



MÉMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme
D'ingénieur en sciences de la mer
Option : Aquaculture

FORMULATION, FABRICATION, ET ESSAI D'UN ALIMENT COMPOSÉ POUR TILAPIA



Présenté par :

ECHIKH Fella
KHALI M^{ed} Kheiredine
BOUKETTA Karim

Soutenu le 19 septembre, devant le jury composé de :

M. SEMROUD R. – Professeur, ISMAL.	(Président)
M ^{me} MESLEM N. – Chargé de cours, ISMAL.	(Examinatrice)
M. ZOUAKH D. – Chargé de cours, ISMAL.	(Examineur)
M. BELHASNAT K. – Chargé de cours, ISMAL.	(Rapporteur)

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
I. GENERALITÉS SUR <i>OREOCHROMIS NILOTICUS</i>	2
I.1. BIOLOGIE	3
I.1.1. SYSTEMATIQUE.....	3
I.1.2. ANATOMIE ET MORPHOLOGIE.....	4
I.1.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE.....	5
I.1.5. REPRODUCTION.....	7
I.1.6. CROISSANCE.....	8
I.1.7. PARAMETRES D'ELEVAGE.....	9
I.2. BESOINS NUTRITIONNELS.....	10
I.2.1. PROTEINES.....	10
I.2.2. LIPIDES.....	11
I.2.3. GLUCIDES.....	12
I.2.4. VITAMINES.....	13
I.2.5. MINERAUX.....	13
I.2.6. BESOINS ENERGETIQUES.....	14
I.3. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE.....	15
I.3.1. LA PRISE ALIMENTAIRE.....	15
I.3.2. MECANISMES DE DIGESTION.....	16
I.4. FACTEURS ANTINUTRITIONNELS.....	17
I.4.1. PRODUIT VEGETAL.....	17
I.4.2. PRODUIT ANIMAL.....	18
II. MATERIELS ET METHODES.....	19
II.1. INVENTAIRE.....	19
II.1.1. INVENTAIRE DES MATIERES PREMIERES.....	19
II.1.2. CHOIX DES MATIERES PREMIERES.....	19
II.1.3. DOSAGE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE : MÉTHODES.....	21
II.2. FORMULATION.....	23
II.2.1. METHODE.....	23
II.2.2. FORMULATION D'ALIMENT POUR <i>O. NILOTICUS</i>	24
II.2.2.1. BESOINS THEORIQUES D' <i>O. NILOTICUS</i>	24
II.2.2.2. CARACTERISTIQUES DE L'ALIMENT O.N.A.B.....	25
II.3. FABRICATION.....	27
II.3.1. PROCESSUS DE FABRICATION.....	28
II.3.1.1. QUANTITÉ ET TAILLES DE GRANULÉS FABRIQUÉS.....	28
II.3.1.2. PHASES DE FABRICATION.....	28
II.3.1.2.1. BROYAGE.....	29
II.3.1.2.2. DOSAGE (PESAGE).....	30
II.3.1.2.3. MELANGE ET HOMOGENEISATION.....	30
II.3.1.2.4. PRESSAGE.....	31
II.3.1.2.5. SECHAGE REFROIDISSEMENT.....	32

II.3.1.2.6. EMIETTAGE.....	32
II.3.1.2.7. ENSACHAGE.....	33
II.4. ESSAI.....	34
II.4.1. DESCRIPTION DES STRUCTURES D'ACCEUIL.....	34
II.4.1.1. CNDPA.....	34
II.4.1.2. FERME AQUACOLE MOULAY.....	35
II.4.2. TESTS A REALISER.....	37
II.4.2.1. VALEUR ALIMENTAIRE DE L'ALIMENT.....	37
II.4.2.2. CARACTERISATION DE L'ALIMENT.....	37
II.4.2.3. PARAMETRES D'ELEVAGE.....	38
II.4.2.4. CONTRÔLE DE CROISSANCE.....	38
II.4.2.5. RATION ALIMENTAIRE.....	39
II.4.2.6. RELEVÉ DES MORTALITÉS.....	39
II.4.2.7. EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE L'ALIMENT.....	40
II.4.2.7.1. COEFFICIENT D'EFFICACITE PROTEIQUE.....	40
II.4.2.7.2. INDICE DE CROISSANCE JOURNALIER.....	40
II.4.2.7.3. INDICE DE CONVERSION ALIMENTAIRE.....	41
II.4.2.7.4. TAUX DE MORTALITÉ.....	41
II.4.3. DEMARRAGE DE L'EXPERIMENTATION.....	41
II.4.3.1. REPARTITION DE L'ALIMENT.....	41
II.4.3.2. MODALITÉS DE DISTRIBUTION DE L'ALIMENT.....	42
III. RESULTATS ET DISCUSSION.....	43
III.1. CONTROLES EFFECTUÉS.....	43
III.1.1. VALEUR ALIMENTAIRE DE L'ALIMENT.....	43
III.1.2. CARACTERISATION DE L'ALIMENT.....	43
III.1.3. PARAMETRES D'ELEVAGE.....	44
III.1.3.1. EVOLUTION DES PARAMETRES D'ELEVAGE AU CNDPA.....	44
III.1.3.2. EVOLUTION DES PARAMETRES D'ELEVAGE A OUARGLA.....	44
III.1.4. CONTROLE DE CROISSANCE.....	44
III.1.4.1. RESULTATS OBTENUS AU CNDPA.....	44
III.1.4.2. RESULTATS OBTENUS A OUARGLA.....	47
III.1.5. RATION ALIMENTAIRE.....	48
III.1.5.1. CNDPA.....	49
III.1.5.2. FERME MOULAY.....	49
III.1.6. RELEVÉ DES MORTALITÉS.....	49
III.1.7. EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE L'ALIMENT.....	50
III.2. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....	52
CONCLUSION.....	58
BIBLIOGRAPHIE.....	60
ABREVIATIONS.....	62
LISTE DES TABLEAUX.....	63
LISTE DES FIGURES.....	64
ANNEXES	

INTRODUCTION

Les premiers aliments « composés » élaborés à partir de matières diverses et couvrant, autant que possible, les besoins des animaux, ont été les « granulés humides de l'Oregon » des années 50 (Guillaume *et al.*, 1999).

En aquaculture, le passage du mode de production piscicole extensif à l'intensif exige impérativement un aliment composé artificiel.

En Algérie, il n'existe aucune unité de fabrication d'aliment pour poissons. Notre objectif est de mettre au point un aliment composé artificiel pour les espèces de poissons à faible exigence alimentaire.

Le travail consiste à faire :

- L'inventaire des matières premières pouvant être incorporées dans un aliment composé pour poissons.
- L'analyse de la valeur alimentaire des matières premières.
- La formulation d'un aliment pour une espèce : *Oreochromis niloticus*.
- La fabrication de l'aliment dans une unité industrielle.
- L'essai de l'aliment au laboratoire et à grande échelle (exploitations piscicoles).

Dans ce document on distingue 3 chapitres :

- Un premier chapitre de généralités, qui traite la biologie de l'espèce *Oreochromis niloticus*.
- Un deuxième chapitre qui regroupe matériels et méthodes.
- Un troisième chapitre, résultats et discussions.

Le document se termine par une conclusion générale sur les matières premières, l'analyse de la valeur alimentaire, la formulation, et le test de l'aliment.

GÉNÉRALITÉS

I. GENERALITES SUR LE TILAPIA *Oreochromis niloticus*

La pisciculture des Tilapias est très ancienne ; les Egyptiens la pratiquaient il y a 4 000 ans (Dambach et Wallert *in* Ruwet *et al.*, 1974 *in* FAO) mais la production systématique de poissons de consommation n'a commencé que dans les années 60 (Ruwet *et al.*, 1974 *in* FAO).

La majorité des espèces sélectionnées pour le développement rural ont un comportement alimentaire herbivore ou omnivore (Kaushik, 1993).

Les poissons tropicaux du groupe des cichlidés, spécialement le tilapia du nil *O. niloticus*, ont été largement recommandés pour l'aquaculture tropicale à petite échelle, à cause de la plasticité de cette espèce dans ses habitudes alimentaires (Bowen ; Maitipe et De Silva *in* Kaushik, 1993), de sa tolérance à diverses conditions environnementales (Chervinski *in* Kaushik, 1993), de sa faible mortalité (Roberts et Sommerville *in* Kaushik, 1993), de son taux de croissance élevé (Caulton *in* Kaushik, 1993), et de sa capacité de convertir le minimum de sources de protéines purifiées en une qualité élevée de protéines adéquates à la consommation humaine (Jauncey & Ross *in* Kaushik, 1993).

En Algérie, l'espèce *Oreochromis niloticus* a été introduite d'Egypte en 2001. les essais préliminaires réalisés au CNDPA étaient très satisfaisants. On assiste actuellement à un développement important à travers le territoire national.

I.1. BIOLOGIE

I.1.1. SYSTEMATIQUE :

Les tilapias au sens large appartiennent à la famille des Cichlidae. Ils comprennent les genres *Tilapia* au sens strict, *Sarotherodon* et *Oreochromis*.

On distingue deux groupes : ceux qui sont des pondeurs sur substrat du genre *Tilapia* et ceux qui sont des incubateurs buccaux qui appartiennent aux genres *Sarotherodon* ou *Oreochromis*. Chez *Oreochromis* c'est la femelle qui incube les œufs, il s'agit d'une caractéristique stricte qui a fait opter les biologistes pour en faire un genre à part (Lacroix, 2004).

On reconnaît *O. niloticus* à ses rayures verticales sur la nageoire caudale. La ligne latérale supérieure couvre 21 à 24 écailles, la ligne latérale inférieure couvre 14 à 18 écailles (Lacroix, 2004).

Règne :	Animalia	Animal	
Embranchement :	Chordata	Chordés	
Super-classe :	Osteichthyes	Ostéichtyens	
Classe :	Actinopterygii	Actinoptérygiens	
Super-ordre :	Teleostei	Téléostéens	
Ordre :	Perciformes	Perciformes	
Sous-ordre :	Labroidei	Labridés	[Source :
Famille :	Cichlidae	Cichlidés	Wikipedia]
Genre :	<i>Oreochromis</i>	<i>Oreochromis</i>	
Espèce :	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	



Figure 1 : Test sur un géniteur, CNDPA.



Figure 2 : *Oreochromis mossambicus*



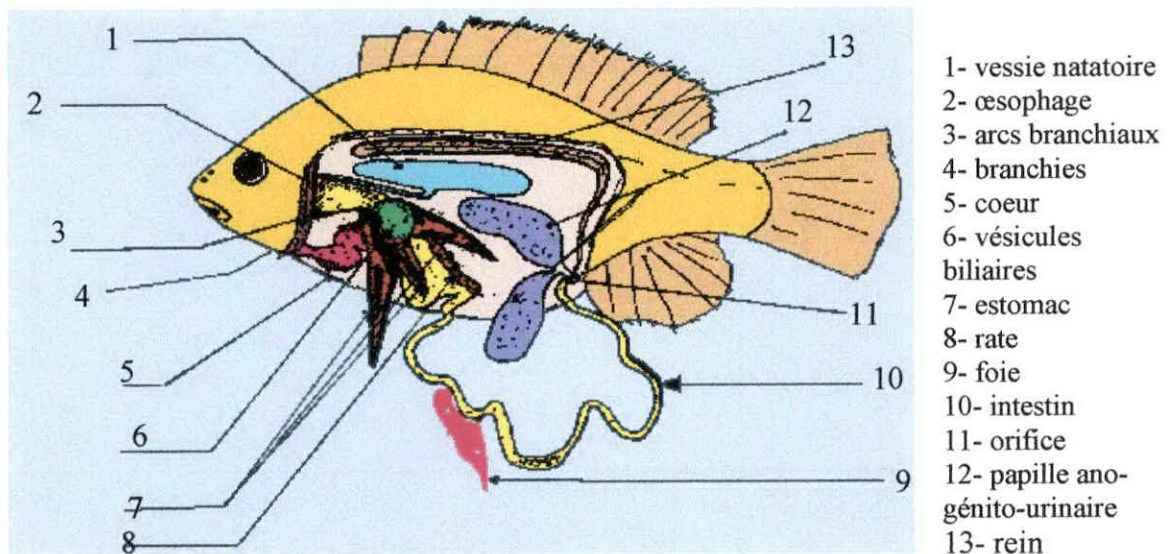
Figure 3 : *Oreochromis aureus*

(©Helias & Jensen)



Figure 4 : *Oreochromis hornorum* (Zucco, 2004)

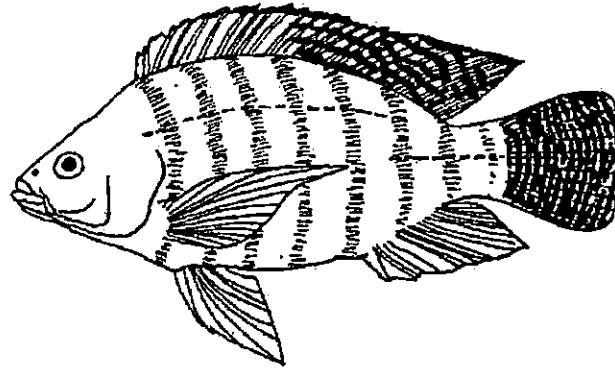
I.1.2. ANATOMIE ET MORPHOLOGIE :



(<http://vieocean.free.fr/ateliers/fiches/ficheE.1.html>)

Figure 5 : Anatomie générale du tilapia.

Figure 6 : Caractéristiques morphologiques spécifiques de *O. niloticus* (FAO).



Le caractère morphologique distinctif du Tilapia *O. niloticus* adulte est la présence de **barres noires verticales** au niveau de la nageoire caudale.

Comme les autres phylums, l'anatomie d'*Oreochromis niloticus* est adaptée au comportement alimentaire : d'une manière générale, la taille du tube digestif d'*Oreochromis niloticus* est adaptée à la prise alimentaire de petits repas et avec une grande fréquence (FAO).

I.1.3. REPARTITION GEOGRAPHIQUE :

O. niloticus présente une répartition originelle strictement africaine couvrant les bassins du Nil, du Tchad, du Niger, des Volta, du Sénégal et du Jourdain ainsi que les lacs du graben est-africain jusqu'au lac Tanganika (PHILIPPART et RUWET, 1982 *in* FAO).

Les tilapias habitent ou se sont adaptés dans les milieux aquatiques les plus divers : fleuves et rivières, lacs profonds (Albert, Kivu, Tanganyika, Malawi), lacs marécageux de cuvette (Bangweulu, Victoria, Moëro, Naivasha), lacs de barrage (Lufira, Kariba), lacs de fracture alcalins et salés (Nakuru, Magadi). Ces milieux aquatiques présentent une gamme très étendue de conditions d'oxygénation, de salinité, de turbidité (Albrecht *et al.* *in* Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO)

O. niloticus se retrouve à présent, sur les continents asiatique et américain, il est apprécié pour ses caractéristiques exceptionnelles d'élevage.

Le tilapia *O. niloticus* a été introduit en Algérie en 2001. Et ceci dans les sites représentés dans la carte de la figure 7 (Sites d'introduction d'*O. niloticus* en Algérie : Tipaza, Sétif, Bechar, Adrar, Ouargla, Saïda, El-Oued, Ghardaïa, Khenchla).

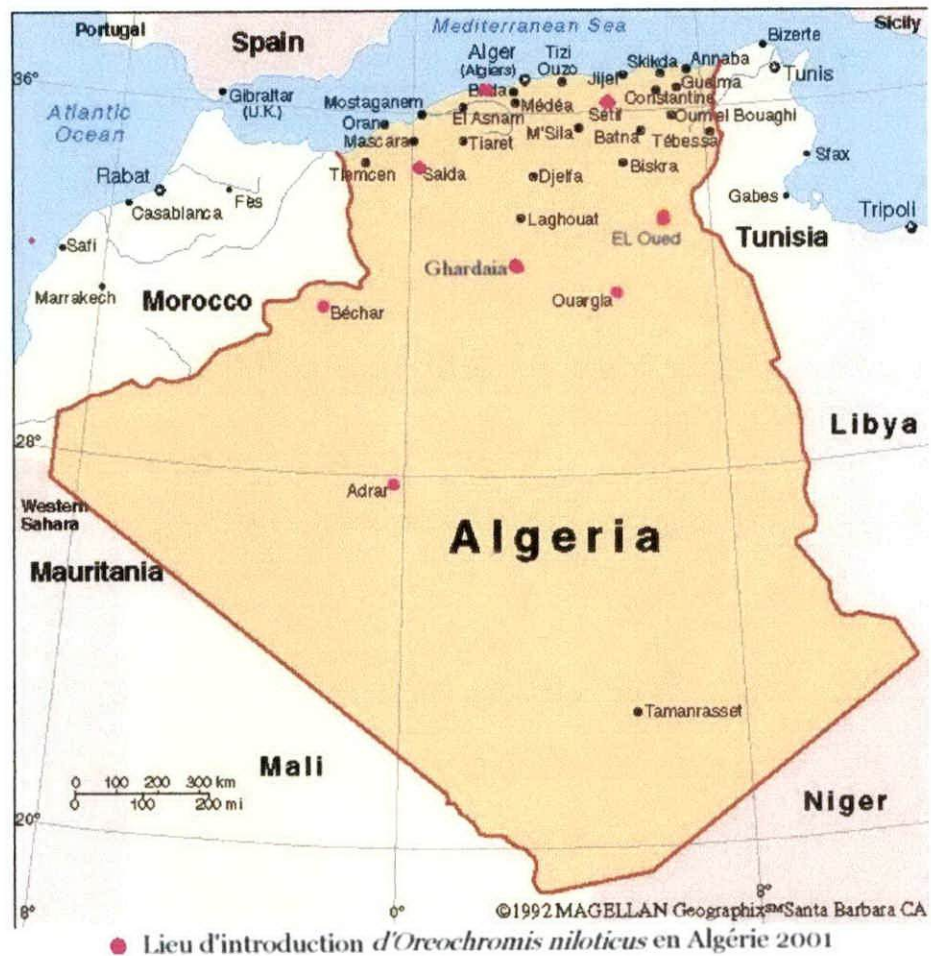


Figure 7 : Carte indiquant les lieux d'introduction d'*O. niloticus* en Algérie

I.1.5. REPRODUCTION :

Si la température de l'eau monte autour de 20°C (généralement supérieure à 22°C) les tilapias vont se choisir un partenaire pour la reproduction. Du couple, c'est le mâle qui construit le nid. La forme du nid est différente pour chaque espèce de tilapia. Chez *O. niloticus*, le nid a la forme d'une assiette creuse de 20 à 30 cm de diamètre, que le mâle aménage de préférence dans un sol sablonneux ou argileux à une profondeur comprise entre 30cm et 150cm, selon les possibilités.

Les femelles vivent en groupe à l'écart des arènes de reproduction où elles effectuent de brefs passages. En allant d'un territoire à l'autre, elles sont sollicitées successivement par les mâles. En cas d'arrêt au-dessus d'un nid et après une parade nuptiale de synchronisation sexuelle, la femelle dépose un lot d'ovules que le mâle féconde immédiatement et que la femelle reprend en bouche pour les incuber. Cette opération peut être recommencée avec le même mâle ou un voisin (RUWET *et al*, 1976).

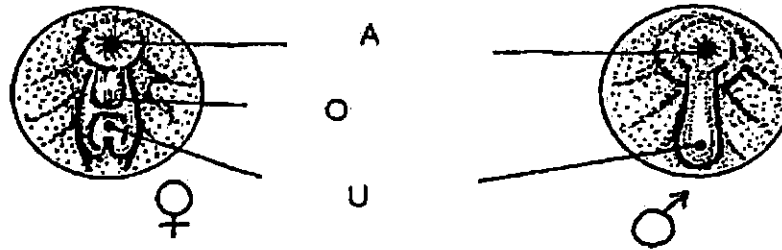
Après cette reproduction successive, la femelle quitte l'arène et va incuber ses oeufs fécondés dans la zone peu profonde. La femelle va garder les oeufs fécondés en bouche jusqu'à l'éclosion. On appelle cela : "INCUBATION BUCCALE UNIPARENTALE MATERNEL". Par un jeu des mâchoires, les oeufs sont mélangés avec de l'eau fraîche bien oxygénée.

Les larves de *O. niloticus* écloses (4 à 5 jours après fécondation) restent dans la bouche de la femelle jusqu'à ce qu'elles soient capables de nager. La femelle libère alors ses petits, mais ils restent à proximité des parents et apprennent à se nourrir. En cas de danger, toutes les larves se réfugient dans la bouche de la femelle.

Une femelle mature (3 à 4 mois en pisciculture) peut pondre une fois tous les 30 – 40 jours. C'est pour cela que les femelles de *O. niloticus* grossissent sensiblement moins vite que les mâles : **Elles produisent une grande quantité d'œufs, et pendant toute la période de l'incubation buccale la femelle se nourrit mal.**

Il est assez difficile de reconnaître les mâles des femelles chez *O. niloticus*, surtout quand ils sont petits. Il faut qu'ils pèsent plus de 30g avant de pouvoir les reconnaître à l'oeil nu d'une façon certaine. Les différences entre les deux sexes sont :

1. La hauteur du corps est plus grande chez le mâle que chez la femelle.
2. La femelle a une couleur légèrement plus foncée et bleuâtre.
3. Les bas des joues des femelles sont gonflés à cause de l'incubation buccale.
4. La papille urogénitale est légèrement différente chez les deux sexes (voir figure 8).



Légende : A : anus ; O : orifice génital ; U : urètre

Figure 8 – Schéma de l'orifice génital chez *O. niloticus* (Lacroix, 2004)

En aquaculture, pour éviter les reproductions anarchiques (incontrôlées et indésirables) et pour obtenir de meilleurs rendements, la production d'*O. niloticus* destinée à la consommation est le plus souvent réalisée à partir de population monosexue mâle (les mâles grandissent plus rapidement que les femelles), trois techniques sont habituellement utilisées : la séparation des sexes, les hybridations interspécifiques et l'inversion hormonale du sexe (Rothbard *et al.*, 1983 *in* Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO).

I.1.6. CROISSANCE :

En général, *O. niloticus* est connu pour sa croissance rapide (LOWE-McCONNELL *in* Kestemont *et al.*, 1989 *in* FAO) et présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de tilapia (PAULY *et al.*, *in* Kestemont *et al.*, 1989 *in* FAO). Sa durée de vie est relativement courte (4 à 7 ans), sa vitesse de croissance est extrêmement variable selon les milieux. Ainsi d'après MOREAU (*in* Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO) *O. niloticus* grandit plus vite dans le lac Albert (34 cm à 4 ans) que dans le lac Tchad (26 cm à 4 ans). La croissance la plus lente et la durée de vie la plus courte sont observées dans le lac Alaotra (\pm 20 cm à 4 ans) où cette espèce a été introduite (Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO).

La croissance la plus rapide et la longévité la plus longue (7 ans et 38 cm) sont observées dans le lac Albert. Toutefois le plus grand spécimen aurait été capturé dans le lac Turkana (= Rodolphe) et mesurait 64 cm de longueur totale (Sous-espèce : *O. niloticus vulcani*, TREWAVAS *in* Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO,).

Une autre grande caractéristique de *O. niloticus* concerne son dimorphisme sexuel de croissance. Dès que les individus atteignent l'âge de maturité, les individus mâles présentent une croissance nettement plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure. Ainsi dans le lac Itasy, les mâles vivent plus vieux et atteignent une taille maximale de 38 cm avec un poids de 2000g alors que les femelles ne dépassent pas 28 cm avec un poids de 950 g. Toutefois, d'après LOWE-McCONNEL (*in* Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO), dans les grands lacs où la croissance est bonne, mâles et femelles atteignent des tailles identiques.

I.1.7. PARAMETRES D'ÉLEVAGE :

Le tableau 1 résume les principaux paramètres physicochimiques à tenir en compte dans un élevage d'*O. niloticus*.

