وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل

**Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral**

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR EN SCIENCES DE LA MER.**

**OPTION : AQUACULTURE.**

*Thème :*

# *Contribution à l'étude de la valeur alimentaire de l'espèce Tilapia du Nil «Oreochromisniloticus»*

Présenté par :

- **M$^{elle}$ CHERIF Insaf.**
- **M$^{lle}$ DJOUMAKH Fahima.**

Soutenu le 29/09/2015 devant le jury suivant :

| | | |
|---|---|---|
| **MmeMESLEM N.** | Maitre assistante A | **Présidente** |
| **M.BLHASNAT KH.** | Maitre de conférences B | **Examinateur** |
| **Mme MERDJANE L.** | Maitre assistante A | **Examinatrice** |
| **Mme AISSOU-AKROUR CH.** | Maitre de conférences B | **Promotrice** |

**Promotion : 2015**

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ceux qui ont consacré leur vie et ont souffert pour veiller à mon bien être, à la source de ma réussite, à mes chères parents. Que dieu les gardes.*

*Mes chers frères et sœurs.*

*Mes grandes mères.*

*Mon grand père.*

*Toute ma famille.*

*Mes chers amies depuis des années Aida et Jazia, ma copine de travail Ino.*

*Fahima*

# *Dédicace*

*Affable, honorable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Maman, Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous tes sacrifices. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Je dédie ce modeste travail à ma fierté dans cette vie, Papa sans toi je ne serais jamais arrivée là où j'en suis aujourd'hui.*

*Mon ange gardien et ma fidèle compagne dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse. A celle qui éclaire mes sombres jours ma grande sœur Wafia.*

*Mon cher grand frère Mohamed qui m'est le père et mon petit choucou d'amour Chakib, les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je porte pour vous.*

*En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon cœur. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère mes amies : Meriem, Farida, Asma mon amie de toujours et sans oublier ma cher binôme Fahima qui sans elle ce travail n'aura pas vu jour.*

*A diablito..*

*Insaf*

# *Remerciements*

Nous exprimons nos profonds remerciements à notre promotrice, le Docteur Aissou-Akrour pour l'aide compétente qu'elle nous a apportée, pour sa patience, sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer le travail et améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire.

Nos vifs remerciements vont en outre à Mme Meslem pour l'honneur qu'elle nous fait de présider ce jury.

Nous remercions également chaleureusement Docteur. Belhasnet et Mme. Merdjane d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons aussi à remercier profondément Mme. Fariza et Mr. Boudjellal quant à leur contribution tant bénéfique dans l'étude pratique de notre travail.

Nous exprimons nos gratitudes aux cadres et responsables du centre CNRDPA de Bou-Ismail pour leur mise à notre disposition d'un échantillonnage d'espèce Tilapia du Nil aux fins de cette étude.

Nous présentons pour la circonstance, nos remerciements les plus sincères à Mme. KHEMAISSIA.S Responsable de département d'analyse au centre de recherche nucléaire de Draria et Mme. Boukhebza, Professeur à l'USTHB.

Nous adressons nos vifs remerciements aux Ingénieurs chacun en son nom du laboratoire LBCM2 Mr. Maatouk et Mme Lillia et notamment Mr .Henniche responsable de la ferme aquacole de l'ENSSMAL et aux équipes de la bibliothèque de l'école, pour avoir toujours répondu avec célérité et abnégation à nos multiples demandes de documentation.

Nos remerciements vont enfin à toute personne qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

## Liste des abréviations

**% :** pour cent.

**°C :** degré Celsius.

**‰ :** pour mille.

**AA :** acides aminées.

**ADN :** acide désoxyribonucléique.

**AG :** acides gras.

**AGE :** acides gras essentiels.

**AGPI :** acides gras  polyinsaturés.

**ATP :** adénosine triphosphate.

**C :** Carbone.

**cm :** centimètre.

**CMV :** Complexe minéraux –vitaminique.

**CNDPA :** Centre National de Développement de la Pêche et l'Aquaculture.

**CNDRPA :** Centre nationale de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture.

**DHA :** acide docosahexaénoique.

**EPA :** *Environmental Protection Agency*

**FAO :** Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

**g :** gramme.

**$H_2SO_4$ :** acide sulfurique.

**h :** heurs.

**HDL:** lipoprotéine de haute densité.

**Kcal:** Kilo calories.

**Kj:** kilo joule.

**Ks :** taux de synthèse.

**l :** litre

**LC :** longueur caudale.

**LDL :** lipoprotéine de basse densité.

**LF :** longueur fourche.

**LT :** longueur total.

**m :** mètre.

**mg :** milligramme.

**ml :** millilitre.

**Moy :** moyenne.

**MPRH :** ministère de pèche et ressources halieutique

**N :** nombre d'effectifs

**NAD :** nicotinamide adénine dinucléotide

**NADP : nicotinamide adénine dinucléotide phosphate**

**nm :** nanomètre.

**ONDPA :** Office National de Développement et de Production Aquacole.

**PG :** prostaglandines.

**pH :** potentiel hydrogène.

**PL :** phospholipides.

**PNDA :** Plan National du Développement Agricole.

**Ppm :** Partie par million.

**Pvc :** polymère thermoplastique

**r :** coefficient de corrélation.

**TAG :** triacylglycérol.

**tr/min :** tours par minute.

**VLDL:** lipoprotéine de très basse densité.

**µg :** microgramme.

# Liste des tableaux

## Première partie : Etude bibliographique

**Tableau 1.1 :** Besoins nutritionnels pour les différents stades physiologiques du Tilapia…..**28**

**Tableau 1.2 :** Teneurs en nutriments de la chair du Tilapia de Nil……**29**

**Tableau 1.3 :** Bilan de peuplement et de repeuplement du Tilapia du Nil……..**30**

**Tableau 1.4 :** Les 4 niveaux de structuration des protéines…….....**32**

**Tableau 1.5 :** Classification des protéines selon leurs fonctionnements……...**33**

**Tableau 1.6 :** Différentes structures des lipides……..**35**

**Tableau 1.7 :** Principaux rôles et symptômes de carence ou excès en macro-éléments……**40**

**Tableau 1.8 :** Principaux rôles et symptômes de carence ou excès en oligo-éléments……**41**

**Tableau 1.9 :** Appellation et structures de certains caroténoïdes……**42**

**Tableau 1.10 :** Appellation et structures de certains provitamines…….....**44**

**Tableau 1.11 :** Principaux rôles des provitamines A……..**45**

## Deuxième partie : Matériel et méthodes

**Tableau 2.1 :** Composition de l'aliment distribué…….....**54**

**Tableau2.2 :** Masses de bichromate de potassium dissoutes dans 10 ml d'eau distillée, les concentrations équivalentes en caroténoïdes et leurs absorbances……..**65**

## Troisième partie : Résultats et discussion

**Tableau 3.1 :** Paramètres physico-chimiques du bassin d'élevage du Tilapia du Nil (CNRDPA)…….....**74**

**Tableau 3.2 :** Taille et poids des différents poissons étudiés……..**74**

**Tableau 3.3 :** Corrélation entre le poids et la taille…….....**75**

**Tableau 3.4 :** Résultats du **Test t**.....**75**

**Tableau 3.5 :** Volumes d'acide chlorhydrique obtenus après titrage……...**76**

**Tableau 3.6 :** Teneur en protéines dans le tissu musculaire selon la taille des individus du *Tilapia du Nil*……**76**

**Tableau 3.7 :** Corrélation entre le taux des protéines et la taille totale des individus du *Tilapia du Nil*……**77**

**Tableau 3.8 :** Résultats de **Test t (**student)…….....**77**

**Tableau 3.9 :** Différentes valeurs des poids des ballons (vides et remplis) et prises d'essai……...**78**

**Tableau 3.10 :** Taux des lipides totaux……...**78**

**Tableau 3.11 :** Corrélation entre le taux des lipides et la taille des individus…….....**79**

**Tableau 3.12 :** Résultats de **Test t** (sutdent)……...**79**

**Tableau 3.13 :** Absorbances, concentrations en provitamines A extraites à partir de la chair et du sang……**80**

**Tableau 3.14 :** Teneurs en provitamines A extraites à partir du sang en fonction de la taille des individus…….....**80**

**Tableau 3.15 :** Corrélation entre la teneur en provitamines A extraites à partir du sang et la taille des individus……**81**

**Tableau 3.16 :** Teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair en fonction de la taille des individus…….……**82**

**Tableau 3.17 :** Corrélation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair et la taille des individus étudiés……**83**

**Tableau 3.18 :** Différents poids des creusets vides, avec échantillon et avec résidu….....**84**

**Tableau 3.19 :** Pourcentage des taux de cendres de chaque individu étudié……**84**

**Tableau 3.20 :** Corrélation entre le taux des cendres totales et la taille des individus……**85**

**Tableau 3.21 :** Résultats de **Test t** (student)……...**85**

**Tableau3.22:** Absorbances lues des ions métalliques……**86**

**Tableau3.23:** Concentrations des sels minéraux étudiés……**86**

**Tableau 3.24 :** Concentration du zinc de chaque individu étudié selon les tailles……..……...……...**87**

**Tableau 3.25 :** Corrélation entre les concentrations du zinc et la taille des individus du *Tilapia du Nil*……...**87**

