez les autres poissons, cette fécondité augmente avec la taille des femelles. Ainsi, selon Mélard (1986), la fécondité absolue minimale observée est de 340 ovules pour une femelle de 26g et la fécondité maximale est de 3500 ovules pour une femelle de 550g. Aussi, Dhraief (2010) a prouvé que ce paramètre augmente en fonction de la longueur des femelles. En revanche, Mélard (1986) prouve que la fécondité relative (exprimée en nombre d'œufs fécondés ou d'alevins produits/kg de femelle) varie en sens inverse du poids moyen des femelles du tilapia.

4- Croissance

Il est couramment admis que les poissons ont un comportement de croissance prédéterminé sous la dépendance des facteurs génétiques et avec lesquels interagissent d'autres facteurs environnementaux. Ainsi, la vitesse de croissance est extrêmement variable selon des facteurs de contrôle (température) et limitant (nourriture, oxygène, ammoniac) qui affectent la quantité d'énergie disponible pour la croissance. Aussi, d'autres facteurs secondaires non négligeables comme la densité de peuplement et la photopériode peuvent sûrement affecter la croissance de l'espèce (Lazard et Legendre, 2006). Par ailleurs, il existe chez *O. niloticus* un phénomène de dimorphisme sexuel de croissance qui apparaît très rapidement en élevage, les mâles ayant de meilleures performances de croissance que les femelles, ceci est dû à la particularité du processus de la reproduction chez la femelle (incubation buccale) et du comportement social (territorialité...) (Trewavas, 1983).

5- Production de population mono-sexe mâle

Afin d'optimiser les systèmes de production d'*O. niloticus*, l'élevage de population mono-sexe mâle est de plus en plus demandé dans l'élevage de tilapia pour les simples raisons : les mâles grossissent deux fois plus vite que les femelles (Mélard et Philippart, 1981; Chervinski, 1982), l'inhibition de l'activité reproductive qui entraîne une surpopulation en petits individus dans le milieu d'élevage (Little *et al.*, 2003), afin d'avoir toute une population homogène lors de la récolte, ayant une taille individuelle intéressante et de bonne valeur commerciale.

6- Risques pathologiques

Comme toutes les espèces aquatiques, le Tilapia du Nil peut être sensible à une série de maladies résultant de la prolifération de certains organismes pathogènes. Généralement, les maladies d'ordre bactériologique demeurent les plus rencontrées, à savoir la Septicémie à *Aeromonas* mobiles et Vibrioses, résultant principalement du stress et de la mauvaise qualité de l'eau. Les poissons affectés se manifestent par des brûlures au niveau de la peau et des nageoires et une perte d'équilibre liée à un comportement anormal (FAO, 2005).

D'autre part, des résultats obtenus d'une étude faite au niveau des fermes de tilapia au Ghana (Mary, 2006), ont révélé trois types d'ectoparasites, à savoir : *Trichodina sp*, des Monogènes et *Tetrahymena sp*, dont les deux premiers étaient fréquents dans la plupart des

fermes, mais qui ne posent pas des véritables problèmes.

7- Régime alimentaire

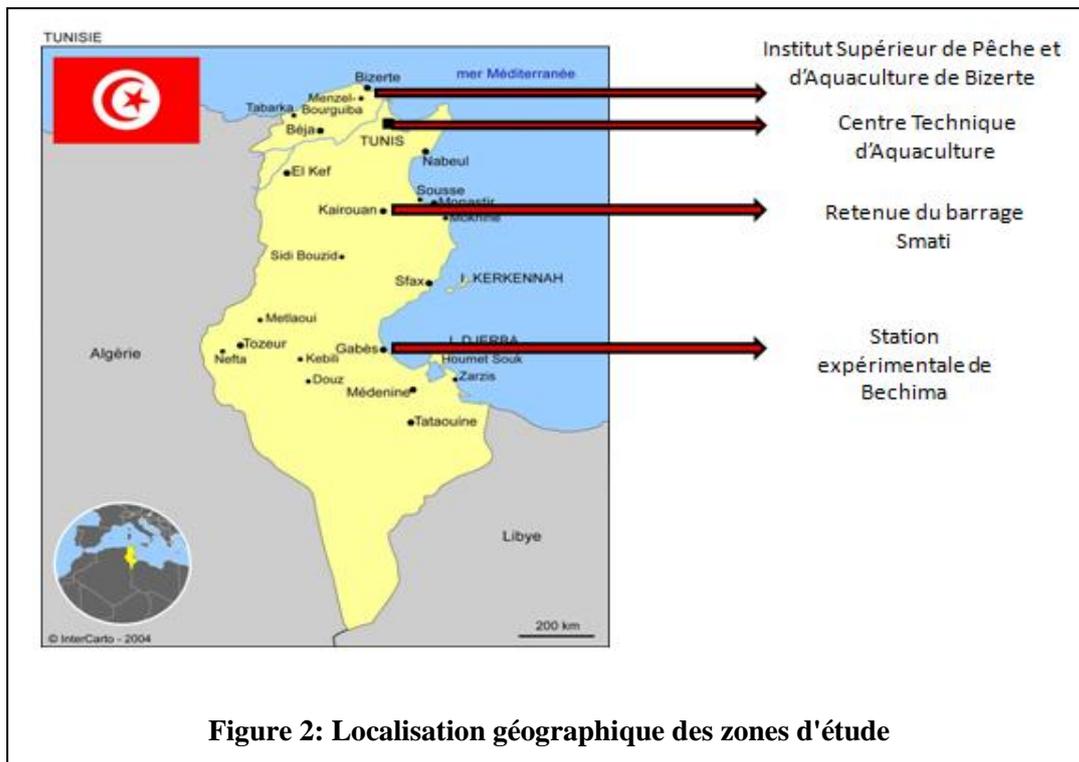
En milieu naturel, le tilapia est un poisson omnivore. En élevage, cette espèce montre une aptitude de consommer divers produits mais aussi des sous-produits et rejets qui semblent ainsi pouvoir être valorisés directement ou indirectement (fertilisation) tels que: la noix de palmier, les tourteaux de soja ou de coton, la farine de riz, le colza, et la luzerne (Campbell, 1978). En Tunisie, une étude effectuée sur l'élaboration des aliments secs pour *O.niloticus* par Derouiche et al. (2009) a montré que les meilleurs taux de croissance et de transformation alimentaire ont été obtenus par les aliments contenant 20 % et 30 % de farine de poisson, avec des taux de conversion de 1,71 et de 1,49.

Chapitre II : Matériel et Méthodes

I. Présentation des zones d'étude et des structures d'élevage

Le but de ce travail est de caractériser le milieu le plus adapté pour l'élevage d'*Oreochromis niloticus* en Tunisie, ainsi cette étude s'est déroulée sur deux sites (figure 2), à savoir :

- La station expérimentale de Bechima, situé dans le gouvernorat de Gabès au sud tunisien, pour faire la reproduction, l'élevage larvaire, le prégrossissement et le grossissement en eaux géothermales.
- La retenue du barrage Smati, situé dans le gouvernorat de Kairouan au centre tunisien, pour faire le prégrossissement et le grossissement en eaux douces.



Par ailleurs la conception et la construction des structures d'élevage, et pour le dosage des éléments azotés ont été réalisés à l'institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte (ISPA) et au Centre Technique d'Aquaculture (CTA), au niveau du nord tunisien (figure 2).

1- La station expérimentale de Bechima

La station expérimentale de Bechima est une unité de recherche créée en 1999 par l'INSTM dans la région d'El Hamma dans le gouvernorat de Gabès au sud tunisien. Elle est située au voisinage d'un refroidisseur (d'eau géothermale) sur un terrain de pente de 3% afin d'assurer une circulation d'eau continue par simple gravité. Deux puits artésiens assurent l'alimentation de la station en eaux géothermales d'une température de 70 °C. Ces eaux subissent un refroidissement atmosphérique afin d'atteindre des températures moyennes à l'alentour de 30-40 °C. En ce qui concerne l'infrastructure de la station, cette dernière est équipée de 3 serres abris de 300m² chacune, et qui contiennent des bacs de reproduction, d'élevage larvaire, de prégrossissement et de grossissement de tilapia en eaux chaudes. En ce

qui concerne les deux dernières phases de production, elles seront effectuées en cages dans le grand bassin de la station (dont la superficie égale à 800m²). La figure 3 montre bien les différentes structures de la station et le circuit d'eau.

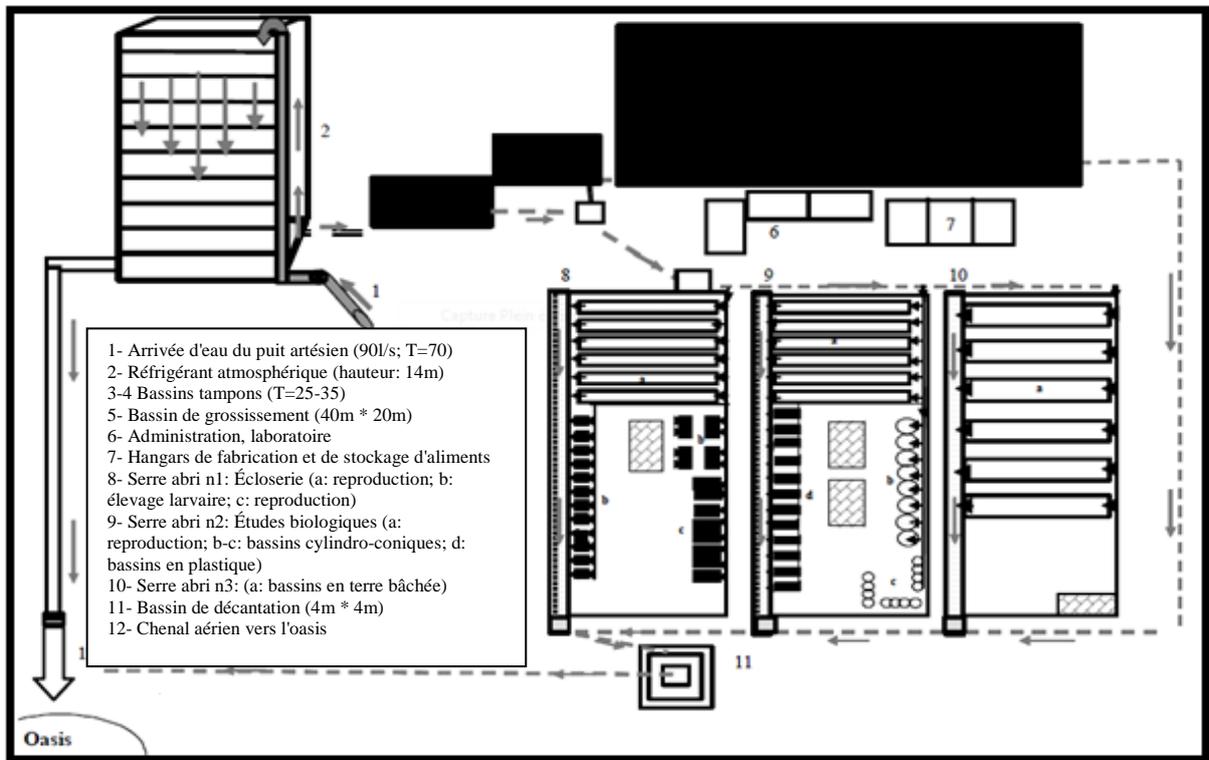


Figure 3: Schéma de l'installation expérimentale à Bechima (Dhraief, 2005)

2- La retenue du barrage Smati

La retenue du barrage Smati, d'une superficie de 121 km², est située dans la région d'El Ala dans le gouvernorat de Kairouan, au centre de la Tunisie sur l'oued Smati. Les moyennes de la salinité et la profondeur sont estimées respectivement à 2,3 PSU et 1,5-2 m. En outre, selon la Direction Générale de Pêche et d'Aquaculture (Romdhan, Comm per), ce barrage constitue un milieu de vie pour notamment deux espèces : le mulot *Mugil cephalus* et le barbeau *Barbus callensis*, avec une production totale de 17,3 tonnes en 2015.

Au niveau de cette étude, cette retenue du barrage va servir au prégrossissement et au grossissement de Tilapia du Nil en eaux douces moyennant des enclos.

NB : Les caractéristiques hydrologiques et géographiques du barrage sont bien précisées dans la troisième annexe.

3- Conception et montage des structures d'élevage

Outre l'infrastructure principale destinée à la préparation des géniteurs à la reproduction, la ponte et la production des larves, la production des juvéniles et jeunes individus nécessite des infrastructures bien appropriées, à savoir les cages et les enclos en raison de leur efficacité et de leur résistance vis à vis des facteurs environnementaux.

Pour faciliter la manipulation, le transport et minimiser les coûts, les cages et les enclos utilisés ont été construits. Les cages rectangulaires avaient un volume de 3 m³ (avec L=1,5m, l=1,3m et H=1,5m), et les enclos rectangulaires un volume de 2m³(avec L=1,3m, l=1m et H=1,5m), avec un maillage des filets en polyamide de 6 mm.

En totalité, 31 cages ont été construites, dont 5 seulement seront installées initialement dans le grand bassin pour les deux phases de pré-grossissement et de grossissement dans la station de Bechima.

De plus, 6 enclos ont été construits pour l'élevage des individus en semi extensif dans le barrage Smati, dont 2 vont servir au pré-grossissement, et 2 autres au grossissement à une profondeur de 1,5-2m.

Les figures 4, 5, 6 et 7 illustrent les cages et les enclos utilisés, ainsi que leur emplacement dans les zones d'étude.

II. Matériel biologique et procédure d'élevage

1. Matériel biologique

C'est l'espèce *Oreochromis niloticus*, souche "Maryout", qui a été introduite en 1999 en provenance de la Libye dans le cadre de la coopération de recherche entre l'INSTM et le centre des sciences marines de Tajoura (Turki et Kraiem, 2002), qui fait l'objet de cette étude zootechnique.

Les expériences ont commencé par la récupération de plus de 6000 larves (poids moyen = 0,01 g) issues de 13 géniteurs (masse corporelle entre 99 et 190 g) bien adaptés à la vie en captivité dans les eaux géothermales de Bechima (voir annexe 6). Ces larves ont été subdivisées en 2 lots (deux bacs larvaires, situés dans la serre d'élevage larvaire de la station), sont élevées dans les eaux géothermales pendant 60 jours pour les préparer à un pré-grossissement initial, dans le but d'obtenir des alevins de 1 à 2g. Ces derniers seront transférés par la suite vers deux cages et deux enclos installés respectivement dans le grand bassin de Bechima et dans la retenue du barrage Smati afin d'avoir des juvéniles de 15-20 gr (50 jours). Enfin, on a procédé à un tri à base de masse moyenne (en séparant la tête du lot (>20g), de la queue de lot (<20g)) pour entamer la dernière phase de production : le grossissement.