Paramètres	Limites de tolérance	Remarques	Références
Température (°C)	6,7 - 42	Valeurs extrêmes lors d'acclimatation progressive	DENZER, 1967 LEE, 1979
	21 - 30	Température requise pour le développement des caractères sexuels secondaires et la reproduction. Température de croissance	HUET, 1970 FRYER et ILES, 1972 LIETAR, 1984
Oxygène (mg/l)	0,1	Survie quelques heures en respiromètre	MAGID et BABIKER, 1975
	2-4	Survie des alevins	WELCOMME, 1967
	< 25% de saturation	Réduction dans la vitesse de croissance	RAPPAPORT et al, 1976
Salinité (‰)	< 29	Reproduction possible en eaux naturelles concentration létale	KIRK, 1972
	12,5	Déterminée expérimentalement	PUKUSHO, 1969
pH	5 - 11	Limites de tolérance	CHERVINSKI, 1982
	7 - 8	Valeurs recommandées pour l'élevage.	HUET, 1970
Alcalinité (mg/l CaCO ₃)	< 175	Action indirecte via la productivité de l'étang	HUET, 1970
Turbidité (mg/l)	Tolérance aux valeurs très élevées 13000	Action indirecte via la productivité de l'étang	OKORIE, 1975
		Hyperplasie des branchies	MORGAN, 1972
NH ₃ -N (mg/l)	< 2,3	Valeurs létales	BALARIN et HALLER, 1979
	< 0.5	Au-delà, affections des branchies et mortalité si chute d'O ₂ ou manipulations fréquentes des poissons.	
NO ₂ -N (mg/l)	< 2,1	Concentration létale (CL 50) au-delà de 2.1 mg/l.	BALARIN et HALLER, 1982

Tableau 1 : Paramètres de tolérance d'*O. niloticus* (Kestemont et al. ; 1989 in FAO)

I.2. BESOINS NUTRITIONNELS D'*O. niloticus*

Un régime alimentaire équilibré satisfait trois besoins : il fournit l'énergie nécessaire à la respiration cellulaire ; il apporte la matière organique que l'animal utilise pour fabriquer bon nombre de ses propres molécules ; et il fournit les nutriments essentiels, c'est-à-dire les substances que l'animal ne peut synthétiser lui-même et qu'il doit par conséquent aller chercher dans ses aliments (Campbell, 1995).

I.2.1. PROTÉINES :

Les protéines sont des macromolécules qui interviennent dans tous les processus biologiques (Auffray & Jacquard, 1998).

Le besoin global des poissons en protéines est extrêmement élevé par rapport à celui des vertébrés supérieurs (Guillaume *et al.*, 1999). Cela est dû au fait que les poissons sont poïkilothermes, la température de leur corps varie en fonction de celle du milieu, et, de ce fait, leur corps n'a pas besoin d'autant d'énergie que les vertébrés supérieurs pour garder une température constante ; ils orientent donc leurs besoins vers l'élaboration des tissus.

Le tableau 2 informe sur les besoins théoriques d'*O. niloticus* en protéines selon le stade d'élevage.

Stade	Quantité
Alevins jusqu'à 0,5g	50 %
Poissons de 0,5 à 35g	35 %
Poissons de 35g à la taille marchande	30 %

Tableau 2 : Besoins théoriques en protéines d'*O. niloticus* (New in Barnabé, 1991)

Les poissons d'eaux tempérées semblent mieux utiliser les protéines disponibles. Cela n'est pas seulement dû à une meilleure capacité de rétention des protéines, mais aussi à une meilleure utilisation de l'énergie non-protéique (Luquet *et al.*, 1989).

Chaque protéine est constituée de l'enchaînement linéaire d'un nombre précis d'unités élémentaires : les acides aminés (Auffray & Jacquard, 1998). Le tableau 3 indique les besoins quantitatifs d'*O. niloticus* en acides aminés essentiels.

Acides aminés essentiels	Besoin minimum (% des protéines)
Arginine	4.2
Histidine	1.7
Isoleucine	3.1
Leucine	3.4
Lysine	5.1
Méthionine	2.7
Phénylalanine	3.8
Thréonine	3.6
Tryptophane	1.0
Valine	2.8

Tableau 3 : Besoins quantitatifs en acides aminés essentiels de *O. niloticus* (D'après Sanitago in Beveridge *et al.*, 2000).

I.2.2. LIPIDES :

Les lipides sont des substances organiques huileuses ou graisseuses insolubles dans l'eau. Ils constituent la plus importante forme de stockage de l'énergie chimique (Auffray & Jacquard, 1998).

D'après Hauley in Beveridge *et al.* (2000), les besoins nutritifs en lipides des tilapias se situent entre **6% et 12%** de la ration alimentaire. Plus de détails sont présents dans le tableau 4.

Les acides gras sont les constituants de la plupart des lipides (Auffray & Jacquard, 1998). Les poissons, pas plus que les autres vertébrés, ne peuvent synthétiser de novo les acides linoléique (18 : 2 n-6) et linoléique (C 18 : 3 n-3). Ces deux acides gras poly-insaturés (AGPI), ou leurs dérivés à chaîne longue (AGLPI) doivent être apportés par l'alimentation ; ils revêtent donc un caractère essentiel (Guillaume *et al.*, 1999).

D'après Takeuchi *et al.* in Beveridge *et al.* (2000), *O. niloticus* a besoin de 0,5% d'acide linoléique (18 : 2n - 6) dans sa ration alimentaire.

Stade	Quantité
Alevins jusqu'à 0,5g	10 %
Poissons de 0,5 à 35g	8 %
Poissons de 35g à la taille marchande	6 %

Tableau 4 : Besoins théoriques en lipides d'*O. niloticus* (New in Barnabé, 1991).

I.2.3. GLUCIDES :

Les glucides sont des composants qui servent au stockage énergétique (ce sont des carburants et entrent dans la structure des parois cellulaires, et entrent dans la composition des acides nucléiques (ADN, ARN) (Auffray & Jacquard, 1998).

Contrairement aux protéines et aux lipides, les glucides sont des composants non essentiels du régime alimentaire pour poissons. Puisque les poissons, dont le tilapia, peuvent obtenir le glucose nécessaire par synthèse (gluco-néogénèse) à partir d'acides aminés et d'acides gras précurseurs (Beveridge *et al.*, 2000).

Li *et al.* in Beveridge *et al.* (2000) rapportent que 18 à 22 % de la diète protéinique des tilapias peuvent être épargnés par remplacement avec des lipides et des hydrates de carbone.

En général, les poissons utilisent mal les glucides à cause de l'absence d'un équipement enzymatique dans le tube digestif nécessaire pour la dégradation de la cellulose.

Les fibres (polysaccharides complexes constitués principalement de cellulose chez les végétaux) ne sont pas bien utilisables par *O. niloticus* qui ne dispose pas de cellulase (Stickney in Beveridge *et al.*, 2000).

Et d'après Anderson *et al.* (in Beveridge *et al.*, 2000), un taux de fibres supérieur à 5% réduit l'utilisation des aliments et leur digestibilité, et des taux supérieurs à 10% réduisent l'utilisation des protéines. Mais des résultats différents indiquent que *O. niloticus* a besoin de 8 à 10 % de fibres dans son régime alimentaire. Voir tableau 5.

Les besoins nutritifs en glucides d'*O. niloticus* varient entre 30 à 70% de la ration alimentaire (Beveridge *et al.*, 2000).

Glucides digestibles	25 %
Fibres	8 % pour les alevins de 10g 8 à 10 % pour les poissons de 10g à la taille marchande

Tableau 5 : Besoins théoriques en glucides et en fibres chez *O. niloticus* (New in Barnabé, 1991)

I.2.4. VITAMINES :

Les vitamines sont des molécules organiques qui servent de coenzymes ou de parties de coenzymes. L'organisme en a besoin en petites quantités (Campbell, 1995).

Vitamines	Besoins (mg/kg d'aliment)	Signes de déficience	Références
Cyanocobalamine (Vitamine B 12)	Non nécessaire		Limsuwan et Lovell <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i> (2000)
Acide ascorbique (Vitamine C)	1250	Scoliose, lordose, croissance réduite, diminution de l'efficacité de réparation des blessures, hémorragie, exophtalmie, anémie.	Soliman <i>et al.</i> <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i> , (2000)
Vitamine E	50-100	Anorexie, croissance réduite, faible efficacité d'ingestion, hémorragie de la peau et des nageoires, dégénération musculaire, mortalités élevés.	Satoh <i>et al.</i> <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i> , (2000)

Tableau 6 – Les besoins vitaminiques d'*O. niloticus* en mg/kg d'aliment

L'ajout de vitamine C au dessus des besoins minimaux nécessaires dans l'aliment peut être bénéfique à la santé et à la résistance aux mortalités. (Halver et Sandnes *in* Kaushik, 1993).

I.2.5. MINÉRAUX :

Les minéraux sont des nutriments inorganiques requis en quantités variables, selon leurs rôles physiologique et métabolique (Campbell, 1995).

Minéraux	Besoins	Références
Phosphore	4.6g/ kg d'aliment	Haylor <i>et al.</i> <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i> (2000)
Magnesium	0,5 – 0,65 g/ kg d'aliment	Reigh <i>et al.</i> , <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i>
Zinc	30mg / kg d'aliment	Eid & Ghoneim <i>in</i> Beveridge <i>et al.</i> , (2000)
Calcium**	0,65 % de la matière sèche *	Guillaume <i>et al.</i> , 1999
Manganèse	12ppm *	Guillaume <i>et al.</i> , 1999
Cuivre	3,5ppm *	Guillaume <i>et al.</i> , 1999

* Besoin pour les Tilapias

** Eau sans calcium

Souligné : Oligo-élément

Tableau 7 – Besoins d'*O. niloticus* en minéraux

I.2.6. BESOINS ENERGETIQUES :

Lors de la distribution d'aliment, les poissons sont capables d'ajuster leur consommation d'aliment selon la densité énergétique de l'aliment, de façon à atteindre une croissance maximale (Guillaume *et al.*, 1999)..

Le besoin énergétique de croissance peut être défini comme une quantité d'énergie nécessaire pour produire 1kg de poisson. Chez *O. niloticus*, elle est de **2,87 kcal/g** de matière sèche (Guillaume *et al.*, 1999).

Les besoins théoriques d'*O. niloticus* en énergie digestible sont de l'ordre de 2500 - 3500 kcal / kg de matière sèche (Barnabé *et al.*, 1991).

Le besoin défini est fonction du régime des nutriments vers l'anabolisme ou le catabolisme et dépend de l'équilibre énergie protéique - énergie non protéique. Ainsi, les recommandations concernant la composition des aliments sont indiquées en terme de rapport protéine digestible / énergie digestible qui est de l'ordre de **5,98mg / kcal** chez *O. niloticus* (Guillaume *et al.*, 1999).

La satisfaction des besoins du poisson en nutriments essentiels n'est pas suffisante pour avoir un résultat optimal de croissance, puisque les espèces aquacoles présentent des variations significatives concernant leur comportement alimentaire. Les crevettes par exemple nécessitent un aliment qui reste stable au fond de l'eau pendant des heures. Le poisson-chat ou la truite élevée en mer demandent quant à eux un aliment flottant. De là découle l'importance de connaître le comportement alimentaire de chaque espèce afin d'adapter le processus de fabrication de l'aliment à celle-ci.

I.3. COMPORTEMENT ALIMENTAIRE D' *O. niloticus*

Le comportement alimentaire désigne l'ensemble des conduites d'un individu vis-à-vis de la consommation d'aliments (DADDOUN et ROMON, 2004).

Le cichlidé *O. niloticus* est classiquement rangé parmi les poissons micro-phytophages capables d'ingérer et de digérer de grandes quantités d'algues phytoplanctoniques et de cyanobactéries mais en réalité, **le degré d'opportunisme de l'espèce est très grand** et son régime alimentaire est souvent plus proche de celui des poissons omnivores - détritivores que des herbivores stricts (Dabbadie, 2005).

I.3.1. LA PRISE ALIMENTAIRE

A l'instar d'autres poissons omnivores, le tilapia *O. niloticus* prélève ses aliments aussi bien en **pleine eau** que sur le **fond** ou sur des **substrats** selon trois modalités :

- **Succion de particules** : Lorsque des particules sont présentes dans le milieu, le poisson les ingère en créant un courant d'eau (Gerking *in* Dabbadie, 2005).

- **Filtration** : Dès le stade alevin, *O. niloticus* est capable de s'alimenter par filtration. Beveridge *et al.* (*in* Dabbadie, 2005) ont démontré qu'à ce stade (2 à 4 g), il ingère des bactéries libres, en suspension dans le milieu. Ces auteurs expliquent cette capacité par un piégeage des cellules bactériennes dans le mucus de l'appareil branchial. Des études histologiques ont en effet montré que ce mucus possède une charge électrique négative susceptible de faciliter la floculation et le piégeage de particules microscopiques. Les amas sont ensuite périodiquement propulsés dans la cavité bucco-pharyngienne par des courants d'eau à travers les branchies, puis ils sont triés et rejetés ou râpés par les dents pharyngiennes avant d'être avalés (Dabbadie, 2005).

Le taux d'ingestion par filtration dépend de la taille et de l'abondance des particules alimentaires dans le milieu. Les particules de grande taille sont préférentiellement consommées (Northcott *et al.*), mais Robinson *et al.* ont mis en évidence des effets synergiques (Dabbadie, 2005).

Ainsi, une algue de petite taille, *Ankistrodesmus sp.* est ingérée beaucoup plus rapidement lorsqu'une cyanobactérie filamenteuse, *Anabaena flos-aquae*, est également présente dans le milieu. Ces auteurs émettent trois hypothèses pour expliquer ce phénomène ; il est possible que *O. niloticus* modifie son comportement, ses performances physiologiques ou bien encore, que les filaments végétaux obstruent l'appareil branchial du poisson, augmentant ainsi l'efficacité de filtration des petites particules (Robinson *et al. in* Dabbadie, 2005). Ces mêmes auteurs considèrent que d'un point de vue énergétique, l'alimentation par filtration n'est pas rentable lorsque la taille du plancton ou sa concentration sont trop faibles (Robinson *et al. in* Dabbadie, 2005).

• **Broutage et raclage** : Dempster *et al.* ont comparé les taux d'ingestion algale par filtration et par broutage chez des alevins de tilapia. Travaillant en aquarium avec *O. niloticus* (longueur standard : $47,2 \pm 2,3$ mm), leurs résultats suggèrent que l'alimentation par filtration serait en fait un moyen relativement peu efficace d'alimentation comparé au broutage sur substrat (Dabbadie, 2005).

I.3.2. LES MECANISMES DE DIGESTION

La physiologie de la digestion chez *O. niloticus* a été étudiée par Moriarty (*in* Dabbadie, 2005). **Les détritiques et les algues aux parois épaisses, notamment les cyanobactéries, sont difficilement digérés par la plupart des poissons. Les tilapias, en particulier *O. niloticus*, ont développé des mécanismes permettant leur digestion.** La prise de nourriture déclenche une sécrétion acide au niveau de l'estomac. Neutre le matin, le pH peut ainsi chuter en dessous de 1,4-1,6 au bout de quelques heures, et cette acidité brise les parois végétales (Moriarty ; Hephher *in* Dabbadie, 2005). Au niveau de l'intestin, le pH augmente progressivement. De 5,5 à la sortie de l'estomac, il passe à 8 au niveau de l'anus.

Des enzymes interviennent également. Pour la digestion des protéines, une **protéase** a été mise en évidence dans le tube digestif, avec une concentration maximale dans l'estomac (Moreau *in* Dabbadie, 2005). D'après Moriarty (*in* Dabbadie, 2005), il n'y aurait pas d'activité peptique dans le jus gastrique de *O. niloticus*, mais un pepsinogène existerait dans la paroi stomacale. **Trypsine** et **chymotrypsine**, actives en milieu alcalin, sont présentes dans l'intestin (Moriarty *in* Dabbadie, 2005). Enfin, une **dipeptidase** a été mise en évidence dans des extraits de muqueuse intestinale (Keddis *in* Dabbadie, 2005).

*D'après ce qui précède, le tilapia *O. niloticus* nous offre là encore une relative large gamme de possibilités de fabrication d'aliment ; Ce poisson est non seulement omnivore, mais aussi il peut prélever son aliment aussi bien du fond qu'en pleine eau.*

En vue de maximiser la digestion et l'absorption des nutriments des régimes alimentaires des poissons, et de minimiser les pertes et les coûts, il est nécessaire de s'assurer que les enzymes digestives des poissons fonctionnent en plein potentiel. Il est donc important que le régime alimentaire ne contienne rien qui puisse interférer avec le processus de digestion (Kaushik, 1993).

I.4. FACTEURS ANTINUTRITIONNELS

Les composés à action antinutritionnelle sont courants dans les végétaux et rares dans les produits d'origine animale ou micro-organique (Guillaume *et al.*, 1999).

I.4.1. PRODUIT VEGETAL :

I.4.1.1. L'acide phytique :

Les poissons ne possèdent pas de phytase ou de la flore digestive active capable d'hydrolyser efficacement les liaisons esters de ce composé. L'action néfaste de l'acide phytique est d'agir sur certaines enzymes digestives et diminuer la digestibilité des protéines alimentaires (Guillaume *et al.*, 1999).

I.4.1.2. Facteurs anti -trypsique :

Il est connu qu'il existe des composés inhibiteurs à la Trypsine et à la Trypsine et à la Chymotrypsine se trouvant dans le soja, un ingrédient commun dans les aliments pour poissons. Ces composés peuvent généralement être détruits par un traitement thermique de l'aliment avant l'utilisation, mais le processus est très variable et il est fréquent que des lots de grains de soja contenant des niveaux significatifs d'inhibiteurs atteignent les producteurs d'aliment (Crampton *in* Kaushik, 1993).

Ainsi il peut y avoir potentiellement des niveaux importants d'inhibiteurs dans les aliments commerciaux si les fabricant ne tiennent pas en compte les étapes suffisantes d'élimination de ces inhibiteurs (Kaushik, 1993).

Ces composés de nature protéique n'exercent une action défavorable que lorsqu'ils sont en concentration élevée dans les aliments. D'après Kaushik, 1993, il ne faut pas que cette concentration dépasse 3mg/g d'aliment pour poisson. La présence de ces composés dans l'aliment provoque une diminution très nette de la digestibilité des protéines.

I.4.1.3. Autres facteurs antinutritionnels :

Les autres facteurs antinutritionnels les plus connus présents dans les végétaux sont (Guillaume *et al.*, 1999) : Les anti-vitamines, les anti-enzymes (glucosinolates), certains phénols (gossypol), les tannins ou les alcaloïdes et enfin les toxines fongiques et algales. Les effets de ces composés sont bien démontrés chez les vertébrés supérieurs mais leur nocivité pour les poissons reste très mal connue.

I.4.2. PRODUIT ANIMAL :

I.4.2.1. Thiaminase :

Elle est présente surtout dans le poisson cru et plus particulièrement dans les poissons d'eau douce. Sa présence dans l'aliment provoque une diminution de la digestibilité des protéines. Cette enzyme est inactivée par le chauffage.

I.4.2.2. Histamine :

Elle a un rôle dans les phénomènes d'allergie et est produite après la mort du poisson sous l'action de bactéries. L'Histamine est l'un des critères couramment retenus pour évaluer la qualité de la farine de poisson.

I.4.2.3. Lipides peroxydés :

Les acides gras insaturés sont très sensibles à la peroxydation qui a lieu naturellement in vivo. Ces réactions peuvent aussi se produire dans les matières premières au cours du chauffage, pendant le stockage des matières premières ou des aliments. Ces lipides peroxydés peuvent provoquer une inappétence du poisson vis-à-vis de l'aliment et induire des déficiences en vitamine C et surtout en vitamine E et exercer des effets toxiques proprement dits. (Guillaume *et al.*, 1999)

MATÉRIEL ET MÉTHODES

II. MATERIELS ET METHODES

En toute logique, dans notre quête de fabrication d'aliment, nous ne pouvons nous passer de s'informer sur les matières premières existantes dans le pays de fabrication, celles qui peuvent adhérer aux exigences de l'animal, leur valeur alimentaire, ainsi que leur stabilité sur le marché.

Ce n'est qu'après cette étude qu'on pourra procéder à la formulation, à la fabrication, et enfin au test de l'aliment en question.

II.1. INVENTAIRE ET CHOIX DES MATIERES PREMIERES

Il existe déjà en Algérie divers types de production animale (viande bovine, ovine, caprine ; Lait, volaille) qui absorbent une partie des sous-produits agroalimentaires.

Tous les déchets de transformation des produits alimentaires en l'état ou après traitement sont utilisables dans l'une des diverses formes d'aquaculture envisagées.

L'aquaculture, filière de production de protéines animales nouvelle pour l'Algérie, pourrait permettre une meilleure valorisation des sous-produits (issues de céréales, déchets d'abattoir...) (Tab.D, annexe A) sans avoir recours à l'importation de matières premières dites nobles (soja, farine de poisson), au moins pour la production en eau douce (Girin *et al.* in France Aquaculture, 1981).

Le problème de la disponibilité des matières premières ne devrait pas être un facteur limitant du développement de l'aquaculture en Algérie.

EXIGENCES ALIMENTAIRES DES ESPECES INTERESSANTES POUR L'AQUACULTURE ALGERIENNE

Les poissons et crustacés susceptibles d'être produits en élevage semi-intensif ou intensif se rangent traditionnellement en deux grandes catégories :

- **Les espèces à exigences alimentaires faibles**, microphages et brouteuses, à régime plus ou moins omnivore, généralement qualifiées de manière schématique d'espèces « herbivores », dont les besoins en protéines ne dépassent pas le tiers de la ration (exemple : **Tilapias, carpes, mulets**).
- **Les espèces à exigences alimentaires élevées**, à tendance carnassière dominante, généralement qualifiées de façon schématique d'espèces « carnivores », dont les besoins en protéines dépassent le tiers de la ration, ce qui impose en l'état actuel des techniques l'incorporation d'une farine animale dans un aliment complet (exemple : **Truites, loups, dorades, anguilles, crevettes**). (Girin *et al.* in France Aquaculture, 1981)

Matière première	Caractéristiques	Remarques
Tourteau de soja	<ul style="list-style-type: none"> - La plus utilisée du fait de sa disponibilité sur le marché, de sa régularité, de son prix, et de sa bonne valeur nutritionnelle pour la plupart des poissons d'élevage. - Riche en protéines. - Bon profil de ses AAI avec une déficience en Méthionine.* - Contient de nombreuses substances antinutritionnelles en particulier les facteurs anti-trypsiques qui sont en partie détruits par traitement thermique.** - Plus pauvre que tous les autres tourteaux, à la fois en cellulose*** et en glucides complexes.*** (Guillaume <i>et al.</i>, 1999) 	<p>*Déficience compensée par l'apport de DL Méthionine dans l'aliment.</p> <p>**Le pressage, étape-clé de la fabrication des granulés, constitue un traitement thermique (voir pressage page 31).</p> <p>***Composés difficilement digestibles par les poissons.</p>
Son de blé	<ul style="list-style-type: none"> - Renferme beaucoup de fibres. - Contient les vitamines B et E. 	
Maïs	<ul style="list-style-type: none"> - Pauvre en protéines. - Riches en amidon.* - Pauvres en minéraux sauf en phosphore. - Pauvre en AAI. <p>(Guillaume <i>et al.</i>, 1999)</p>	<p>*L'amidon est peu digestible, il est mieux digestible par traitement thermique (dans notre cas par pressage). De plus, l'amidon (surtout ayant subi un traitement thermique) a une action liante (bénéfique).</p>
Huile de soja	<ul style="list-style-type: none"> - Contient de 8 à 10 % d'AG 18 : 3 n-3.* - Ne renferme pas de vitamine A ou D (en comparaison avec l'huile de poisson). <p>(Guillaume <i>et al.</i>, 1999)</p>	<p>*La plupart des huiles végétales en sont dépourvues.</p>
DL Méthionine (acide aminé purifié)	<ul style="list-style-type: none"> - Produit par synthèse. - Tonnage faible. (Guillaume <i>et al.</i>, 1999), prix élevé. - Pose un problème de solubilité (facilement soluble) lorsque le granulé séjourne longtemps dans l'eau.* <p>(Guillaume <i>et al.</i>, 1999)</p>	<p>*Problème évité dans le cas de notre aliment vu la bonne acceptabilité de ce dernier par les poissons testés.</p>

Tableau 8 : Caractéristiques de certaines matières premières utilisées dans la fabrication de notre aliment.