**Tableau 3.26 :** Concentration du magnésium de chaque individu étudié selon les tailles…….....**88**

**Tableau 3.27** : Corrélation entre les concentrations du magnésium et la taille des individus……..……...**89**

**Tableau 3.28 :** Concentration du calcium de chaque individu étudié selon les tailles……..……**89**

**Tableau 3.29 :** Corrélation entre les concentrations du calcium et la taille des Individus……...**90**

**Tableau 3.30 :** Taux moyen des différents composants analysés de la chair du *Tilapia de Nil* «*Oreochromis niloticus* »**……91**

# Listes des figures

## Première partie : Etude bibliographique

**Figure 1.1 :** Schéma montrant les caractéristiques morphologiques spécifiques de l'*Oreochromis niloticus* soulignées auparavant : rayons épineux et mous de la nageoire dorsale et anale, un liséré noir en bordure de la nageoire caudale…**……..24**

**Figure 1.2 :** Figure schématique de l'*Oreochromis niloticus*…**……..24**

**Figure 1.3 :** Répartition géographique originelle et introduction d'*O.niloticus* en Afrique**……..25**

**Figure 1.4 :** Incubation buccale unie parental maternel des œufs chez *O. niloticus*…**……27**

**Figure 1.5 :** Formule générale d'un acide aminé…**…….31**

**Figure1.6 :** Digestion lipidique…**……37**

**Figure1.7:** Instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique**……...49**

## Deuxième partie : Matériel et méthodes

**Figure 2.1 :** Image satellitaire du CNRDPA (Source : Google earth 2015)**……53**

**Figure2.2 :** Mesure de la taille standard**……..54**

**Figure2.3 :** Pesée du poids corporel**……54**

**Figure 2.4 :** Prélèvement au niveau des branchies **…….55**

**Figure 2.5 :** Vue interne et externe d'une centrifugeuse**…….55**

**Figure 2.6 :** Sérum obtenu**……...56**

**Figure 2.7 :** Eviscération de poisson**……...56**

**Figure 2.8 :** Desquamation du peau **…….56**

**Figure 2.9 :** Récupération de la chair des différents échantillons dans des boites de pétri**……...56**

**Figure 2.10 :** Vue externe d'un lyophilisateur**…….57**

**Figure 2.11 :** Chair lyophilisée des différents échantillons**…….57**

**Figure 2.12 :** Dispositif de minéralisation **……..58**

**Figure 2.13 :** Echantillons de minéralisation **……..58**

**Figure 2.14 :** Appareil de distillation**……..59**

**Figure 2.15 :** Titrage des échantillons**…….60**

**Figure 2.16 :** Pesage de la chair du poisson, de la cartouche et du ballon vide**……..61**

**Figure 2.17:** Evaporation de l'échantillon, emplacement des ballons et des cartouches dans l'appareil de Soxhlet**……..61**

**Figure 2.18 :** Agitation du tube contenant le mélange au vortex **……...63**

**Figure 2.19 :** Refroidissement du mélange dans un bac de glace**……...64**

**Figure 2.20 :** Filtration du mélange après refroidissement **…….64**

**Figure 2.21 :** Décantation du mélange (a : La phase éthérée ; b : La phase hydrique)**…...64**

**Figure 2.22 :** Courbe d'étalonnage de la provitamine A à une absorbance 440 nm**……...66**

**Figure 2.23 :** Courbe d'étalonnage de provitamines A à une absorbance 450 nm**……..66**

**Figure 2.24 :** Vue externe du four à moufle**……67**

**Figure2.25 :** Bombes à téflon destinées à la minéralisation.**.....68**

**Figure2.26 :** (a) Fermeture manuelle des bombes à Téflon ; (b) Fermeture des bombe à Téflon à l'aide d'une clé…**……...69**

**Figure2.27 :** Chauffage classique des bombes à Téflon sur un bloc chauffant. **……69**

**Figure2.28 :** Tubes de récupération de 50 ml. **……69**

**Figure 2.29 :** Appareil SAA…**……70**

## Troisième partie : Résultats et discussion

**Figure 3.1 :** Relation entre le poids et la taille du *Tilapia du Nil* dans un échantillon de 10 individus…**……...75**

**Figure 3.2 :** Relation entre le taux des protéines et la taille totale du *Tilapia du Nil***……76**

**Figure 3.3 :** Relation entre le taux des lipides et la taille des échantillons**……..79**

**Figure 3.4 :** Relation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir du sang et la taille des individus**……81**

**Figure 3.5 :** Relation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair et la taille des individus étudiés**……...82**

**Figure 3.6 :** Teneurs sériques moyennes en provitamines A d'*Oreochromis niloticus* **…….83**

**Figure 3.7 :** Relation entre les taux des cendres totales et la taille des individus…**……...85**

**Figure 3.8 :** Relation entre les concentrations du zinc et la taille des individus…**…….87**

**Figure 3.9 :** Relation entre les concentrations du magnésium et la taille des individus**.....88**

**Figure 3.10 :** Relation entre les concentrations du calcium et la taille des individus…….**89**

**Figure 3.11 :** Histogramme de concentration des sels minéraux étudiés**……90**

**Figure 3.12:** Taux moyen des différents composants analysés de la chair du *Tilapia de Nil***…….91**

# SOMMAIRE

# *Sommaire*

**Introduction ……...20**

**Première partie :** Etude Bibliographique

**Chapitre 1 :** Présentation de l'espèce étudiée *Oreochromisniloticus*

1. Historique **…….....23**
2. Position systématique **……..23**
3. Morphologie et anatomie**……24**
   - 3.1 Morphologie **……...24**
   - 3.2 Anatomie **……24**
4. Ecologie **…….....25**
   - 4.1 Distribution géographique**……..25**
   - 4.2 Limites écologiques **……...25**
   - 4.3 Régime alimentaire **…….....26**
   - 4.4 Croissance **……..26**
   - 4.5 Reproduction**……..26**
   - 4.6 Besoins nutritionnels de l'espèce **……...27**
5. Intérêt piscicole **……...28**
6. Valeur nutritive**……29**
7. Introduction de l'espèce en Algérie **……30**

**Chapitre 2 :**Généralités sur les principaux constituants

1. Protéines **……31**
   - 1.1 Définition**……31**
   - 1.2 Classification et structure**……31**
   - 1.3 Métabolisme des protéines chez les poissons **……33**
     - 1.3.1 Utilisation **……33**
     - 1.3.2 Synthèse **……33**
   - 1.4 Fonction **……...33**
   - 1.5 Valeur nutritionnelle **…….....34**
   - 1.6 Incidence de la carence **…….....34**
2. Lipides **…….....35**
   - 2.1 Définition **……35**
   - 2.2 Classification et structure **……35**
   - 2.3 Nutrition lipidique chez les poissons **……...36**
     - 2.3.1 Digestibilité**……36**
     - 2.3.2 Digestion **……...36**
     - 2.3.3 Absorption **……37**
     - 2.3.4 Transport **……...37**
     - 2.3.5 Stockage **…….....38**

2.4 Rôles des acides gras saturés ……..39
2.5 Conséquence de la carence……...39
3. Sels minéraux ……..40
3.1 Définition ……40
3.2 Types, structure, rôles et effet de sels minéraux ……..40
4. Caroténoïdes et pigmentation ……..42
4.1 Définition ……42
4.2 Efficacité pigmentaire des caroténoïdes ……..42
4.2.1 Structure…….42
4.2.2 Teinte spécifique ……...43
4.2.3 Digestibilité ou disponibilité…….43
4.2.4 Conversion métabolique ……43
4.2.5 Affinité spécifique pour un tissu particulier……...43
4.3 Provitamines A……..44
4.3.1 Définition……...44
4.3.2 Structure…….44
4.3.3 Rôles des provitamines A……..45
**Chapitre 3 :**Généralités sur les méthodes
1. Extraction et dosage des protéines ……46
1.1 Principe de laméthode ……46
2. Méthode d'analyse des lipides……...47
2.1 Principe de la méthode ……...47
3. Extraction des pigments (provitamines A) ……48
3.1 Extraction des pigments (provitamines A) à partir du sang ……..48
3.2 Spectrophotométrie : (provitamines A)……..……48
3.2.1 Principe de la méthode…….48
4. Détermination et analyse des sels minéraux à partir des cendres ……..48
4.1 Détermination des cendres totales……..48
4.1.1 Principe…….48
4.2 Méthode d'analyse des sels minéraux……48
4.2.1 Généralités sur la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA)……...48
4.2.1.1 Principe…….48
4.2.1.2 Appareillage…….49
4.2.1.3 Généralités sur le Photomètre de flamme ……..50
4.2.1.3.1Principe…….50
4.2.1.4 Quelques applications ……51
4.2.1.5 Avantages et inconvénients ……51
**Deuxième partie :** Matériel et méthodes
**Chapitre 1 :** Matière première ……53
1. Description du site d'étude……53
2. Echantillonnage ……..54

3. Préparation des échantillons……..**54**
3.1 Mesure de taille et détermination du poids……..**54**
3.2 Prélèvement du sang……**54**
3.3 Centrifugation des échantillons……**55**
3.4 Prélèvement de la chair……**56**
3.5 Lyophilisation de chair…….....**57**
**Chapitre 2 :** Méthodes d'analyse…….....**58**

1.Extraction et dosage des protéines ……..**58**

1.1 Mode opératoire……**58**
1.2 Expression des résultats ……**60**

2. Extraction et dosage des lipides.....**61**

2.1Mode opératoire ……**61**

2.2Expression des résultats ……**62**
3. Extraction et dosage des pigments (provitamine A) …….....**63**