2. Procédure de l'élevage

2.1. Récupération des œufs et des larves

Au cours de cette étude, les géniteurs ont été maintenus dans des conditions abiotiques optimales d'élevage. Plusieurs signes permettent l'identification de femelles incubatrices, telles que l'apparition d'une bande sombre au niveau du front et des tâches noires sur les flancs, une nage rapide et discontinue avec un comportement assez agressif vers les autres individus présents dans le bassin (Laouar et Barhoumi, 2017).



Figure 4: Photo d'un enclos entier



Figure 5 : Photo des 4 enclos installés dans le barrage



Figure 6: Photo d'une cage entière



Figure 7: Photo des cages installées à Bechima

2.2. Paramètres de reproduction des femelles

Une fois la femelle identifiée (par marques externes), elle est bien isolée, pesée et mesurée pour évaluer ultérieurement deux paramètres importants à savoir la fécondité relative et absolue, qui décrivent la productivité des femelles par jour selon le poids et la longueur, on distingue ainsi :

- La fécondité absolue : désigne le nombre total d'œufs présents chez une femelle avant fécondation.
- La productivité relative : représente le nombre total des larves produites par jour par rapport à la biomasse total des femelles en g.

2.3. Elevage larvaire

Les larves sont obtenues par technique de crachage. La manipulation des larves en tant que comptage est une opération délicate, nécessitant un suivi particulier pour ne pas stresser les œufs non éclos et les larves. Ces dernières sont pré-élevées pendant 60 jours dans des bacs cubiques, avec un débit de 4 à 6 l/min. En ce qui concerne l'alimentation, les larves sont nourries d'un aliment à 40% de protéines afin d'obtenir des alevins d'un poids moyen de 1 à 2 g.

2.4. Le pré-grossissement

A partir du 11/05/2017, on a commencé la phase de pré-grossissement dans les eaux géothermales dans les cages flottantes installées au niveau du bassin de grossissement à la station expérimentale de Bechima (pour un poids moyen initial des larves de 1,56g). Un jour après, 3009 larves (avec une masse moyenne de 1,35g) sont aussi transférées vers les enclos pour entamer le pré-grossissement en eaux douces (Tableau 2). A la fin de cette phase, un tri sexuel des alevins est nécessaire pour entamer le grossissement à partir des populations mono-sexes. A noter que la densité adoptée pour chaque structure est de 500 individus/ m³. En général, 2 cages et 2 enclos ont été utilisés pour le déroulement de cette phase.

Tableau 2 : Paramètres zootechniques des alevins pré-grossis entre Bechima et la retenue du barrage

Lieu	Bechima		Retenue du barrage	
	Cage 1	Cage 2	Enclos 1	Enclos 2
Nombre de larves	1500	1500	1503	1504
Poids moyen	0.9	2,03	1,35	1,35
Ecartype	0,258	0,325	0,36	0,372

En outre, au-delà d'une taille de 20g, on peut observer un dimorphisme sexuel des organes génitaux, et la distinction entre les mâles et les femelles est possible. En effet, chez les mâles, la papille génitale est protubérante en forme de cône et porte un pore urogénital à l'extrémité. Par contre, chez les femelles, elle est petite, arrondie et présente au milieu une fente transversale (oviducte) située entre l'anus et l'orifice urétral (pore urinaire) localisé à l'extrémité (figure 8) (FAO, 1995).

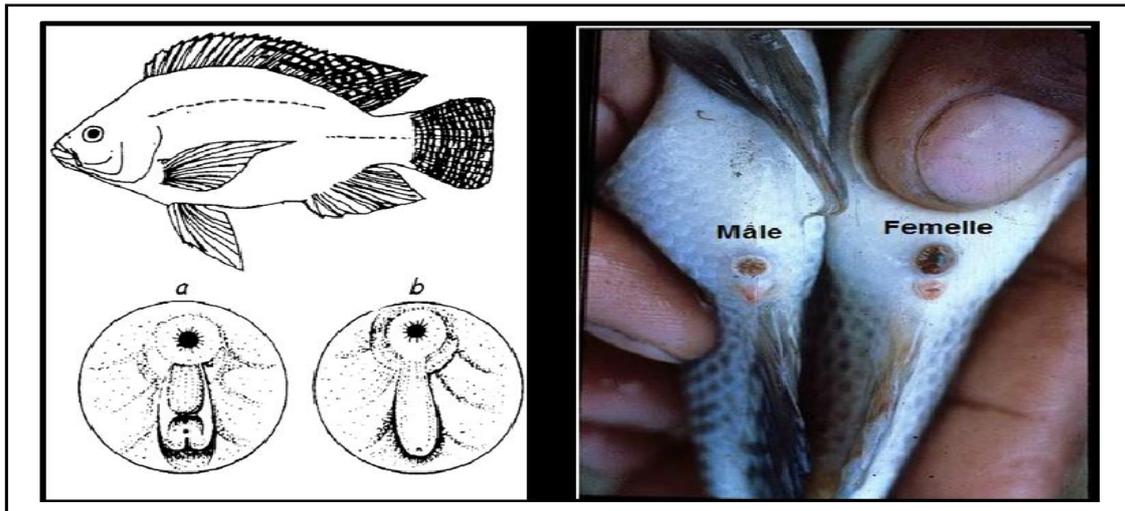


Figure 4: Les papilles génitales du Tilapia femelle (a) et mâle (b) (FAO, 1995)

2.5. Le grossissement

A partir de mi-juillet, on a commencé la phase de grossissement des alevins élevés. En général, le tri effectué (à partir de la taille en premier lieu) nous a permis d'élever les gros (tête de la production >20g) et les petits individus (queue de la production <20g) séparément dans deux cages. Vers la fin d'août, les mâles et les femelles seront eux même élevés séparément pour évaluer ultérieurement les taux de croissance pour les deux sexes. Pour la nourriture, l'aliment additionné pour les tilapias est pareil pour les deux milieux, et il est constitué de 30% de protéines et distribué à raison de 10% de façon journalière.

Pour le grossissement, 2 cages et 2 enclos ont été utilisés pour l'aboutissement de ce dernier stade.

2.6. Veille à la pathologie

Pour réussir les différents cycles d'élevage, un certain niveau de propreté et d'hygiène dans les bassins expérimentaux devrait être maintenu quotidiennement, en faisant un siphonage sur le fond avant le nourrissage, afin d'éliminer les fèces et toute sorte de dépôt des aliments, ce qui permet d'éviter ainsi le développement des organismes pathogènes. En outre, il est nécessaire de prendre des mesures particulières relatives à la santé du cheptel, tout en suivant l'état des individus et leurs comportements.

3. Alimentation

L'aliment additionné est composé de matières premières disponibles sur le marché local et qui sont préparés dans la station pilote de Bechima, avec des proportions variables selon le stade de développement des poissons, à partir des formules fournies par les résultats de recherches de l'INSTM (Tableau 3).

Tableau 3: Composition de l'aliment du Tilapia selon les cycles d'élevage (Azaza et al., 2009)

Ingrédient (%)	Géniteurs	Larves	Alevins	Adultes
Tourteaux de soja	41	45	50	43
Farine de poisson	14	25	20	14
Maïs	35	20	20	35
Huile végétale	8	8	8	6
Complément Minéral Vitaminé	2	2	2	2
Taux de protéine total	20	40	30	20

Cet aliment constitue une source très riche en protéine allant jusqu'à 40 %. Aussi, un apport en vitamines et en sels minéraux provenant du Complément Minéral Vitaminé (CMV) est également assuré par l'aliment pour répondre aux exigences alimentaires de l'espèce. Généralement, le taux de rationnement, la granulométrie et la quantité de l'aliment distribuée varient en fonction des stades de développement, de la taille et de l'âge des individus, de la valeur énergétique de l'aliment et de la variation des paramètres physico-chimiques (voir les annexes 4 et 5). Le taux de rationnement adopté s'échelonne entre 20 et 10% du poids vif (depuis les premiers jours jusqu'au pré-grossissement). En ce qui concerne la quantité d'aliments destinée aux géniteurs (Qg) et celle destinée à l'élevage larvaire (Ql), elles sont déterminées selon les formules suivantes :

$$Qg = (Nm \times Mm + Nf \times Mf) \times TC$$

$$Ql = (Bf - Bi) \times TC$$

Avec: Nm et Nf : nombres des géniteurs mâles et femelles ; Mm et Mf : poids moyens des géniteurs mâles et femelles ; TC : taux de conversion ; Bf et Bi : biomasses finale et initiale durant le stade larvaire.

NB: La quantité restante de l'aliment non ingéré est surveillée et estimée afin d'ajuster autant que possible la quantité distribuée aux besoins réels des poissons.

4. Les paramètres zootechniques

Pour estimer la croissance des poissons au cours des différentes phases d'élevage, un certain nombre d'indices et des paramètres zootechniques devraient être calculés :

4.1. Gain en masse corporelle

Cet indice permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Gain du poids moyen (g)} = \text{Poids final (g)} - \text{Poids initial (g)}$$

4.2. Taux de croissance journalier (TCJ)

Ce paramètre est déterminé pour une courte période à partir d'un échantillon de poissons, et il est estimé selon la formule suivante durant tous les cycles d'élevage :

$$\text{TCJ} = (\text{Masse Finale} - \text{Masse Initiale}) / \text{Temps} \times 100$$

4.3. Taux de survie

Le taux de survie (100% - Taux de mortalité) est calculé à partir du nombre de poissons à la fin de l'expérience et l'effectif total en début d'élevage, selon la relation suivante :

$$\text{Taux de Survie} = (\text{Nombre final de individus} / \text{Nombre initial des individus}) * 100$$

4.4. Taux de conversion alimentaire (TC)

C'est un indice de transformation d'aliment qui permet de mesurer l'efficacité de la conversion d'un aliment en chair de poisson, il représente le rapport entre la quantité totale de l'aliment distribué aux poissons et le gain obtenu en biomasse.

$$\text{TC} = \text{Poids sec de l'aliment distribué} / \text{Gain en poids des poissons}$$

4.5. Ration alimentaire journalière

C'est la ration quotidienne distribuée par jour de d'élevage, et qui dépend étroitement du taux de rationnement.

$$\text{RA} = [(\text{Poids moyen} * \text{Taux de nourrissage}) / 100] * \text{Nombre de larves}$$

4.6. Relation Longueur totale – poids

Pour bien contrôler les paramètres de croissance des géniteurs, des alevins prégrossis et des individus grossis dans les deux milieux, il est nécessaire d'établir la relation existante entre la taille et le poids du poisson, celle-ci est définie selon Le Cren (1951) par l'équation suivante :

$$W = a L^b$$

Avec : W : le poids du poisson en grammes ; L : la longueur du poisson (Lt, Lf ou Lst) en centimètres ; a : constante correspondante au poids d'un individu de longueur égale à l'unité ; b : coefficient d'allométrie définie comme étant le coefficient de croissance relative en poids. Trois cas peuvent se distinguer : si b=b théorique, il y a isométrie entre les deux caractères, si

$b < b$ théorique il y a une allométrie minorante, et si $b > b$ théorique, l'allométrie est majorante (Mili *et al.*, 2008).

5. Suivi des paramètres physicochimiques

Dès le début des expériences et durant toutes les phases d'élevage, le suivi des paramètres physicochimiques mérite un intérêt primordial. Les différents paramètres, notamment la température, la salinité, le pH, et l'oxygène dissous sont mesurés à l'aide d'un multimètre de type Multi 350i/SET. En ce qui concerne les nitrites, les nitrates et l'ammonium, ces trois paramètres font aussi bien l'objet d'une surveillance particulière puisqu'ils influencent la qualité de l'eau. Les différentes analyses physicochimiques des sites de production ont été réalisées *in situ* et au sein du laboratoire de la station pilote de Boumhel. L'annexe 7 récapitule les protocoles de dosage des nitrites, nitrates, orthophosphates et d'ammonium.

6. Traitement statistique des données

L'étude de la croissance est une approche très délicate en halieutique nécessitant de trouver la méthode qui s'adapte le mieux aux données de base, et choisir le modèle qui décrit le mieux la relation entre les variables. Pour cette raison, et pour avoir une idée fiable sur les effets préalables des paramètres physicochimiques et zootechniques sur la réussite de l'élevage, il faut procéder à quelques tests statistiques, afin de déterminer le milieu le plus adéquat à l'élevage du tilapia, ainsi on a effectué des tests :

- Shapiro pour tester la normalité des données afin de déterminer l'effet du bassin d'élevage sur la croissance des larves et alevins de tilapia du Nil.
- Test Student t, pour la comparaison au seuil de 5% des pentes et des positions d'allométrie de la masse moyenne en fonction de la longueur totale par mois de Tilapia du Nil entre les eaux douces et les eaux géothermales (au cours de la phase du pré-grossissement).
- Test Fisher F pour la comparaison des variances.
- Analyse en Composantes Principales (ACP) pour savoir l'effet de différents paramètres physicochimiques (Température, Oxygène dissous, Salinité, pH, NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , P) sur les performances de croissance au cours de l'élevage larvaire, le pré-grossissement et le grossissement.

III. Etude économique de l'élevage d'*O. niloticus*

L'étude économique consiste à déterminer dans un premier temps le coût de production d'alevin de 2g et de 15g élevés dans les deux zones d'étude. L'estimation de ces coûts est le résultat d'une corrélation entre les charges variables et du compte d'exploitation. Ainsi, cette étude tient compte de plusieurs paramètres biotechniques comme la densité, le taux de survie, le taux de conversion, la quantité et la composition d'aliment.

1. Calcul des charges variables

En aquaculture intensive, la composante nourriture représente une part importante du coût de production des poissons. L'intérêt économique de ce type d'élevage est donc très dépendant de la disponibilité et du coût de l'aliment additionné.

2. Charges diverses

Elles sont estimées à 10% des charges totales (Télécommunications, frais postaux, imprévus...).

3. Calcul des charges fixes

Les charges fixes englobent plusieurs données comme l'électricité, l'eau, le salaire du personnel et l'amortissement (sur 5 ans). Par ailleurs, les structures de la station sont considérées comme amorties, seuls les gros travaux (réalisés et estimés) sont comptabilisés (50.000 DT).

4. Calcul des charges totales (CT)

Les charges totales (CT) correspondent à la somme des charges fixes (CF) et des charges variables (CV), avec : $CT = \Sigma (CF+CV)$.