II.2. DOSAGE DE LA VALEUR ALIMENTAIRE : METHODES

II.2.1. DOSAGE DES PROTEINES

La méthode la plus courante est celle de Kjeldahl (1883).

Procédé : Dosage de l'azote total :

Au cours de la minéralisation à chaud par l'acide sulfurique concentré, l'azote est transformé en NH_3 (ammoniaque) fixé par H_2SO_4 (acide sulfurique). L'utilisation de catalyseurs : $\text{CuSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4$ (sulfates de cuivre + sulfates de potassium) qui élève le point d'ébullition, mélange HgO (oxyde de mercure), CuSO_4 , Sélénium, accélère la minéralisation.

Le minéralisat refroidi est transvasé dans un appareil de Parnas et Wagner ou de Pregl : l'ammoniaque est déplacée du sulfate par la soude et entraînée à la vapeur vers la sortie de l'appareil où l'on va la doser : premièrement par solution titrée d' H_2SO_4 en présence d'alizarine sulfonate de sodium ou du mélange rouge de méthyl – bleu de méthylène (Fleury) ; deuxièmement en la fixant par une solution d'acide borique et titrage par H_2SO_4 ; troisièmement en s'adressant aux techniques spécifiques à l'iodomercurate de potassium de Nessler ou au mélange phénol-hypochlorite de Berthelot. (Foglietti *et al.*, 1980)

- Il est couramment admis que la teneur en protéines est obtenue en multipliant par 6.25 le poids d'azote mesuré par la méthode de Kjeldahl.
- Cela revient à considérer que toutes les protéines sont constituées de 16 % d'azote.
- En fait, la teneur des protéines en azote est comprise dans une plage allant de 15 à 18 % d'azote. C'est pour cette raison que l'on utilise parfois des facteurs multiplicatifs différents de 6.25.

(www.epsic.ch/Brancheschimiedenrees27valnu.pdf)

II.2.2. DOSAGE DES LIPIDES

Méthode de Soxhlet :

Elle consiste en une extraction après désagrégation au moyen d'acide chlorhydrique 25% (méthode internationale). Puis une désagrégation par l'acide à chaud de tous les composés autres que les lipides, qui sont ensuite séparés du mélange par filtration puis extraits au soxhlet au moyen d'éther de pétrole.
(www.epsic.ch/Brancheschimiedenrees27valnu.pdf)

II.2.3. DOSAGE DES GLUCIDES :

Il n'existe pas de méthode d'analyse globale des sucres comme il en existe pour les lipides, les protides (protéines), les matières minérales, etc.

Dans le domaine des glucides, les dosages globaux que l'on peut effectuer concernent:

- les sucres réducteurs (titrage oxydo-réduction classique type Fehling - le saccharose nonréducteur peut être dosé par la même méthode après hydrolyse en milieu acide en fructose et glucose réducteurs).
- les fibres alimentaires, composées principalement de polysaccharides non assimilables (méthode enzymatico-gravimétrique).

La mesure de la quantité totale de glucides (ou hydrates de carbone assimilables) d'une denrée est généralement faite par calcul (différence avec les autres nutriments sauf les vitamines dont la teneur totale est généralement négligeable).
(www.epsic.ch/Brancheschimiedenrees27valnu.pdf)

II.2. FORMULATION

II.2.1. METHODE

La formulation d'aliments pour animaux aquatiques repose sur les mêmes principes que celle des aliments pour animaux terrestres, et c'est spécialement **la formulation linéaire au moindre coût** qui est l'outil le plus utilisé à l'aide de systèmes informatiques. Il s'agit de la méthode la plus économique, et cela malgré les non négligeables inconvénients et défauts que présente cette méthode de formulation. Cette méthode ne tient pas compte des éventuelles interactions entre matières premières, chaque firme a sa propre marge d'erreur concernant ce cas. D'autre part, la formulation linéaire au moindre coût ne tient pas compte du fait que certains paramètres peuvent influencer sur la linéarité de l'énergie digestible.

Il faut tenir compte des répercussions de l'élevage sur les facteurs physico-chimiques du milieu, car ceux là influent sur la physiologie et les besoins de l'animal (Guillaume *et al.*, 1999).

La formulation à moindre coût est réalisée à l'aide de logiciels de programmation linéaire contenant :

1. La composition nutritionnelle des ingrédients disponibles.
2. Le prix actuel des ingrédients disponibles.
3. Les niveaux minimal et/ou maximal des nutriments requis dans les aliments.
4. Les contraintes d'utilisation des ingrédients (minima et maxima).

Le programme effectue la formulation à moindre coût, mais une évaluation du résultat par un **nutritionniste qualifié** est essentielle pour s'assurer que l'aliment conviendra à l'animal, que le choix et la quantité des ingrédients composant l'aliment final est approprié et que l'aliment sera **appétant** pour les animaux.

Généralement, les formules d'aliments sont mises à jour fréquemment (souvent sur une base hebdomadaire) pour considérer les changements de disponibilité et de prix des ingrédients. Dans certains cas, c'est le nutritionniste qui est responsable de la formulation, mais dans plusieurs entreprises on retrouve du personnel spécialisé (**formulateur**) dont c'est le rôle principal (Leeson et Summers, 1997).

Le prix de notre aliment pour *O. niloticus* formulé au niveau de l'O.N.A.B. a été fixé à 33DA le kilo, contre 120DA le kilo pour un aliment importé.

II.2.2. FORMULATION D'ALIMENT POUR *O. niloticus*

Le premier facteur à prendre en considération dans la formulation d'aliment est l'énergie totale et le ratio protéine / énergie du produit final. Après cela, la composition des protéines doit être calculée selon l'équilibre d'acides aminés désiré, et les lipides doivent satisfaire le meilleur profil d'acides gras pour l'espèce concernée et pour le niveau énergétique désiré. Tout cela doit être pris en considération en tenant compte des besoins en vitamines et en minéraux de l'espèce élevée (Autin *in* Tacon *et al.*, 1997).

II.2.2.1. BESOINS THÉORIQUES D'*O. niloticus*

Le tableau 9 résume les principaux besoins nutritionnels d'*O. niloticus*.

Nature	Quantité
Protéines	50 % pour les alevins jusqu'à 0,5g 35 % pour les poissons de 0,5 à 35g 30 % pour les poissons de 35g à la taille marchande
Lipides	10 % pour les alevins jusqu'à 0,5g 8 % pour les poissons de 0,5 à 35g 6 % pour les poissons de 35g à la taille marchande
Glucides digestibles	25 %
Fibres	8 % pour les alevins de 10g 8 à 10 % pour les poissons de 10g à la taille marchande
Lysine méthionine + 50 % de cystéine	4,1 %, 1,7 % des protéines du régime
Energie digestible	2500 – 3400 kcal/kg
Besoin énergétique de croissance	2,87 kcal/g de matière sèche(pour produire 1kg de poisson)
Protéine digestible /énergie digestible	5,98mg/kcal
Constituants essentiels	Pas moins de 1 % des séries AG n-3 et n-6

Tableau 9 – Récapitulation des besoins théoriques d'*O. niloticus* (Barnabé *et al.*, 1991)

II.2.2.2. CARACTERISTIQUES DE L'ALIMENT O.N.A.B. ET CADRE DE FABRICATION

La formulation pour la fabrication d'un aliment sec coulant (plongeant) pour *O. niloticus*, qui est une espèce benthopélagique, a été élaborée en commun par les cadres de l'O.N.A.B. et les chercheurs du C.N.D.P.A.

La fabrication d'aliment composé pour poisson s'est faite à l'U.A.B. de Oued Tlelat, à l'occasion de la convention signée entre l'URD / CNDPA / MPRH / ONAB en date du 13/03/2006.

L'O.N.A.B. de Oued Tlelat, lieu où s'est effectué la fabrication de l'aliment, a démarré son activité en 1986, elle a une capacité de production de 15 tonnes d'aliment par heure.



Figure 9 : Silos de stockage des matières premières, O.N.A.B. de Oued Tlelat.

L'aliment proposé par l'O.N.A.B. couvre les besoins en protéines du tilapia sans utilisation de farines animales (farine de poissons). Il contient suffisamment de sels minéraux, d'acides aminés essentiels, et un anti-stress. Le tableau suivant indique la valeur alimentaire de l'aliment fabriqué.

Protéines brutes	32,23 %
Lipides	4,85 %
Extractif non azoté	27 %
Matière minérale	8 %
AAI : Lysine	1,89 %
Méthionine + Cystéine	1,22 %
AGE (n-3)	2,63 %

Tableau 10 – Valeur alimentaire de l'aliment fabriqué au niveau de l'UAB Oued-Tlelat

À partir des données du tableau 10, et sachant que la quantité totale d'énergie dans chaque nutriment est comme suit :

- Lipides : 9,44 kcal / g de Matière sèche (MS)
- Protéines : 5,64 kcal / g de MS
- Hydrates de carbone : 4,11 kcal / g de MS

On peut facilement calculer la quantité totale d'énergie dans l'aliment en effectuant la somme des quantités d'énergie fournies par chaque nutriment :

$$(0,322 \times 5,64) + (0,0485 \times 9,44) + (0,27 \times 4,11) = 3,38$$

Notre aliment fournit donc 3,38 kcal/g.

Le tableau 11 indique les proportions de matières premières utilisées dans la fabrication de l'aliment d'*O. niloticus* à Oued Tlelat.

Matière première	Pourcentage dans l'aliment
Tourteau de soja	55 %
Son de blé	30 %
Maïs	8,5 %
Huile de soja	2,5 %
Carbonates de calcium	1,5 %
Phosphates bicalciques	0,8 %
DL Méthionine	0,2 %
Anti-stress	0,5 %
C.M.V.	1 %

Tableau 11 – Composition de l'aliment fabriqué au niveau de l'UAB Oued Tlelat :

Après élaboration de sa formule optimale du point de vue qualité/prix, et des quantités de matières premières nécessaires à sa fabrication, l'aliment est prêt à être fabriqué.

II.3. FABRICATION

Il s'agit d'une série d'opérations ayant pour but d'associer plusieurs proportions de matières premières.

Les composants mélangés peuvent être soit sous forme solide (farines animales, tourteaux, produits céréaliers, minéraux, vitamines) ou sous forme liquide (huiles de poissons, lécithines, certaines vitamines et substances liantes) (Guillaume *et al.*, 1999).

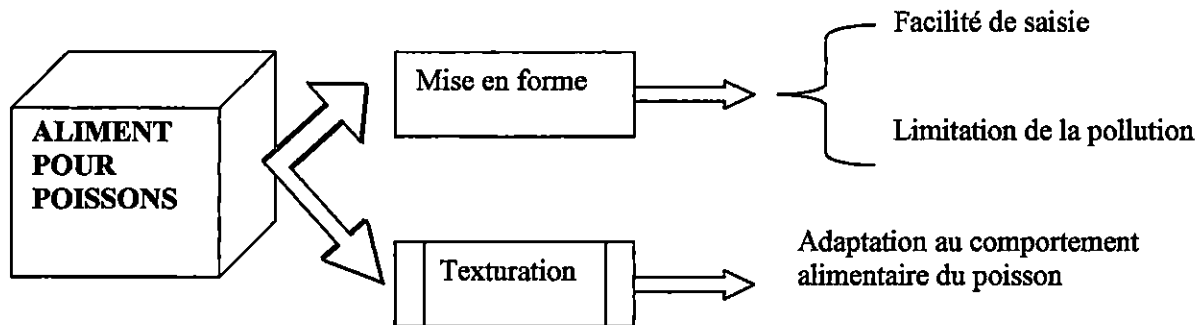


Figure 10 : Schéma récapitulatif montrant la spécificité d'un aliment pour poisson.

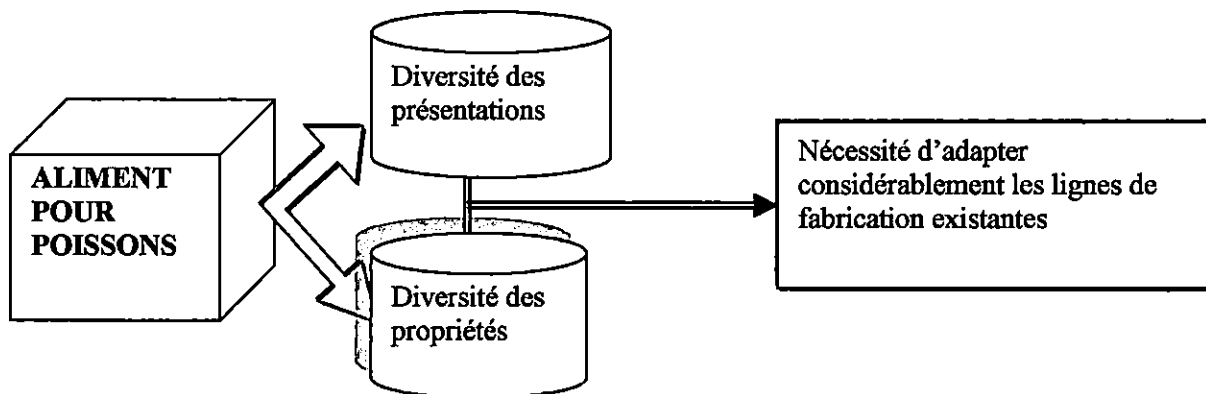


Figure 11 : Schéma récapitulatif démontrant la nécessité d'adapter les lignes de fabrication traditionnelles d'aliment pour animaux

Diversité des présentations signifie : miettes, granulés de différentes tailles

Diversité des propriétés signifie : résistances mécaniques aux manipulations et au délitement dans l'eau, aptitude à se réhydrater, à flotter. (Guillaume *et al.*, 1999)

(Les schémas des figures 3 et 4 sont inspirés du document Nutrition et Alimentation, Guillaume *et al.*, 1999)

II.3.1. PROCESSUS DE FABRICATION

II.3.1.1. QUANTITÉ ET TAILLES DE GRANULÉS FABRIQUÉS

La quantité totale d'aliment fabriquée est de **40 quintaux** d'aliment pour le test complet. Les quantités de matières premières utilisées sont mentionnées dans le tableau 12 ci-dessous.

Tourteau de soja	2200 kg
Son de blé	1200 kg
Maïs	340 kg
Huile de soja	100 kg
Carbonates de calcium	60 kg
Phosphates bicalciques	32 kg
DL Méthionine	8 kg
Anti-stress	20 kg
C.M.V.	40 kg

Tableau 12 – Quantité de matières nécessaires à la fabrication de l'aliment.

La première partie, de 20 quintaux, a été fabriquée le 07/05/2006.

La composition du C.M.V. utilisé se trouve dans le tableau E de l'annexe A.

Avec les équipements disponibles au niveau de l'UAB de Oued-Tlelat, et sans aucune modification, deux tailles de granulés ont été fabriquées : **Granulé 3mm et émietté.**



Figure 12 : Sortie des granulés de la presse, O.N.A.B. de Oued Tlelat ; le 07/05/2006

Age / poids du poisson	Taille de la particule
Larve : 1ères 24heures	En solution
Larve : 2 ^{ème} -10 ^{ème} jour	500µm
Larve : 10 ^{ème} -30 ^{ème} jour	500-1000 µm
Alevin de 30j à juvénile 0,5 à 10g	900-1500 µm
Alevin de 1 à 30g	1-2 mm
> 30g	2-4 mm

Tableau 13 – Tailles de granulé recommandé pour les différentes classes de taille de *O. niloticus* (Kestemont *et al.* ; 1989 *in* FAO).

II.3.1.2. PHASES DE FABRICATION

II.3.1.2.1. BROYAGE



Le broyage consiste à réduire une matière première en particules plus fines. Il permet par la suite un mélange plus homogène et plus stable, et une mise en forme plus régulière.

Figure 13 : Un des deux broyeurs à marteaux de l’U.A.B. de Oued Tlelat.

Les équipements industriels les plus utilisés en raison de leur polyvalence et de leur robustesse sont les **broyeurs à marteaux**. (Schéma d’un broyeur à marteaux : Figure B.a., annexe B). Le produit à broyer pénètre dans une chambre où il est violemment percuté par des marteaux fixés sur un rotor. Les particules générées sont reprises à nouveau jusqu’à ce qu’elles puissent traverser les trous d’une grille (sorte de tamis) en tôle épaisse perforée située à la partie inférieure de l’appareil (fig. 13). Une dépression d’air aide les particules à traverser les trous de la grille.

Le diamètre des trous s’échelonne de 0,5 mm (aliments pour jeunes alevins) à 3,5 mm (aliments pour gros poissons) (Guillaume *et al.*, 1999).

II.3.1.2.2. DOSAGE (PESAGE)

Le dosage assure l'apport des différents ingrédients de la formule dans des proportions bien définies. Il peut être massal (pesage), et c'est le cas le plus fréquent, ou volumétrique. La précision du dosage est d'une importance capitale dans la mesure que des substances actives onéreuses sont incorporées à des taux très bas dans les formules : tout excès ou insuffisance d'un élément constitue une dépense supplémentaire pour le fabricant ou un risque pour l'aquaculteur (Guillaume *et al.*, 1999).

Le fabricant dispose de balances (ou bascules) dont la portée est adaptée aux quantités à peser. L'emploi de deux bascules est une nécessité, l'une pour les matières premières employées en grande quantité, l'autre de portée plus faible (1/5 à 1/10^{ème} de la précédente) pour les composants mineurs. Les bascules sont soit de type mécanique avec indications transmises au cadran par un jeu de leviers, soit de type électronique à jauges de contraintes (Guillaume *et al.*, 1999).

II.3.1.2.3. MELANGE ET HOMOGENEISATION

L'homogénéisation, opération essentielle à l'élaboration d'un aliment composé, consiste à associer les matières premières préalablement broyées et dosées en les répartissant uniformément dans la masse du mélange. Nous utilisons une mélangeuse.

Un mélange est caractérisé par son homogénéité, mais aussi par le maintien de cette homogénéité dans le temps et dans l'espace. Le « homogène », qui n'est pas exact au sens physique du terme pour un mélange de farines, signifie que chaque élément du mélange doit être présent dans une masse donnée de produit à un pourcentage correspondant approximativement à sa valeur théorique.

Il s'agit dès lors d'une notion relative à la taille de l'échantillon : **l'animal doit pouvoir disposer de tous les éléments nécessaires à son entretien et à sa croissance, aussi petite que soit sa prise quotidienne de nourriture** (Guillaume *et al.*, 1999).

Le complément minéral et vitaminique ou « prémix » est incorporé à ce stade. Le niveau d'incorporation du pré-mélange final à recommander est de 1 à 4%. Plus ce taux est bas, et plus le risque d'hétérogénéité est susceptible de se manifester (Guillaume *et al.*, 1999).

II.3.1.2.4. PRESSAGE (AGGLOMERATION) :



Figure 14 : La presse à granulés de Oued Tlelat.

Afin d'obtenir nos granulés de 3mm de diamètre, nous avons utilisé une presse à granulés (voir figure 14).

Le mélange sous forme de farine est forcé par des galets (rouleaux) à travers les perforations d'une filière plate ou annulaire (Fonctionnement d'une presse : Figure B.b., annexe B). Il ressort de la presse sous forme de petits cylindres (les agglomérés ou granulés) de longueurs et de diamètres déterminés. Le diamètre varie de 2,5 à 6 mm selon le type et la taille de l'animal. La longueur est ajustée grâce à des couteaux disposés à la périphérie de la filière. Elle est ordinairement de 1,5 à 2 fois le diamètre du granulé. De l'eau ou de la vapeur sont ajoutées au préalable à l'aide d'un **conditionneur** (Guillaume *et al.*, 1999).

L'agglomération représente pratiquement les 2/3 de l'énergie totale nécessaire à la fabrication. Elle entraîne un échauffement de l'aliment dont la température atteint couramment **70 à 85°C** à la sortie des presses. Les granulés doivent être refroidis et séchés pour éviter tout développement ultérieur de moisissures, surtout en conditions de température et d'hygrométrie élevées (Guillaume *et al.*, 1999).

II.3.1.2.5. SECHAGE REFROIDISSEMENT

Le refroidissement est assuré par un flux d'air traversant une couche de granulés ou d'extrudés immobiles (refroidisseur vertical) ou disposés sur un tapis en mouvement (refroidisseur horizontal). A la sortie du refroidisseur, l'aliment est généralement tamisé pour séparer les particules fines non agglomérées, recyclées ensuite sur la presse. (Guillaume *et al.*, 1999).

L'unité de fabrication d'aliment de Oued Tlelat possède un refroidisseur vertical. Nous l'avons utilisé pour refroidir les granulés sortis de la presse.



Figure 15 : Refroidisseur de Oued Tlelat (en haut), la tamiseuse se trouve dans la partie inférieure.

II.3.1.2.6. EMIETTAGE

Le produit extrudé ou aggloméré, généralement de petit diamètre, est concassé dans un émietteur sur des cylindres cannelés (Guillaume *et al.*, 1999) (écartement utilisé dans notre étude : 1,5 mm) après refroidissement et séchage, puis tamisé en vue d'adapter la taille des particules à celle de la bouche de l'animal. La taille des miettes, est de 100 μ m à 1500 μ m pour les poissons juvéniles. Elle est approximativement proportionnelle à la taille du poisson, par exemple 0,025 fois la longueur du corps chez la truite (Guillaume *et al.*, 1999). Le tamisage laisse subsister un résidu très fin allant jusqu'à 25-35 %, inutilisable en l'état et qui doit être recyclé (Guillaume *et al.*, 1999). Cependant, dans la présente étude, le résidu allant jusqu'à 80 μ m a été utilisé pour nourrir les larves âgées de quelques jours.



Figure 16 : Les émiettés sortent de la tamiseuse, UAB Oued Tlelat.

II.3.1.2.7. ENSACHAGE

L'aliment fabriqué dans le cadre de notre étude est conditionné dans des sacs de 50 kg utilisés pour l'alimentation du bétail, sans aucune mention spécifique pour poissons. L'étiquetage comporte la valeur alimentaire de l'aliment, la date et le lieu de fabrication.



Figure 17 : Ensachage de l'aliment fabriqué le 07/05/2005 à Oued Tlelat.

Remarques relatives à la fabrication d'aliment :

- L'aliment est le plus souvent mis en forme par 2 techniques : à côté de l'agglomération, il y a aussi l'extrusion. Cette dernière consiste à produire des aliments expansés, flottants. Elle n'a pas été utilisée dans le cadre de notre étude.
- Des opérations complémentaires peuvent aussi ajouter des caractéristiques propres à l'aliment : l'enrobage par de la matière grasse afin d'enrichir le produit ou bien de lui procurer une meilleure stabilité à l'eau, et l'emploi des liants qui sont essentiellement utilisés dans les aliments qui contiennent peu de liants naturels (aliments à base de protéines animales).
- Quelques exemples de liants : liants ayant une valeur nutritive tel le gluten de blé et les amidons pré-gélatinisés, et les liants inertes tels les gélifiants et épaississants utilisés en industrie alimentaire (carboxyméthylcellulose, alginates, carraghénanes, agar-agar, gommes diverses) (Guillaume *et al.*, 1999).