3.1 Extraction des provitamines A …….....**63**
3.1.1 Extraction des pigments (provitamines A) à partir du sang…....**63**

3.1.2 Extraction des pigments (provitamines A) à partir de la chair……..……**63**

3.2 Lecture spectrophotométrique……..**65**
3.2.1 Préparation de la courbe d'étalonnage ……**65**
3.3 Expression des résultats……**66**

4. Analyse des sels minéraux à partir des cendres …….....**67**

4.1Détermination des cendres totales ……..**67**
4.1.1 Mode opératoire…….....**67**
4.1.2 Expression des résultats …….....**67**
4.2 Détermination des sels minéraux……..**67**

4.2.1 Mode opératoire ……**68**

4.2.1.1 Préparation du matériel ……...**68**

4.2.1.2 Minéralisation à blanc …….....**68**

4.2.1.3 Minéralisation des échantillons ……..……**68**

4.2.1.4 Lecture spectrophotométrique……**70**

5 .Analyse statistique …….....**71**

**Troisième partie :** Résultats et discussion


I. Résultats ……..……74
1. Paramètres physiquo-chimiques du lieu d'échantillonnage……74
2. Description des échantillons …….....74
3. Etude de la relation entre le poids et la taille ……..74
4. Protéines totales ……...76
4.1 Teneurs en protéines totales dans le tissu musculaire selon la taille des individus du poisson étudié ……..76
4.2 Étude de la relation entre le taux des protéines et la taille des individus étudiés……76
5. Lipides totaux ……..78
5.1 Teneurs en lipides totaux des échantillons du poisson étudié……78
5.2 Etude de la relation entre le taux des lipides et la taille des individus étudiés……78
6. Pigments (provitamines A)……..80
6.1 Analyse quantitative des pigments (provitamines A) par spectrophotométrie ……...80
6.1.1 Etude de la relation entre les teneurs des provitamines A et la taille des individus étudiés ……80
6.1.2 Comparaison des moyennes en provitamines A extraites à partir du sang et de la chair ……83
7. Sels minéraux ……..84
7.1 Détermination des cendres totales ……84
7.1.1 Taux des cendres totales……84
7.1.2 Etude de la relation entre le taux des cendres et la taille des individus étudiés ……84
7.2 Sels minéraux ……...86
7.2.1 Taux des sels minéraux ……86
7.2.2 Etude de la relation entre le taux des sels minéraux étudiés et la taille des individus……..……86
7.2.2.1 Zinc……...86
7.2.2.2 Magnésium……88
7.2.2.3 Calcium……..89
7.2.3 Histogramme des concentrations des sels minéraux étudiés ……...90
8. Taux en protéines, lipides, provitamines A et sels minéraux chez le poisson étudié ……..91
II. Discussion……92

**Conclusion…….....96**

**Bibliographie**

**Annexes**

# INTRODUCTION

Le poisson est une source de protéines et de lipides peu coûteuse et de grande valeur nutritionnelle (Kaushik, 2001). Selon la F.A.O (Food And Agriculture Organisation, 2004) la consommation mondiale individuelle de ces produits devrait passer de 16 kg actuellement à environ 20 kg par an en 2030. En effet, la demande globale en produits de la mer croit avec un taux annuel d'environ 2,1 tonnes et serait multipliée par près de 2 dans les 25 prochaines années (Tacon, 2005).

En raison de la précarité des installations et des équipements, la pêche en Algérie souffre jusqu'à présent d'une crise profonde à tous les niveaux. Le secteur se caractérise par capacités de production de glace et de stockage. Ce secteur connait cependant, depuis peu un essor notable grâce à la volonté du gouvernement d'en fixer les grandes lignes de développement et d'ouvrir son accès aux investisseurs étrangers (Chedly, 2005). Depuis quelques années, le ministère de la pêche et des ressources halieutiques a initié un plan de développement de l'aquaculture en Algérie. En effet, que ce soit au niveau national (138.834 t en 2008) régional ou mondial (environ 100 million de tonnes). La pêche par capture stagne et n'arrive plus à satisfaire la demande des consommateurs.

*Oreochromis niloticus* est une espèce très appréciée pour ces potentialités aquacoles. Ces caractéristiques biologiques (croissance rapide, grande résistance au manque d'oxygène, supportent bien les manipulations) rendent ce poisson apte à toutes les formes d'élevage, du plus extensif au plus intensif, avec tous les intermédiaires. Il est donc possible d'intégrer sa pisciculture à différents schémas de développement (Prunet et Bornacin *in* Lazar, 1987).

En Algérie, l'espèce *O.niloticus* a été ciblée en raison de sa rusticité aux conditions climatiques et surtout en zone saharienne dont la température de l'eau et la salinité stimulent la croissance et la reproduction de cette espèce.

Pour cela le Plan National du Développement Agricole (PNDA) a permis dans sa composante (pisciculture en zones saharienne) l'exécution d'opérations de peuplement et de repeuplement en alevins et/ou géniteurs de Tilapia au niveau des zones arides et semi-arides; Ghardaia, Ouargla, El Oued, Djelfa, Ain Oussara, Biskra, Adrar et Bechar (Zouakh et *al.*, 2006). En outre, et dans l'optique du développement de la tilapiculture au niveau de ces zones, le programme de la relance du PNDPA est fortement incitateur d'investissements du fait que l'Etat prend en charge 80 % de la valeur des projets situés dans le sud (M.P.R.H). Plusieurs investisseurs ont bénéficié de cette aide et les demandes pour la création de fermes aquacoles à travers le territoire sont de plus en plus nombreuses.

La composition essentielle de la chair de poisson est constituée d'une quantité d'eau, de matières protéiques, grasse et de minérale (Claude, 2013).

La composition biochimique de la chair de poisson varie considérablement d'une espèce à une autre, et d'individu à l'autre selon l'âge, le sexe, le milieu, la saison et, ces variations sont étroitement lié à l'alimentation.

Le but de ce travail expérimental est de déterminer le taux de protéines, lipides, provitamines A et sels minéraux extraits à partir de la chair d'une espèce de poisson d'eau

douce; le *tilapia du Nil* « *Oreochromis niloticus* » afin de déduire la richesse nutritionnelle de cette espèce destinée à la consommation humaine.

# PREMIERE PARTIE

# ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

# Chapitre 1 : Présentation de l'espèce étudie *Oreochromis niloticus*

Les tilapias sont des poissons exotiques consommés en abondance partout dans le monde. La dénomination tilapia s'applique en réalité à différents poissons blancs appartenant à la famille des *cichlidés*, et notamment *Oreochromis niloticus* – le tilapia du Nil, le plus courant – *Sarotherodon* et *Tilapia*. Le tilapia est le poisson d'élevage par excellence : c'est une des principales espèces d'aquaculture en Asie, en Afrique et en Amérique du sud. Il est le 2ème poisson d'élevage au niveau mondial, après la carpe (FAO, 2012).

## 1. Historique :

Originaire d'Afrique ; Le tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) est l'un des tous premiers poissons élevés par l'humanité. Les égyptiens l'élevaient à des fins ornementales. L'élevage du tilapia n'a commencé à se développer en Chine que 1000 ans plus tard. Les premiers essais « modernes » d'élevage remontaient à 1924, avec les essais relatés par la littérature au Kenya. A partir des années 40 et 50, les travaux réalisés au Congo belge (actuellement la République démocratique du Congo) et au Katanga (province de la République démocratique du Congo) par les colons posent les bases d'une pisciculture rationnelle. La conférence piscicole anglo-belge de 1949 marque la naissance de la pisciculture moderne du tilapia. Pendant les années 40 et 50, l'élevage de tilapia a été initié un peu partout dans le monde tropical avec notamment le tilapia du Mozambique (*Oreochromis mossambicus*). Mais c'est avec le tilapia du Nil, plus apprécié et plus performant, que l'élevage a pris réellement son élan entre les années 60 et 80 avec son introduction au Japon, Thaïlande (1965), Philippines, Brésil (1971), USA (1974) et Chine (1978).

En Algérie, l'élevage de Tilapia est une activité nouvelle ; l'introduction de cette espèce est très récente (mai 2001) (MPRH, CNDPA, 2002) et les travaux de recherche la concernant sont peu nombreux tels que ceux de Bouroubi *et* Zeghimi (2004) ; Bouzid *et* Farah (2004) et Ouldmaamar *et* Tikarrouchine (2005).

De nos jours les tilapias sont présents dans plus de 150 pays, mais paradoxalement l'essentiel de sa production se réalise hors de sa région d'origine.

## 2. Position systématique :

- Règne : *Animalia.*
- Embranchement : *Chordata.*
- Sous-embr : *Vertebrata.*
- Super-classe : *Osteichthyes.*
- Classe : *Actinopterygii.*
- Sous-classe : *Neopterygii.*
- Infra-classe : *Teleostei.*
- Super-ordre : *Acanthopterygii.*
- Ordre: *Perciformes.*
- Sous-ordre : *Labroidei.*
- Famille : *Cichlidae.*
- Genre : *Oreochromis.*
- Nom binominal : *Oreochromis niloticus.* (Linnaeus, 1758)

## 3. Morphologie et anatomie :

### 3.1 Morphologie :

- Forme du corps en général comprimée latéralement, tendant vers l'ovale et allongée.
- la profondeur du pédicule caudal est égale à sa longueur.
- Les écailles sont cycloïdes et il y a absence de protubérance sur la surface dorsale du museau.
- La ligne latérale est interrompue.
- 16 à 17 rayons épineux et 11 à 15 mous forment une ligne continue de la nageoire dorsale ; La nageoire anale à 3 épines et 10-11 rayons; La nageoire caudale est tronquée et comporte de nombreuses lignes noires (FAO, 2006).