5. Calcul du prix de revient

Le prix de revient (P) d'un alevin correspond au rapport entre les charges totales et le nombre d'alevins produits (N) : $P = CT/N$

Résultats et Discussion

I- Evaluation des paramètres d'élevage d'*O. niloticus*

1- Evaluation de la fécondité chez les géniteurs

Au cours de cette étude, les géniteurs ont été maintenus dans des conditions abiotiques optimales (voir annexe 6), ainsi 13 femelles de taille variant entre 99 et 183g ont été utilisées en phase de post-ponte. Pour mettre l'accent sur la fécondité absolue, nous avons établi les relations liant le nombre des larves obtenus à la taille et à la masse corporelle des femelles. Ces relations sont des courbes de puissance, dont l'équation est $y = a x^b$ (figure 9)

En général, la fécondité absolue observée durant le premier cycle varie entre 451 et 1598 larves/femelle (L/F), pour des poids des femelles respectifs de 113,4 et 183g. Toutefois, la fécondité moyenne calculée (806 L/F) demeure très importante par rapport aux résultats de recherche obtenus par l'INSTM en 2009 (600 L/F) et le CTA en 2015 (510 L/F) en parallèle

L'étude de différents paramètres pouvant avoir un effet direct sur la fécondité nous a permis d'établir les relations suivantes : taille / poids, taille / fécondité et poids/ fécondité.

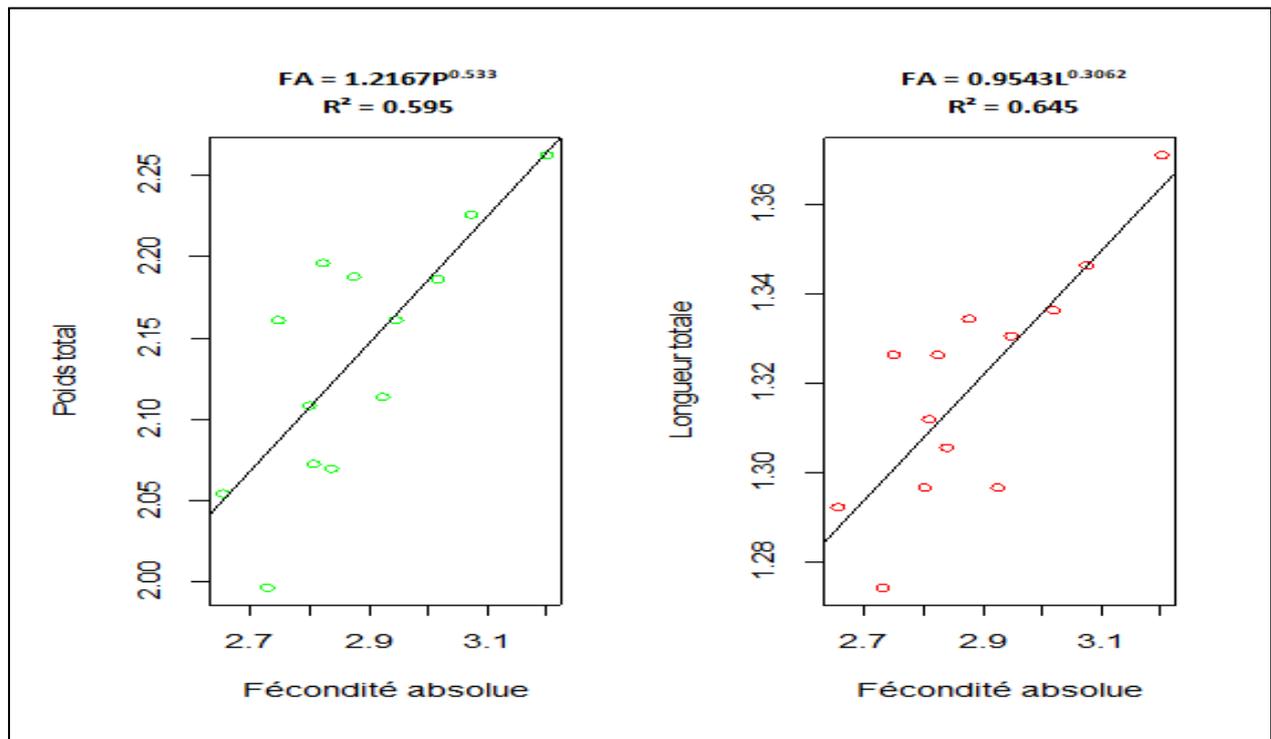


Figure 5: Evolution de la fécondité absolue chez d'*O. niloticus* en fonction du poids et de la taille

L'analyse corrélative entre les paramètres étudiés (figure 9) montre une forte corrélation entre la taille ou la masse totale et le nombre de larves produits par une femelle (dont $R^2=0,6$ et $0,645$). La relation qui relie la masse totale des géniteurs du tilapia Pt à la longueur totale Lt peut être exprimée selon la relation suivante : $Pt = 0,0324 Lt^{2,7504}$ (avec $R^2= 0,88$) (figure 10)

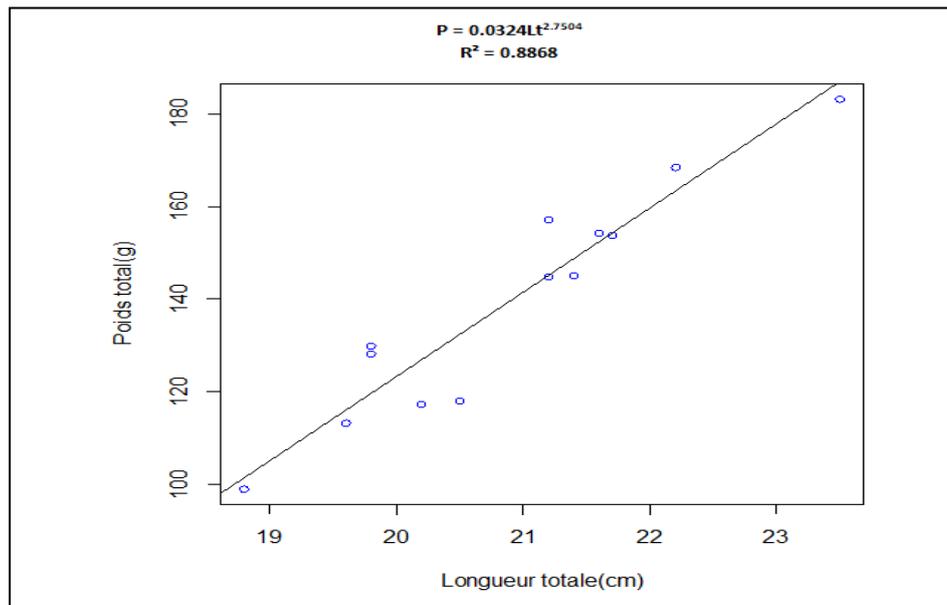


Figure 6: Droite de régression entre la masse totale et la longueur totale des femelles de Tilapia

En ce qui concerne le coefficient d'allométrie, pour la totalité des géniteurs utilisés durant le premier cycle d'élevage, il est inférieur à 3 ($b=2,75 < 3$) indiquant que l'allométrie est minorante entre le poids et la taille chez cette espèce. Ceci montre bien que *O.niloticus* gagne en longueur plus qu'en poids. Nos résultats concordent avec ceux trouvés par Coulibaly (2003) au niveau du lac Volta en Burkina Faso, mais ils diffèrent de ceux trouvés par Derouiche et al. (2009) au niveau du barrage Lebna en Tunisie (Allométrie isométrique), et par Du Feu (2003) au niveau du lac Kainji au Nigeria (Allométrie majorante).

La variabilité de la fécondité pour une même gamme de taille a été également observée par Mélard (1986). La fécondité absolue FA augmente significativement en fonction de la longueur des femelles. Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par d'autres auteurs qui ont étudié le Tilapia du Nil en Tunisie. Ces derniers ont trouvé que b de la relation $Pt = aL^b$ oscille aux alentours de 1,96 (Dhraief et al., 2010)

Malgré la gamme réduite de taille dans nos échantillons (entre 18,8 et 23,5 cm), la fécondité absolue évolue proportionnellement en fonction de la taille, ce qui a été démontré par d'autres auteurs (Babiker et Ibrahim, 1979 ; Dhraief, 2005 ; Mélard, 1986). Généralement, ceci est attribué en grande partie à une différence génétique, et une éventuelle interaction complexe entre la fécondité, les dimensions des œufs obtenues et la périodicité étalée des pontes.

En revanche, pour la même gamme de taille, la fécondité est beaucoup plus faible chez l'incubateur buccal d'*O. niloticus* par rapport aux tilapias pondueurs sur substrat. Ces dernières oscillent entre 2314 et 5178 œufs/femelle chez *Tilapia zillii* (Coward et Bromage, 1999).

D'autre part, les résultats obtenus sur la productivité absolue et la productivité relative concordent bien avec les résultats de recherche effectués par Dhraief et al. (2010). En plus, la productivité relative estimée, qui évolue significativement en fonction de la masse totale des femelles (2,43 à 10,08 larves/g de femelle), demeure importante par rapport à celle trouvée en

2015 par le CTA (entre 0,5 et 4,02) et par Dhraief *et al.* en 2010 (entre 1,4 et 6,8 larves/g de femelle).

2- Evaluation de la croissance pendant l'élevage larvaire

2.1. Evaluation des paramètres zootechniques

Durant cette période, les larves ont été nourries manuellement à raison de 2 à 3 repas par jour par un aliment broyé en poudre constitué de farine de poissons, de soja, de maïs, d'huile végétale et d'un complexe minéraux-vitaminé. L'aliment est distribué légèrement en excès avec un taux de nourrissage de 20% de la biomasse totale des larves. La ration alimentaire journalière initiale est de 7 g d'aliment/jour.

Le suivi de l'évolution du poids moyen des larves, issus du premier cycle, pendant 60 jours a permis d'estimer des poids moyens préalables. Au total, 7138 larves d'*O. niloticus*, d'un poids moyen de 0,01g, ont été récupérées à partir de 13 géniteurs (le 05/4/2017). Après 36 jours, on a reparti l'ensemble des larves de 0,2-0,4g sur deux bacs d'un volume unitaire de 1m³ (Tableau 4). Le poids moyen des larves du premier lot est passé de 0,4 g (poids initial le jour de collecte) à 2,55 g à la fin de l'expérimentation, ce qui correspond à un taux de croissance journalier de 0,059 g/jour. Pour le deuxième lot, le suivi des larves a permis d'avoir un taux de croissance journalier de l'ordre de 0,023 g/jour. Ce taux est largement inférieur par rapport à celui du lot 1 dont le poids moyen a évolué de 0,01 g à 0,85g.

Tableau 4: Elevage larvaire du 10/05/2017 au 04/06/2017 à la station expérimentale de Bechima

	Bac 1	Bac 2
Nombre de larve initial	3554	3554
Poids moyen initial (écart type) en g	0,4	0,2
Nombre de larve final	2986	3033
Poids moyen final (écart type) en g	2,55 (0,461)	0.85 (0,354)
Taux de survie (%)	83	85
Taux de croissance journalier (g/jour)	0,089	0,027

Le suivi de l'évolution du poids moyen des larves de deux lots est bien reporté dans la figure 11.

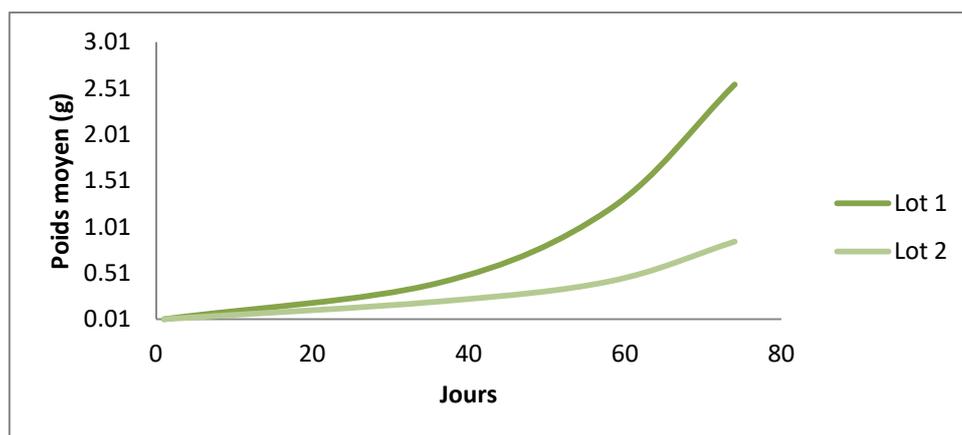


Figure 7: Evolution du poids moyen des larves du Tilapia du Nil en fonction du temps élevé à la station de Bechima

Pour tester l'effet des structures d'élevage larvaire sur la croissance des larves, nous avons tout d'abord tester la normalité moyennant un test Shapiro, ainsi, nous avons trouvé que $P_{val} \text{ lot1} = 0,5689 > 0,05$, et $P_{val} \text{ lot2} = 0,7731 > 0,05$ ce qui montre par la suite la normalité des données.

Maintenant, pour bien savoir l'effet préalable des bassins d'élevage larvaire sur la croissance, nous avons trouvé à partir du test Student t, (après une analyse de la variance moyennant un test de Fisher F) que $P_{val} = 0,2124 > 0,05$ ce qui montre qu'il n'y a pas une différence significative de poids entre les deux lots des larves de tilapia, et donc l'absence d'un effet bassin.

NB : Les résultats de ces tests statistiques sont mentionnés dans l'annexe 8

En ce qui concerne l'étude de la mortalité, nous avons noté qu'à la fin du cycle d'élevage larvaire, le taux de survie est de l'ordre de 85%. Ce taux est comparable avec celui obtenu par l'INSTM (dans les eaux géothermales) en 2009 et par le CTA (dans les eaux douces) en 2015. Le tableau 5 récapitule les différents paramètres, estimés durant la phase d'élevage larvaire, obtenues lors des études antérieures.

Tableau 5: Tableau comparatif de l'évaluation des paramètres zootechniques durant l'élevage larvaire chez *O. niloticus*.

Paramètres d'élevage	Bechima (Présent travail)	Station de Boumhel (CTA, 2015)	INSTM (2009)
Taux de survie (%)	85	49,64	68-84
Durée de l'élevage (jrs)	60	40	30
Poids initial moyen (g)	0,01	0,012	0,012
Poids final moyen(g)	1,7	1,425	2,5
Indice de conversion	2,38	1,32	1,97
Température moyenne	28	27	30

Vers la fin de l'élevage larvaire, la masse moyenne enregistrée des larves varie entre 0,85 et 2,55g respectivement entre la queue et la tête des lots. Nos résultats sont légèrement en dessus du poids individuel estimé par l'INSTM (2009) et le CTA (2015).

L'indice de conversion obtenu dans cette étude est de l'ordre de 2,25 et de 2,51 respectivement pour les lots 1 et 2. Ces valeurs sont supérieures à celles obtenues par Philippart et *al.* en 1982 (IC= 1,1), le CTA en 2015 (IC=1,32) et par l'INSTM en 2009 (IC= 1,97).