II.4. ESSAI

*Le test de l'aliment sur *O. niloticus* s'est fait dans quatre sites différents ; dans une station expérimentale : le CNDPA, et à grandeur réelle : La ferme aquacole de M. Moulay à Ouargla, la ferme aquacole de M. Zouaoui à Saida, et la ferme aquacole de M. Lamara à Sétif. Les résultats qui nous concernent sont ceux des deux premiers sites.*

L'aliment a été distribué seul sans aucun autre apport d'aliment.



Figure 18 : Répartition de la ration des alevins en 4.

II.4.1. DESCRIPTION DES STRUCTURES D'ACCEUIL

II.4.1.1. C.N.D.P.A. : Centre National de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture:

Créé en 1993, sous tutelle du ministère chargé de la pêche, le C.N.D.P.A., établissement publique à caractère administratif, se localise à Bousmail, à environ 25 km à l'ouest d'Alger.

Le centre dispose de laboratoires d'analyses physico-chimiques et microbiologiques, et d'une station d'expérimentation en aquaculture avec notamment une écloserie sous serre contenant un module d'écloserie, et 6 raceways en fibre de verre des dimensions : $4,2 \times 0,8 \times 0,8$ m.

Inventaire des infrastructures utilisées lors du test de l'aliment au niveau du CNDPA :

Nous avons utilisé 4 raceways de l'écloserie, répartis comme suit :

Phase	Nombre de raceways	Nombre de poissons par raceway
Alevinage	2	500
Stabulation des géniteurs	2	12

Les raceways ne sont pas équipés de systèmes de filtration.
Un lot représente la totalité des poissons d'un seul raceway.

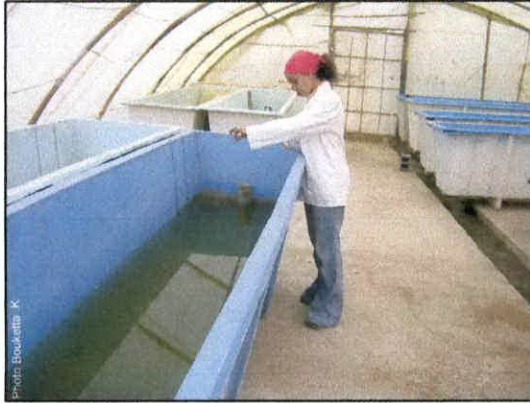
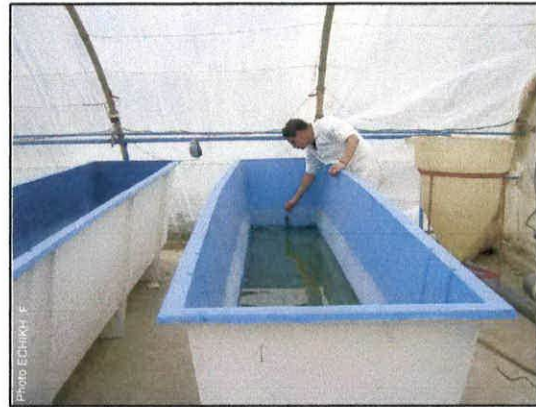


Figure 19 : (A gauche) CNDPA, Raceways d'alevinage.
Figure 20 : (A droite) CNDPA, Raceways des géniteurs.



II.4.1.2. FERME AQUACOLE MOULAY



Figure 21 : Bassins de grossissement de la ferme aquacole Moulay.

La ferme aquacole Moulay se situe à Hassi Benabdallah, à 25 km de la wilaya de Ouargla. Elle s'étend sur une superficie de 5 ha. Et elle a une capacité de production de 5 millions d'alevins / an, et de 1000T / an de tilapia.

Inventaire des infrastructures d'élevage de la ferme Moulay :

- Une écloserie :
- 32 bassins d'alevinage : $8 \times 2 \times 1,3$ mètres (longueur \times largeur \times profondeur)
- 2 bassins de géniteurs : $8 \times 8 \times 2$ m (longueur \times largeur \times profondeur)
- 30 bassins de grossissement : $60 \times 10 \times 1,3$ m (longueur \times largeur \times profondeur)
- Une salle de machines
- Une installation hydraulique
- Une unité de conservation et de stockage
- Une unité de transformation

Inventaires des infrastructures utilisées lors du test de l'aliment au niveau de la ferme MOULAY :



Figure 22 : Bassins d'alevinage, écloserie Moulay.

Nous avons utilisé 4 bassins d'alevinage avec une densité initiale de 800 alevins par bassin. La ferme n'avait jusqu'alors pas accueilli de poissons.

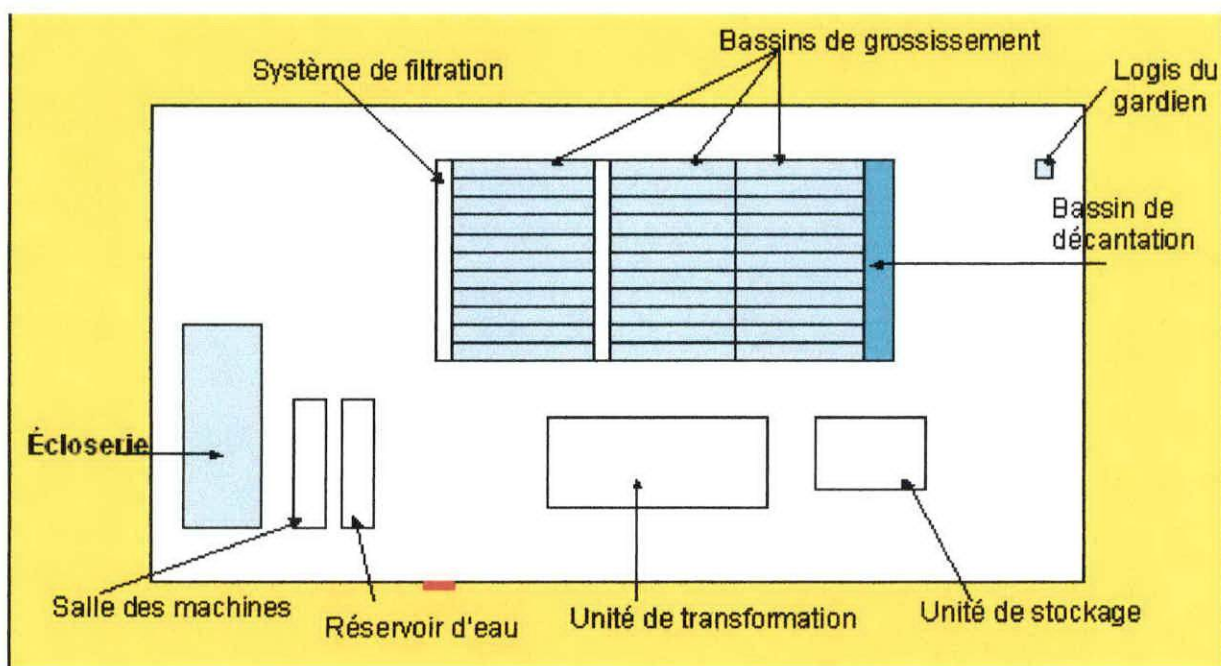


Figure 23 : Plan schématique de la ferme MOULAY

II.4.2. TESTS A REALISER :

II.4.2.1. VALEUR ALIMENTAIRE DE L'ALIMENT

Les méthodes de dosage utilisées se trouvent en annexe B.

II.4.2.2. CARACTERISATION DE L'ALIMENT

La qualité d'un aliment est caractérisée de différentes manières selon sa destination et son utilisation ; certains critères sont typiquement industriels, d'autres sont reliés davantage au comportement alimentaire de l'animal qui va consommer le produit (Guillaume *et al.*, 1999).

Taille des particules:

Evaluation par tamisage analytique Norme AFNOR NFX 15-501 (Guillaume *et al.*, 1999)

La taille des miettes destinées à des juvéniles est évaluée par tamisage analytique.



Figure 24 : Tamiseuse avec les 8 tamis utilisés.

En utilisant une tamiseuse électrique, un tamisage au niveau du laboratoire de l'ISMAL a été effectué au moyen de 8 tamis de tailles respectives de : **1600 μ m, 1250 μ m, 1000 μ m, 800 μ m, 500 μ m, 315 μ m, 160 μ m, et 80 μ m.**

L'échantillon tamisé était de 5kg.

Stabilité à l'eau

La résistance au délitement revêt une importance fondamentale pour les aliments destinés aux prédateurs à l'affût ou à comportement brouteur ou détritivore (Guillaume *et al.*, 1999). Nous avons évalué la stabilité par test visuel.

Durabilité :

Faute d'équipement nécessaire, la durabilité, ou friabilité, a été appréciée par frottement du granulé entre les doigts. Il s'agit là d'une simplification d'une méthode de caractérisation.

Acceptabilité :

L'acceptabilité est appréciée en fonction du temps que mets le poisson à ingérer l'aliment.

I.4.2.1.3. PARAMETRES D'ELEVAGE

Le contrôle des paramètres d'élevage se faisait une fois par semaine au niveau du CNDPA.

Nous n'avions pas pu faire des contrôles de paramètres physicochimiques au niveau de la ferme Moulay, seul le paramètre température a été noté. Ce paramètre est très important, puisque *O. niloticus* est une espèce à caractère sténotherme chaud, et qu'il semble que la température influe sur la prise alimentaire en agissant, directement, sur la vitesse du métabolisme du poisson ou bien, indirectement, en influant sur l'oxygène disponible du milieu, élément chimique indispensable à la combustion des aliments dans les cellules. Le tableau suivant indique les paramètres d'élevage contrôlés.

Paramètres	Matériels et méthodes
Température	Sonde multi-paramètres
Oxygène	Sonde multi-paramètres
pH	Sonde multi-paramètres
Salinité	Sonde multi-paramètres
M.E.S.	Filtration
NH ₄	Bleu d'indophénol
NO ₂	Sulfanilamide
NO ₃	Salicylate de sodium



Figure 25 : Sonde multi-paramètres utilisée

Tableau 14 – Inventaire des paramètres d'élevage contrôlés

II.4.2.2.4. CONTROLE DE CROISSANCE

La croissance d'un poisson peut être définie comme un changement de poids avec le temps qui est le résultat net de deux processus opposés : l'un augmentant le poids du corps (anabolisme), l'autre tendant à le diminuer (catabolisme) (Pauly, 1997).

Matériels et produits utilisés :

Deux balances de précision, des bassines, un ichtyomètre, des épuisettes, et un anesthésiant.



Figure 26 : bassine avec anesthésiant.



Figure 27 : balance pour le pesage des alevins (photo de gauche)
 Figure 28 : balance pour le pesage des géniteurs (photo de droite)



Figure 29 : Pêche des alevins à Ouargla.

II.4.2.5. RATION ALIMENTAIRE : R.A.

$$R.A. = (P_m \times T.N. / 100) \times \text{nombre d'individus (FAO, 2002)}$$

Avec : P_m : Poids moyen, $T.N.$: Taux de nourrissage

II.4.2.6. RELEVÉ DES MORTALITÉS

Une observation du nombre de poissons morts se faisait à chaque contrôle de croissance.

II.4.2.7. EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE L'ALIMENT

Le gain de poids a été calculé par différence entre le poids total final $P_{tot f}$ et le poids total initial $P_{tot i}$:

$$\text{Gain de poids} = P_{tot f} - P_{tot i}$$

Le gain de poids individuel a été calculé par différence entre le poids moyen final $P_{m f}$ et le poids moyen initial $P_{m i}$:

$$\text{Gain de poids individuel} = P_{m f} - P_{m i}$$

Les poids totaux, initial et final, sont calculés en multipliant le poids moyen des individus de l'échantillon, par les effectifs totaux, respectivement N_i et N_f :

$$P_{tot i} = P_{m i} \times N_i$$

$$P_{tot f} = P_{m f} \times N_f$$

II.4.2.7.1. COEFFICIENT D'EFFICACITÉ PROTEIQUE : CEP

Plus la valeur de ce rapport (Coefficient d'efficacité protéique (CEP)) est grande et plus la valeur biologique des protéines est grande (Alliot *et al.*, 1984). La quantité de protéines est calculée en multipliant la quantité totale d'aliment utilisée tout au long du test par le pourcentage de protéines dans l'aliment. Ainsi on pourra calculer le CEP selon :

$$\text{CEP} = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{Quantité de protéines}}$$

II.4.2.7.2. INDICE DE CROISSANCE JOURNALIER : ICJ

L'indice de croissance journalier évaluera le taux de croissance journalier, il donnera une idée sur le gain de poids des individus par jour.

$$\text{ICJ} = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{Durée de l'expérience (j)}}$$

II.4.2.7.3. INDICE DE CONVERSION ALIMENTAIRE : IC

$$IC = \frac{\text{Aliment distribué (g)}}{\text{Gain de poids (g)}}$$

II.4.2.7.4. TAUX DE MORTALITÉ : T.M.

T.M. (%) = (nombre d'individus morts / Ni) *100

Avec : Ni : effectif initial

II.4.3. DEMARRAGE DE L'EXPERIMENTATION

Le tableau 15 indique les dates de démarrage des expérimentations.

Etablissement	Début d'expérimentation
CNDPA	10/06/2006
Ferme aquacole Moulay (Ouargla)	14/06/2006
Ferme aquacole Zouaoui (Saïda)	28/06/2006
Etablissement Lamara (Sétif)	07/06/2006

Tableau 15– Dates du démarrage des opérations dans les différents sites

II.4.3.1. RÉPARTITION DE L'ALIMENT

Le tableau 16 indique la répartition de la quantité d'aliment fabriquée.

Etablissement	Quantité	Date de réception
CNDPA	8 quintaux	09/05/2006
Ferme aquacole Moulay (Ouargla)	4 quintaux	13/06/2006
Ferme aquacole Zouaoui (Saïda)	4 quintaux	28/06/2006
Etablissement Lamara (Sétif)	4 quintaux	05/06/2006

Tableau 16 – Répartitions et dates de réception de l'aliment dans les différents sites

II.4.3.2. MODALITÉS DE DISTRIBUTION DE L'ALIMENT

La distribution de l'aliment se faisait selon les mêmes modalités au niveau des deux sites de l'expérience. Voir tableau 17.

	Phase	
	Alevinage	Stabulation des géniteurs
Taux journalier de nourrissage (% du poids corporel moyen)	15 %	3 %
Fréquence d'alimentation	4 fois par jour	2 fois par jour
Mode de distribution	Manuel	Manuel

Tableau 17 – Taux journalier, fréquence et mode de distribution de l'aliment en fonction de la phase d'élevage

La première ration journalière se distribuait le matin, la dernière ration journalière se distribuait en fin d'après-midi.

III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1. CONTROLES EFFECTUÉS :

III.1.1. VALEUR ALIMENTAIRE DE L'ALIMENT

La valeur alimentaire des matières premières composant l'aliment se trouve en annexe B.

III.1.2. CARACTERISATION DE L'ALIMENT

Le tableau 18 indique les caractéristiques de l'aliment fabriqué qu'on a pu apprécier.

Test	Flottabilité	Acceptabilité	Stabilité	Durabilité
Résultat	L'aliment est plongeant	Très bonne, l'aliment est consommé dans un délai de quelques secondes à partir de sa distribution	Délitement total en 15 minutes	L'aliment est peu friable

Tableau 18 – Quelques caractéristiques de l'aliment fabriqué

Résultats du test de la taille des particules :

Taille de la particule (diamètre en μm)	Pourcentage dans l'aliment
>1600	63,868
>1250	7,948
>1000	6,732
>800	5,162
>630	4,786
>500	3,638
>315	3,976
>160	2,636
>80	0,846
<80	0,036

III.1.3. PARAMETRES D'ELEVAGE

III.1.3.1. EVOLUTION DES PARAMETRES D'ELEVAGE AU NIVEAU DU CNDPA

Les valeurs des paramètres d'élevage se trouvent dans les tableaux B.a, B.b, B.c, et B.d de l'annexe A. L'évolution de ces paramètres est représentée par des graphes : voir les figures présentes dans les sections 1 à 4 de l'annexe B.

III.1.3.2. EVOLUTION DES PARAMETRES D'ELEVAGE AU NIVEAU DE LA FERME MOULAY

Seule la température a été notée, le moyenne était de 30°C.

III.1.4. CONTROLE DE CROISSANCE

III.1.4.1. RESULTATS OBTENUS AU CNDPA :

- Périodicité des contrôles de croissance : tous les 15 jours
- Echantillonnage : 30 alevins pour chaque lot d'alevins par contrôle.
- Quant aux lots de géniteurs, au nombre de 24 (12 dans chaque lot), le contrôle touchait tous les individus.
- Durée totale du test : 45 jours pour l'alevinage, et 52 jours pour la phase de stabulation des géniteurs.

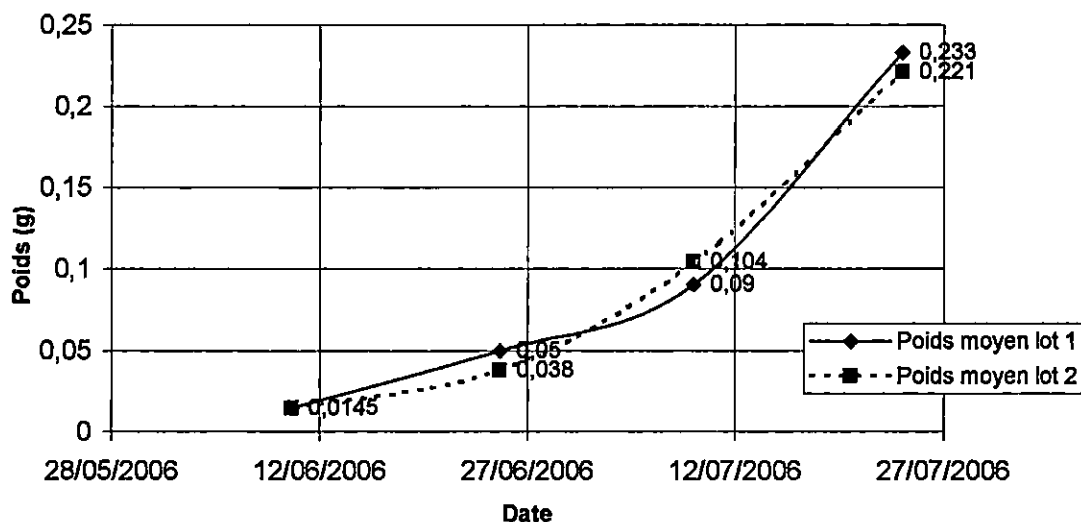


Figure 30 : Evolution du poids moyen des alevins, CNDPA.

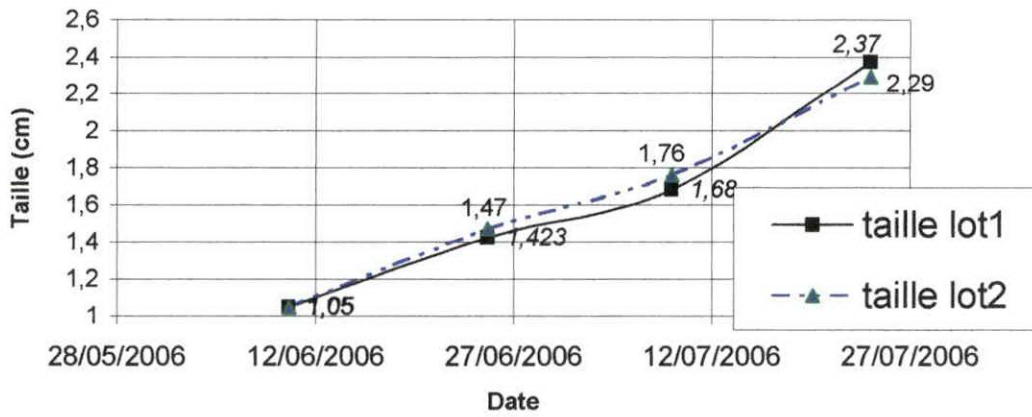


Figure 31 : Evolution de la taille des alevins, CNDPA.

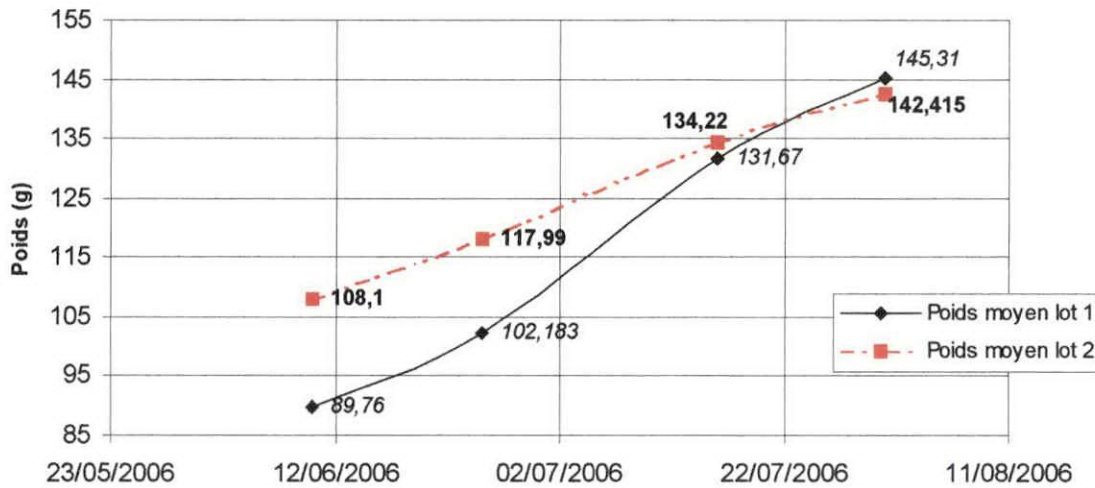


Figure 32 : Evolution du poids moyen des deux lots de géniteurs, CNDPA

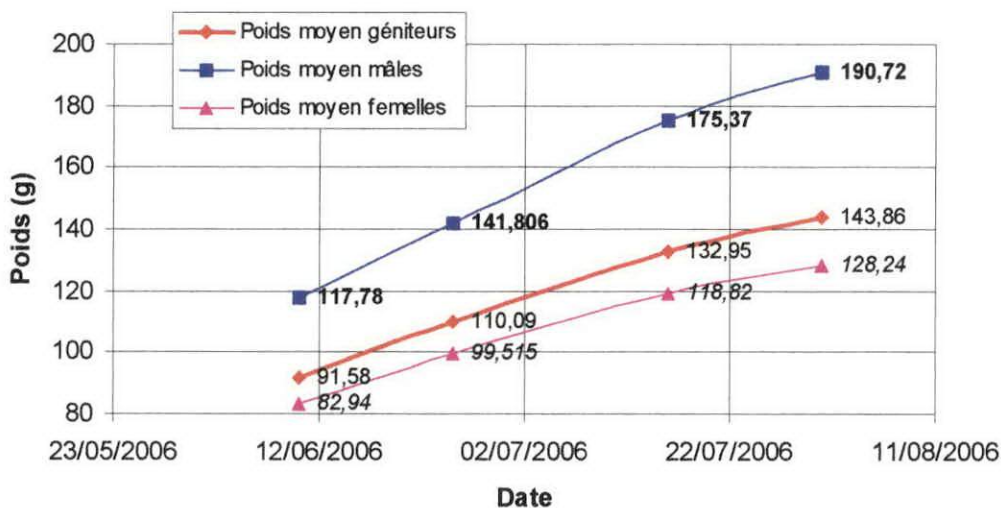


Figure 33 : Evolution du poids moyen des géniteurs selon leurs sexes, CNDPA

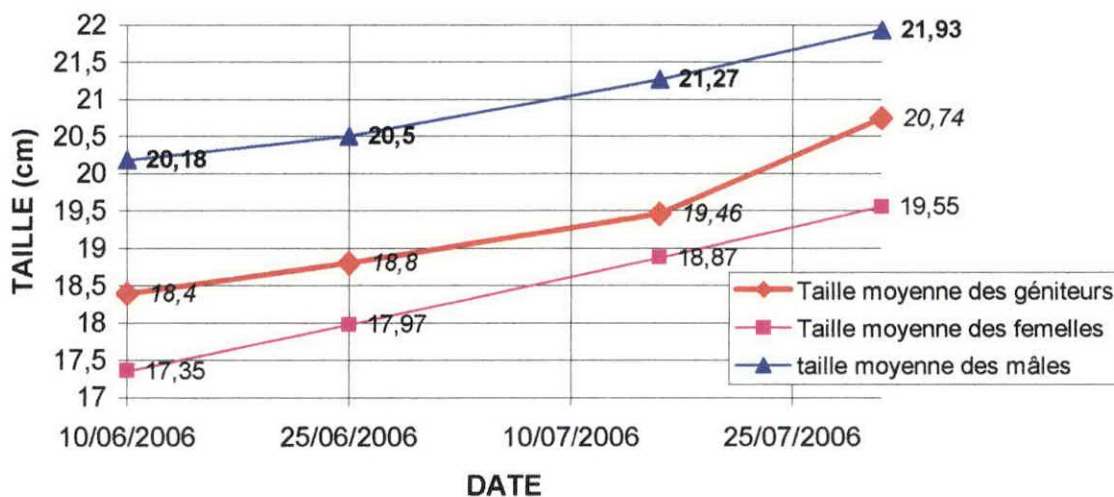


Figure 34 : Evolution de la taille des géniteurs, CNDPA.