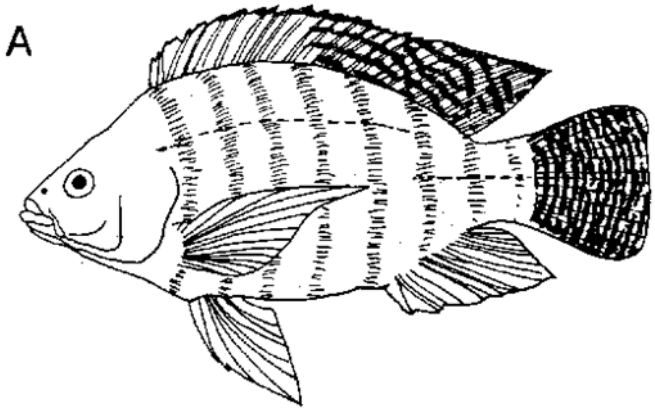



**Figure 1.1 :** Schéma montrant les caractéristiques morphologiques spécifiques de l'*Oreochromis niloticus* soulignées auparavant : rayons épineux et mous de la nageoire dorsale et anale, un liséré noir en bordure de la nageoire caudale (Trewavas, 1983).

### 3.2 Anatomie :

La figure 1.2 représente l'anatomie interne du *Tilapia du Nil*.

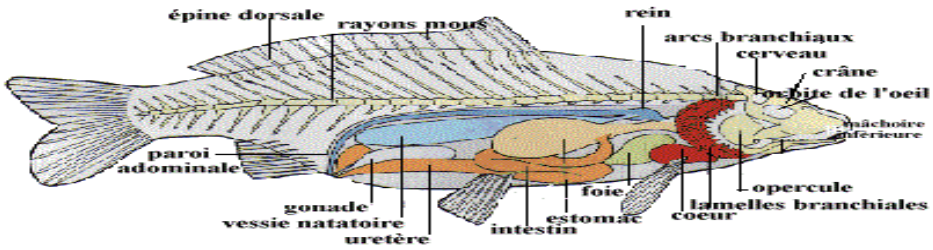



**Figure 1.2 :** Figure schématique de l'*Oreochromis niloticus*. Source : www.encyclopeche.com.

## 4. Ecologie

### 4.1 Distribution géographique :

*Oreochromis niloticus* est une espèce tropicale qui vit dans des eaux peu profondes. La distribution naturelle de l'espèce comprend les bassins du Nil et du lac Tchad, les principaux lacs de la Vallée du Rift et des rivières d'Afrique de l'Ouest, notamment le Niger, le Benue, la Volta, la Gambie, le Sénégal et du Jourdain ainsi que les lacs du graben est-africain jusqu'au lac Tanganyika (Trewavas, 1983; Skelton, 2002). Le tilapia du Nil est devenu une espèce aquacole largement répandue à travers le monde à fin de repeupler des lacs naturels ou des barrages déficients ou pauvres en espèces planctonophages ainsi que pour le développement de la pisciculture (Welcomme, 1988) (figure 1. 3).

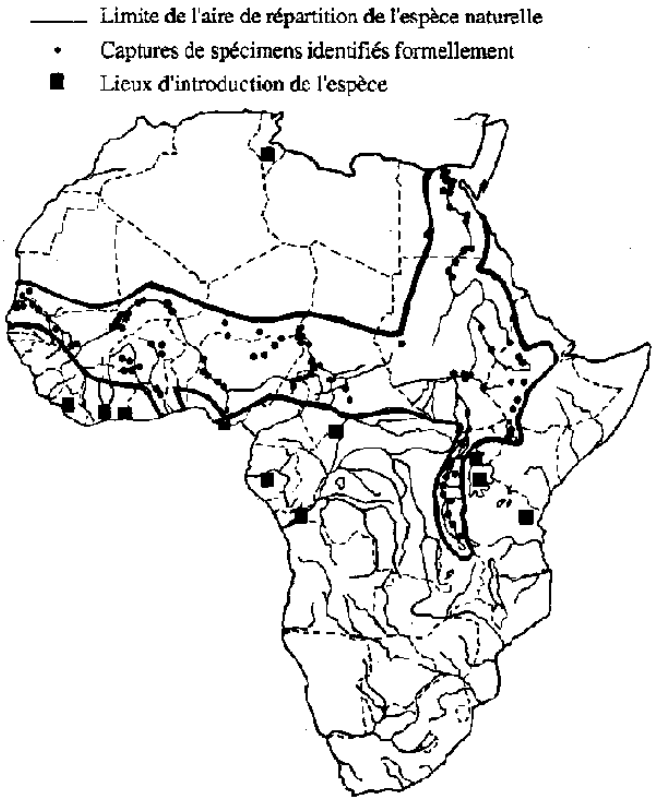



**Figure 1.3 :** Répartition géographique originelle et introduction d'*O.niloticus* en Afrique (modifiée d'après Philippart *et* Ruwet, 1982).

### 4.2 Limite écologique :

*Oreochromis niloticus* est une espèce relativement euryèce et eurytope adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés (Pullin *et* Lowe-Mcconnel, 1982; Fishelson *et* Yaron, 1983; Plisnier *et al.*, 1988; etc...).

- Vie entre 0 et 5 m de profondeur.
- Eurytherme : l'espèce supporte une grande variation de température comprise entre 16° et 38°C :
  - L'optimale pour l'activité biologique (alimentation, croissance et reproduction) est entre 26° et 28°C.
  - cette espèce ne se nourrit pas en dessous de 15°C (Malcolm *et al*, 2000).
- Euryhalin : *O.niloticus* supporte des variations de salinité importantes allant de 0.015 jusqu'à 30 ‰. Toutefois au-delà de plus ou moins 20 ‰ l'espèce subit un stress important qui la rend sensible à une sérié de maladies, la reproduction serait inhibée en eau saumâtre à partir de 15 à 18 ‰.
- L'espèce fréquente les eaux ayant un pH comprit entre 5 et 11.
- Hémoglobine particulière à haute affinité pour l'oxygène dissous (0.12 ppm).

### 4.3 Régime alimentaire :

*Oreochromis niloticus* est classiquement rangé parmi les poissons microphytophages capables d'ingérer et de digérer de grandes quantités d'algues phytoplanctoniques et de cyanobactéries (Chlorophycées, Cyanophycées, Euglenophycées, Diatomées) (Fish, 1955 ; Trewavas, 1983 ; Hickley et Bailey, 1987 ; Lauzanne, 1988 ; Palomares, 1991 ; Mukankomeje, 1992 etc..). En élevage, le régime alimentaire de l'espèce est souvent plus proche de celui des poissons omnivores-détritivores que des herbivores stricts.

### 4.4 Croissance et durée de vie :

Le tilapia du Nil est un poisson à croissance relativement rapide (Lowe-Mcconnel, 1982), néanmoins il présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de tilapia (Pauly *et al*, 1988). Sa croissance est extrêmement variable selon les paramètres du milieu, le climat de la région ainsi que le dimorphisme sexuel dont la croissance est en faveur des mâles. La durée de vie de l'espèce est relativement courte 4 à 7 ans.

### 4.5 Reproduction et dimorphisme sexuel :

La reproduction se réalise toute l'année tant que la température soit supérieure à 22°C (Optimum entre 28° et 32°C) et la salinité est inférieure à 15‰. La taille de première maturité sexuelle est entre 14 et 20 cm (selon le sexe et le milieu).

Le mâle délimite un petit territoire à substrats sablonneux ou argileux sous forme d'assiette creuse où la femelle dépose leur ovules pour être fécondés immédiatement par le mâle. L'incubation des œufs à lieu dans la bouche de la femelle (Incubateur buccal uni parental maternel). L'éclosion se produit dans la bouche de la femelle 4 à 5 jours après la fécondation (figure 1.4).

**Figure 1.4 :** Incubation buccale unie parental maternel des œufs chez *O. niloticus.* Source : www.Google image.com,

❖ **Dimorphisme sexuel:**

Les caractéristiques qui nous permettent la différenciation morphologique entre le mâle et la femelle du *Tilapia du Nil*, sont :

- Coloration : Femelle brune verdâtre pendant la période de reproduction et mâle avec ventre rouge.
- Papille génitale :
  - Mâle : protubérante en forme de cône avec pore urogénital à l'extrémité.
  - Femelle: petite, arrondie avec fente transversale au milieu (pore génital) et avec pore urinaire à l'extrémité.

## 4.6 Besoins nutritionnels de l'espèce :

Les besoins en nutriments majeurs de tilapia sont raisonnablement bien établis et résumés dans le tableau 1.1.

Le tableau démontre que les larves (< 0,5 g) exigent un régime alimentaire plus riche en protéines, lipides, vitamines et minéraux et faible en glucides ; aussi les juvénile (0,5-35 g) exigent plus d'énergie tirée à partir des lipides et des glucides pour le métabolisme et une moindre proportion de protéines pour la croissance; par contre les poissons adultes (> 35 g) nécessitent moins de protéine pour la croissance et peuvent utiliser l'hydrate de carbone comme source d'énergie (FAO,2015).