La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par d'autres auteurs, montre des mauvaises performances de croissance au niveau du stade larvaire surtout avec l'hétérogénéité marquée des larves au niveau du poids (0,02-5g) et taille (0,8-7cm). Cette faible croissance est au préalable due à :

- La qualité et l'état physiologique des géniteurs ;
- La qualité des œufs et des larves ;
- Les altérations provoquées lors du comptage manuel des larves et au cours des opérations de nettoyage des bacs d'élevage larvaire (siphonage) ;
- La perturbation de la qualité de l'eau surtout durant la nuit et à l'aube quand l'oxygène fait défaut ;
- La qualité des aliments secs élaborés dans la station ;
- La faible fréquence de distribution des aliments durant la journée (2-3 fois/jr), qui semble être inférieure à celle recommandée (jusqu'à 8 fois/jr) ;
- La signalisation du phénomène de cannibalisme (ceci nous a incité à faire des tris réguliers, en se basant sur la taille, en séparant les larves sur deux lots) ;
- La densité élevée des larves mis dans les bacs d'élevage larvaire.

2.2. Evaluation des paramètres physicochimiques de l'eau

Les paramètres physicochimiques enregistrés au niveau des deux bacs d'élevage larvaire sont relativement similaires, la figure 12 montre la variation de ces paramètres pendant 24heures.

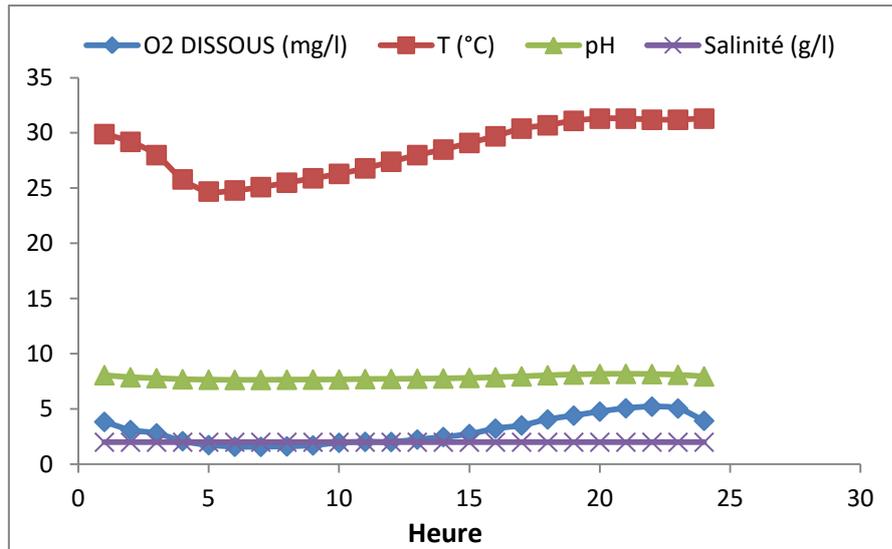


Figure 8: Evolution moyenne des paramètres physicochimiques de l'eau durant 24h

Au cours de l'élevage larvaire, la température enregistrée varie entre 27,5 et 30,38 (avec une moyenne de 28,84) respectivement durant les mois de Mai et de Juin 2017. Pour l'oxygène dissous, nous avons signalé une diminution remarquable du son taux durant les premières heures du jour, ce qui nous a poussé à installer des aérateurs de 1,5 cv à partir de quelle date pour améliorer les performances de ce paramètre.

Pour mettre en valeur l'effet préalable des facteurs abiotiques (température, salinité, oxygène dissous et pH) et techniques (notamment de l'aliment) sur la croissance des larves pendant l'élevage larvaire, l'analyse statistique réalisé à base d'une ACP (figure 13), montre que le pH, la température, et la quantité d'aliment distribué contrôlent en grande partie la croissance des larves. Par contre, la salinité et l'oxygène dissous semblent avoir un effet non significatif sur la croissance larvaire.

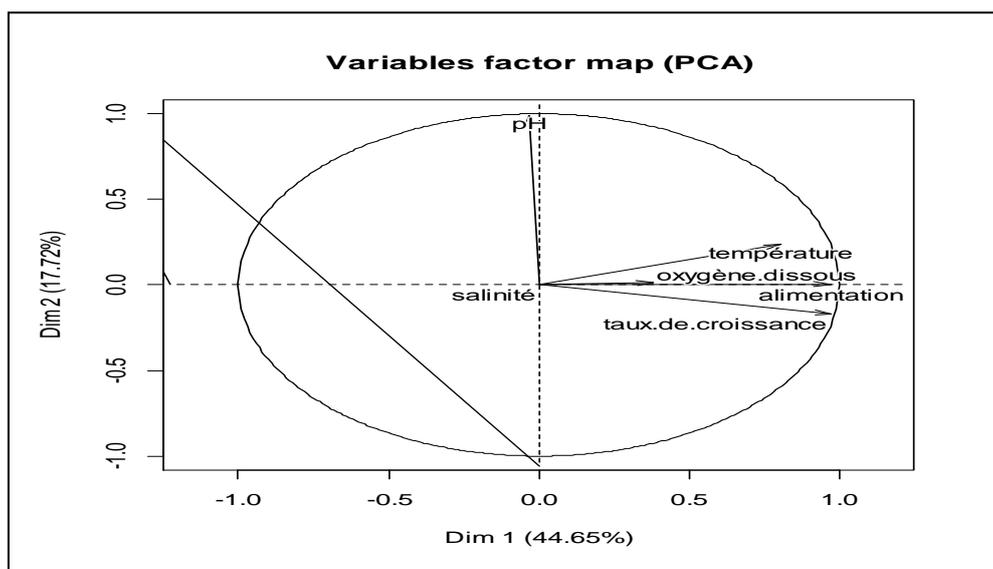


Figure 9: Représentation graphique de variables étudiées sur le plan des composantes principales

Pour cette graphique, les variables les plus représentées sont celles qui sont proches du bord du cercle, alors que celles proches de l'origine sont mal représentées et ne servent pas à l'interprétation des résultats.

En ce qui concerne la contribution des variables sur la formation des axes, on trouve que l'axe 2 oppose d'une part la température et le pH, d'autre part l'alimentation et l'oxygène dissous.

3- Suivi de la croissance de tilapias pendant la phase du pré-grossissement

3.1. Evaluation des paramètres zootechniques

Comme il a été précédemment indiqué, la totalité des alevins obtenus après 60 jours d'élevage larvaire dans les eaux géothermales seront transférés vers les deux zones d'étude, dans lesquelles on va entamer les phases du pré-grossissement et du grossissement. Les paramètres zootechniques obtenus chez les alevins pré-grossis dans les cages maintenues au niveau du grand bassin de grossissement dans la station de Bechima (eau géothermale), et les enclos placés dans la retenue du barrage Smati (eau douce) sont rapportés dans le tableau 6.

Tableau 6: Tableau comparatif des performances zootechniques enregistrés chez les tilapias pré-grossis entres les eaux douces et les eaux géothermales

Paramètres zootechniques d'élevage	Pré-grossissement en eau géothermale	Pré-grossissement en eau douce
Durée d'élevage (jours)	50	50
Effectif initial	3000	3000
Effectif final	1803	1761
Taux de survie (%)	60,1	58,7
Poids moyen initial (g)	1,52	1,3
Poids moyen final (g)	10,51	12,7
Biomasse initiale (g)	4545	3900
Biomasse finale (g)	18949,53	22364,7
Quantité d'aliment distribué (g)	25196	24403
Taux de croissance journalier (g/jour)	0,179	0,224
Taux de croissance spécifique (%/jour)	5,98	7,13
Taux de conversion (TC)	1,36	1,05

Les performances de croissance exprimée par le taux de croissance journalière, le taux de survie, et le taux de conversion sont en faveur des poissons élevés dans les eaux douces de la retenue du barrage, au seuil de 5%. En effet, les taux de croissance enregistrés après 50

jours de pré-grossissement sont de l'ordre de 10,51 et 12,7 respectivement pour les poissons élevés en eau géothermale et en eau douce. De même, en ce qui concerne les taux de conversion, ils sont de l'ordre de 1,36 pour les alevins élevés en eau géothermale et de 1,05 pour ceux élevés en eau douce.

Pour la relation liant la masse totale à la taille chez les alevins, nous avons enregistré une variation de la croissance chez les individus d'*O. niloticus*. Le tableau 7 récapitule les différents résultats obtenus ainsi que le type de l'allométrie.

Au niveau des enclos placés en eau douce nous avons trouvé que la relation reliant le poids total des alevins d'*O. niloticus* à la longueur totale peut s'écrire selon la relation suivante : $Pt = 0,0096 Lt^{3,1041}$ ($n = 41, R^2 = 0,6962$), par contre elle s'exprime ainsi $Pt = 0.0075 Lt^{3,256}$ au niveau des cages placées en eau géothermale ($n = 41, R^2 = 0.6403$). Par ailleurs, le coefficient d'allométrie b est supérieur à 3 pour les alevins élevés dans les deux milieux. Ainsi, cette espèce présente une allométrie majorante entre la masse totale et la taille. Ceci affirme que ce poisson gagne en poids plus qu'en longueur. Ce résultat est similaire aux résultats trouvés au niveau du lac Kainji au Nigeria (Du Feu, 2003) mais il diffère des résultats trouvés par Coulibaly (2003) au niveau du lac Volta à Burkina Faso (Allométrie minorante) et Derouiche *et al.* (2009) dans le barrage de Lebna (Allométrie isométrique).

Tableau 7: Tests de comparaison au seuil de 5% des pentes et des positions d'allométrie de la masse moyenne en fonction de la longueur totale par mois de Tilapia du Nil entre les eaux douces et les eaux géothermales. (ED : Eau douce ; EG : Eau géothermale)

Mois	Zone	Tests de comparaison des pentes			Tests de comparaison des positions			Allométrie
		Tpe	(+/-)	interprétation	Tpo	(+/-)	Interprétation	
Mai	ED	0.87	-	équivalents	0.235	-	Confondus	Minorante
	EG	0.95	-	équivalents	0.89	-	Confondus	Minorante
Juin	ED	1.42	-	équivalents	1.014	-	Confondus	Minorante
	EG	1.07	-	équivalents	0.973	-	Confondus	Minorante
Juillet	ED	1.66	-	équivalents	1.20	-	Confondus	Majorante
	EG	1.43	-	équivalents	1.031	-	Confondus	Majorante

L'analyse mensuelle des performances de la croissance montre une légère différence de croissance entre les deux zones sur les 3 mois. En général, la valeur du test t est inférieure à 1,96 au seuil du 5%. En revanche, le mois de Juillet se distingue par rapport aux autres mois par une allométrie majorante signalée dans la retenue du barrage et également dans la station du Bechima où la masse corporelle individuelle croît plus vite que la taille.

La comparaison des résultats de performances zootechniques entre les eaux géothermales et les eaux douces, nous a permis de constater que la croissance des alevins pré-grossis en enclos au niveau de la retenue du barrage de Smati est supérieure à celle des alevins élevés dans les cages de la station piscicole de Bechima.

Ceci peut être dû à la qualité de l'eau au niveau du bassin de grossissement où le taux de renouvellement est faible. Ceci est causé par le faible débit d'eau utilisée et ce afin de maintenir la température autour de 28-30 °C. Par contre, la retenue du barrage de Smati semble avoir une eau qui présente des paramètres physicochimiques favorables à l'élevage.

En comparant nos résultats avec d'autres études, on remarque qu'au niveau de la ferme piscicole de Blonbey, les alevins de 1,660 g sont stockés dans des bassins à une densité de 500 ind/m³ et atteignent un poids moyen de l'ordre de 5,980 g. Le taux de croissance journalier est de 0,210 g/jour alors que le taux de croissance spécifique est de l'ordre de 5,98 %/jour. Nos résultats relatifs à la croissance au sein des cages concordent aussi avec ceux trouvés par Azaza *et al.* (2010). Ces auteurs indiquent qu'ils ont pu atteindre un gain en poids Journalier de 0,4666 g/jour durant 15 jours de pré-grossissement à partir des alevins de 2g jusqu'à un poids moyen aux alentours de 9g. L'élevage adopté par ces auteurs a été conduit en se basant sur un aliment qui présente la même composition que celui utilisée lors de notre expérimentation.

En revanche, la FAO (2012) affirme que pendant 30 jours et en conditions intensives (avec 0,5g/j comme gain journalier), on peut obtenir un bon taux de croissance journalier. Par contre, à la Côte d'Ivoire, des essais de pré-grossissement menés ont montré que les taux de croissance sont beaucoup plus performants dans des cages de 1m³ avec une densité de 1500 alevins/m³. Ces essais ont donné pendant un mois des alevins d'une masse corporelle finale égal à 25 g avec un taux de croissance journalier estimé à 0,22g/jr.

Les résultats issus de l'élevage en enclos dans la retenue du barrage de Smati sont similaires à ceux obtenus par Azaza *et al.* qui ont obtenu un taux de croissance journalière de 0,43 g/jour pendant 45 jours. Par contre, nos résultats diffèrent de ceux obtenus par Lazard et Legendre (2006) qui ont obtenu un poids moyen individuel de 5 g au bout de deux mois d'élevage en étang, en se basant sur un aliment sec composé de 20 % de farine de poisson, à partir d'alevins de poids moyen de 0,9 g ; ce qui correspond à un gain en poids journalier égale à 68,33 mg/jour.

3.2. Effet des structures d'élevage sur les performances de croissance

Au cours de cette partie, on va s'intéresser à l'effet probable des structures d'élevage (2 cages / 2 enclos) sur la croissance des alevins d'*O.niloticus* pendant la phase du pré-grossissement. Les résultats des tests effectués au seuil de 5%, sont reportés dans le tableau 8.

N.B: Les résultats du script sont plus précisés dans les annexes 9 et 10.

Tableau 8: Etude statistique de l'effet des bacs sur le pré-grossissement des alevins

Structure d'élevage	Type d'eau	P _{value} Test Shapiro	P _{value} Test F	P _{value} Test t	Interprétation
Enclos 1	Douce	0,985	0,9606	0,9306	Pas d'effet
Enclos 2	Douce	0,9902			
Cage 1	Géothermale	0,8561	0,9415	0,8516	Pas d'effet
Cage 2	Géothermale	0,5119			

A partir des résultats obtenus, on peut distinguer que le facteur technique (cages / enclos) ne montre pas un effet significatif sur les performances zootechniques des alevins au seuil de 5%, cependant d'autres facteurs abiotiques peuvent influencer probablement la croissance.

3.3. Evaluation des paramètres physicochimiques pendant la phase du pré-grossissement

L'élevage du Tilapia est extrêmement difficile car il dépend des facteurs environnementaux de l'eau utilisée en élevage. En effet, la bonne gestion d'une meilleure qualité d'eau est la clef pour produire des alevins et des poissons en bonnes conditions.

Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques enregistrées au niveau des deux sites d'élevage au cours de la phase du pré-grossissement sont reportées dans le tableau 9.