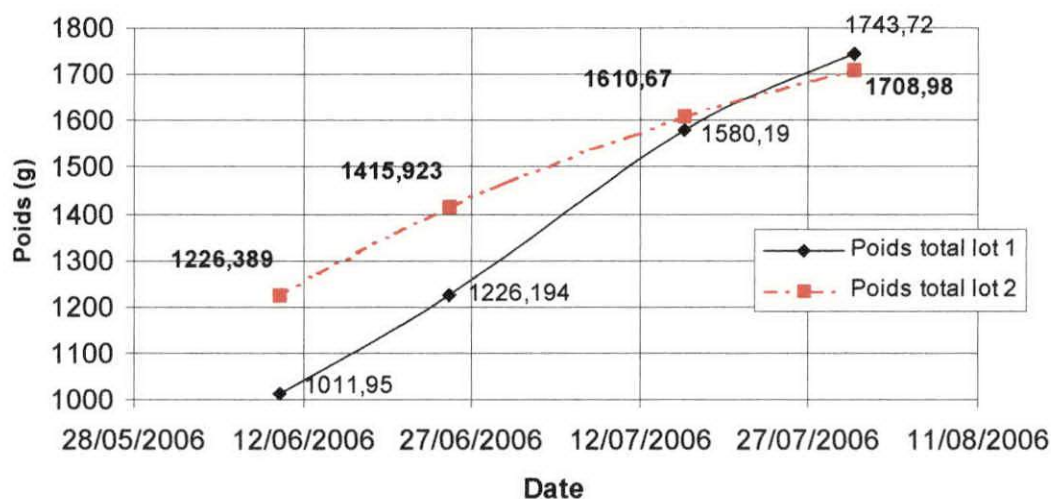


Figure 35 : Evolution du poids total des géniteurs, CNDPA.

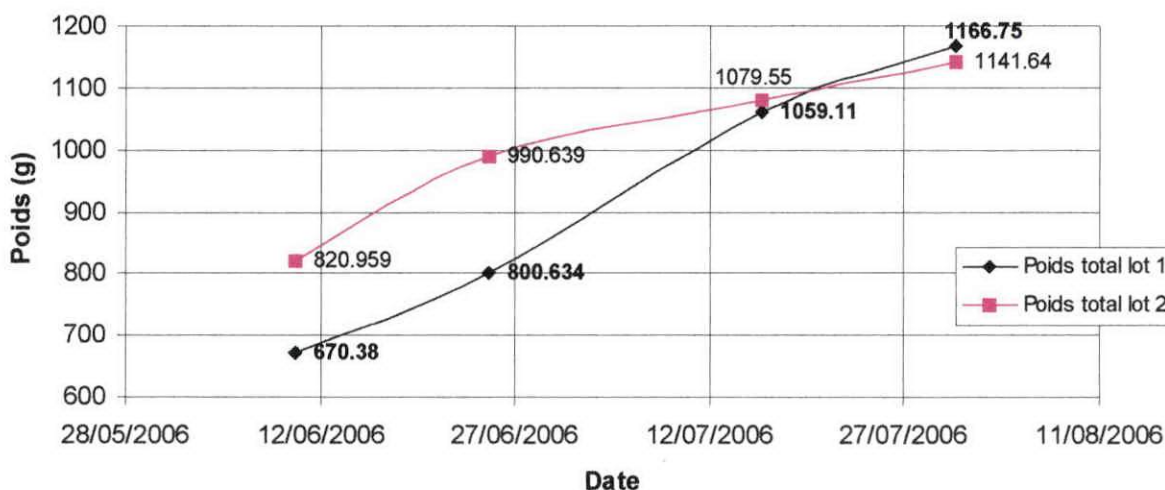


Figure 36 : Evolution du poids total des femelles, CNDPA.

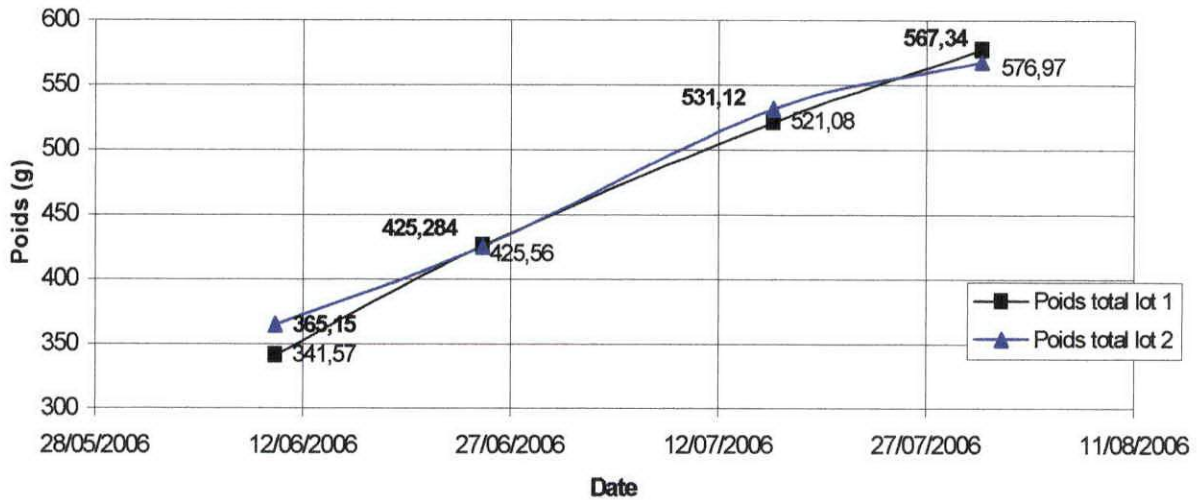


Figure 37 : Evolution du poids total des mâles, CNDPA.

III.1.4.2. RESULTATS OBTENUS A LA FERME MOULAY :

- Périodicité des contrôles de croissance : Les contrôles de croissance se sont fait selon le calendrier suivant :

Dates :
14/06/2006
11/07/2006
29/07/2006

- Echantillonnage : 30 alevins par contrôle.
- La durée totale du test est de 47 jours. Il n'y a pas eu d'expérience sur des géniteurs au niveau de la ferme Moulay, pour une raison de non disponibilité.

III.1.4.2.1. EVOLUTION DE LA CROISSANCE



Figure 38 : Evolution de la masse des alevins au niveau de la ferme Moulay



Figure 39 : Evolution de la taille moyenne des alevins, ferme Moulay.

Dans le troisième contrôle de croissance à Ouargla, nous avons observé des cas de cannibalisme (voir photo ci-dessous).



Le recours au triage des individus au-delà d'une certaine taille (lorsque les différences de taille sont significatives) est une pratique courante dans l'élevage du tilapia.

Ce dimorphisme est inévitable, et le triage peut éviter 20 % de mortalités.

Figure 40 : Cas de cannibalisme observé à la ferme de Ouargla.

III.1.5. RATION ALIMENTAIRE

L'ajustement de la ration alimentaire se faisait à chaque contrôle de croissance. Les rations figurant dans les tableaux 19 et 20 représentent la ration totale pour tous les individus de la phase concernée. La ration alimentaire des alevins ainsi que celle des géniteurs a été calculée par lots séparés ; nous avons calculé la ration alimentaire de chaque lot d'alevins (2 lots au CNDPA, et 4 lots à Ouargla) et les résultats étaient pratiquement similaires. Cela est dû au fait que les lots d'une même phase et d'un même site aient été sous l'influence des mêmes conditions d'élevage. D'autre part nous avons calculé la ration alimentaire de chaque lot de géniteurs et, l'on ne pouvait négliger les variations existantes.

Pour cela, nous nous sommes permis d'établir la moyenne des deux (CNDPA) ou quatre (Ouargla) résultats sensiblement identiques des alevins, pour n'avoir qu'une seule ration alimentaire. Mais pour les géniteurs, il y avait deux rations différentes pour les deux raceways.

1. CNDPA

DATE	Ration alimentaire des 1000 alevins (g/j)	Ration alimentaire des géniteurs (g/j)	
		Lot 1	Lot 2
10/06/2006	1,09	30,36	35,58
25/06/2006	3,3	36,78	42,47
09/07/2006	7,35	-	
16/07/2006	-	47,4	48,32

Tableau 19 – Evolution de la ration journalière distribuée par phase d'élevage au niveau du CNDPA

2. FERME MOULAY

Le tableau suivant indique la ration journalière totale distribuée aux alevins des 4 bassins.

DATE	RATION ALIMENTAIRE (g/j)
14/06/2006	8,1
11/07/2006	1755

Tableau 20 – Evolution de la ration journalière distribuée au niveau de Ouargla

III.1.6. RELEVÉ DES MORTALITÉS

Le tableau 21 indique les mortalités observées dans les deux sites pendant toute la période d'expérimentation.

Site	Phase d'élevage	Nombre de poissons morts	Remarques
CNDPA	Alevinage	37	Ces mortalités sont uniquement dues aux manipulations des échantillons lors des contrôles de croissance, l'anesthésiant n'étant pas toujours disponible.
	Stabulation des géniteurs	Aucun	
Ferme aquacole Moulay	Alevinage	Au maximum 2 poissons morts / bassin	Bien que nous n'ayons pu évaluer, pour des raisons techniques, le nombre exact de poissons morts, nous savons par contre que ces mortalités sont dues au phénomène de cannibalisme comme il a été mentionné plus haut. (voir page 48)

Tableau 21 – Relevé des mortalités

III.1.7. EVALUATION DE L'EFFICACITÉ DE L'ALIMENT

Les résultats qui vont suivre caractérisent l'efficacité de l'aliment dans les deux sites. Voir tableaux 22, 23, 24, et 25. Les formules utilisées pour les calculs se trouvent plus haut.

Gain de poids total (kg)			
Géniteurs (CNDPA)		Alevins CNDPA	Alevins Moulay
1,254 pour les 24 géniteurs		0,4333	22,92
0,437 pour les 6 mâles	0,817 pour les 18 femelles	pour les 1000 alevins	pour les 3600 alevins
0,235 pour les 3 mâles du lot1	0,496 pour les 9 femelles du lot 1		
0,202 pour les 3 mâles du lot 2	0,320 pour les 9 femelles du lot 2		

Tableau 22 – Gain de poids total de tous les individus pendant toute la durée de l'expérience

Gain de poids moyen d'un seul individu (g)			
Géniteurs (CNDPA)		Alevins CNDPA	Alevins Moulay
52,25 pour un géniteur		0,218	6,385
60,98 (géniteur du lot 1), 40,22 (géniteur du lot 2)			
78,46 (mâle du lot 1), 67,4 (mâle du lot 2)			
55,15 (femelle du lot 1), 35,63 (femelle du lot 2)			
72,83 moyenne un seul mâle	45,39 moyenne une seule femelle		

Tableau 23 – Gain de poids moyen d'un seul individu pendant toute la durée de l'expérience

III.1.7.1. COEFFICIENT D'EFFICACITE PROTEIQUE (CEP)

Quantité de protéines = quantité d'aliment * pourcentage des protéines dans l'aliment

Résultat obtenu après calcul : Voir les tableaux 24, 25, et 26.

Quantité d'aliment (g)		
Géniteurs (CNDPA)	Alevins CNDPA	Alevins Moulay
1955,1 pour un seul géniteur du lot1	0,352g pour un seul alevin	9,811g pour un seul alevin
2137,15 pour un seul géniteur du lot2	655,05g pour les 1000	35320g pour les 3600
49136g pour les 24 géniteurs	alevins	alevins

Tableau 24 – Quantité d'aliment utilisée dans chaque phase d'élevage

Quantité de protéines (g)		
Géniteurs (CNDPA)	Alevins CNDPA	Alevins Moulay
630,13 pour un seul géniteur du lot1	0,1135 pour un seul alevin	3,161g pour un seul alevin
688,8 pour un seul géniteur du lot2	211,12g pour les 1000 alevins	11380g pour les 3600 alevins
15836,53 pour les 24 géniteurs		

Tableau 25 – Quantité de protéines utilisée dans chaque phase d'élevage

CEP		
Géniteurs (CNDPA)	Alevins CNDPA	Alevins Moulay
0,0967 pour le lot 1	0,019	2,02
0,0584 pour le lot 2		

Tableau 26 – Coefficients d'efficacité protéique obtenus

III.1.7.2. INDICE DE CROISSANCE JOURNALIER : ICJ

ICJ (g/j)		
Géniteurs (CNDPA)	Alevins CNDPA	Alevins Moulay
1,1727 pour le lot 1	0,0048	0,136
0,7734 pour le lot 2		

Tableau 27 – Indices de croissance journaliers obtenus

III.1.7.3. INDICE DE CONVERSION ALIMENTAIRE : IC

IC des alevins du CNDPA : 1,51

IC des alevins de Moulay : 1,54

III.1.7.4. TAUX DE MORTALITÉ : T.M.

$$\text{T.M. (\%)} = (\text{nombre d'individus morts} / N_i) * 100$$

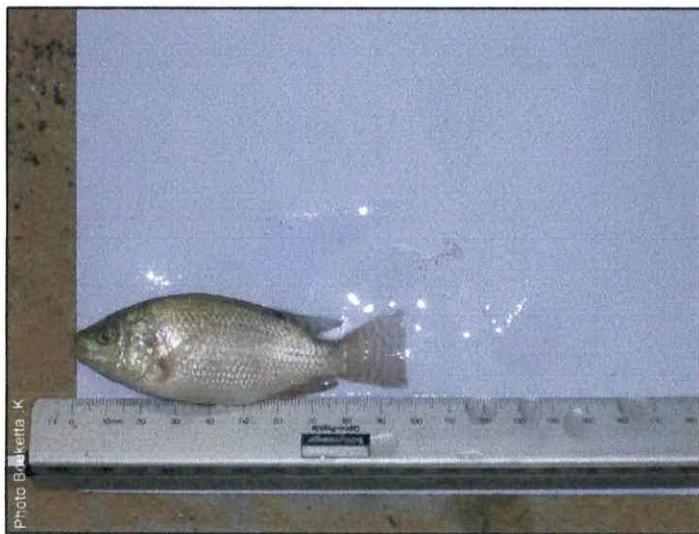
En utilisant le tableau 21 et la formule ci-dessus, nous avons établi le tableau suivant :

Site	Phase d'élevage	T.M.	Remarque
CNDPA	Alevinage	3,7 % *	* ce T.M. ne caractérise pas la phase d'élevage puisque les mortalités ne sont pas naturelles mais dues à l'expérience.
	Stabulation des géniteurs	0 %	
Moulay	Alevinage	0,22 % **	** nous avons considéré que le nombre de poissons morts est égal à 8. (voir relevé des mortalités)

Tableau 28 – Taux de mortalité de chaque phase d'élevage

III.2. ANALYSE ET INTERPRETATION DES RESULTATS

Selon Pauly, 1988, la longueur d'*O. niloticus niloticus* en captivité ne dépasse pas 5 cm en 3 mois et 13 cm en 6 mois. Les données de la FAO indiquent que *O. niloticus* atteint 1,5 à 3g en 6 semaines pour un élevage en bassin (FAO). Et Rakocy, prévoit un poids final de 0,5 à 1g au bout d'un mois d'élevage, et cela en système d'élevage intensif, avec une ration alimentaire de 15 à 20% (Rakocy, 1989). D'après les données de la FAO, l'indice de croissance journalier des alevins élevés en bassin se situe entre à 0,035 et à 0,07 g/j. Les indices obtenus lors de nos deux expériences sont de l'ordre de 0,0048 et 0,136 respectivement pour les alevins du CNDPA et ceux de Moulay.



Les résultats observés à Ouargla sont très intéressants, des individus dépassant les 9 cm (des poids d'environ 15g) sont observés après un mois et demi d'expérience. Sachant que l'expérience a débuté avec des alevins âgés d'une semaine.

Figure 41 : Un alevin mesurant 9,7 cm pêché lors du dernier contrôle de croissance à Ouargla, soit âgé d'à peine 2 mois.

Analyse des paramètres d'élevage de la phase d'alevinage :

1. Avec 500 alevins par lot au niveau du CNDPA dans des raceways d'environ 2,5m³ de volume d'eau, et environ 800 alevins par bassin au niveau de la ferme de Ouargla dans des bassins d'environ 20m³ d'eau, les densités d'élevage étaient les suivantes :

200 alevins / m³, au CNDPA et 40 alevins / m³, à la ferme de Ouargla.

Cela signifie donc que la **densité d'élevage** au CNDPA est 5 fois plus élevée.

2. D'autre part, le **renouvellement d'eau** au CNDPA se faisait une fois par semaine, alors que celui de la ferme de Moulay avait une fréquence variable mais plus élevée.

3. La **température moyenne** de l'eau dans les deux sites et pendant toute la durée de l'expérience est : 24,9°C en ce qui concerne les raceways des alevins au CNDPA, 30°C en ce qui concerne la ferme de Moulay.

Remarque :

Au CNDPA, la serre de l'écloserie était sous l'influence des aléas climatiques, il y a eu du vent et le ciel était couvert maintes fois. Les raceways étaient exposés à ces variations puisque l'écloserie n'était que partiellement sous serre peu après le début de l'expérience.

Analyse de l'évolution de la croissance des alevins du CNDPA :

- Le taux de croissance des deux lots est sensiblement le même pendant toute la période d'expérimentation.
- A partir du 02/07/2006, le taux de croissance a augmenté.
- La valeur de NO_2^- a été au dessus du seuil légal à maintes reprises pour les deux lots (figures A1 et A2, annexe B), mais sans effet sur la survie.
- Globalement, les taux de croissance sont en deçà des valeurs théoriques (valeurs de la FAO) : en 6 semaines d'élevage, les alevins n'ont pas atteint plus de 0,3g en moyenne.
- L'indice de conversion alimentaire obtenu indique cependant une valeur acceptable (<2).

Analyse de l'évolution de la croissance des alevins de Moulay :

- Les alevins ont dépassé la moyenne de 3g par individu en 4 semaines d'expérimentation.
- La courbe de croissance est linéaire, mais cela est très probablement dû au manque de données durant le premier mois d'élevage, puisque la croissance des poissons est exponentielle au stade alevin. La croissance ne devient linéaire qu'à partir de l'âge juvénile.

Comparaison de la croissance des alevins des deux sites :

- Il est clair qu'il existe une différence significative entre la croissance des alevins des deux sites. Voir les figures 42 et 43.

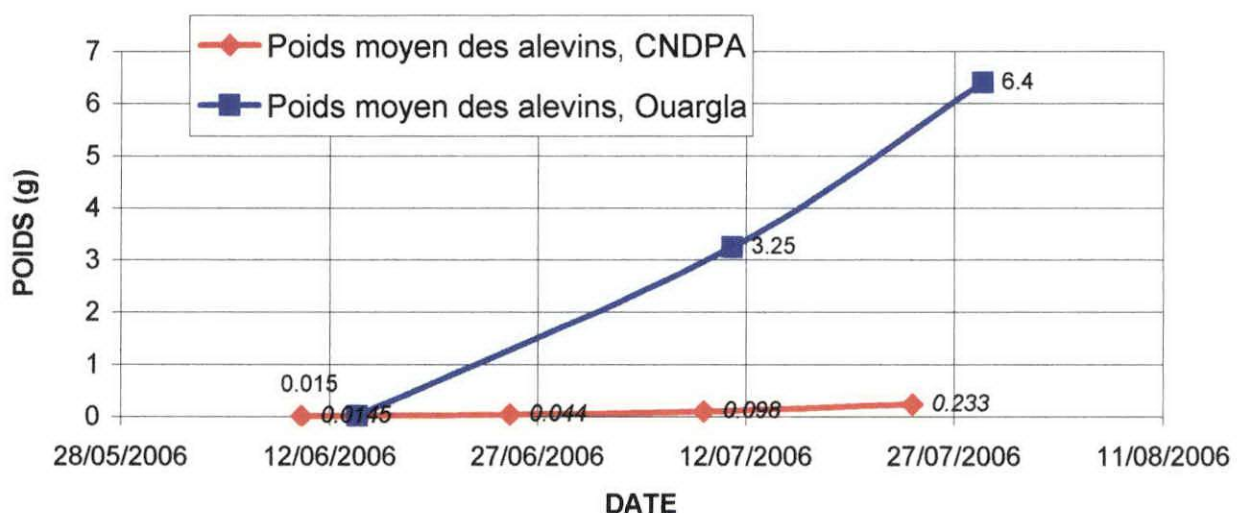


Figure 42 : Comparaison de l'évolution de la croissance pondérale des alevins du CNDPA avec celle des alevins de Moulay

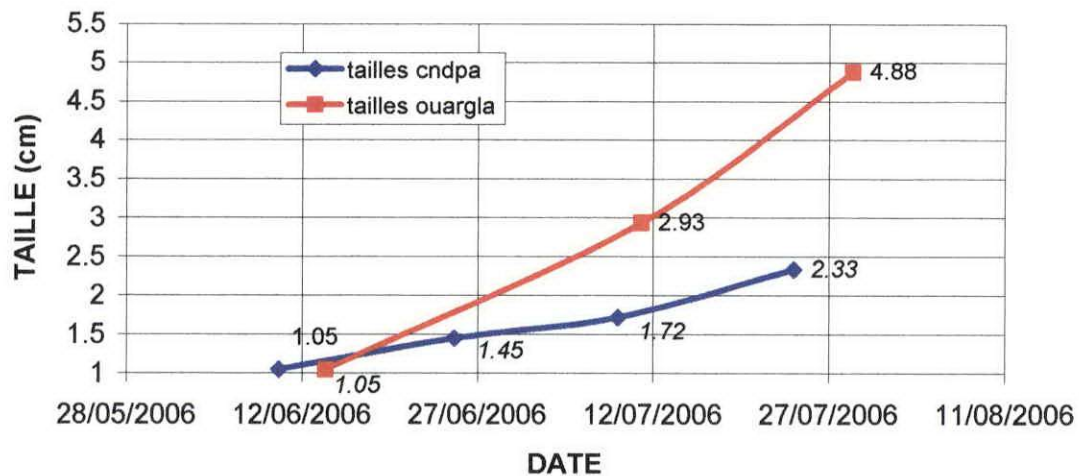


Figure 43 : Comparaison de l'évolution de la taille des alevins du CNDPA par rapport à ceux de Moulay

Analyse de l'évolution de la croissance des géniteurs du CNDPA :

- Densité d'élevage des géniteurs : (calculée respectivement à partir des poids initiaux et des poids finaux) : LOT 1 : de $0,405\text{kg/m}^3$ à $0,697\text{kg/m}^3$, LOT 2 : de $0,490\text{kg/m}^3$ à $0,683\text{kg/m}^3$. Ce qui permet de dire que la charge moyenne optimale est appliquée : de $0,5$ à 1kg/m^3 (Recommandation FAO).
- Température moyenne durant toute la phase d'élevage : $24,5^\circ\text{C}$.
- Renouvellement de l'eau : une fois par semaine.
 - En analysant le graphe de la figure 35, on remarque un rétrécissement de l'écart entre les poids totaux des deux lots après une certaine période. Cela correspond au même rétrécissement d'écart observé chez les deux lots de femelles (figure 36). Ce sont les femelles qui sont responsables de ce rétrécissement, puisque, après le deuxième contrôle, les lots des mâles évoluent d'une même manière, et leur taux de croissance a augmenté (figure 37).
 - On observe un rétrécissement de l'écart entre les poids des deux lots de mâles avant le deuxième contrôle de croissance. L'écart observé chez les femelles représente une diminution du taux de croissance du deuxième lot de femelles, ajouté à une augmentation de ce taux chez les femelles du premier lot.
 - On remarque aussi que la valeur létale de NO_2^- (soit de $2,1\text{mg/l}$, selon des recommandations de la FAO) a été là encore dépassée plusieurs fois, et ceci dans le lot1. Sans aucune conséquence sur la survie.
 - **Aucune mortalité ni déformation n'a été observée chez les deux lots de géniteurs.**
 - Nous avons remarqué qu'il y avait une production d'alevins en continu.