**Tableau 1.1 :** Besoins nutritionnels pour les différents stades physiologiques du Tilapia.

| Nutriments (%) | < 0,5 g | 0,5-10g | 10-35g | > 35 g |
|---|---|---|---|---|
| Protéines bruts | 50 | 35-40 | 30-35 | 25-30 |
| Lipides bruts | 10 | 10 | 6-10 | 6 |
| Hydrates de C digestibles | 25 | 25 | 25 | 25 |
| Fibres | 8 | 8 | 8-10 | 8-10 |
| Vitamines | 3 | 2 | 2 | 2 |
| Minéraux | 4 | 4 | 4 | 4 |

(Source : Jauncey et Ross, 1982 *in* FAO, 1989, 2015)

## 5. Intérêt piscicole :

Les avantages de l'espèce *Oreochromis niloticus* résident dans plusieurs éléments (Melard *et al.*, 1989) :

- Reproduction naturelle aisée et fréquente en captivité.
- Croissance rapide, même avec une alimentation pauvre en protéines.
- Grande résistance au manque d'oxygène, aux autres agents chimiques ainsi qu'aux maladies.
- Supportent bien les manipulations.

## 6. Valeur nutritive :

Les valeurs nutritives de l'espèce *O.niloticus* sont résumées dans le tableau 1.2.

**Tableau 1.2 :** Teneures en nutriments de la chair du *Tilapia de Nil*.

| | | Moyenne | Mini | Maxi |
|---|---|---|---|---|
| Valeur nutritionnelle | Valeur calorique en Kcal / 100g | 93 | 84 | 98 |
| | Valeur calorique en Kj / 100g | 392 | 355 | 413 |
| | Humidité en g / 100g | 78,5 | 77,9 | 80,0 |
| | Cendres en g / 100g | 0,8 | 0,6 | 0,9 |
| | Protides en g / 100g | 18,1 | 17,4 | 19,4 |
| | Glucides en g / 100g | 0,5 | 0,1 | 1,6 |
| | Lipides totaux en g / 100g | 2,1 | 1,5 | 2,7 |
| | Cholestérol en mg/100g | 39,5 | 32,5 | 43,5 |
| Vitamines | Vitamine A (rétinol) µg / 100g | <2 | - | - |
| | Vitamine E en mg / 100g | 0,93 | 0,73 | 1,16 |
| | Vitamine D en µg / 100g | 15,61 | <0,5 | 53,60 |
| | Vitamine B1 en mg / 100g | <0,04 | - | - |
| | Vitamine B2 (riboflavine) en mg / 100g | 0,05 | 0,04 | 0,07 |
| | Vitamine B5 en mg / 100g | 0,68 | 0,41 | 26 |
| | Vitamine B6 en mg / 100g | 0,23 | 0,18 | 0,30 |
| | Vitamine PP (amide nicotinique) en mg / 100g | 3,28 | 2,78 | 3,77 |
| | Vitamine B12 (cyanocobalamine) en µg / 100g | 1,07 | 0,13 | 1,77 |
| | Caroténoïdes totaux (mg / 100g) | - | - | - |
| Minéraux et oligoéléments | Sodium en mg / 100g | 28,3 | 23,9 | 29,8 |
| | Calcium en mg / 100g | 8,2 | 7,5 | 9,1 |
| | Potassium en mg / 100g | 282 | 229 | 331 |
| | Magnésium en mg / 100g | 25,4 | 23,8 | 27,2 |
| | Fer en mg / 100g | 0,27 | 0,21 | 0,32 |
| | Cuivre en mg / 100g | <0,1 | - | - |
| | Zinc en mg / 100g | 0,32 | 0,28 | 0,35 |
| | Manganèse en mg / 100g | <0,1 | - | - |
| | Phosphore en mg / 100g | 131 | 118 | 148 |
| | Iode en µg/100g | 6 | 3 | 13 |
| | Sélénium en µg / 100g | 18 | 12 | 23 |
| | Chlorures en mg / 100g | - | - | - |
| Acides gras | AG saturés (mg/100g) | 565 | 387 | 751 |
| | AG monoinsaturés (mg/100g) | 643 | 456 | 809 |
| | AG polyinsaturés (mg/100g) | 440 | 356 | 561 |
| | Dont oméga 6 (mg/100g) | 278 | 157 | 485 |
| | Dont oméga 3 (mg/100g) | 158 | 75 | 271 |

Source : www.nutraqua.com, 2010.

## 7. Introduction de l'espèce en Algérie :

Dans le cadre du développement de la pisciculture en zones sahariennes le Plan National du Développement Aquacole (PNDA), a lancé une opération d'introduction de Tilapia de souche pure : *Oreochromis niloticus* provenant d'Egypte, en avril 2002. Cette introduction s'est effectuée par voie aérienne, et a porté sur 4000 alevins et 200 géniteurs. Les poissons ont été entreposés dans un premier temps au niveau de l'ex-CNDPA (Centre National de Développement de la Pêche et l'Aquaculture) et l'ex-ONDPA (Office National de Développement et de Production Aquacole) à titre préventif du point de vue sanitaire, ensuite ces poissons ont été distribués aux agricultures disposant d'infrastructures hydriques à usage d'irrigation agricole.

**Tableau 1.3 :** Bilan de peuplement et de repeuplement du *Tilapia du Nil.*

| | Sites (barrages) | Quantité nombre d'espèces | Date Mois/année |
|---|---|---|---|
| AIN DEFLA | Bessami (ferme)<br>Ghrib<br>Deurdeur<br>M'gila | 500 | 09/04 |
| SIDI BEL ABBES | Saida (R.C)<br>Hammam<br>Ouarka | 500 | 09/04 |
| SETIF | K'sob | 400<br>1000 | 02/04<br>09/04 |
| OUARGLA | Azzam (lac)<br>Gazeltes<br>Collo | 1000 | 10/04 |
| BECHAR | | 1000 | 10/04 |

DPRH (Direction de la Pêche et des Ressources Halieutiques), Décembre 2004 *in* Meslem et Benathmane (2006).

R.C : Retenue collinaire.

**Chapitre 2 : Généralités sur les principaux constituants**

## 1. Protéines :

Les espèces de poisson pourraient se différencier en fonction de leur composition protéique. C'est ainsi que certaines espèces sont plus riches en protéines insolubles, d'autre en protéines solubles.

### 1.1 Définition des protéines :

Les protéines sont des macromolécules. Les éléments de construction monomérique des protéines sont des acides aminés qui ont tous une structure caractéristique constituée d'un atome de carbone α central (Cα) lié à quatre groupes chimiques différents : un groupement aminé($NH_2$), un groupement carboxyle (COOH),un atome d'hydrogène (H) et un groupement variable, appelé chaine latérale, ou groupement R (radical). Une protéine comporte au moins 100 acides aminés et le groupement $H_2N$- libre à gauche, c'est l'acide aminé n°1 (Frénot *et al*, 2001).

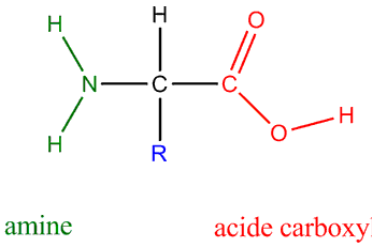



**Figure 1.5 :** Formule générale d'un acide aminé.

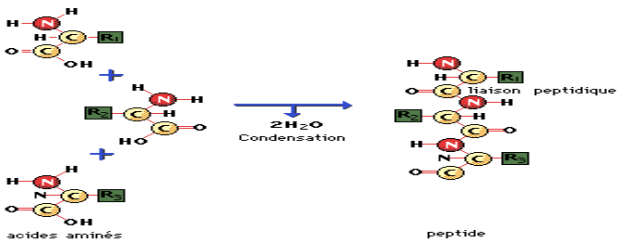
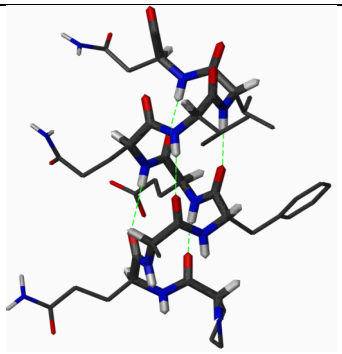
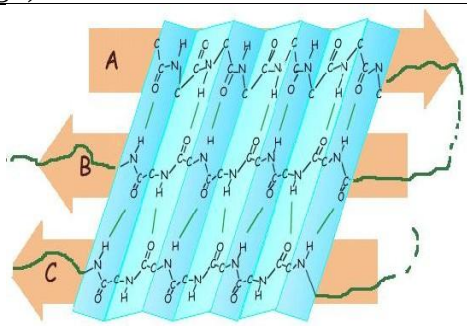
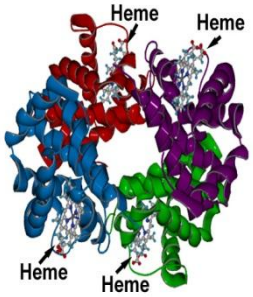
### 1.2 Classification et structure :

Une protéine est une molécule comportant de l'azote et composée d'une séquence d'acides aminés (au nombre de 20) relies par des liaisons peptidiques. La séquence détermine la structure primaire de la protéine, la configuration de la chaine peptidique dans l'espace détermine les structures secondaires et tertiaires, l'association de plusieurs chaines peptidiques déterminé la structure quaternaire.

Il existe 4 niveaux de structuration des protéines :

- la structure primaire.
- la structure secondaire.
- la structure tertiaire.
- la structure quaternaire.