Tableau 9: Tableau comparatif de l'évolution des paramètres physicochimiques en fonction du poids moyen des tilapias élevé en eau douce et en eau géothermale

Période Paramètre	05/2017		06/2017		07/2017	
	Cages EG	Enclos ED	Cages EG	Enclos ED	Cages EG	Enclos ED
Température	27	25,85	27,5	24,55	35,2	28,5
Salinité (g/l)	2	0,15	2,1	0,25	2	0,2
Oxygène dissous	6,78	8,875	8,38	5,755	9,7	6,21
PH	8,29	7,635	8,4	7,24	8	7,32
NO ₂ ⁻	0,02	0,021	0,034	0,057	0,05	0,06
NO ₃ ⁻	0,4	0,73	0,89	1,23	1,4	1,7
NH ₄ ⁺	0,08	0,098	0,17	0,106	0,27	0,12
P	0,035	0,166	0,084	0,223	0,11	0,25
Poids moyen(g)	1,3	1,51	5,17	8,2	10,5	12,7

3.3.1 Evolution de la température

Au cours de la phase du pré-grossissement, le suivi des paramètres physico-chimiques entre les deux milieux de l'étude montrent que les valeurs maximales de température ont été enregistrées au cours du mois de Juillet. Toutefois, la température moyenne enregistrée au niveau des enclos placés dans le barrage Smati est estimée à 26,3°C par contre elles sont de 30°C au niveau des eaux géothermales de la station de Bechima. Eer et *al.*, (2004) ont montré qu'une température qui oscille entre 20 et 30 °C est généralement optimale pour la pisciculture.

3.3.2 Evolution du pH

Le suivi de ce paramètre est d'une importance majeure dans la gestion de l'élevage car des valeurs non adéquates de pH peuvent influencer l'état de physiologique des poissons, et donc leur croissance. De plus, elles peuvent conduire à la mort des poissons, particulièrement durant les stades de développement les plus précoces (Malcolm et *al.*, 2000).

Durant toute la période de notre travail, les valeurs de pH dans les bacs larvaires, les cages et les enclos présentaient de faibles variations en fonction du temps, mais tout en étant dans la gamme optimale de tolérance de l'espèce qui se situe entre 6,5 et 8,5 (Malcolm et *al.*, 2000) Les valeurs moyennes de pH enregistrées au sein des cages et des enclos sont proches et montrent un caractère basique des eaux d'élevage. Ces valeurs sont respectivement de l'ordre de 8,23 (eaux géothermales) et 7,39 (eau de barrage)

3.3.3 Evolution de l'oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous mesurées entre les deux milieux se situent dans l'intervalle des valeurs recommandées pour la pisciculture (Rappaport et *al.*, 1976), ainsi le taux moyen d'oxygène enregistré sont de 6,94 et 8,28mg/l respectivement pour les eaux douces de barrage et les eaux géothermales.

3.3.4 Evolution de la salinité

Le suivi de la salinité montre que ce paramètre est quasiment constant durant les 3 mois au niveau de ces deux sites d'étude. Les valeurs enregistrées sont de l'ordre de 2,03 g/l et de 0,2 g/l respectivement dans les eaux géothermales et les eaux douces.

3.3.5 Evolution des éléments azotés

L'azote est un composé essentiel dans les structures vivantes, selon le degré d'oxydation, il existe sous trois formes dans l'eau : nitrites (NO_2^-) ammonium (NH_4^+) et nitrates (NO_3^-). Ce dernier et en raison de leur nature toxique, il doit être bien contrôlé tout au long la période d'élevage. Ainsi, afin de suivre la qualité de l'eau d'élevage, des échantillons d'eau de la station de Bechima et de la retenue du barrage de Smati ont été prélevés régulièrement durant

chaque cycle de production, et analysés moyennant un spectrophotomètre au sein du laboratoire de la station de Boumhel.

Au cours de la phase du pré-grossissement, les résultats des analyses montrent que les valeurs obtenues au niveau des deux zones d'étude se situent dans les intervalles recommandés pour l'élevage d'*Oreochromis niloticus*. En effet, la concentration des déchets azotés excrétés par les branchies et l'urine dépend de divers facteurs à savoir la température, la taille des poissons, la concentration de l'ammoniaque dans le milieu et la qualité de l'aliment qui doit être maintenue inférieure au seuil critique de survie d'*O. niloticus*. Les concentrations ne doivent pas dépasser en aucun cas 15mg/l en nitrates, 2mg/l en nitrites, 0,95mg/l en ions ammonium et 0,3mg/l en Orthophosphate (Malcolm et al., 2000).

3.3.6 Interprétation de résultats de l'analyse physicochimique

L'analyse de l'évolution des paramètres physico-chimiques dans les deux milieux d'élevage montre que les valeurs mesurées se situent bien dans les intervalles recommandés pour l'élevage de Tilapia du Nil. En effet, *Oreochromis niloticus*, espèce thermophile, se rencontre en milieu naturel entre 13,5-33 °C (Balarin & Hatton, 1979). Cette espèce ne se nourrit pas en dessous de 15 °C (Malcolm et al., 2000). Sa tolérance aux variations de pH est très grande puisque l'espèce se rencontre dans des eaux présentant des valeurs de pH de 5 à 11. L'idéal étant situé entre 6,5 et 8,5 (Malcolm et al., 2000).

En outre, *O. niloticus*, tolère à la fois des déficits et des saturations importantes en oxygène. Ainsi, jusqu'à 3 mg/l d'oxygène dissous, *Oreochromis niloticus* ne présente pas de difficulté métabolique particulière. Cependant, en dessous de cette valeur, un stress respiratoire se manifeste, bien que la mortalité ne survienne qu'après 6 heures d'exposition à des teneurs de 3mg/l. Il n'empêche que cette espèce peut supporter, sur de courtes périodes, de faibles concentrations en oxygène dissous, l'optimum requis est de 5 mg/l (Malcolm et al., 2000).

3.4 Effet des paramètres physicochimiques sur la croissance des tilapias

Pour tester l'effet préalable des facteurs abiotiques sur les performances zootechniques des poissons durant la phase du pré-grossissement, nous avons établi, moyennant nos variables explicatives quantitatives, des tests statistiques en se basant sur l'analyse en composantes principales (ACP) de la figure 14, à travers laquelle on peut modéliser des relations paramétriques complexes entre une variable réponse et des variables explicatives, pour retenir seulement les variables significatives.

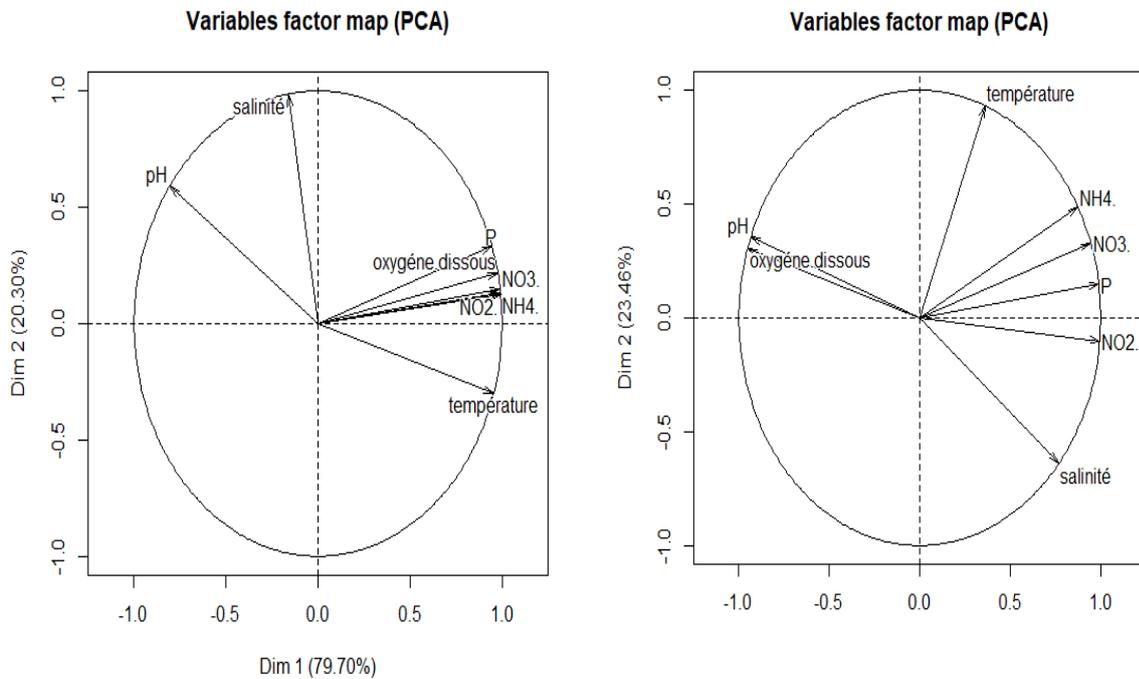


Figure 10: Graphiques de l'Analyse en Composantes Principales de l'effet des paramètres physicochimiques sur la croissance des alevins d'O.niloticus entre les EG (à droite) et les ED (à gauche)

Au cours de cette partie nous avons suivi l'effet des paramètres physicochimiques sur l'évolution de la masse totale des individus du tilapia durant la phase du pré-grossissement entre les eaux douces et les eaux géothermales. Pour les deux zones d'étude, nous avons trouvé que la température, l'oxygène dissous et le pH conditionnent en grande partie la croissance des individus pré-grossis que ce soit dans les ED ou les EG.

4- Suivi des paramètres de la croissance de tilapias pendant la phase du grossissement

4.1.Suivi des paramètres physicochimiques

Durant la phase du grossissement, les valeurs moyennes enregistrées des paramètres physico-chimiques sont reportées dans le tableau 10.

Tableau 10: Variation des paramètres physicochimiques entre la station du Bechima et la retenue du barrage de 15/07/2017 à 16/08/2017

Paramètre / Zone d'étude	Température (°C)	Oxygène dissous (mg/l)	Salinité (PSU)	PH	NO ₂ ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	P (mg/l)
EG Bechima	33,2	7,9	2	8,25	0,07	2,13	1,19	0,32
ED barrage Smati	27,6	7,64	0,2	7,8	0,38	0,34	3,4	2,43

L'étude comparative des paramètres physico-chimiques durant le cycle de grossissement nous a permis de signaler une différence nette au niveau de la température entre les deux zones d'études. Pour les autres paramètres notamment l'oxygène dissous et le pH, ils demeurent très proches et ne présentent pas des variations significatives.

Au niveau de cette phase, nous avons enregistré une augmentation remarquable des taux de nitrites, nitrates et orthophosphates (surtout au niveau de la retenue du barrage). Une forte concentration d'ammoniaque a pu modifier le goût et l'odeur de l'eau (ce qui est bien distingué durant la dernière prise d'échantillon d'eau du barrage).

Ceci est peut-être expliqué par l'augmentation de la température pendant la saison estivale, et la prolifération phytoplanktonique au niveau de retenue du barrage causée par le déversement des déchets et produits azotés issus de l'agriculture.

Toutefois, la majorité des eaux de retenues de barrages tunisiens sont classées eutrophes à hypertrophes. Et pourtant, ces valeurs restent au-dessous de celles enregistrées dans le barrage de Bir M'chergua dont la concentration de nitrate est estimée à 16,9 mg/l (Laouar et Barhoumi, 2017).

4.2.Variation des paramètres de croissance des poissons du Tilapia durant la phase du grossissement

La phase de grossissement a commencé mi-juillet, ainsi la période du suivi était assez restreinte (seulement 30 jours), et les jeunes individus ont été nourris à raison de 3fois/jour. Par conséquent on va se baser sur le taux de croissance journalier pour mettre en valeur nos résultats. Le tableau 11 résume les différents paramètres zootechniques enregistrés après un mois d'élevage.

Tableau 11: Paramètres zootechniques des tilapias grossis au niveau de la station de Bechima (en eau géothermale) et de la retenue du barrage Smati (en eau douce)

Paramètres zootechniques d'élevage	Grossissement en eau géothermale	Grossissement en eau douce
Durée d'élevage (jours)	30	30
Effectif initial	1801	1761
Effectif final	1780	1749
Taux de survie (%)	98,83	99,31
Poids moyen initial (g)	10,4	12,7
Poids moyen final (g)	30	29-59
Biomasse initiale (g)	38730,4	22634,7
Biomasse finale (g)	53400	69960
Quantité d'aliment distribué (g)	16389,1	24654
Taux de croissance journalier (g/jour)	0,65	1,04
Taux de conversion	1,117	0,52

La comparaison des performances de croissance entre les eaux douces et les eaux géothermales montrent des potentialités élevées en faveur des poissons placés dans la retenue de barrage, ainsi, nous avons distingué que les individus élevés en eau douce présentent un taux de conversion faible $0,52 < 1$, ce qui est expliqué au préalable par la richesse phytoplanctonique naturellement existant au niveau de la retenue du barrage en plus de l'aliment distribué. En revanche, après 30 jours, les masses totales obtenues varient entre 30 et 59g respectivement en eaux géothermales et en eaux douces. De plus, le taux de croissance le plus élevé est enregistré au niveau des enclos placés dans le barrage Smati (ICJ = 0,4-1,54g/j) contre 0,65g/j au niveau des cages de la station Bechima. D'autre part, nous avons enregistré des taux de survie très importants comparables à ceux obtenues par d'autres auteurs. Ceci montre que les eaux douces tunisiennes et les eaux géothermales permettent la croissance et la survie de cette espèce.

En ce qui concerne l'effet des structures d'élevage sur les performances zootechniques des jeunes Tilapia, l'analyse statistique moyennant les tests de Shapiro, Fisher, et Student au seuil de 5% (Tableau 12), montre l'inexistence d'un effet cage ou enclos sur la croissance d'*O. niloticus*. (N.B: les résultats de script sont mentionnés dans les annexes 11 et 12).

Tableau 12: Etude statistique de l'effet des bacs sur le grossissement des individus du Tilapia

Structure d'élevage	P _{value} Test Shapiro	P _{value} Test F	P _{value} Test t	Interprétation
Enclos 1	0,7551	0,7557	0,7166	Pas d'effet
Enclos 2	0,5192			
Cage 1	0,965	0,1372	0,2073	Pas d'effet
Cage 2	0,976			

Pour mettre en valeur les résultats trouvés lors de cette étude, on les a comparés avec les résultats d'autres auteurs (Tableau 13).