INTERPRETATION DE RESULTATS

ALEVINS

- Le faible taux de croissance obtenu chez les alevins du CNDPA peut avoir diverses origines : La densité, l'oxygène, le stress, les variations climatiques, ou autre. Il est connu qu'un taux d'oxygène qui fluctue incessamment a une influence négative et significative sur la croissance d'*O. niloticus* ; d'après une étude menée par Tsadik et Kutty en 1987 (FAO).
- Une autre étude menée par Glasser et Oswald en 2001 indique que la densité influe sur la croissance d'*O. niloticus*, et ceci d'une façon négative lorsqu'elle augmente.
- Le taux élevé de nitrites (période durant laquelle ce taux était supérieur à 2,1) a pu être à l'origine de la faible croissance.
- L'augmentation du taux de croissance des alevins du CNDPA à partir d'une certaine période (voir figure 42) peut bien être dû simplement au fait que la croissance des alevins soit exponentielle. Mais aussi cela peut aussi avoir une relation avec la stabilisation de la température au-dessus de 25°C, avec une phase d'adaptation à la nourriture, ou encore cela avec la diminution de la concentration de NO³⁻.
- L'aliment testé ne semble pas avoir un effet limitant la croissance, vu les résultats exceptionnels obtenus à la ferme Moulay. L'aliment en question a pu contribuer à obtenir de tels résultats à Ouargla.
- Il est très probable que le phénomène de cannibalisme a fortement contribué à obtenir ce taux de croissance très élevé.
- On pense que le taux de renouvellement de l'eau à Ouargla, qui est plus fréquent, ainsi que la température de l'eau dans le même site, qui est plus élevée, sont les facteurs qui ont le plus déterminé le taux de croissance significativement différent à Ouargla. Le cannibalisme aussi a pu contribuer à l'augmentation du taux de croissance.

GÉNITEURS

Comme le prouvent les dates des contrôles de croissance des géniteurs, nous avons effectué le troisième contrôle après 20 jours du deuxième et non après 15 comme prévu, ceci car les géniteurs au deuxième contrôle n'ont pas pu avoir un résultat de reproduction aussi bon qu'avant, cela est dû au stress inhérent aux manipulations. Cela dit, les manipulations en questions n'ont pas eu un effet limitant totalement la reproduction, puisqu'il y a eu production constante d'alevins, à chaque contrôle.

Chez *O. niloticus*, le mâle est d'autant plus dominant que sa longueur est grande. Chaque fois que l'on introduit un nouveau mâle dans le milieu, les mâles se hiérarchisent et conservent cette hiérarchie jusqu'à la venue du nouvel intrus. Le dominant prend le territoire le mieux placé et le surveille vivement, agressant tout mâle passant à proximité et courtisant les femelles. Il est tellement occupé qu'il néglige son alimentation. De ce fait, sa longueur s'accroît peu. Les dominés se font tout petits, ne courtisent pas et mangent beaucoup. Ils grandissent plus vite et deviennent plus grands que le dominant (Lacroix, 2004).

En tenant compte de cela, on peut expliquer le rétrécissement de l'écart entre les deux lots mâles. On peut penser à la présence d'un ou même de deux dominés dans le premier lot, ce qui a fait qu'ils ont eu un taux de croissance plus élevé que celui des dominés. Le lot 2 comporterait donc des mâles tous dominants, ce qui explique leur faible taux de croissance durant la période d'avant le deuxième contrôle ; Les mâles courtisant plus que ceux du lot 1 et donc mangeant moins, et les femelles plus sollicitées que celles du premier lot, et donc plus épuisées.

La période qui a suivi a montré une évolution similaire des poids des mâles dans les deux lots. Ce phénomène semble intéressant : à tenir en considération en pisciculture.

Dans les petites étendues d'eau ou les milieux surpeuplés, les mâles grandissent plus vite que les femelles dont la taille de maturation est inférieure à celle des mâles (Lacroix, 2004). Il existerait peut être un certain seuil au-delà duquel le taux de croissance des femelles diminue. On peut analyser le graphe de croissance des deux lots de femelles en proposant que plus la femelle est grande, et donc plus âgée, pour une même population et des mêmes conditions d'élevage, moins le taux de croissance de celle-ci est élevé. Pour une même ration alimentaire par unité de poids, les petites femelles ont grandi mieux que les grandes. En d'autres termes, pour un élevage à sexes mélangés, l'indice de conversion des femelles sera augmenté à partir d'un certain seuil ; probablement à partir d'environ 100g de poids d'une femelle. Ce qui n'est pas intéressant pour la production. Ce qui va dans le même sens des recommandations d'élevages monosexes mâles.

Les indices de croissance journaliers différents des deux lots de géniteurs du CNDPA montrent qu'il existe bien une influence soit de dominance, soit de croissance entre grandes et petites femelles.

Les deux hypothèses – différence de dominance des mâles d'une part, et d'âge des femelles d'autre part – peuvent s'additionner pour obtenir les résultats de l'expérience.

La production par les géniteurs n'a diminué que lorsque l'on effectuait des contrôles fréquents de la croissance. Globalement nous avons vu que la production d'alevins était bonne, l'aliment n'a pas eu d'effet limitant sur celle-ci.

Discussion à propos de l'aliment testé :

- Il a été démontré que le rapport optimum glucide/lipide pour *O. niloticus* se situe entre 2,06 et 4,95 (Ali et Al-Asgah, 2000). Notre aliment n'est pas loin de cet optimum avec un rapport de 5,56.
- Le C.M.V. utilisé manque de vitamine C, cela n'a pas eu d'effet pathologique ou sur la survie. On en conclue donc que les matières premières utilisées en contiennent en quantité suffisante. Le dosage des vitamines étant, rappelons-le, délicat et onéreux.
- Une raison de fabrication d'aliment industriellement est que, aussi petite soit elle, la proportion d'aliment ingérée contient :
 - Des **protéines** en quantité suffisante (32,23%).
 - Des **Acides Gras essentiels** en quantité suffisante (2,63%).
 - 3,38kcal/g (besoin énergétique de croissance d'*O. niloticus* : 2,87kcal/g).

CONCLUSION

Notre travail nous a permis d'effectuer l'inventaire des matières premières existantes en Algérie et pouvant être incorporées à l'aliment, la formulation d'un aliment pour *O. niloticus*, la maîtrise du processus de fabrication, et l'essai de cet aliment expérimentalement et à grande échelle. La présence de projets d'élevage intensif d'*O. niloticus* (exp. Ferme Moulay à Ouargla, ferme Zouaoui à Saïda) a été à l'origine des essais de production d'aliment artificiel pour cette espèce.

Il est clair que le résultat le plus intéressant de cette étude est l'exceptionnelle croissance des alevins de la ferme Moulay à Ouargla. Des alevins de même âge, de même espèce, de même souche, et de même cohorte ont eu des différences significatives de croissance : un gain de poids moyen 20 fois plus élevé. L'aliment fabriqué a été efficace, cependant une amélioration de ses caractéristiques est nécessaire afin d'obtenir de meilleurs résultats. Nous proposons d'abord d'autres tests :

- Mesurer la quantité exacte d'aliment ingéré, cela demande des équipements nécessaires à la filtration en continu de l'eau d'élevage. Ceci dit, ces mesures permettront d'évaluer plus précisément l'efficacité de l'assimilation.
- Etudier l'influence de chaque paramètre d'élevage sur la croissance des poissons
- Effectuer des tests sur l'influence des facteurs antinutritionnels sur la croissance et le taux de destruction de ceux-ci par le pressage.
- Reste à savoir aussi, concernant les élevages semi-intensifs, à quel taux peut-on substituer l'alimentation artificielle afin d'atteindre un niveau optimum de production aquacole, c'est-à-dire obtenir le meilleur prix de revient.

Ensuite nous proposons l'ajout d'un liant à la composition de l'aliment. Les produits végétaux sont certes connus par leur caractère liant, mais dans le cas de notre aliment, l'emploi d'un liant semble nécessaire ; le délitement des granulés dans l'eau est assez rapide, et, malgré leur très bonne acceptabilité par *O. niloticus*, le délitement observé induira des pertes de quantités d'aliment dans l'eau de vidange, puisqu'il se dissout complètement au bout de 15 minutes.

L'adaptation d'une unité de fabrication existante demandera l'apport d'un extrudeur ; Machine permettant aux aliments de flotter, s'adaptant ainsi aux besoins d'espèces pélagiques dont plusieurs projets d'élevage sont en cours en Algérie, et cela à côté des projets déjà finis et qui vont entrer en production en fin 2006.

L'apport de nouvelles filières de presse au niveau de l'usine permettra d'obtenir différents diamètres de granulés (1-2-3-4mm).

Nous proposons aussi le conditionnement de l'aliment pour poissons dans des sacs adéquats (mention aliment pour poisson).

Enfin nous avons vu que la formulation d'aliment demande un logiciel adéquat et aussi, impérativement, la présence d'un nutritionniste qualifié. Celui-ci doit connaître les valeurs alimentaires, les conversions, les taux d'incorporation, et les interactions possibles entre matières premières, mais aussi il est utile de signaler qu'une connaissance du comportement alimentaire du poisson est très nécessaire, et très complexe vu les nombreuses espèces de poissons existantes. D'un autre côté, le formulateur doit tenir compte des interactions de l'aliment avec l'eau d'élevage. D'où la nécessité de former des nutritionnistes spécialisés dans l'alimentation des animaux aquatiques.

L'analyse des matières premières composant l'aliment est une étape essentielle à la formulation au moindre coût. Puisque, bien qu'une matière première ait une composition connue, les pourcentages des composants en question changent d'une récolte à une autre. La connaissance exacte de ces pourcentages permettra de minimiser au maximum les coûts de fabrication.

Les nombreux sous-produits agroalimentaires existants en Algérie encouragent cette production d'aliment pour espèces à faibles exigences alimentaires ; non seulement le développement de l'alimentation artificielle pour poissons tel le tilapia permettra une autosuffisance en celle-ci, mais cela permettra aussi une valorisation des sous-produits agroalimentaires en Algérie.

Rappelons que, en étant dans l'intervalle d'exigence de l'espèce, le pourcentage exact en matières premières diffère d'un pays à un autre puisque pour formuler au moindre coût, on tiendra compte des matières premières existantes dans le pays ainsi que de leurs prix.

Ce travail a démontré que, à quelques détails près, nous pouvons fabriquer un aliment artificiel pour *O. niloticus* en Algérie, nous encourageons vivement le développement de ce secteur.

BIBLIOGRAPHIE

- **AUFFRAY et JACQUARD**, 1998, Dictionnaire de la Biologie. Éditions Flammarion.
- **BARNABÉ, BAUDIN LAURECIN, BELLON HUMBERT, LUBET, VAN VORMHOUDT, VIGNEULLE**, 1991, Bases Biologiques et Ecologiques de l'Aquaculture. Édition Lavoisier-Tec & Doc.
- **BEVERIDGE, MALCOM C.M., BRENDAN J., MC ANDREW**, 2000, Tilapias : Biology and Exploitation, Kluwer Academic Publishers.
- **CAMPBELL**, 1995, Biologie. Adaptation et révision scientifique de R. Mathieu. Éditions du Renouveau Pédagogique Inc.
- **F. DADDOUN et Monique ROMON**, 2004, Cahiers de nutrition et de diététique.
- **DEVILLIER et GENVIÈVE**, 2003. Traitement par lagunage à haut rendement algal (LHRA) des effluents piscicoles marins recyclés : évaluation chimique et écotoxicologie. Thèse de doctorat. Université de Montpellier I.
- **T. DOUDET, J. LAZARD, B. JALABERT**, 1990, L'aquaculture des tilapias : du développement à la recherche, centre technique forestier tropical, Département du CIRAD.
- **FOGLIETTI, PERCHERON, et PERLÈS**, 1980, Abrégé de biochimie générale. Tome I. Editions Masson.
- **GIRIN, COUTEAUX, CUZON, GOURMEMEN, LE MARCHAND, SYNAJKO**, 1981, France-Aquaculture. France-Aquaculture publication.
- **J. GUILLAUME, S. KAUSHIK, P. BERGOT, R. METAILLER**, 1999, Nutrition et Alimentation des Poissons et Crustacés, INRA.
- **KAUSHIK et LUQUET**, 1993 Paris, Fish Nutrition in Practice, Biarritz (France), Juin 24-27, 1991. Ed. INRA., les Colloques, n° 61.

- **P. LUQUET et Y. MOREAU**, Laboratoire d'hydrobiologie INRA. Kourou, Guyane Française *in* Advances in tropical aquaculture. Tahiti, 20 Février - 4 Mars 1989. AQUACOP. IFREMER. Actes des Colloques 9 PP. 751-755.
- **MULLER-FEUGA**, 1990, Modélisation de la croissance des poissons d'élevage, IFREMER, Rapports scientifiques et techniques de l'IFREMER, n° 21.
- **D. PAULY**, 1997, adaptation française J. MOREAU, Méthodes pour l'évaluation des ressources halieutiques, CÉPADUÈS-éditions.
- **RAKOCY**, 1989, Tank Culture of Tilapia. SRAC (Southern Regional Aquaculture Center) Publication N° 282. Texas Agricultural Extension Service.
- **TACON**, 1997, CIHEAM, Cahiers, Options Méditerranéennes. vol.22, Feeding Tomorrow's Fish.

Liens Internet :

- **ALI ET AL-ASGAH**, 2000 :
[<http://www.edpsciences.org/articles/animres/pdf/2001/01/Z1107.pdf?access=ok>].
- **L. DABBADIE**, 2005 :
[http://aquatrop.cirad.fr/encyclopedie/esp_ces_d_int_r_t_aquacole/tilapia/_alimentation_du_tilapia_du_nil]
- [www.epsic.ch/Brancheschimiedenrees27valnu.pdf.pdf]
- [<http://www.fao.org/docrep/T8655F/t8655f03.htm>]
- [<http://www.fao.org/docrep/T8655F/t8655f04.htm#2.1.2.1.%20elevation%20mixte%20o%20par%20classes%20d'ages%20mélangées>]
- [<http://filaman.ifm-geomar.de/Summary/SpeciesSummary.php?id=2>]
- **J.F. HELIAS & J. JENSEN** : [http://www.jjphoto.dk%2Ffish_archive%2Fwarm_freshwater%2Foreochromis_mossambicus.htm&size=25.7kB&name=oreochromis_mossambicus2.jpg&p=oreochromis&type=jpeg&no=25&tt=473&ei=UTF8]
- **KESTEMONT et al.**, Les Méthodes de Production d'Alevins de *Tilapia nilotica*, 1989 :
[<http://www.fao.org/docrep/T8655F/t8655f00.htm#Contents>]
- **E. LACROIX**, 2004, Pisciculture en zone tropicale. Publication GFA Terra Systems : Document pdf : [www.gfa-bassila.com/fichiers_texte/el_pisciculture_version_screen.pdf]

- **LEESON ET SUMMERS, 1997 :**
[<http://c2000.fsaa.ulaval.ca/mvagribandsPurina/nutritionetformulation/nutrition.html>]
- **G. OSWALD, 2001 :** [<http://www.scielo.br/pdf/bjb/v66n2a/a20v662a.pdf>]
- **PAULY, 1988 :**
[http://www.fishbase.org/French/FishbaseLa_dynamique_des_populations.htm]
- [<http://ph.groups.yahoo.com/group/tilapia/photos/view/fbd6?b=9>]
- **RUWET *et al.*, 1975 : BIOLOGIE ET ELEVAGE DES TILAPIAS :**
[<http://www.fao.org/docrep/005/AC672B/AC672B14.htm>]
- (<http://vieoceane.free.fr/ateliers/fiches/ficheE.1.html>)
- **D. ZUCCO, 2004 :** [<http://ph.groups.yahoo.com/group/tilapia/photos/view/fbd6?b=8>]

ABRÉVIATIONS UTILISÉES

AG :	acide gras
AGLPI :	acide gras à longue chaîne poly-insaturé
cm :	centimètre
C.M.V. :	complément minéral et vitaminé
DA :	Dinard algérien
F.A.O. :	Food and Agriculture Organisation
g :	gramme
ha :	hectare
ISMAL :	Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral
j :	jour
kcal :	kilo-calorie
kg :	kilogramme
m :	mètre
Mcal :	mille calories
Mj :	mille joules
ml :	millilitre
mn :	minute
MPRH :	Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques
MS :	matière sèche
ONAB :	Office National de l'Alimentation du Bétail
<i>O. niloticus</i> :	<i>Oreochromis niloticus</i>
T :	tonne
UAB :	Unité d'Alimentation du Bétail
♀ :	femelle
♂ :	mâle
°C :	degré celcius
µm :	micro-mètre

ANNEXES

ANNEXE A: Tableaux

A : Tableau de composition et valeur nutritive des matières premières

Caractéristiques	% produit brut		Tourteau de soja		Maïs	Son de blé
	44	50				
Matières sèche	88	88	88	86		88
Extrait non azoté	30,3	28,5	3,1	60,5		53
Amidon (hydrolyse acide)	3,3					53
Amidon (hydrolyse enzymatique)	-	-	-	-		19
Sucres	10,0	8,7	2,1			10
Cellulose	7,4	3,4	2,2			12,1
ADF	9,6	5,3	3			36,9
NDF	13,5	7,5	9			15,6
Protéines brutes	42,5	48,0	9,0			0,65
Lysine	2,70	30,5	0,25			0,25
Méthionine	0,59	0,66	0,19			0,62
Méthionine+cystine	1,27	1,43	0,39			0,19
Tryptophane	0,57	0,65	0,06			0,54
Thréonine	1,67	1,88	0,32			0,99
Leucine	3,26	3,68	1,13			0,73
Isoleucine	2,14	2,42	0,35			0,38
Valine	2,18	2,46	0,46			1,04
Histidine	1,05	1,19	0,26			1,10
Arginine	3,18	3,59	0,43			6,5
Phénylalanine	3,65	4,12	0,85			-
Matières grasses	1,8	1,9	4,20			-
AG saturés	0,23	0,24	0,46			-
AG non saturés	0,31	0,35	0,98			-
AGLP n-6	0	0	0			0
AGLP n-3	0,85	0,90	2,11			0
AGPI n-3	0,12	0,12	-			-
Cholestérol	0	0	0			0
Cendres brutes	6,0	6,2	1,6			4,4
Calcium	0,30	0,27	0,01			0,15
Phosphore total	0,62	0,69	0,27			0,93
Sodium	0,01	0,01	0,01			-
Potassium	1,70	2,20	0,33			1,00
Chlore	traces	traces	0,05			0,06
Magnésium	0,25	0,28	0,11			0,35
Energie brute	4,15	4,20	3,86			4,00
Mcal/kg	17,36	17,57	16,13			16,7
Mj/kg	3,11	3,23	3,59			3,7
Energie digestible	13,0	13,5	15,0			15,5
Mcal/kg	34,1	41,1	7,8			13,9
Protéines digestibles	0,10	0,10	0,05			-
Phosphore disponible						

(Source: Guillaume *et al.*:1999)

B : Paramètres physico-chimiques mesurés

Tableau a – Bassin des géniteurs n° 01

Date	T° (°C)	O ₂ d (mg/l)	pH (Unités)	MES (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Salinité (‰)
11/06/2006	20,91	5,60	7,48	5	0,056	2,879	0,139	1,64
18/06/2006	23,42	5,64	7,78	-	-	-	-	1,67
25/06/2006	25,30	5,15	7,55	-	-	-	25-	1,66
02/07/2006	25,23	6,78	08	145	0,093	-	2,237	1,71
09/07/2006	24,12	7,75	7,82	110	0,034	-	1,995	1,76
16/07/2006	24,15	5,65	7,49	-	-	-	-	1,68
23/07/2006	26,14	7,11	8,56	30	0 010	-	2,494	1,67
31/07/2006	26,32	5,08	8,09	22	0,457	-	2,653	1,78

Tableau b – Bassin des géniteurs n° 02

Date	T° (°C)	O ₂ d (mg/l)	pH (Unités)	MES (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Salinité (‰)
11/06/2006	21,18	5,98	7,45	15	0,322	2,011	0,193	1,63
18/06/2006	24,46	5,40	7,76	-	-	-	-	1,62
25/06/2006	24,38	5,32	7,36	-	-	-	-	1,66
02/07/2006	25,52	7,01	7,86	390	0,023	-	1,710	1,71
09/07/2006	24,24	6,58	7,50	110	0,030	-	1,414	1,73
16/07/2006	24,57	5,61	7,37	-	-	-	-	1,67
23/07/2006	25,83	6,20	8,20	80	0,022	-	1,752	1,69
31/07/2006	26,10	3,30	8,11	120	0,182	-	1,595	1,77

Tableau c – Bassin d'alevinage n° 01

Date	T° (°C)	O ₂ d (mg/l)	pH (Unités)	MES (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Salinité (‰)
11/06/2006	21,20	6,18	7,33	10	0,042	2,575	0,457	1,68
18/06/2006	24,54	8,83	8,12	-	-	-	-	1,67
25/06/2006	24,24	7,77	8,35	08	0,041	-	2,167	1,76
02/07/2006	25,53	5,59	8,27	20	0,017	-	2,229	1,93
09/07/2006	25,14	6,52	8,15	40	0,033	-	1,823	2,19
16/07/2006	25,29	5,56	8,46	40	0,059	-	-	1,82
23/07/2006	26,41	5,81	8,39	10	0,065	-	1,191	2,12
31/07/2006	26,00	6,76	8,38	20	0,140	-	2,423	1,98

Tableau d – Bassin d'alevinage n° 02

Date	T° (°C)	O ₂ d (mg/l)	pH (Unités)	MES (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₃ ⁻ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	Salinité (‰)
11/06/2006	21,34	5,92	7,35	00	0,107	1,911	0,758	1,74
18/06/2006	24,98	9,81	7,90	-	-	-	-	1,72
25/06/2006	24,49	7,66	8,28	40	0,042	-	2,225	1,76
02/07/2006	25,39	5,49	8,44	70	0,035	-	2,0889	1,98
09/07/2006	25,82	6,18	8,02	20	0,052	-	2,008	2,1
16/07/2006	25,52	6,43	8,18	52	0,054	-	-	2,10
23/07/2006	26,56	6,83	8,39	10	0,079	-	1,893	2,47
31/07/2006	25,97	5,62	8,26	20	0,093	-	2,436	1,92

Avec : T° = Température, pH = Potentiel hydrogène, O₂d = Oxygène dissous

Méthodes de dosage des M.E.S., des nitrites, et des nitrates utilisées au CNDPA :

Dosage et prélèvement:

Prélèvement de quatre échantillons de 250 ml au niveau de quatre bassins.