**Tableau 1.4 :** Les 4 niveaux de structuration des protéines.

| | structure |
|---|---|
| Structure primaire |  (http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/fencmed/targets/illus/ilt/T014283A.gif) |
| Structure secondaire |  Hélice alpha(Wikipedia)<br>  Feuillet bêta (http://www.rothamsted.ac.uk/notebook/courses/guide/images/sheet.gif, 2015) |
| Structure tertiaire | (http://culturesciences.chimie.ens.fr/Nobel_2004_breve_ubiquitine.gif .2014) |
| Structure quaternaire |  Structure quaternaire de l'hémoglobine (chaque couleur représente une sous-unité) (http://www.ens-lyon.fr/DSM/magistere/projets_biblio/ 2002/cmichel/images/hhemo_rib1.jpg) |

## 1.3 Métabolisme des protéines chez les poissons :

Les acides aminées (AA) dans les organismes animaux sont, soit sous forme libre, soit liés aux protéines (à savoir incorporés au sein de chaines peptidiques).

Les acides aminés libres ont trois origines possibles : absorption intestinale, synthèse de novo et inter conversion et enfin hydrolyse des protéines corporelles. Ils peuvent servir à la synthèse de protéines corporelles ou d'autres composés azotés, servir de source de carbone ou niveau du métabolisme intermédiaire ou être oxydés à des fins énergétiques.

### 1.3.1 Utilisation :

Chez les poissons, comme chez les invertébrés terrestres, les protéines corporelles n'ont pas un caractère statique : synthèse et dégradation protéiques ont lieu à tout instant, puisant dans le pool des acides aminés (AA) libres et l'alimentant au même titre que le flux d'origine alimentaire. L'étude du métabolisme des acides aminés (AA), et plus particulièrement la quantification des besoins, doit prendre en compte cet aspect dynamique et plus spécialement le taux de renouvellement des acides aminés (AA) dans chaque compartiment.

### 1.3.2 Synthèse :

Comme les vertébrés supérieurs et bon nombre d'invertébrés, le poisson est incapable de synthétiser certains acides aminés (AA), ces derniers doivent être obligatoirement apportés par l'aliment. Ces acides aminés (AA) sont qualifiés d'indispensables.

La plus grande partie des protéines synthétisées est retenue dans le muscle blanc des poissons (50 à 70 % contre 25 à 40 % chez les mammifères. les poissons sont beaucoup plus dépendants de la fourniture alimentaire en acides aminées que les vertébrés supérieurs pour le renouvellement de leurs protéines corporelles.

Le taux de synthèse (ks) des protéines varie avec le tissu concerné.

## 1.4 Fonction des protéines :

Les protéines sent souvent classées en fonction de leur dégrée de solubilité. Les protéines des tissus musculaires de poisson peuvent être divisées en 3 groupes :

**Tableau 1.5 :** Classification des protéines selon leurs fonctionnements.

| Groupes | fonctionnement |
|---|---|
| Protéines structurales | Constituant le système contractile responsable du mouvement des muscles. |
| Protéines sarcoplasmiques | Sont des enzymes participant au métabolisme de la cellule (la transformation anaérobie de l'énergie du glycogène en ATP). |
| Protéines du tissu conjonctif (collagène) | Ont pour fonction de conférer aux tissus une résistance mécanique à l'étirement. |

Source : Bensalah *et* Mkhelouf, 2013.

## 1.5 Valeur nutritionnelle :

Les protéines du poisson sont une excellente source d'acides aminés soufrés (méthionine et cystéine).

Un supplément de poisson peut, par conséquent, améliorer de façon significative la valeur biologique dans des régimes basés essentiellement sur les céréales.

Les protéines du poisson renferment tous les acides aminés essentiels qui ont, comme les protéines de viande de mammifères, des œufs et du lait, une très haute valeur biologique.

## 1.6 Incidence de la carence :

Les poissons nécessitent un apport protéique alimentaire élevé (30 à 55 % selon les espèces) par rapport aux autres animaux d'élevage et un apport en acides aminés répondant précisément à leur besoin.

Une carence en protéines entraine une dénutrition plus ou moins grave qui se traduit par un retard de la croissance, une grande fragilité, une moindre résistance aux infections et peut s'accompagner d'une fonte musculaire importante (Basset, 2005).

Chez le tilapia de Nil, une carence en protéine résulte uniquement du ralentissement de la croissance. Par ailleurs, l'apport protéique n'influence pas la teneur des oocytes en protéines ou en acides aminés (Guillaume *et al.*, 1999).

## 2. Lipides :

### 2.1 Définition :

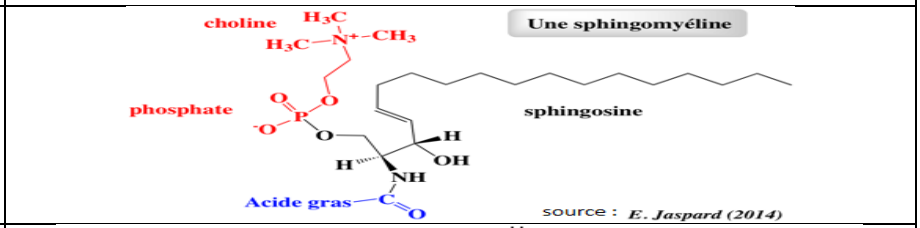
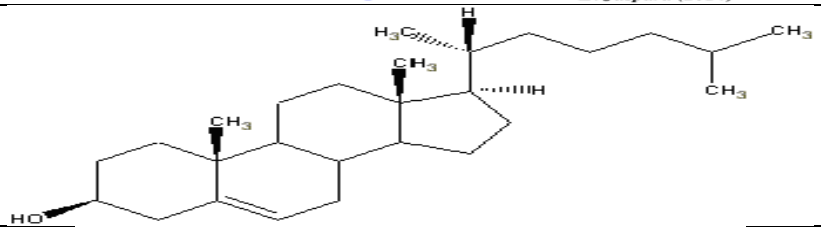
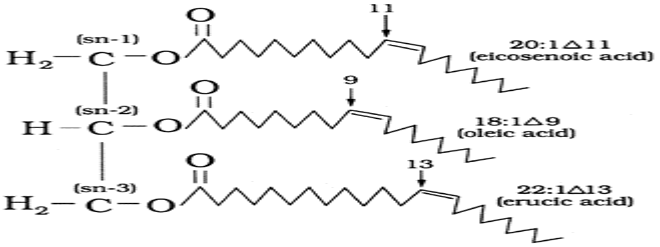
Les lipides (du grec lipos, graisse) sont caractérisés par une propriété physique : la solubilité. Ce sont des biomolécules organiques à solubilité nulle ou faible dans l'eau mais par contre élevée dans les solvants organiques non polaires (méthanol, chloroforme, cyclohexane, éther éthylique, acétone…). Ils forment une famille hétérogène au point de vue des propriétés structurales ou fonctionnelles mais leurs propriétés communes résultent de leurs chaines hydrocarbonées qui constituent la majeure partie de leur structure.

Chez les poissons, la teneur et la composition en lipides varient avec l'âge, le cycle sexuel et les facteurs environnementaux tels que la température et la salinité de l'eau (Wood et Lister, 1973; Gandemer, 1997). Elle est également sous contrôle de facteurs nutritionnels (Médal *et al.*, 2003), et de facteurs génétiques (Quilet *et al.*, 2005).

### 2.2 Classification et structures :

Les lipides existent sous deux formes : simples (alcool associé avec un acide gras) et complexes (alcool associé avec un acide gras et d'autres molécules) (les acides gras biologiques les plus communs voir annexe 1); le tableau 1.6 suivant représente les différentes structures des lipides :

**Tableau 1.6 :** Différentes structures des lipides.

| Nomenclature | Structure |
|---|---|
| Sphingolipide |   |
| Stéroïde |  |
| Triacylglycérol |   |

Source : Alais *et al.*, 2008.

## 2.3 Nutrition lipidiques chez les poissons :

Les triacylglycérols (TAG) ou triglycérides (sont des glycérides dans lesquels les trois groupes hydroxyle du glycérol sont estérifiés par des acides gras) et les phospholipides (PL) (est un lipide contenant un groupe acide phosphorique en tant que mono ou di-ester) ce sont les classes lipidiques qui occupent une grande importance en nutrition animale. Par contre les cérides (sont des monoesters d'acides gras et d'alcools aliphatiques à longue chaîne qui sont en général des alcools primaires, à nombre pair de carbones, saturés et non ramifiés) se trouvent en quantité considérable dans le milieu marin.

L'apport de lipides dans l'alimentation des poissons, comme dans celles des mammifères, est d'abord indispensable pour satisfaire les besoins en acides gras essentiels (AGE), acides gras non synthétisés par l'organisme et nécessaire au métabolisme cellulaire (pour la synthèse de prostaglandines et composés similaires) ainsi qu'au maintien de l'intégrité des structures membranaire (via leur fluidité) (Guillaume *et al.*, 1999). Ils servent aussi de vecteur lors de l'absorption intestinale des vitamines liposolubles et des pigments caroténoïdes, régulateur métaboliques (hormones stéroïdes), émulsifiant et texture (Nguyen, 2010). Leur rôle majeur est la fourniture d'énergie, rôle d'autant plus important chez les poissons que la majorité de ces derniers digèrent mal les glucides complexes.