Tableau 13: Tableau comparatif des performances de croissance du Tilapia du Nil entre divers milieux d'étude

Zone d'étude	Densité de stockage (ind/m ³)	Durée d'élevage (jrs)	Poids initial (g)	Poids finale (g)	Taux de croissance journalier
Retenue de barrage de Sidi Saâd (Tunisie) (Azaza <i>et al.</i> , 2006)	75	75	20,42	169,62	1,98
Retenue de barrage Lahma (Laouar et Barhoumi, 2017)	177	131	16,28	238	1,69
Retenue du barrage Ghezala (CTA, 2012)	61	118	27,42	204,49	1,5
Lac de Tall (Philippines) (Asian Development Bank, 2005)	71-76	150-180	14-17	250-300	1,57
Chine (Qiuming & Yang, 2004)	100-150	120-150	>50	600-800	4,625-5,06

Les résultats de la croissance (taux de croissance journalier) montrent que les valeurs trouvées durant cette étude sont légèrement en dessous des valeurs trouvées par d'autres chercheurs. En revanche, les poissons grossis en eaux douces présentent des taux de croissance journaliers proches de ceux estimés par d'autres auteurs qui ont travaillé dans les retenues des barrages tunisiens. En Chine, il a été signalé que les taux de croissance sont élevés grâce à l'usage des alevins de grande taille au début de la phase du grossissement et la bonne qualité des aliments additionnés.

II. Etude de rentabilité économique

Cette étude économique a été réalisée dont le scénario adopté est la production de 10 cycles d'alevins de 2g (1.000.000 d'alevins) dont 6 cycles seront pré-grossis jusqu'au 15g (600.000 alevins) afin d'estimer le coût de revient de deux types d'alevins en fonction des charges fixes et variables, et tout en tenant compte des différents paramètres zootechniques chez les tilapias (le taux de survie, la densité, l'indice de conversion..) émanant des essais d'élevage larvaire et du pré-grossissement effectués entre la station piscicole de Bechima et la retenue du barrage Smati.

1. Estimation du coût de production d'un alevin de 2g

Généralement, pour obtenir des alevins d'une masse corporelle de 2g, il fallait élever les larves durant 60-75 jours afin d'avoir des bons résultats de croissance. Le tableau 14

récapitule les différentes charges possibles nécessaires pour la production des alevins de 2g.

Tableau 14: Estimation des charges fixes CF et variables CV pour la production des alevins de 2g

	Coût en DT	Coût en €
Charges Fixes (CF)		
Electricité	500	200
Eau	400	160
Salaire personnel	48911,000	19564,4
Amortissement	5000	2000
Total	54818,10	21927,24
Charges Variables (CV)		
Alimentation	8416,91	3366,76
Autres charges (10%)	841,69	336,676
Total	9258,6	3703,44
CT=CF+CV	64076,700	25630,680
Coût d'un alevin de 2g	0,052	0,021

La structure des charges totales met en évidence la prédominance des charges fixes (CF) 85,55% (notamment le salaire de la main d'œuvre) contre 14,45% pour les charges variables (CV) (dont les principales charges sont celles de l'aliment attribuée).

On peut affirmer que les charges du personnel sont responsables en grande partie de charges fixes puisqu'elles représentent 89,23% du total de ces charges. En effet, la composante main d'œuvre est basée en grande partie sur les activités courantes portant sur le contrôle de différents paramètres physicochimiques et zootechniques, la fabrication et la distribution de l'aliment, la réalisation des opérations de tri et de nettoyage des bassins, ainsi que l'entretien des structures d'élevage (bacs d'élevage larvaire, cages, enclos...) (Voir les annexes 10 et 11). La composante amortissement apparaît assez importante (~10% du total des CF) vu que la mise en œuvre d'une structure d'élevage dans un milieu naturel présente de gros risques et de forte usure.

Le coût de l'aliment fabriqué sur site est le plus important et il représente 90,9% du total des coûts variables. Le prix de revient (P) d'un alevin de 2g correspond au rapport entre les charges totales et le nombre d'alevins produits (1.215.000). Ainsi, notre compte d'exploitation montre que les charges fixes sont majoritaires (85,5%) au niveau du coût total et que le prix de revient est de 0,052DT (0,021€).

De toutes façon, nos prix estimés restent très compétitifs par rapport à ceux trouvés par Chahbani *et al.*, (2011), qui estime que le coût de production d'un alevin de 2g élevé dans la station de Bechima varie entre 0,034 et 0,046DT (0,0136-0,0184 €), et la FAO (2013) qui est de l'ordre de 0,25€ pour un alevin de 1g.

En revanche, les prix des alevins de tilapia du Nil sont considérés très compétitifs par rapport les autres poissons tels que le loup et la daurade (0,3DT = 0,12€).

2. Estimation du coût de production d'un alevin de 15g

A partir de 6 cycles, 729000 alevins de 2g (annexe 4) vont être pré grossis jusqu'à un poids moyen de 15g. Leur prix est calculé en suivant la même démarche mais avec des coûts des charges plus important. Les résultats du compte d'exploitations prévisionnels sont reportés dans le tableau 15.

Ce compte montre que les charges fixes sont majoritaires (68,4%) au niveau du coût total et que le prix de revient dans le présent cas est de 0,153-0,159 DT (0,0615-0,0637€) entre les ED et les EG.

Tableau 15: Estimation des charges fixes et variables pour la production des alevins de 15g pré-grossis en cages à Bechima, et en enclos dans la retenue de barrage Smati

Coût Charges	Coût d'alevin pré-grossis en cages		Coût d'alevin pré-grossis en enclos	
	DT	€	DT	€
Charges Variables				
Alimentation	20070,10	8028,04	20070,10	8028,04
Autres charges	2007,01	802,80	2007,01	802,80
Total	22077,11	8830,84	22077,11	8830,84
Charges Fixes				
Electricité	1000	400	-	-
Eau	800	320	-	-
Salaire personnel	41102,70	16441,08	41102,70	16441,08
Amortissement	5000	2000	5000	2000
Total	47902,70	19161,080	46102,70	18441,08
CT=CF+CV	69979,81	27991,920	68179,810	27271,920
Coût alevin 2-15g	0,106	0,0426	0,103	0,0412
Coût total	0,159	0,0637	0,153	0,0615

Généralement, les prix estimés des alevins de 15g entre les deux milieux sont assez proches, mais qui montrent un certain critère de favorabilité des eaux douces par rapport aux eaux géothermales.

Conclusion

Le présent travail constitue une contribution à l'étude de l'élevage du Tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" dans les eaux douces (moyennant des enclos placés dans la retenue du barrage Smati) et dans les eaux géothermales (moyennant des cages installées dans le grand bassin de la station expérimentale du Bechima) en Tunisie. Cette étude s'est déroulée entre les mois de Mars et d'Août 2017, lorsque les conditions abiotiques sont optimales pour l'élevage de cette espèce. L'élevage larvaire, a montré une grande hétérogénéité au niveau de la masse et de la taille vers la fin de cette phase, qui peut être expliquée par l'état de faiblesse physique et physiologique associé à la fragilité que manifestent les larves durant leurs premiers stades de développement, ainsi que leur sensibilité envers les manipulations liées à la procédure de l'expérimentation. Les larves utilisées lors de cette étude sont issues d'un cycle de reproduction effectué en mars 2017 au moyen de 13 géniteurs.

Pendant 60 jours d'élevage larvaire, le poids moyen final est passé de 0,01 à 0,85-2,55g, et le taux de survie enregistré (70%) se situe dans l'intervalle de valeurs trouvées par d'autres auteurs travaillant sur le Tilapia.

L'analyse de l'évolution des paramètres physico-chimiques du milieu d'élevage mesurés *in situ* (température, oxygène dissous, salinité et pH) ainsi que des nutriments (nitrates, nitrites, ammonium et orthophosphates) montre que les valeurs mesurées sont bien dans les intervalles recommandés pour l'élevage de Tilapia du Nil.

Les résultats préliminaires de la phase du pré-grossissement en cage placés au sein du bassin de grossissement à la station expérimentale du Bechima et en enclos placés dans la retenue du barrage de Smati sont assez encourageants.

En comparant les résultats obtenus au niveau des cages placées dans les eaux géothermales et des enclos placés dans la retenue du barrage, on constate que le pré-grossissement des alevins dans les eaux douces présente des performances de croissance nettement supérieures à celles des eaux géothermales. Le taux de conversion obtenu chez les alevins, dont les poids corporels des alevins varient de 3 à 19g, élevés en enclos (0,87) est inférieur à celui obtenu dans les cages (1,62 et 1,58) à cause de prolifération phytoplanctonique au niveau de la retenue, qui constitue en plus un milieu d'empoisonnement de deux autres espèces dulçaquicoles notamment le barbeau et le mulet.

En phase de grossissement, les résultats obtenus après seulement 30 jours montrent que les poissons élevés en eaux douces gardent les meilleures performances de croissance par rapport à ceux grossis en eaux géothermales. Les résultats préliminaires du grossissement dans la retenue du barrage Smati sont très encourageants par rapport à la station du Bechima. Cette observation justifie par la suite les grandes potentialités d'élevage et d'ensemencement de cette espèce dans les retenues d'eaux tunisiennes.

Les mortalités enregistrées dans les deux zones d'étude sont dues essentiellement au

phénomène du cannibalisme associé à l'hétérogénéité des tailles et masses des poissons élevés.

Les variables essentielles utilisées lors de l'étude économique sont les charges variables, dont le coût de l'aliment est le plus important, et les charges fixes dominés par les salaires du personnel. L'application du scénario de production de 10 cycles d'alevins de 2 g (1.000.000 d'alevins) dont 6 cycles seront prégrossis jusqu'au 15g (600.000 alevins) nous a permis d'avoir un coût d'alevin de 2g égal à 0,05274DT (0,021€), cependant celui de 15g s'échelonne entre 0,153 et 0,159DT (0,0615 et 0,0637 €) respectivement pour les alevins élevés en eaux douces et en eaux géothermales. Ces prix restent compétitifs par rapport à ceux estimés pour les autres poissons d'eau douce (le mullet, le sandre, et la carpe commune).

Le diagnostic approfondi du déroulement de cette activité ainsi que l'évaluation globale des résultats permettent de révéler la présence de certaines anomalies et certains problèmes qui doivent être résolus pour les prochaines campagnes de reproduction et d'élevage larvaire afin de mieux gérer ce processus et dans le but d'améliorer le niveau de production dans l'écloserie.

Les résultats obtenus ont permis de montrer que ce type d'activité piscicole présente des potentialités de production importantes. Cependant il présente également deux problèmes qui doivent être rapidement résolus, à savoir la production massive des alevins calibrés d'*O. niloticus* et l'élaboration d'un aliment de qualité en vue de satisfaire les besoins nutritionnels de poissons. Ainsi, d'importantes améliorations restent à faire dans le domaine de l'alimentation et de la nutrition en vue de préciser et de déterminer les normes de fabrication et distribution de l'aliment aux poissons pour assurer une bonne rentabilité productive et économique, et pour parvenir à une meilleure couverture des besoins alimentaires des tilapias en tenant compte du contexte économique et des composés disponibles localement.

Références bibliographiques

- * ADCP. (1983). Etude du potentiel aquacole et propositions pour une politique de développement de l'aquaculture en Tunisie. Rapport d'une mission multidisciplinaire TCP/ADCP en Tunisie. Mars-juin 1982. ADCP/MR/83/21. Rome, FAO
Disponible sur : <http://www.fao.org/docrep/006/q2659f/Q2659F00.htm#TOC>
- * Asian Development Bank. (2005). Tilapia cage farming in Lake Taal, Batangas, Philippines in An evaluation of small-scale freshwater rural aquaculture development for poverty reduction., 110-117. *in*: Approche technico-economique de l'élevage en cages de tilapia du nil dans les retenues de barrages tunisiennes, p. 9.
- * Azaza, M.S. (2004). *Tolérance à la température et à la salinité chez le tilapia du Nil (Oreochromis niloticus L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien*, Master de la Faculté des Sciences de Tunis., 110 p.
- * Azaza, M. S., Mensi, F., Abdelwaheb, A., & Kraiem, M. (2005). Elaboration d'aliments secs pour Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien (PDF Download Available). *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, 32, 23-30., [En ligne]
https://www.researchgate.net/publication/236151246_Elaboration_d%27aliments_secs_pour_Tilapia_du_Nil_Oreochromis_niloticus_L_1758_en_elevage_dans_les_eaux_g_eothermales_du_sud_tunisien (Consulté le 6 août 2017)
- * Azaza, Mohamed Salah, Mensi, F., & M.M, K. (2006). Grossissement du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, L., 1758): en bassins dans les eaux géothermales du sud tunisien et en cages flottantes dans la retenue du barrage de sidi saâd (centre de la Tunisie). Communication à la 8ème Conférence Internationale des Limnologues d'Expression Française (CILEF 2006). (Consulté 9 août 2017) [En ligne]
https://www.researchgate.net/publication/260262892_Grossissement_du_Tilapia_du_Nil_Oreochromis_niloticus_L_1758_en_bassins_dans_les_eaux_geothermales_du_sud_tunisien_et_en_cages_flottantes_dans_la_retenue_du_barrage_de_sidi_saad_centre_de_la_Tunisie_C
- * Azaza, M. S. (2009). *Optimisation de l'élevage intensif du Tilapia de Nil Oreochromis niloticus (L., 1785), dans les eaux géothermales de Sud Tunisien: Effet de l'alimentation et de la température sur les performances de croissance*. Thèse de l'Univ.Tunis.Fac.Sci. Tunis, 364p.
- * Azaza, M. S., Kammoun, W., Mensi, F., & Kraiem, M. (2009). Evaluation of faba beans

- (*Vicia faba* L. var. *minuta*) as a replacement for soybean meal in practical diets of juvenile Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Aquaculture*, 287 (1), 174-179
(PDF disponible sur:
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.10.007>)
- * Azaza, M., Legendre, M., Kraiem, M., & Baras, E. (2010). Size-dependent effects of daily thermal fluctuations on the growth and size heterogeneity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Journal of Fish Biology*, 76 (3), 669-683
DOI: [10.1111/j.1095-8649.2009.02524.x](https://doi.org/10.1111/j.1095-8649.2009.02524.x)
(PDF disponible sur <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1095-8649.2009.02524.x/epdf>)
- * Babiker, M. & Ibrahim, H. (1979). Studies on the biology of reproduction in the cichlid *Tilapia nilotica* (L.): gonadal and fecundity. *Journal of Fish Biology*, 14 (5), 437-448.
- * Balarin, J. D. & Hatton, J.P. (1979). Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa, University of Stirling (ed.), Stirling Scotland, 174 p.
- * Balarin, J.D. & Haller, R.D. 1982. The intensive culture of tilapia in tanks, raceways and cages. 265-355 In J.F. Muir & R.J. Roberts (eds.), . Recent Advances in Aquaculture. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- * Campbell, D. (1978). Formulation des aliments destinés à l'élevage de tilapia nilotica en cages dans le lac de Kossou Côte d'Ivoire., [En ligne] <http://www.fao.org/3/content/cc471af9-1520-5729-87d667cb32e63ae2/AC424F00.htm> (Consulté le 10 août 2017)
- * Chahbani, J., Dhraief, M. ., Azaza, M. S., & Kraiem, M. . (2011). Etude technico-économique de la réalisation d'une unité de production d'alevins de tilapia du nil, « *Oreochromis niloticus* », dans les eaux géothermales du sud Tunisien (PDF , à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/236151668_Etude_technico-economique_de_la_realisation_d'une_unite_de_production_d_alevins_de_tilapia_du_nil_Oreochromis_niloticus_dans_les_eaux_geothermales_du_sud_Tunisien Consulté 11 août 2017
- * Chervinski, J. (1982). Environmental physiology of tilapias. In: Pullin, R.S.V., Lowe – McConnel, R.H. (Eds), The Biology and culture of tilapia. (ICLARM Conference Proceedings, Manila, Philippines.7, 119-128.
- * Coulibaly, N. . (2003). Relation taille-poids de 11 espèces de poissons du Burkina Faso. In Palomares M.L.D., Samb B., Diouf T., Vikily J.M. & Pauly D. (Eds.). Fish biodiversity: local studies as basis for global interferences. ACPEU Fisheries