1. Matière en suspension (M.E.S) ou seston :

Ce mode opératoire est appliqué aux quatre échantillons :

Avant de filtrer :

On place le filtre de type Whatman GF/F de 47 mm de diamètre dans une boîte de pétri à laquelle on ajoute 3 gouttes d'eau distillée .

On fait passer la boîte dans l'étuve pendant une heure à 105°C , pour éliminer l'humidité du filtre. On pèse ensuite le filtre à vide.

Filtration :

On utilise un appareil de filtration, constitué d'une fiole et d'une pompe de filtration (pour accélérer la vitesse de filtration).

Après filtration :

On place à nouveau le filtre dans l'étuve pendant une heure à 105°C , on pèse le filtre .

Masse après filtration (mg) - Masse avant filtration (mg)

Matière en suspension (mg/l) = $\frac{\text{Masse après filtration (mg) - Masse avant filtration (mg)}}{\text{Volume de la filtration (l)}}$

2. Mesure des taux en composés azotés :

Le dosage de l'azote ammoniacal :

Réactifs :

- Réactifs R1 : solution de phénol-Nitroprussiate de sodium
- Réactifs R2 : solution d'alcaline d'hypochlorite.

Mode opératoire :

On met 100 ml de l'échantillon plus 3 ml de réactif R1 dans une bouteille qu'on referme et qu'on agite pour homogénéiser la solution, puis on ajoute sans attendre 3 ml de réactif R2 .On ferme la bouteille qu'on place à l'abri de la lumière (La lumière change la coloration de la solution qui doit être bleu) pendant une nuit. Ce mode opératoire est appliqué aux quatre échantillons prélevés ainsi qu'à l'eau distillée (Utilisé comme témoin). Le lendemain : De chaque bouteille, nous remplissons quatre cuves de 10 cm de nos échantillons prélevés et une cuve de 10 cm d'eau distillée ; Nous mesurons l'absorbance à 630 nm grâce au spectrophotomètre à U.V visibles on place d'abord la cuve de 10 cm d'eau distillée dans le spectrophotomètre neutre pour mesurer son absorbance ensuite celles contenant nos échantillons pour mesurer l'absorbance de l'azote ammoniacal. Pour chaque absorbance obtenue, correspond une concentration (en mg/l) précise

Le dosage des nitrites (NO₂):

Principe :

Les nitrites sont déterminés par spectrophotométrie après diazotation avec la sulfanilamide et copoluation avec la N-1 naphtyléthylènediamine

Réactifs :

- Réactifs R1 : solution de sulfamide
- Réactifs R2 : solution de N1-naphtyléthylènediamine.

Mode opératoire :

On met 50 ml de l'échantillon plus 1ml de réactif R1 dans une fiole. On mélange et on laisse reposer 2 à 8mn. On ajoute 1ml de réactif R2 on mélange à nouveau. Il faut attendre au moins 10 mn et ne pas dépasser 2 heures. Nous obtenons une coloration rose.

Ce mode opératoire est appliqué aux quatre échantillons et à l'eau distillée (utilisée comme témoin). Ces réactifs R1 et R2 utilisés pour les nitrites sont différents de ceux utilisés pour l'azote ammoniacal. On mesure l'absorbance à 543 nm grâce au spectrophotomètre à U.V visibles. De chaque fiole, nous remplissons quatre cuves de 10cm de nos échantillons et une cuve de 10cm d'eau distillée. On place d'abord la cuve de 10 cm d'eau distillée dans le spectrophotomètre pour mesurer son absorbance, ensuite celles contenant nos échantillons pour mesurer l'absorbance de nitrites. Pour chaque absorbance obtenue, correspond une concentration (mg/l) précise.

Le dosage des nitrates (NO₃):

Méthode faisant appel à la réduction des nitrates en nitrites.

Principe :

Les nitrates sont réduits, à travers une colonne de cadmium, en nitrites qui sont dosés par spectrophotométrie.

Matériel spécial :

Colonne de cadmium.

Réactifs :

- Solution de chlorure de sodium concentré.
- Réactifs R1 et R2.

Mode opératoire :

Ce mode opératoire est appliqué aux quatre échantillons et à l'eau distillée (utilisée comme témoin).

Faire passer 100ml de l'échantillon, contenant 2ml de chlorure d'ammonium concentré, à travers la colonne. Récupérer 50ml auquel on ajoute 1ml de réactifs R1 et 1ml de réactif R2 les même utilisées pour le dosage des nitrites. Nous obtenons une coloration rose foncé. Remplir une cuve de 10cm de notre échantillon et une cuve d'eau distillée que nous faisons passer dans le spectrophotomètre à UV visibles à 543nm.

Nous obtenons l'absorbance globale (absorbance des nitrites et des nitrates). Mesurer ensuite l'absorbance des nitrites seuls. Nous utilisons 50ml de chaque échantillon, auquel nous ajoutons 1ml de chlorure d'ammonium concentré, 1ml réactif R1 et 1ml de réactif R2. Obtention d'une coloration rose. Faire passer une cuve de 10cm, contenant l'échantillon, dans le spectrophotomètre à UV visibles à 543nm.

L'absorbance des nitrates = l'absorbance globale - l'absorbance des nitrites.

Pour chaque absorbance obtenue correspond une concentration précise (exprimée en mg/l).

C : Résultats des contrôles de croissance effectués

Tableau a – Résultats du contrôle de croissance numéro 1, CNDPA

10 – 06 – 2006 : CNDPA : JOUR 1 : contrôle de croissance numéro un

1) Géniteurs :

	Lot 1			Lot 2		
	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	♂	130,07	20,3	♀	98,98	17,7
2	♀	122,92	20	♀	52,96	15
3	♂	114,96	20	♂	125,5	20,9
4	♀	47,40	15,1	♀	115,73	19,8
5	♀	45,58	14,7	♀	130,8	21
6	♀	78,30	17,5	♂	109,82	18,9
7	♀	70,94	17	♀	64,84	15,4
8	♂	96,54	18,4	♂	129,83	19,6
9	♀	58,94	16	♀	85,09	17,6
10	♀	55,07	14,7	♀	77,341	16,4
11	♀	68,53	17,4	♀	148,943	21
12	♀	122,70	19,9	♀	46,275	14

2) Alevins :

	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	0,009	0,9
2	0,017	1,1
3	0,018	1,1
4	0,014	1,1

<p><u>Moyennes du premier lot de géniteurs :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 84,329 g</p> <p>Longueur moyenne du lot: 17,58 cm</p> <p>Poids moyen des mâles : 113,85 g</p> <p>Longueur moyenne des mâles : 19,56 cm</p> <p>Poids moyen des femelles : 74,48 g</p> <p>Longueur moyenne des femelles : 16,95cm</p>	<p><u>Moyennes du deuxième lot de géniteurs :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 98,84 g</p> <p>Longueur moyenne du lot : 18,11 cm</p> <p>Poids moyen des mâles : 121,72 g</p> <p>Longueur moyenne des mâles : 19,8 cm</p> <p>Poids moyen des femelles : 91,4 g</p> <p>Longueur moyenne des femelles : 17,75cm</p>	<p><u>Moyennes des alevins :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 0,0145 g</p> <p>Longueur moyenne du lot : 1,05 cm</p>
<p>Poids moyen des géniteurs : 91,58 g</p> <p><u>Ration alimentaire des géniteurs :</u></p> <p>84,33 * (3/100) * 12 = 30,36 g/j (lot 1)</p> <p>98,84 * (3/100)* 12 = 35,58 g/j (lot 2)</p>	<p><u>Ration journalière des alevins :</u></p> <p>0,0145 * (15/100) * 500 = 1,09 g/j (pour un seul lot)</p>	

Tableau b – Résultats du contrôle de croissance numéro 2, CNDPA

25 – 06 – 2006 CNDPA : JOUR 16, contrôle de croissance numéro deux

1) **Géniteurs :**

	Lot 1			Lot 2		
	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	♀	106,84	20	♀	87,129	17,1
2	♀	63,13	15,7	♀	127,422	18,9
3	♀	91,71	18,2	♀	177,10	22,2
4	♀	74,48	15,7	♂	143,384	21,3
5	♀	117,33	19,9	♂	148,200	20,2
6	♀	83,42	16,7	♂	133,700	20
7	♂	143,36	20,9	♀	180,313	22,3
8	♂	113,5	19,1	♀	144,450	20,5
9	♀	64,33	16	♀	50,57	14,6
10	♀	96,28	18,2	♀	70,470	16
11	♂	168,7	20,6	♀	85,552	18
12	♀	103,114	18	♀	67,633	15,5

2) **Alevins :**

	Lot 1		Lot 2	
	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	0,101	1,95	0,021	1,2
2	0,022	1,2	0,047	1,9
3	0,115	1,9	0,033	1,4
4	0,019	1,2	0,038	1,4
5	0,019	1,2	0,033	1,4
6	0,024	1,1	0,027	1,3
7	0,015	1	0,090	1,8
8	0,033	1,3	0,060	1,5
9	0,044	1,4	0,054	1,5
10	0,051	1,5	0,041	1,4
11	0,153	2,1	0,030	1,2
12	0,030	1,4	0,033	1,4
13	0,045	1,4	0,020	1,1
14	0,036	1,3	0,025	1,2
15	0,049	1,4	0,019	1,2

<p>Moyennes du premier lot de géniteurs : Poids moyen du lot : 102,183 g Longueur moyenne du lot : 18,25 cm Poids moyen des mâles : 141,853 g Longueur moyenne des mâles : 20,2 cm Poids moyen des femelles : 88,96 g Longueur moyenne des femelles : 17,6 cm</p>	<p>Moyennes du deuxième lot de géniteurs : Poids moyen du lot : 117,99 g Longueur moyenne du lot : 18,88cm Poids moyen des mâles : 141,76 g Longueur moyenne des mâles : 20,5cm Poids moyen des femelles : 110,07 g Longueur moyenne des femelles : 18,34cm</p>	<p>Moyennes du premier lot d'alevins : Poids moyen du lot : 0,05 g Longueur moyenne du lot : 1,423 cm</p> <p>Moyennes du deuxième lot d'alevins : Poids moyen du lot : 0,038g Longueur moyenne du lot : 1,47 cm</p>
<p>Poids moyen des géniteurs : 110,09 g Ration journalière des géniteurs $102,183 * (3/100) * 12 = 36,786 \text{ g/j (lot 1)}$ $117,99 * (3/100) * 12 = 42,476 \text{ g/j (lot 2)}$</p>		<p>Poids moyen des alevins : 0,044 g Ration journalière des alevins : $0,044 * (15/100) * 500 = 3,3 \text{ g/j}$ (pour un seul lot)</p>

Tableau c – Résultats du contrôle de croissance numéro 3, CNDPA

09 – 07 – 2006 CNDPA : JOUR 30, contrôle de croissance numéro trois : Alevins :

	Lot 1		Lot 2	
	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	0,112	1,8	0,280	2,5
2	0,130	1,8	0,308	2,3
3	0,097	1,8	0,129	2
4	0,108	1,8	0,048	1,9
5	0,068	1,6	0,077	1,7
6	0,086	1,6	0,077	1,6
7	0,147	2,1	0,076	1,6
8	0,034	1,1	0,033	1,5
9	0,096	1,7	0,087	1,7
10	0,087	1,8	0,115	1,8
11	0,103	1,9	0,030	1,3
12	0,056	1,5	0,099	1,8
13	0,110	1,8	0,067	1,5
14	0,038	1,2	0,051	1,5
15	0,096	1,7	0,086	1,7

16 – 07 – 2006 CNDPA : JOUR 37, contrôle de croissance numéro trois : Géniteurs :

	Lot 1			Lot 2		
	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	♂	176,23	21,3	♀	109,65	18
2	♀	148,66	19,5	♀	73,85	16,4
3	♂	142,25	20	♀	190,24	23,4
4	♀	154,35	20,5	♀	154,45	21,1
5	♀	110,24	18,9	♂	205,33	22,6
6	♀	98,56	17	♀	125,43	19,1
7	♀	124,97	19,2	♂	153,06	20,4
8	♂	202,6	22,3	♀	103,54	18,8
9	♀	101,10	17,5	♀	68,8	16
10	♀	94,6	17,4	♀	94,45	17,6
11	♀	137,84	20,5	♀	159,14	21,6
12	♀	88,79	17,1	♂	172,73	21

<p><u>Moyennes du premier lot de géniteurs :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 131,67 g Longueur moyenne du lot : 19,26cm Poids moyen des mâles : 173,69 g Longueur moyenne des mâles : 21,2 cm Poids moyen des femelles : 117,68g Longueur moyenne des femelles : 18,62 cm</p>	<p><u>Moyennes du deuxième lot de géniteurs :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 134,22 g Longueur moyenne du lot : 19,66cm Poids moyen des mâles : 177,03 g Longueur moyenne des mâles : 21,33 cm Poids moyen des femelles : 119,95 g Longueur moyenne des femelles : 19,11 cm</p>	<p><u>Moyennes du premier lot d'alevins :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 0,091g Longueur moyenne du lot : 1,68 cm</p> <p><u>Moyennes du deuxième lot d'alevins :</u></p> <p>Poids moyen du lot : 0,104g Longueur moyenne du lot : 1,76cm</p>
<p>Poids moyen des géniteurs : 132,95 g Ration journalière des géniteurs : 131,67 * (3/100) * 12 = 47,4 gfj (lot 1) 134,22 * (3/100) * 12 = 48,32 gfj (lot 2)</p>		<p>Poids moyen des alevins : 0,098 g Ration journalière des alevins : 0,098 (15/100) * 500 = 7,35 gfj (pour un seul lot)</p>

Tableau d – Résultats du contrôle de croissance numéro 4, CNDPA

24 – 07 – 2006 CNDPA : JOUR 45, contrôle de croissance numéro quatre : Alevins :

	Lot 1		Lot 2	
	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	0,181	2,4	0,332	2,6
2	0,317	2,4	0,152	2,2
3	0,172	2,2	0,111	2
4	0,296	2,6	0,171	2,2
5	0,291	2,7	0,131	1
6	0,229	2,4	0,214	2,4
7	0,652	3,2	0,191	2,3
8	0,193	2,4	0,154	2,1
9	0,533	3,1	0,241	2,4
10	0,218	2,4	0,128	2
11	0,201	2,3	0,426	2,4
12	0,246	2,1	0,290	2,5
13	0,219	2,3	0,186	2,2
14	0,286	2,6	0,403	2,8
15	0,228	2,3	0,150	2,2
16	0,182	2,1	0,134	2
17	0,186	2,2	0,344	2,6
18	0,236	2,5	0,270	2,2
19	0,250	2,4	0,186	2,4
20	0,123	2	0,187	2,4
21	0,225	2,2	0,167	2,2
22	0,326	2,5	0,222	2
23	0,203	2,3	0,263	2,5
24	0,211	2,4	0,228	2,3
25	0,215	2,4	0,262	2,3
26	0,234	2,1	0,284	2,6
27	0,165	2	0,255	2,2
28	0,174	2,4	0,164	2,2
29	0,177	2,1	0,240	2,2
30	0,156	2,2	0,167	2,2

Moyennes du premier lot d'alevins :

Poids moyen du lot : 0,244 g

Longueur moyenne du lot : 2,37 cm

Moyennes du deuxième lot d'alevins :

Poids moyen du lot : 0,221 g

Longueur moyenne du lot : 2,29 cm

Poids moyen des alevins : 0,233 g

Ration journalière des alevins :1^{er} lot : 18,3 g/j2^{ème} lot : 16,59 g/j

	Lot 1			Lot 2		
	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)	SEXE	POIDS (g)	LONGUEUR (cm)
1	♂	163,80	20,8	♀	164,78	21
2	♂	220,65	23,6	♂	217,84	22,8
3	♀	85,44	17,0	♀	137,74	21,2
4	♂	192,52	21,4	♂	193,27	22
5	♀	150,89	19,8	♀	100,34	17,5
6	♀	75,97	17,0	♀	106,31	18
7	♀	113,15	19,1	♂	156,23	21
8	♀	192,60	23,4	♀	143,52	20
9	♀	158,60	21,3	♀	157,88	22
10	♀	174,72	22,2	♀	93,87	17,5
11	♀	99,24	18,0	♀	103,04	18,4
12	♀	116,14	18,5	♀	134,16	20,1

<u>Moyennes du premier lot de géniteurs :</u>	<u>Moyennes du deuxième lot de géniteurs :</u>
Poids moyen du lot : 145,31 g	Poids moyen du lot : 142,415 g
Longueur moyenne du lot : 20,175cm	Longueur moyenne du lot : 20,125 cm
Poids moyen des mâles : 192,32 g	Poids moyen des mâles : 189,113 g
Longueur moyenne des mâles : 21,93 cm	Longueur moyenne des mâles : 21,933 cm
Poids moyen des femelles : 129,63 g	Poids moyen des femelles : 126,848 g
Longueur moyenne des femelles : 19,58 cm	Longueur moyenne des femelles : 19,522 cm
Poids moyen des géniteurs : 143,8625 g	
Poids moyen du lot 1 : 145,31 g	
Poids moyen du lot 2 : 142,415 g	
Poids moyen femelles : 128,24 g	
Poids moyen males : 190,72 g	
Taille moyenne femelles : 19,55 cm	
Taille moyenne males : 21,93 cm	
Taille moyenne des géniteurs : 20,74 cm	
<u>Ration journalière des géniteurs :</u>	
145,31 * (3/100) * 12 = 52,31 g/j (lot 1)	
142,415 * (3/100) * 12 = 51,27 g/j (lot 2)	

Tableau e. Evolution du poids moyen des alevins à Ouargla.

Date	Moyenne de l'échantillon
14-06-2006	0,015 g
11-07-2006	3,25 g
29-07-2006	6,4 g

D : Principaux matières premières et sous-produits agroalimentaires présents en Algérie

Matières premières	Provenance
Blé dur	Sétif - Tiaret
Blé tendre	Mitidja
Maïs	Maghnia (Tlemcen)
Dattes	Sud algérien
Déchets de pâtes alimentaires	Usines de fabrication de pâtes alimentaires
Débris de biscuits	Usines de fabrication de biscuits
Noyaux d'olives	Kabylie – Sig
Mare	Mascara – Benchicao (Médéa) caves à vin
Farines de son	Minoteries
Farines de sang	Abattoirs centraux (grandes villes)
Farines de viandes	Abattoirs centraux (grandes villes)
Farines de déchets de volailles	Abattoirs de volailles
Farines de plumes hydrolysées	Abattoirs de volailles
Petits pois	Nord de l'Algérie
Tourteaux d'arachides	Sud algérien
Tourteaux de colza	Usines de production d'huiles
Levure de bière	Usine de bière (Oran - Rouiba)
Pulpe de betteraves et d'agrumes	ONAB

E : COMPOSITION AU KG DU C.M.V.

(C.M.V. dinde, importé par La Générale D'Aliments Avicoles, Alger, de NUTRISTAR INTERNATIONAL, France) :

VITAMINE A (UI)	900 000	FER (mg)	3 200
VITAMINE D3 (UI)	270 000	IODE (mg)	300
VITAMINE E (mg)	2 300	COBALT (mg)	50
VITAMINE K3 (mg)	400	CUIVRE (mg)	2 500
VITAMINE B2 (mg)	500	MANGANESE (mg)	8 000
PANTHOTENATE DE CALCIUM (mg)	800	ZINC (mg)	8 000
ACIDE NICOTINIQUE (mg)	4 000	SELENIUM (mg)	45
VITAMINE B12 (mg)	0,7	MAGNESIUM (mg)	3 000
VITAMINE B6 (mg)	200	MOLYBDENE (mg)	20
ACIDE FOLIQUE (mg)	40	METHIONINE (mg)	100 000
VITAMINE B1 (mg)	130	LYSINE (mg)	65 000
BIOTINE (mg)	12	ANTIOXYDANT (mg)	10 000
CHLORURE DE CHOLINE (mg)	40 000	SEL (mg)	330 000

ANNEXE B : Figures

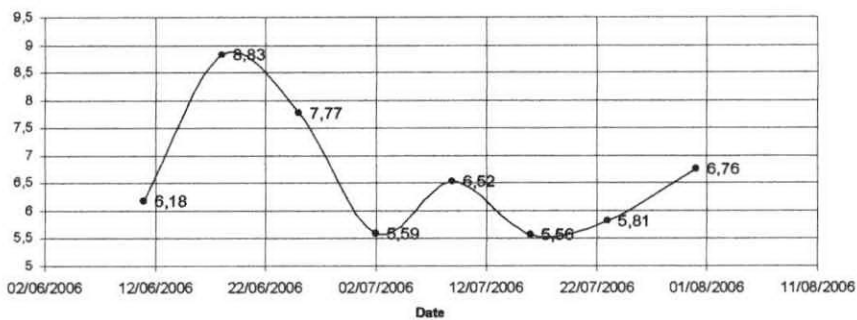
A : Paramètres physico-chimiques mesurés

1) Raceway des alevins du lot 1, CNDPA

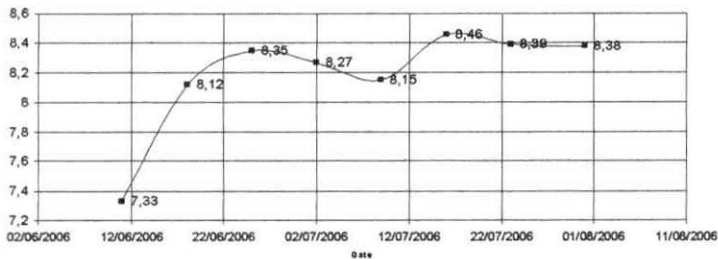
Température (°C)



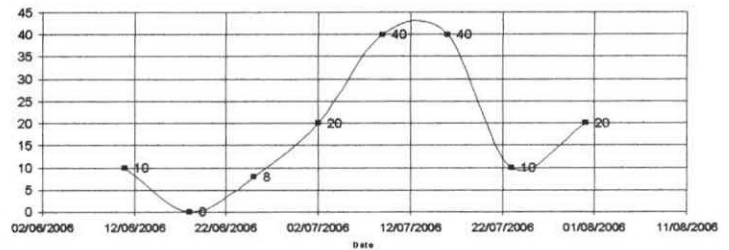
Oxygène (mg/l)



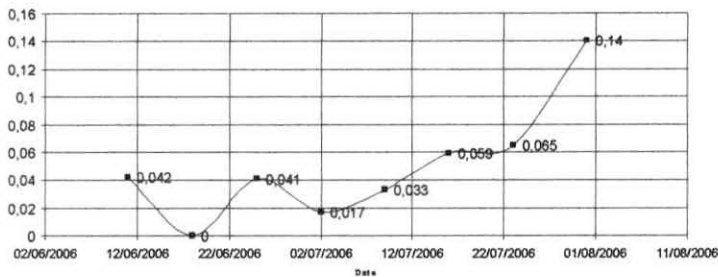
pH (unités)



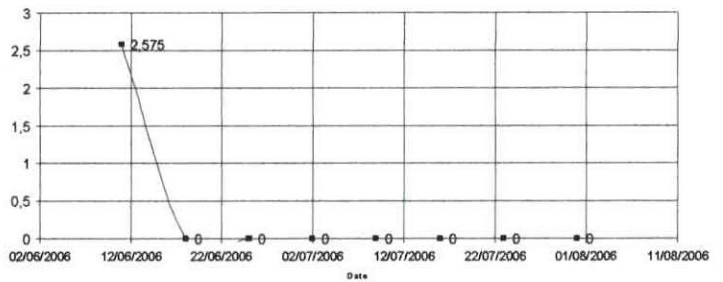
MES (mg/l)