Toutefois la nutrition lipidique des poissons se différencie de celle des vertébrés supérieurs à plus d'un point de vu. Le milieu aquatique est caractérisé par une grande richesse en acides gras polyinsaturés (AGPI) et en particulier en AGPI à longue chaine (20 atomes de carbone ou plus) ou AGPLI de la série n-3 sont ceux pour lesquels les poissons ont les besoins les plus élevés, contrairement aux vertébrés supérieurs terrestres (Guillaume *et al.*, 1999).

### 2.3.1 Digestibilité :

Au sens nutritionnel, la digestibilité constitue une mesure globale de l'ensemble des phénomènes de la digestion qui aboutissent à l'absorption intestinale des éléments de la ration alimentaire. Elle exprime la quantité de nutriments supposée absorbée par l'animal (Adrian *et al.*, 1987).

Les lipides sont généralement bien ou très bien digérés, sauf si, du fait de leur point de fusion élevé, ils sont solides à la température où vit le poisson. Ainsi l'hydrogénation des huiles qui améliore leur résistance à l'oxydation les rend moins digestibles.

Les AGPI sont particulièrement bien digérés, par contre les AG saturés, l'utilisation digestive est plus faible et elle décroit avec la longueur de la chaine carbonée, passant de 70 % pour le myristat (14 :0) à 50 % pour le stèarate (18 :0) (Guillaume *et al.*, 1999).

### 2.3.2 Digestion :

Chez la majorité des poissons, le mécanisme de digestion des lipides est une hydrolyse extracellulaire par des lipases ou colipases qui a lieu dans l'intestin. Les enzymes digestives sont localisées dans le pancréas ou hépatopancréas tout comme chez les mammifères (Sargent et Tocher, 2002, *in* Magali, 2008).

### 2.3.3 Absorption :

Les produits résultant de la digestion des lipides sont principalement des acides gras libres, toute fois il y'a d'autres molécules différentes en fonction du type lipide digéré, ainsi on trouvera du : glycérol et du 2-monoacylglycérol (provenant des triglycérides et des phospholipides), des alcools et des stérols (provenant du cholestérol), d'où leur absorption s'effectue au niveau des entérocytes.

Il existe une absorption différentielle en fonction des acides gras, basée sur la longueur de la chaine et le degré d'insaturation, les acides gras à courte chaine (2 à 10 atomes de carbone) et le glycérol leur absorption se fait par une simple diffusion à travers la membrane des entérocytes (Higgs et Dong, 2002 *in* Magali, 2008).

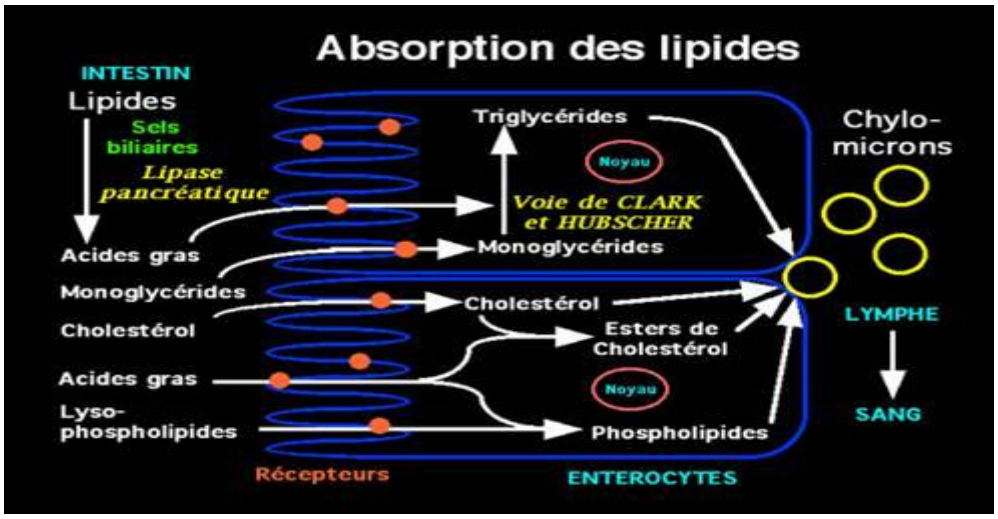



**Figure 1.6 :** Digestion lipidique, source : Google image, 2013.

- Les lipides du chyme sont hydrolysés dans le duodénum par les enzymes pancréatiques (lipase, phospholipase, cholestérol estérase). L'hydrolyse des lipides nécessite une émulsification en gouttelettes grâce aux sels biliaires qui sont indispensables à l'action de la lipase pancréatique ainsi qu'un cofacteur protéique, la colipase.
- Les produits de la digestion des lipides sont des monoglycérides, des acides gras, du cholestérol et des lysophospholipides. Ces nutriments sont associés aux sels biliaires sous forme de micelles qui permettent leur absorption par la bordure « en brosse » des entérocytes. Dans ces derniers les lipides sont synthétisés à nouveau à partir du glycérophosphate pour les phospholipides (voie de KENNEDY) et des monoglycérides pour les triglycérides (voie de CLARK et HUBSCHER). Le cholestérol est en partie estérifié dans les entérocytes et en partie ré-excrété vers la lumière intestinale. Les produits obtenus à la fin de la synthèse sont : les chylomicrons (sont drainés par les chylifères, lymphatiques qui déversent la lymphe dans le sang veineux), des phospholipides et du cholestérol libre (cours de biochimie : Faculté de médecine Pierre et Marie curie, 2013).

### 2.3.4 Transport :

Les AG absorbés sont réestérifiés dans l'entérocyte en TAG et PL. L'entérocyte peut comporter des **lipides étalés**, formé de stockage temporaire des TGA particulière aux poissons.

Majoritairement, les lipides resynthétisés sont incorporés dans des particules de nature lipoprotéinique (ce sont des systèmes de transport des lipides sériques). Ces particules sont acheminées vers le foie essentiellement par la voie lymphatique mais également par la voie portale chez certaines espèces.

Les lipides parvenus au foie ainsi que ceux qui sont synthétisés par cet organe sont complexés avec des protéines particulières, les apoprotéines et du cholestérol libre et estérifié pour former de nouvelles lipoprotéines.

Comme chez les mammifères le transport des lipides du foie vers les autres tissus est assuré par trois catégories de lipoprotéines plasmatiques :

- VLDL (very low density lipoprotein).
- LDL (low density lipoprotein).
- HDL (high density lipoprotein).

Dans la circulation, ces lipoprotéines subissent l'attaque de différentes enzymes : la lipoprotéine lipase dont la présence a été démontrée dans le plasma, la lécithine-cholestérol-acyl-transférase présente dans les tissus extra-hépatiques qui a une activité très élevée dans le plasma (Guillaume *et al.*, 1999).

### 2.3.5 Stockage :

Chez les poissons, le stockage des lipides peut avoir lieu dans plusieurs tissu : le foie, le tissus adipeux périviscéral et le muscle, voir le tissus sous-cutané. Dans le muscle blanc, les lipides sont stockés dans des petites formations de tissus adipeux insérées entre les feuillets musculaires alors qu'au niveau du muscle rouge sont aussi stockés à l'intérieur des fibres elle-même.

La localisation des dépôts lipidiques est très différente selon les espèces, elle sert de critère de sélection des poissons selon différentes catégories. On distingue :

- Des poissons « gras », ces espèces présentent des teneurs en lipides musculaires supérieures à 10 % comme la truite arc-en-ciel.
- Des poissons « maigres», pour ces espèces la chair renferme moins de 2 % de lipides, ces derniers étant stockés dans le foie tel que la carpe.
- Entre ces deux catégories, il existe des poissons « intermédiaires» qui stockent les lipides dans le muscle (teneurs de 2,5 à 6 %) et dans d'autres sites comme le tissu adipeux péri viscéral comme les espèces du Tilapia.

La teneur en lipides des poissons varie en fonction de l'âge et du stade physiologique et de nombreux autres facteurs (génétique, nutritionnels, endocriniens, environnementaux) qui sont susceptibles d'influencer l'importance des dépôts lipidiques (Guillaume *et al.*, 1999).

### 2.4 Rôles des acides gras saturés des poissons :

Les AGE, nommés aussi AG indispensables, sont nécessaires à l'organisme pour les trois raisons qui suivent :

a. Tout d'abord, ils présentent un rôle constitutif, ce sont des composants important des PL, eux-mêmes constituants majoritaires des membranes cellulaires et des lipoprotéines de transport.

b. Ils servent de substrat pour la synthèse de toute une famille de molécules à caractère hormonal, comme les prostaglandines (PG) et l'expression des gènes codant pour des enzymes de stockage des triglycérides et de l'oxydation des acides gras (Guesnet *et al.*, 2005).

c. Ils jouent également un rôle de second messager (Claude, 2013).

### 2.5 Conséquences de la carence :

Les régimes déficient en AG entrainent un ralentissement de la croissance et une diminution de l'efficacité alimentaire, ils s'accompagnent des signes pathologiques tels que :

- Dégénérescence hépatique avec accumulation de lipides.
- Erosion des nageoires.
- Lésions branchiales.
- Diminution du taux d'hémoglobine.
- Provoque une réduction significative de la production d'œufs, du pourcentage d'œufs oeillés, ainsi que du taux d'éclosion.
- Des déformations morphologiques variées observées chez les larves et un taux de survie limité.

Chez certaines espèces comme la truite, une carence en AGE pendant trois mois peut conduire à un « syndrome de choc » avec perte de mouvement en réponse à un stress (Guillaume *et al.*, 1999).