- Research Report, (14), 292 p..
- * Coward, K., & Bromage, N. . (1999). Spawning periodicity, fecundity and egg size in laboratory-held stocks of a substrate-spawning tilapiine, *Tilapia zillii* (Gervais). *Aquaculture*, 171 (3/4), 251-267.
DOI: 10.1016/S0044-8486(98)00498-0
 - * CTA. (2012). Centre Technique de l'Aquaculture: Grossissement du Tilapia du Nil dans les eaux géothermales: تسمين سمك البلطي في المياه الجوفية الحارة. Rapport du ministère de l'agriculture et de l'environnement de Tunisie. Tunis, 10p
 - * CTA. (2015). Centre Technique de l'Aquaculture: Echos de l'aquaculture: Optimisation de la production d'alevins de Tilapia du Nil « *Oreochromis niloticus* » dans la station de Boumhel, Tunisie, édition N 2, 24p.
 - * CTA. (2017). Centre Technique de l'Aquaculture: Fiche espèce: Le Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*. Fiche de l'Aquaculture continentale en Tunisie. Tunis, 2 p.
 - * Derouiche, E., Azaza, M. S. & Kraiem, M. (2009). Essai d'acclimatation du Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* dans la retenue de barrage de Lebna (Cap bon, Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, 39, 87-92
(Disponible à l'adresse:
www.instm.agrinet.tn/images/Bulltin/Bull.2009/9%20emna.doc)
 - * DGBGTH. (2008). Direction Générale de Barrages et Grands Travaux Hydrauliques. Catalogue des documents, Projet GE.O.R.E. Ministère de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques/ Coopération Technique Tuniso-Allemande/ GTZ
 - * DGEQV. (2008). Direction Générale de l'Environnement et de la Qualité de la Vie .Aquaculture en Tunisie : Impacts environnementaux et potentialités de développement. Phase I : Etat du secteur aquacole en Tunisie
 - * DGRE. (2000). Direction Générale des Ressources en Eaux: Situation d'exploitation des nappes phréatiques. Publications de la DGRE- Ministère de l'Agriculture (1980, 1985,1990,1995, 2000, 2005 et 2010), Tunis
 - * Dhraief, M. . (2005). *Reproduction du Tilapia du Nil Oreochromis niloticus (L., 1758) [Teleostei, Cichlidae], en captivité dans les eaux géothermales du sud Tunisien : Effet de quelques facteurs démographiques et environnementaux*, Mastère en Aquaculture et Biotechnologie Marine, Institut Supérieur de Biotechnologie de Monastir SBM, Univ de Monastir (Tunisie), 103 p.
 - * Dhraief, M., Azaza, M. S. & Kraiem, M.. (2010). Etude de la reproduction du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L.) en captivité dans les eaux géothermales du sud tunisien,

Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, 37, 89-96.

(PDF disponible sur <http://www.instm.agrinet.tn/images/Bulltin/Bull.2010/11.pdf>)

- * Du Feu, N. (2003). Population parameters for six commercial species in Lake Kainji, Nigeria, using length frequency data sampled from artisanal fish catches. *In*: Palomares M.L.D., Samb B., Diouf T., Vikily J.M. & Pauly D. (Eds.). Fish biodiversity: local studies as basis for global interferences., ACP-EU Fisheries Research Report 14, 292 p..
- * Eer, A. ., Schie, T. ., & Hilbrands, A. (2004). La pisciculture en eau douce à petite échelle., Fondation Agromisa et CTA, Wageningen, Série Agrodok No. 15, 85 p..
- * El Sayed, A. F. ., & Mamdouh, K. (2004). Effects of photoperiod on the performance of farmed Nile tilapia *Oreochromis niloticus*: I. Growth, feed utilization efficiency and survival of fry and fingerlings, *Aquaculture*. 231, 393-402.
DOI: 10.1016/j.aquaculture.2003.11.012
- * FAO. (1995). Handbook on small-scale freshwater fish farming, *FAO Training Series No. 24, Compiled by V. Gopalakrishnan and A.G. Coche. Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO*, Rome, Italie. 205p.
- * FAO, 2005-2017. Cultured Aquatic Species Information Programme *Oreochromis niloticus*. Cultured Aquatic Species Fact Sheets. Texte par Rakocy, J. E. Dans: *Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO* [en ligne]. Rome. Mis à jour 18 February 2005. [consulté le 8 Août 2017] à l'adresse http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr
- * FAO. (2012). Food and Agriculture Organization of the United Nation – the stats of world Fishers and aquaculture. *Département des pêches et de l'aquaculture de la FAO*: ISSN 1020-5489.
- * FAO. (2013). Le Tilapia - *Oreochromis niloticus*. Consulté à l'adresse <http://www.sypagua.com/elevage-aquaculture/tilapia-oreochromis-niloticus/print.html>
- * FAO (2017a). FAO Fisheries & Aquaculture - Cultured aquatic species fact sheets - *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). Consulté le 12 août 2017, à l'adresse http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr
- * FAO. (2017b). FAO: Tilapia du Nil - Accueil. Consulté 28 juillet 2017, à l'adresse <http://www.fao.org/fishery/affris/profil-des-especes/nile-tilapia/tilapia-du-nil-accueil/fr/>

- * Huet, M. (1970). Traité de pisciculture, 4^{ième} édition, Ch. de Wyngaert (Ed.) , Bruxelles, 718 p.
- * INSTM. (2009). Résultats des recherches valorisables en aquaculture- : Optimisation de la production d'alevins de Tilapia du Nil « *Oreochromis niloticus* » dans la station de Boumhel, Echos de l'aquaculture, (4), 24 p.
- * Kestemont, P., Micha, J. ., & Falter, U. (1989). Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia Nilotica*, programme de mise en valeur et la coordination de l'aquaculture. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture *ADCP/REP/89/46*, FAO, Rome. p132.(disponible sur: <http://www.fao.org/docrep/t8655f/t8655f00.htm>)
- * Kraiem, M. ., & Azaza, M. S. (2007). Etude de la tolérance a la température et a la salinité chez le tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L.) élevé dans les eaux géothermales du sud tunisien (PDF Download Available). Consulté 11 août 2017, à l'adresse https://www.researchgate.net/publication/277127394_Etude_de_la_tolerance_a_la_temperature_et_a_la_salinite_chez_le_tilapia_du_Nil_Oreochromis_niloticus_L_eleve_dans_les_eaux_geothermales_du_sud_tunisien
- * Laouar, H., & Barhoumi, L. (2017). Approche technico-économique de l'élevage en cages de tilapia du nil dans les retenues de barrages tunisiennes, Centre Technique d'Aquaculture (Ed), Tunis, p. 9.
- * Lazard, J., & Legendre, M. (2006). La reproduction spontanée du tilapia : une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine ?, 82-98 in: /n R.S.V, Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. AmonKothias et D. Pauly (éds.) Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM. Conf. Proe. 41, 630 p.
- * Le Cren, E. . (1951). The length-weight relation-ship and seasonal cycle in gonad weight and condition of the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20, 210-219.
- * Little, D. ., Bhujel, R. ., & Pham, T. . (2003). Advanced nursing of mixed-sex and mono-sex tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry, and its impact on subsequent growth in fertilized ponds, *Aquaculture*, 221, 265-276.
- * Malcolm, C., Beverdije, H., & McAndrew, B. (2000). Tilapias: biologie and exploitation. Institute of aquaculture. *University of stirling, Scotland. Kluwer Academic Publishers*, 185 p..
- * Mary, A. (2006). Infestation of Ectoparasites on Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) in aquaculture production in the Ashanti region, Ghana.. Master of Science in International Fisheries management, Univ of Tromsø, Norway, 35p. Disponible à l'adresse

- <https://munin.uit.no/bitstream/handle/10037/297/thesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- * Mélard, C. (1986). Les bases biologiques de l'élevage du Tilapia du Nil, *Cah. Ethol. Appl.*, 6 (3), 224 p.
 - * Mélard, C., & Philippart, J. . (1981). Ecology and distribution of tilapias. 15-60 *In* R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell (eds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7.
 - * Philippart, J. C. & Ruwet, J. (1982). Ecology and distribution of tilapias. *In: The biology and culture of tilapia* (Pullin et LoweMcConnell, Eds.). *ICLARM Conférence Proceedings*, 7, 15-59.
 - * Qiuming, L., & Yang, Y. (2004). *Qiuming L. et Yang Y., 2004. Tilapia culture in mainland China* (Paper presented at the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 12–16 September 2004. Philippine International Convention Center) (p. 18-27). Manila, Philippines.
 - * Rakotomalala, T. (2004). Faisabilité technique et économique des mises en place d'un élevage en cage de *Tilapia nilotica* au lac Kavitaha (AMPEFY)., Mémoire de fin d'étude d'ingénieur agronome. Ecole Supérieure des sciences Agronomiques, Université d'ANTANANARIVO (Madagascar), 73 p. + annexes
disponible sur http://madadoc.irenala.edu.mg/documents/11007_Rakotomalala%20Tojo.pdf
 - * Rappaport, A., Sarig, S., & Marek, M. (1976). Results of tests of various aeration Systems on the oxygen regime in the Genosar experimental ponds and growth of fish there in 1975. *Bamidgeh*, 28 (3), 35-49.
 - * Rhouma, A., & El Ouaer. (1978). L'aquaculture en Tunisie : Potentialités et techniques d'élevage. *Rapp. Doc. Inst. Natn. Scient. Océanogr. Pêche*, Salammbô, Tunisie, 4/78, 43 p
 - * Stickney, R. . (1986). Tilapia tolerance of saline water - a review. *Prog. Fisch Cult*, 48(3), 161-167.
 - *Suresh, V. (2003). Tilapia. 321-345 *In* J S. Lucas and P. C . Southgate, eds. *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*. Blackwell Publishing, Oxford, UK:.
 - * Trewavas, E. (1983). *Tilapiine Fishes of the Genera Sarotherodon Oreochromis and Danakilia.*, Ithaca New York: Cornell University Press., 583 p.
 - * Turki, I., & Kraiem, M. . (2002). Séminaire international sur l'aquaculture en Tunisie. Thème: Pisciculture d'eau douce., Ministère de l'agriculture et des ressources en eaux, APIA, Tunis, 12 p..

* Zaouali. (1981). Problèmes d'aquaculture : eaux saumâtres et potentiel aquacole, *Archives de l'Institut Pasteur de Tunis*, 58(1-2), 93-103.

* Watanabe, W.O., Losordo, T.M., Fitzsimmons, K. & Hanley, F. 2002. Tilapia production systems in the Americas: technical advances, trends, and challenges. *Reviews in Fisheries Sciences*, 10(3-4), 465-498.

Communications personnelles

* ROMDHAN Naoufel, Ingénieur principal de la Direction Générale de la Pêche et de l'Aquaculture (DGPA), 30 Alain Savary 1002 Tunis, pour les statistiques de la pêche en Tunisie en 2015 (document non encore paru).

ANNEXES

Annexe I : Les ressources hydriques géothermales en Tunisie (CTA, 2016)

Gouvernorat	Stock (l/s)	Température °C	Salinité (g/l)
Gabés	1682	30-69	2,5-3
Kebilli	1100	53-70	2-2,4
Tozeur	1100	62-73	2,1-3,7
Gafsa	397	25-40	4-4,5
Sidi Bouzid	300	45	2
Mahdia	278	25-35	2,9
Tataouine	100	35-38	4,2
Nabeul	50	60	16
Kasserine	20	45	2

Annexe II : Caractéristiques des principaux aquifères du sud tunisien (DGRE, 2000)

Nappe	Exploitation (l/s)	Température (°C)	Salinité (g/l)	Profondeur (m)
Continental Intercalaire	2632	55 à 65	1.5 à 6	2000 à 2500
Complexe Terminal	14291	20 à 28	1.5 à 3.5	200 à 250
Jefarra	5600	20 à 31	1.5 à 4	100 à 500

Annexe III : Caractéristiques du bassin versant du barrage Smati (DGBGTH, 2008)

Caractéristiques	Valeur
Superficie (Km ²)	121
Indice de compacité	1.32
Périmètre stylisé (Km)	51.8
Dimensions du rectangle équivalent L et l (Km)	19.82 - 6.10
Ds M	355
Indice de pente globale (m/Km)	15.8
Pluviométrie moyenne (mm/an)	150-200
Evaporation (mm/an)	1294
Capacité maximale (Mm ³)	7.80

IV : Exemple de table de rationnement à 28°C

Poids des poissons	Taux de nutrition (en % de biomasse)	Fréquence de nourrissage
De l'éclosion à 1 g	40-10%	8
1 - 5	10-6%	6
5 - 20	6 - 4%	4
20 - 100	4 - 3%	3
100 - 250	3 - 2%	2
> 250	2 - 1.5%	2

Annexe V : Composition en macronutriments des différents composants de l'aliment de tilapia (unité = g/Kg) (Azaza *et al.*, 2009)

Composant (%)							
Tourteaux de soja	Farine de poissons	Maïs	Huile végétale	CMV			
43	14	35	6	2			
Teneur (%)							
Matière sèche	Protéines brutes	Lipides brutes	Fibres	ENA	Energie totale (kJ g-1)	Calcium	Phosphore
89.3	28.64	6.67	7.06	39.21	16.12	0.10	0.09

Annexe VI : Paramètres zootechniques adoptés pour la reproduction de *O.niloticus*

Paramètres d'élevage	Phase de reproduction
Taux de survie	-
Sex-ratio	1F :3M
Densité	4 ind/m ²
Taux de rationnement (%)	3
Durée	Mars 2017
Fécondité moyenne	750 larves/F
Pois moyen (g)	
-Mâle	200g
-femelle	150g
Taux de participation des femelles à la reproduction	75%

Annexe VII : Protocoles de dosage des nitrites, nitrates, ammonium, et orthophosphates

☐ Protocole de dosage des nitrites (NO_2^-)

- Prélever 5ml d'eau de chaque prise d'échantillon
- Ajouter une micro-cuillère du réactif $\text{NO}_2\text{-AN}$
- Laisser le mélange reposer 10 min
- Transvaser la solution dans la cuve
- Placer la cuve dans le compartiment

☐ Protocole de dosage des Nitrates (NO_3^-)

- Verser une micro-cuillère bleue de $\text{NO}_3\text{-1A}$ dans un tube à essai sec
- Ajouter avec la pipette 5 ml de $\text{NO}_3\text{-2A}$
- Agiter le tube pendant 1 minute pour dissoudre la substance solide
- Ajouter avec la pipette 1.5 ml d'échantillon et mélanger la solution
- Laisser la solution se reposer pendant 10 minutes
- Transvaser la solution dans la cuve et effectuer les mesures

☐ Protocole de dosage de l'ammonium (NH_4^+)

- Pipeter 5ml d'eau d'échantillon dans un tube à essai
- Ajouter 0,6 ml du réactif $\text{NH}_4\text{-1B}$ et mélanger
- Ajouter une micro-cuillère du réactif bleue $\text{NH}_4\text{-2B}$
- Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide
- Laisser le mélange se reposer 5 min
- Ajouter 3 gouttes du réactif $\text{NH}_4\text{-3B}$ et mélanger
- Laisser le mélange reposer durant 5 min
- Introduire la cuve dans un photomètre et lire la valeur affichée.