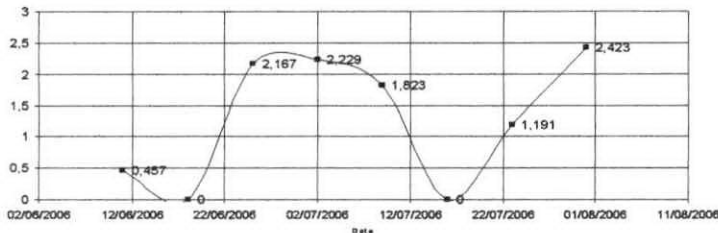
NH4 (mg/l)



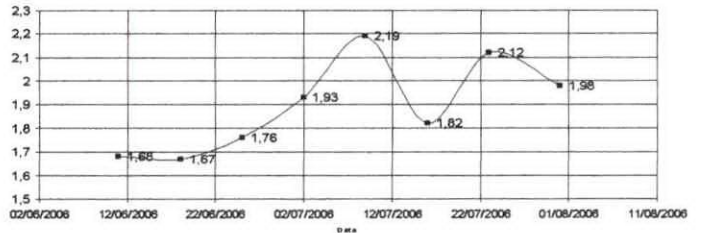
NO3 (mg/l)



NO2 (mg/l)

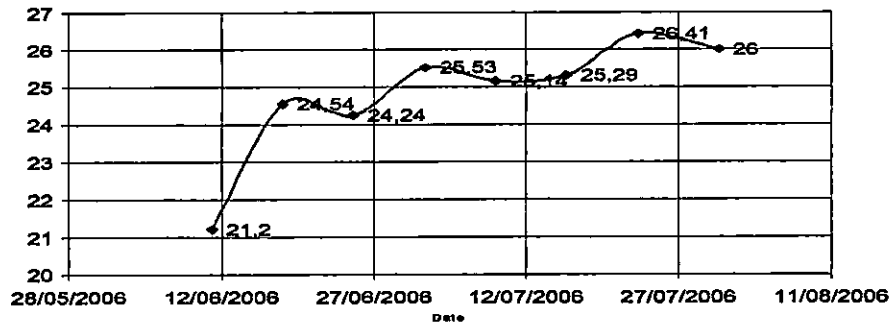


Salinité (‰)

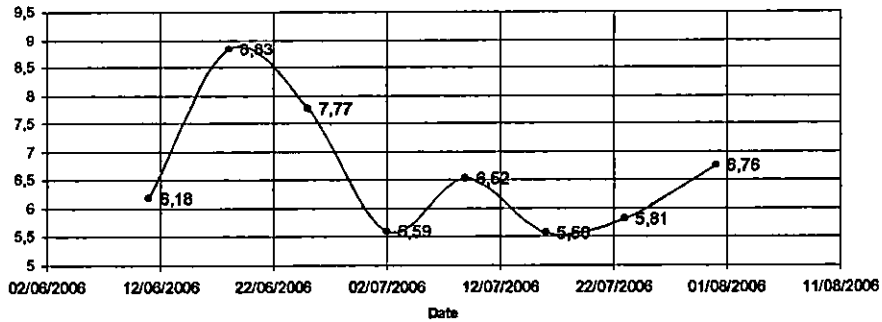


2) Raceway des alevins du lot 2, CNDPA

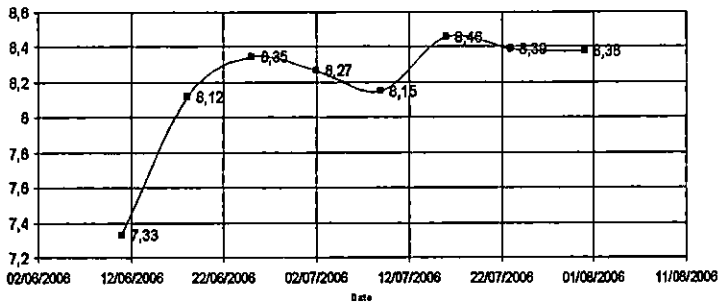
Température (°C)



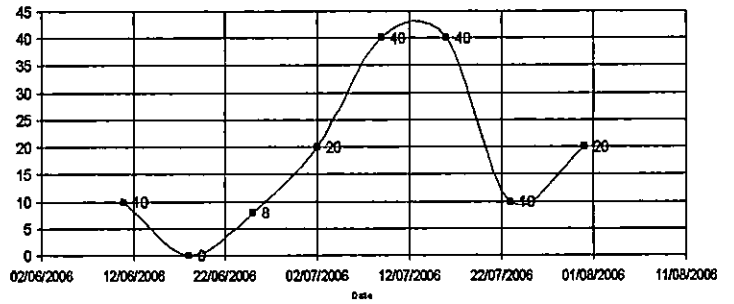
Oxygène (mg/l)



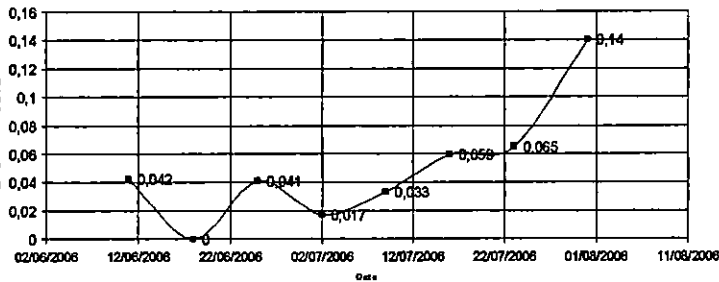
pH (unités)



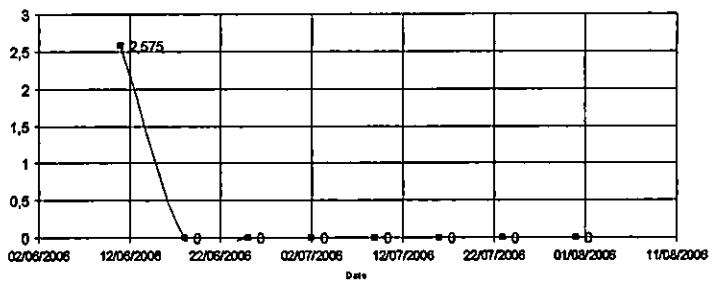
MES (mg/l)



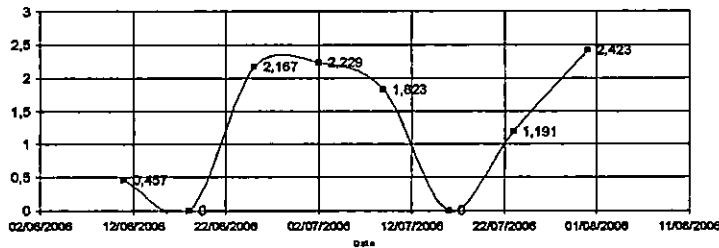
NH4 (mg/l)



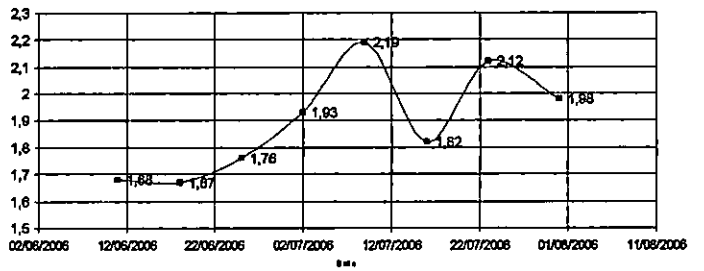
NO3 (mg/l)



NO2 (mg/l)



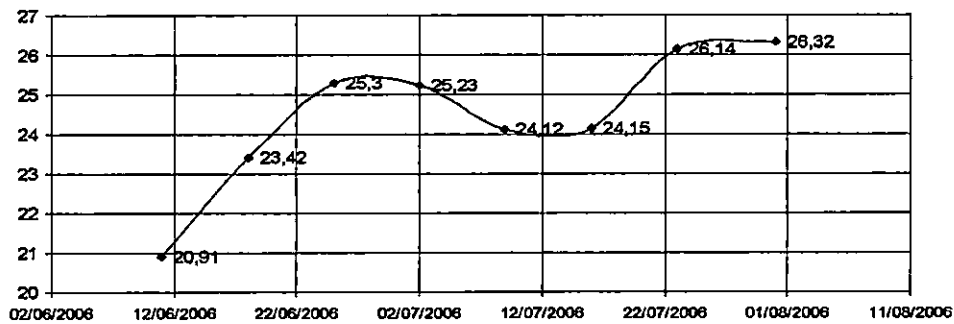
Salinité (‰)



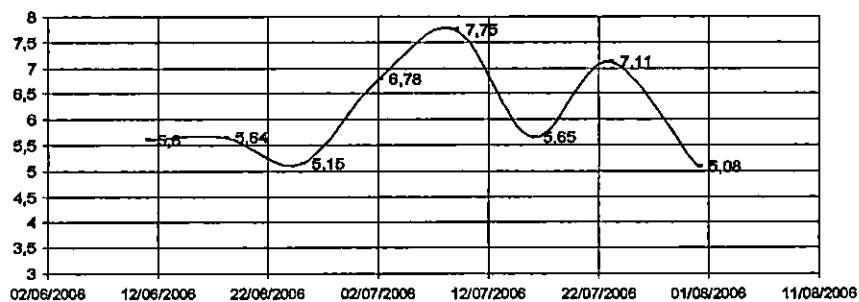
3) Raceway des géniteurs du lot 1, CNDPA

Paramètres physico-chimiques, lot 1, géniteurs, CNDPA

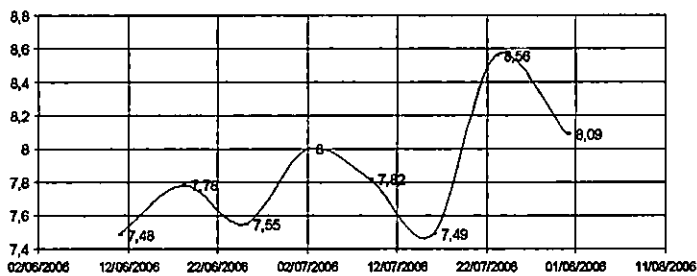
Température (°C)



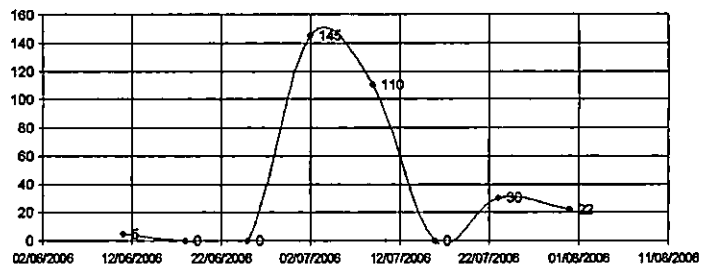
Oxygène (mg/l)



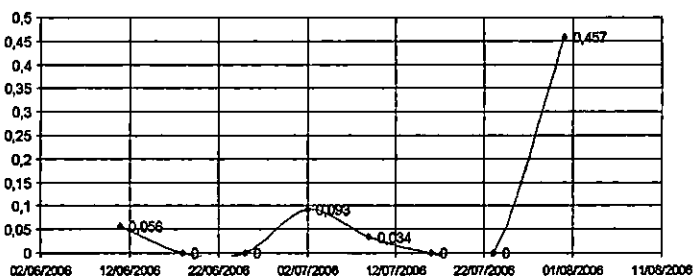
pH (unités)



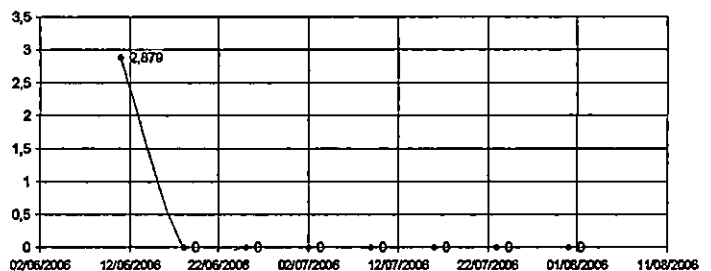
MES (mg/l)



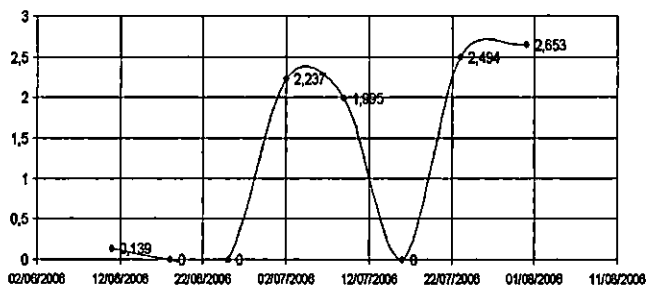
NH4 (mg/l)



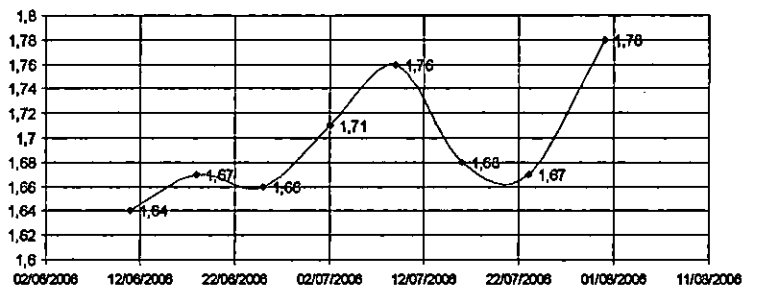
NO3 (mg/l)



NO2 (mg/l)

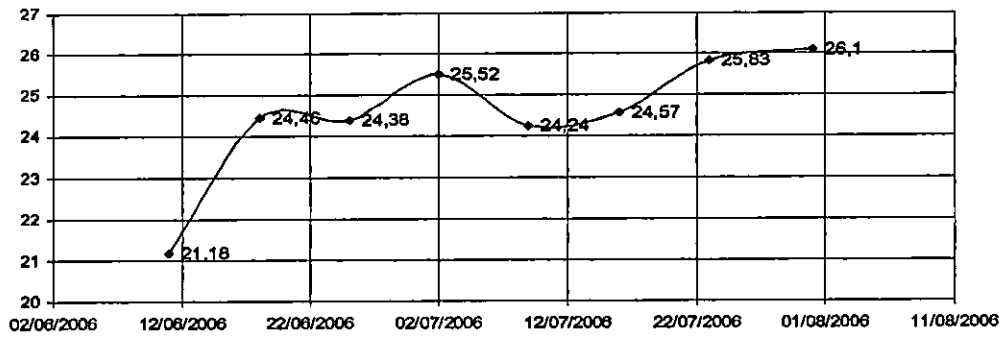


Salinité (‰)

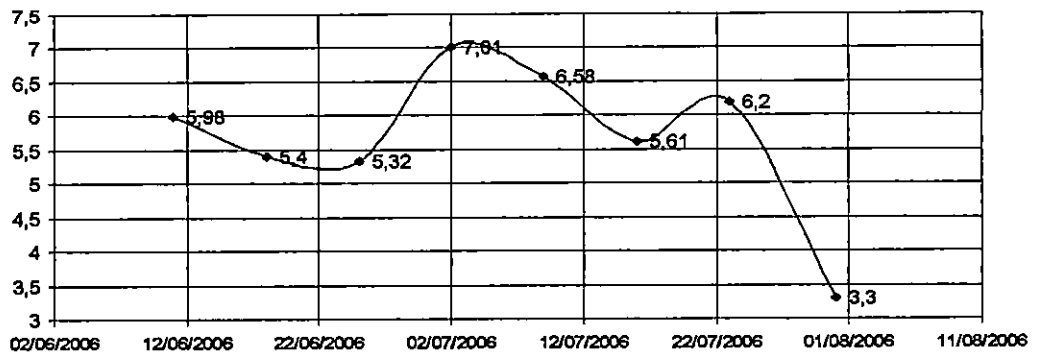


4) Raceway des géniteurs du lot 2, CNDPA

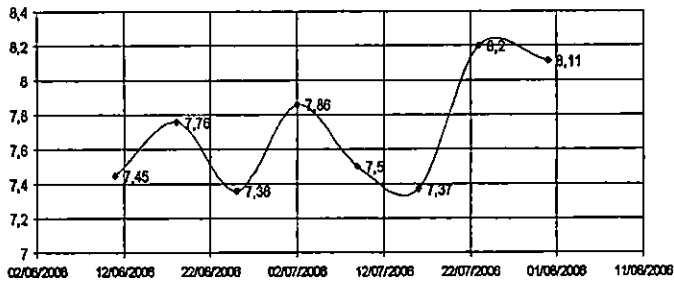
Température (°C)



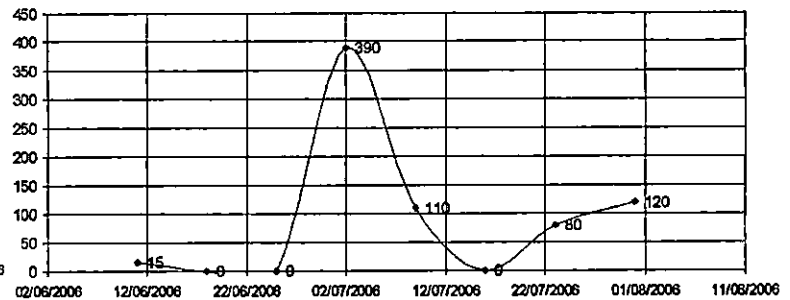
Oxygène (mg/l)



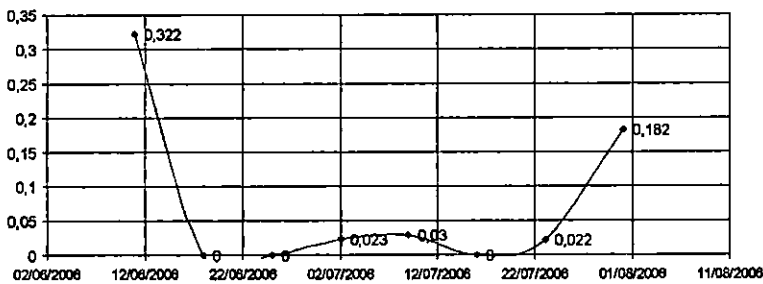
pH (unités)



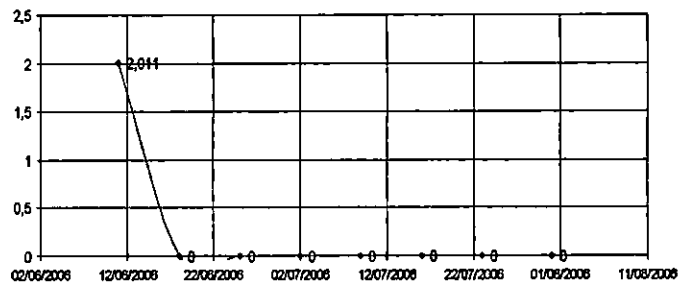
MES (mg/l)



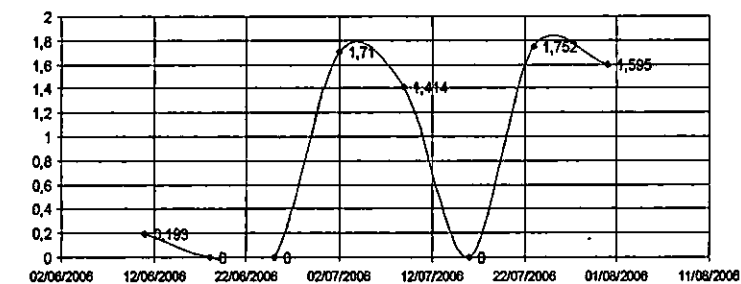
NH4 (mg/l)



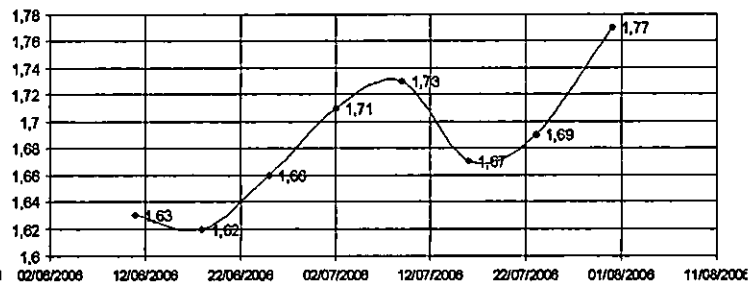
NO3 (mg/l)



NO2 (mg/l)



Salinité (‰)



B : Schémas des machines de l'usine de fabrication d'aliment

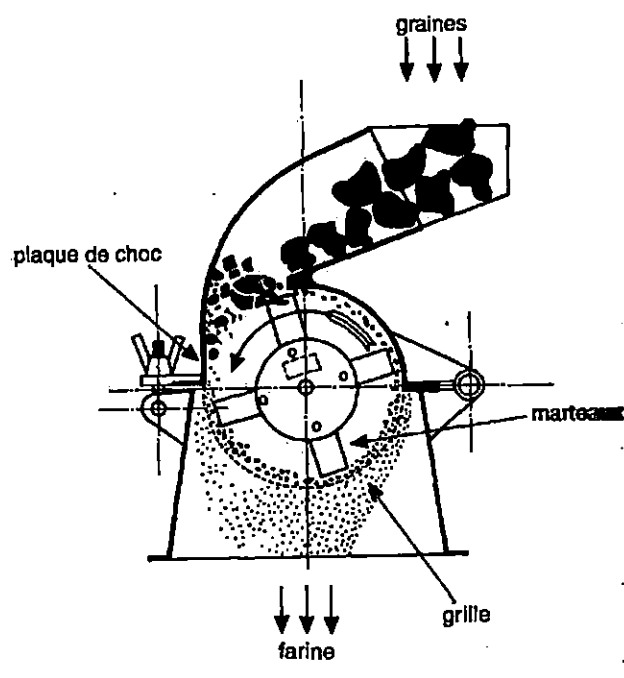
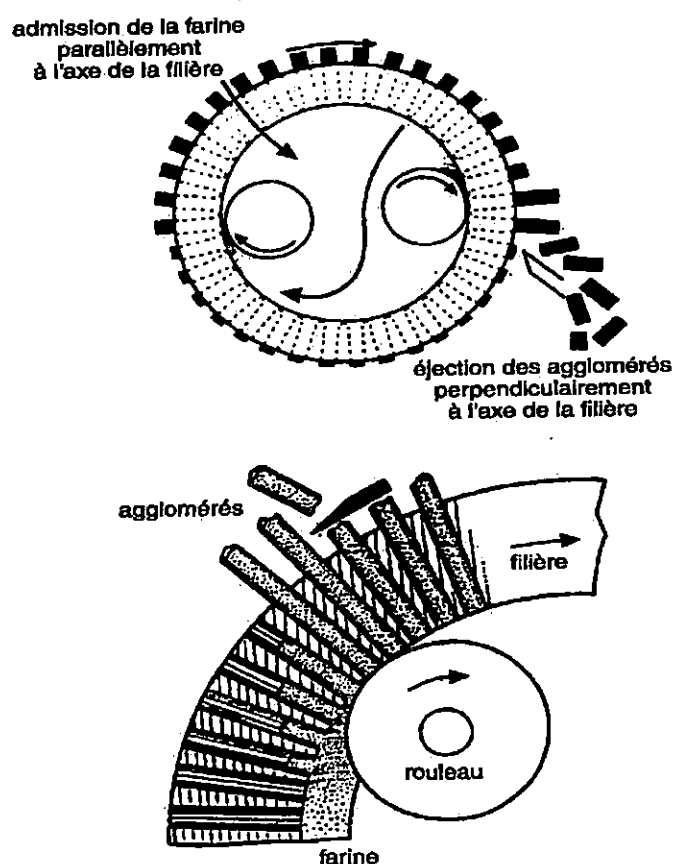


Figure a . Schéma d'un broyeur à marteaux (Guillaume *et al.*, 1999)



formation du granulé à chaque passage devant le rouleau

Figure B.b. Fonctionnement d'une presse (Guillaume *et al.*, 1999)