☐ Protocole de dosage des orthophosphates

- Pipeter 5ml d'échantillon dans un tube à essai
- Ajouter 5 gouttes de P-1A et mélanger
- Ajouter 1 micro-cuillère bleue de P-2A
- Agiter vigoureusement le tube pour dissoudre la substance solide
- Laisser le mélange se reposer pendant 5min
- Transvaser la solution dans la cuve souhaitée
- Placer la cuve dans le compartiment et lire la valeur affichée.

Annexe VIII: Résultats du script de l'effet des bacs sur les performances zootechniques pendant l'élevage larvaire

```
> shapiro.test(oreo$lot.1)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: oreo$lot.1  
W = 0.92594, p-value = 0.5689
```

```
> shapiro.test(oreo$lot.2)
```

```
Shapiro-Wilk normality test
```

```
data: oreo$lot.2  
W = 0.95505, p-value = 0.7731
```

```
> var.test(oreo$lot.1,oreo$lot.2)
```

```
F test to compare two variances
```

```
data: oreo$lot.1 and oreo$lot.2  
F = 9.7657, num df = 4, denom df = 4, p-value = 0.04856  
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1  
95 percent confidence interval:  
 1.016777 93.794590  
sample estimates:  
ratio of variances  
 9.765662
```

```
> t.test(oreo$lot.1,oreo$lot.2,paired=FALSE,var.equal=TRUE)
```

```
Two Sample t-test
```

```
data: oreo$lot.1 and oreo$lot.2  
t = 1.3551, df = 8, p-value = 0.2124  
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0  
95 percent confidence interval:  
 -0.4364634 1.6804634  
sample estimates:  
mean of x mean of y  
 0.992 0.370
```

Annexe IX: Résultats du script de l'effet des cages sur les performances zootechniques pendant la phase du prégrossissement

```
> shapiro.test(pregro$cage1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pregro$cage1
W = 0.96483, p-value = 0.8561

> shapiro.test(pregro$cage2)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pregro$cage2
W = 0.9209, p-value = 0.5119

> var.test(pregro$cage1,pregro$cage2)

      F test to compare two variances

data:  pregro$cage1 and pregro$cage2
F = 0.93334, num df = 5, denom df = 5, p-value = 0.9415
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.1306035 6.6700223
sample estimates:
ratio of variances
 0.9333426

> t.test(pregro$cage1,pregro$cage2,paired=FALSE,var.equal=TRUE)

      Two Sample t-test

data:  pregro$cage1 and pregro$cage2
t = 0.19192, df = 10, p-value = 0.8516
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -4.226124  5.022790
sample estimates:
mean of x mean of y
 5.298333  4.900000
```

Annexe X: Résultats du script de l'effet des enclos sur les performances zootechniques pendant la phase du prégrossissement

```
> shapiro.test(pregro$enclos1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pregro$enclos1
W = 0.98971, p-value = 0.9885

> shapiro.test(pregro$enclos2)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  pregro$enclos2
W = 0.99044, p-value = 0.9902

> var.test(pregro$enclos1,pregro$enclos2)

      F test to compare two variances

data:  pregro$enclos1 and pregro$enclos2
F = 1.0476, num df = 5, denom df = 5, p-value = 0.9606
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.1465864 7.4862784
sample estimates:
ratio of variances
 1.047562

> t.test(pregro$enclos1,pregro$enclos2,paired=FALSE,var.equal=TRUE)

      Two Sample t-test

data:  pregro$enclos1 and pregro$enclos2
t = 0.089265, df = 10, p-value = 0.9306
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -5.271409  5.711409
sample estimates:
mean of x mean of y
 6.763333  6.543333
```

Annexe XI: Résultats du script de l'effet des cages sur les performances zootechniques pendant la phase de grossissement

```
> shapiro.test(gross$cage1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  gross$cage1
W = 0.9915, p-value = 0.965

> shapiro.test(gross$cage2)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  gross$cage2
W = 0.99379, p-value = 0.976

> var.test(gross$cage1,gross$cage2)

      F test to compare two variances

data:  gross$cage1 and gross$cage2
F = 0.67629, num df = 3, denom df = 3, p-value = 0.7557
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.04380376 10.44143111
sample estimates:
ratio of variances
 0.6762943

> t.test(gross$cage1,gross$cage2,paired=FALSE,var.equal=TRUE)

      Two Sample t-test

data:  gross$cage1 and gross$cage2
t = -0.38066, df = 6, p-value = 0.7166
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
-16.89871 12.34871
sample estimates:
mean of x mean of y
 19.100    21.375
```

Annexe XII : Résultats du script de l'effet des enclos sur les performances zootechniques pendant la phase de grossissement

```
> shapiro.test(gross$enclos1)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  gross$enclos1
W = 0.95622, p-value = 0.7551

> shapiro.test(gross$enclos2)

      Shapiro-Wilk normality test

data:  gross$enclos2
W = 0.91681, p-value = 0.5192

> var.test(gross$enclos1,gross$enclos2)

      F test to compare two variances

data:  gross$enclos1 and gross$enclos2
F = 0.1373, num df = 3, denom df = 3, p-value = 0.1372
alternative hypothesis: true ratio of variances is not equal to 1
95 percent confidence interval:
 0.008893278 2.119875985
sample estimates:
ratio of variances
 0.1373049

> t.test(gross$enclos1,gross$enclos2,paired=FALSE,var.equal=TRUE)

      Two Sample t-test

data:  gross$enclos1 and gross$enclos2
t = -1.4133, df = 6, p-value = 0.2073
alternative hypothesis: true difference in means is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -45.06741 12.06741
sample estimates:
mean of x mean of y
 18.675    35.175
```

Annexe XIII: Estimation des paramètres de production des géniteurs

Géniteurs	
Nombre de femelles	288
poids de femelles	43,2
Nombre de mâles	96
poids de mâles	24
Taux de femelles participant à la reproduction	0,75
Fécondité absolue	750
Nombre d'œufs produit/an	1620000
TC	1,5
quantité d'aliment	1209,6
cout d'aliment	1464,83
Elevage larvaire	
Taux de survie des larves	0,75
nombre d'alevins de 2g produits/an	1215000
TC	1,97
quantité d'aliment	4755,19
cout d'aliment	6952,08

Annexe IV : Salaires des personnels participant à la production d'alevin de 2 et 15g

Personnel	Alevins de 2g	Alevins de 15g
1 technicien	17979,03	17979,03
Ouvrier catégorie 4	11984,16	-
Ouvrier catégorie 1	11028,29	11028,29
Ingénieur principal (12.5%)	3757,86	3757,86
agent administratif (33.34%)	4168,77	8337,53
Total	48918,10	41102,70

Annexe XV : Performances de production des alevins pendant la phase de prégrossissement

nombre initial d'alevins 2g	729000
taux de survie	0,9
nombre final d'alevins de 15g	656100
TC	1,71
quantité d'aliment	14335,79
cout d'aliment	20070,10

	Diplôme : Master en Ingénierie Environnementale Spécialité : Sciences Halieutiques et Aquacoles Spécialisation / option : Aquaculture Enseignant référent : M. Hervé LE BRIS
Auteur(s) : Rabeb THABET Date de naissance : 18/12/1991 Mateur - Tunisie	Organisme d'accueil : Institut Supérieur de Pêche et d'Aquaculture de Bizerte - Tunisie Adresse : BP 15 Errimel 7080 Menzel Jemil Bizerte - Tunisie
Nb pages : 42 Annexe(s) : 15	Maître de stage : M. Sami MILI
Année de soutenance : 13/09/2017	
Titre français : Etude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil " <i>Oreochromis niloticus</i> " entre les eaux douces et géothermales en Tunisie	
Titre anglais : Comparative study of Nile Tilapia farming " <i>Oreochromis niloticus</i> " between fresh and geothermal waters in Tunisia	
العنوان : دراسة مقارنة لتربية البلطي النيلي بين المياه العذبة والجوفية الحرارية في تونس	
Résumé :	
<p>Le présent travail a pour objectif la comparaison de l'élevage du tilapia du Nil <i>Oreochromis niloticus</i> en eau douce et dans les eaux géothermales en suivant les paramètres zootechniques, à savoir la croissance, la mortalité et le taux de conversion alimentaire. L'élevage a eu lieu dans des cages placées au niveau de la station expérimentale de Bechima au sud tunisien (eaux géothermales), et dans des enclos installés dans la retenue du barrage Smati au centre du pays (eaux douces).</p> <p>Les géniteurs utilisés sont adaptés à la vie en captivité en eaux géothermales. L'élevage larvaire s'est déroulé durant 60 jours dans la station expérimentale de Bechima pour avoir des larves de 1-2g.</p> <p>Au cours de la phase de pré-grossissement, la comparaison des taux de croissance des alevins (poids moyen de 1,3g) entre les EG et les ED présentent une faible variation. Cependant, les taux enregistrés sont légèrement en faveur des ED dont le poids final obtenu est de l'ordre de 12,7g (TCJ= 0,228g/jr) contre 10,51g (TCJ de 0,184g/jr) dans les EG.</p> <p>Pour la phase de grossissement, les poids obtenus après 30 jours montrent des meilleurs taux de croissance chez les tilapias grossis dans la retenue du barrage (jusqu'à 60g) par rapport à ceux de la station de Bechima (35-40g).</p> <p>L'étude économique a montré des résultats encourageants. Le prix de production d'un alevin de 2g est de l'ordre de 0,0527DT (0,021€), cependant pour les alevins de 15g élevés dans la station de Bechima et dans la retenue du barrage, les prix s'échelonnent entre 0,156DT (0,0637€) et 0,153DT (0,0615€).</p>	
Abstract:	
<p>The objective of this work is the comparison of the Tilapia of Nile <i>Oreochromis niloticus</i> culture in freshwater and geothermal waters by monitoring the zootechnical parameters: growth, mortality and feed conversion rate. Fishes were kept in cages placed at the Bechima experimental station in southern Tunisia (geothermal waters), and in the reservoir of Smati in the center of the country (freshwater). The spawners used are adapted to life in captivity in geothermal waters. Larval breeding took place during 60 days in the experimental station of Bechima, which made it possible to have larvae of 1-2 g.</p> <p>For the pre-growing phase, the comparison of fry growth rates (mean weight 1.3 g) between geothermal and fresh water shows a small variation. The recorded rates are slightly in favor of fresh water. During the 50 days of pre-growing, the final weight obtained in freshwater is 12.7 g (TCJ = 0.228 g / day). These performances are important compared to those obtained in geothermal waters 10.51 g (TCJ = 0.184 g / day).</p> <p>During growing phase, the weights obtained after 30 days show a better growth rates for tilapia in freshwater reservoir (up to 60g) compared to those of geothermal water in Bechima (35-40g).</p> <p>The economic study showed encouraging results. The production price of 2g fry is 0.0527DT (0.021 €). For 15g fry, the price ranged respectively between 0.156DT (0.0637 €) and 0.153DT (0.0615 €) in Bechima station and in the freshwater reservoir.</p>	
ملخص:	
<p>يهدف هذا العمل إلى مقارنة تربية سمك البلطي النيلي بين المياه العذبة والمياه الجوفية الحارة، عبر متابعة العوامل التقنية والحيوانية على غرار النمو، الوفاة، ومعدل التحويل الغذائي. تمت عملية الإنتاج بين الإقصاف المرتكزة بالمحطة النموذجية ببشما بالجنوب التونسي (عبر المياه الحارة)، والآخرى الموجودة بسد السماتي في وسط البلاد (عن طريق المياه العذبة). تم اعتماد فحول مكيفة على العيش بالمياه الحارة. هذا وقد دامت عملية تربية اليرقات في محطة بشما حوالي 60 يوما إلى حين التوصل لمعدلات نمو مقتررة بين 1 و 2 غ.</p> <p>خلال مرحلة ما قبل التسمين تظهر المقارنة بين معدلات نمو الزريعة (متوسط وزن 1.3 جم) بين المياه الحارة والمياه العذبة تباينا صغيرا. ومع ذلك، فإن المعدلات المسجلة هي نسبيا لصالح المياه العذبة. خلال 50 يوما، الوزن النهائي الذي تم الحصول عليه في المياه العذبة هو 12.7 غرام (تسج = 0.228 غ / يوم). هذه المعدلات تعد كبيرة جدا بالمقارنة مع تلك التي تم الحصول عليها في المياه الجوفية الحارة حوالي 10.51 غ أي ما يساوي 0.184 غ / يوم.</p> <p>وبالنسبة لمرحلة التسمين تظهر الأوزان التي تم الحصول عليها بعد 30 يوما معدلات نمو أفضل بالنسبة إلى البلطي المزروع في السد (حتى 60 غ) مقارنة بمحطة ببشما (35-40 غ).</p> <p>وأظهرت الدراسة الاقتصادية نتائج مشجعة حيث بلغ سعر إنتاج زريعة 2 حوالي 0.0527 دينار تونسي أي ما يعادل 0.021 أورو. ولكن بالنسبة لزريعة 15 غ فقد تراوحت الأسعار بين 0.156 و 0.153 دينار تونسي (0.637 و 0.615 أورو) بين المياه العذبة والحارة.</p>	
Mots-clés : Tilapia du Nil, eaux douces, eaux géothermales, fécondité, production, pré-grossissement, grossissement.	
Key Words: Tilapia of the Nile, fresh waters, geothermal waters, fertility, production, pre-growth, growth.	
الكلمات المفتاحية : البلطي النيلي , المياه العذبة , المياه الجيوحرارية , الخصوبة , الإنتاج , ما قبل التسمين , التسمين	