## 3. Sels minéraux :

Les minéraux entrent dans la composition de tous les tissus du corps. Ils se trouvent en quantités considérables dans certaines structures telles que les os, les dents et, pour une moindre part, dans les muscles, le sang, etc.

### 3.1 Définition :

Les minéraux se présentent sous forme de sels (chlorure de sodium, phosphate de calcium, etc.) et sous forme d'ions, les uns à charge électrique négative ou anions (soufre, chlore, etc..), les autres à charge électrique positive ou cations (fer, potassium, etc).

### 3.2 Type des sels minéraux :

#### A. Les macro-éléments :

Les éléments minéraux majeurs, ou macroéléments, représentent plus de 80% de l'ensemble des éléments minéraux de l'organisme animal. Ils contribuent à la structure des tissus et des organes et jouent également des rôles essentiels dans les échanges cellulaires et les transports d'énergie et, pour certains, dans l'activation d'innombrables systèmes enzymatiques et hormonaux.

**Tableau 1.7 :** Principaux rôles et symptômes de carence ou excès en macro-éléments.

| Eléments | rôles | carences | excès |
|---|---|---|---|
| Calcium | -Constituant essentiel du squelette | -Ralentissement de la croissance | -Blocage de l'assimilation des oligo-éléments |
| Phosphore | -Constituant du squelette | -Mauvaise transformation de l'énergie et de l'azote de la ration<br>-Troubles locomoteurs | -Troubles de fertilité |
| Magnésium | -Favorise la décontraction musculaire<br>-Précurseurs de synthèses hormonales<br>-Transport de l'énergie(ATP) | | -léthargie |
| Sodium | -Régulation de la pression osmotique<br>-Echanges cellulaires | -Baisse de l'appétit<br>-Mauvais état général | -Soif intense |

Source : P-dig norme INRA 2002.

### B. Les oligo-éléments :

Les oligo-éléments sont présents en quantités infimes dans l'organisme, environ 1% des cendres totales. Ils contribuent néanmoins au fonctionnement des principales fonctions vitales comme activateurs de systèmes enzymatiques ou composants indispensables de molécules essentielles telles que certaines hormones et vitamines.

**Tableau 1.8 :** Principaux rôles et symptômes de carence ou excès en oligo-éléments.

| éléments | rôles | carences | excès |
|---|---|---|---|
| Fer | -Transport et stockage de l'oxygène | -anémie | -Mauvais reproduction<br>-Baisse de l'appétit<br>-Carence induite Cu, Zn et Se |
| Zinc | -Synthèse de l'azote | -Mauvaise efficacité de la ration<br>-Croissance ralentie Retard de cicatrisation | -Diminution de l'appétit<br>-Mauvais état général |
| Cuivre | -Ossification<br>-Equilibre de système nerveux | -Trouble de l'ossification<br>-Trouble de la reproduction<br>-Anémie | -Anémie<br>-Destruction de cellules hépatiques (agneaux) |
| Manganèse | -Ossification (qualité de l'os et du cartilage)<br>-Appareil reproducteur | -Organes génitaux atrophies | -Baisse de l'appétit<br>-Retard de croissance<br>-Infertilité |
| Sélénium | -Antioxydant<br>-Entretien de l'intégrité musculaire | -Dégénérescence musculaire et cardiaque<br>-Niveaux cellulaires élevés | -Mortalité<br>-Insuffisance respiratoire<br>-Troubles locomoteurs |

Source : P-dig norme INRA 2002.

## 4. Caroténoïdes et pigmentation :

Carotène, caroténoïdes, sont des mots dérivés de Daucus carota, le nom latin de la carotte dont le β-carotène fut extrait et isolé pour la première fois en 1831(Wackenroder, 1831 *in* Reynaud, 2009).

### 4.1 Définition :

Les caroténoïdes sont des pigments liposolubles dont la gamme de couleur s'étend du jaune au rouge profond. Le nombre de caroténoïdes naturels actuellement connus est d'environ six cents. Ce ne sont pas des nutriments au sens classique du terme, mais des substances que les animaux ne peuvent synthétiser. Ces composés ne sont généralement pas considérés comme indispensables, mais ils peuvent jouer, chez les invertébrés comme chez les vertébrés, divers rôles encore imparfaitement connus dont le plus évident est celui d'un pigment. La couleur est due à certains pigments caroténoïdes d'origine alimentaire dont les plus importants sont deux céto-caroténoïdes, la canthaxanthine et l'astaxanthine. Les poissons à la différence des crustacés, ne peuvent synthétiser ces derniers pigments à partir de caroténoïdes. Dans la nature, les caroténoïdes sont apportés par des proies naturelles. En aquaculture intensive, ils le sont par l'aliment.

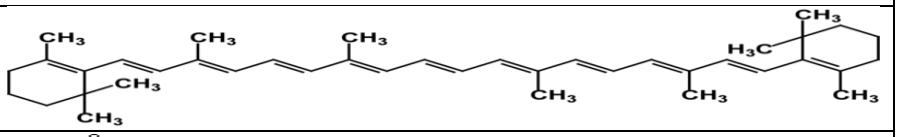
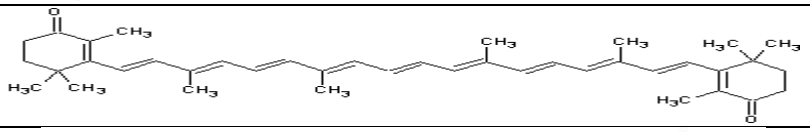
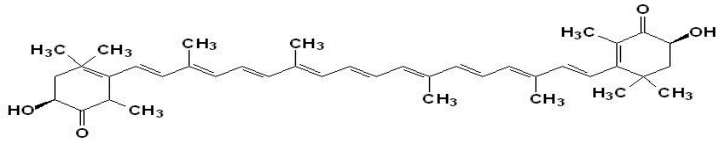
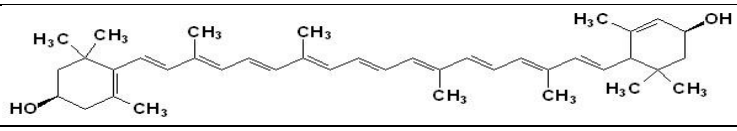
### 4.2 Efficacité pigmentaire des caroténoïdes :

L'aspect le plus important pour les pisciculteurs et les fabricants d'aliments est l'efficacité pigmentaire des caroténoïdes. Elle est déterminée par leur structure, leur teinte spécifique, leur digestibilité, leur conversion métabolique et leur affinité spécifique pour un tissu particulier.

#### 4.2.1 Structure :

Le tableau suivant représente quelque appellation et structures de certains caroténoïdes.

**Tableau 1.9 :** Appellation et structures de certains caroténoïdes.

| Pigment | Structure |
|---|---|
| β-carotène |  |
| canthaxanthine |  |
| astaxanthine |  |
| lutéine |  |

Source : Google image, 2014.

### 4.2.2 Teinte spécifique :

La couleur de pigment caroténoïde est généralement de couleur jaune à rouge.

Cette couleur est provoqué par l'existence d'un chromophore constitue d'au moins de 7 double liaisons conjuguées.

- Le β-carotène est orange.
- La canthaxanthine est rose à un chromophore plus long et par conséquent absorbe la lumière à une longueur d'onde plus élevée.
- L'astaxanthine a le même chromophore que la canthaxanthine.

La teinte dépend alors de la proportion relative des différents caroténoïdes.

### 4.2.3 Digestibilité ou disponibilité :

Après ingestion, les pigments caroténoïdes peuvent être éliminés dans les fèces, absorbés ou transformés. Les produits de transformation peuvent, à leur tour, être éliminés ou réabsorbés par la muqueuse intestinale.

Les caroténoïdes étant des composés liposolubles, leur absorption est liée à celle des lipides et leur digestibilité est influencée par la teneur de l'aliment en lipides.

La disponibilité des caroténoïdes est la mesure des quantités de pigments contenus dans le sang des poissons. La canthaxanthine se retrouve dans le sérum dès 3 heures après le repas d'épreuve. La concentration maximale est atteinte 24 heures après l'ingestion.

Pour l'astaxanthine, ces durées sont réduites. Pour un même niveau d'ingestion, la teneur du sérum en astaxanthine est supérieure (d'environ 2 à 3 fois) à celle de la canthaxanthine.

Les concentrations en caroténoïdes dans le sang décroissent en moins de 3 jours après toute cessation de supplémentassions en caroténoïdes.

### 4.2.4 Conversion métabolique :

Une classification reposant sur l'aptitude des animaux aquatiques à métaboliser divers pigments caroténoides en astaxanthine, leur pigment dominant, a été proposée. Elle comprend trois groupes :

- Animaux pouvant convertir la lutéine ou zéaxanthine (mais pas le β-carotène) en astaxanthine (cyprinidés).
- Animaux pouvant synthétiser l'astaxanthine à partir du β-carotène (presque tous les crustacés).
- Animaux ne pouvant effectuer aucune conversion (salmonidés).

La voie catabolique la plus importante est la dégradation oxydative de la chaine de doubles liaisons, à l'image de la dégradation biologique du β-carotène en vitamine A.

### 4.2.5 Affinité spécifique pour un tissu particulier :

L'affinité spécifique concerne l'aptitude de chaque caroténoïde à se déposer dans un tissu particulier (peau, muscle, exosquelette, glande digestive). Certains caroténoïdes, comme les mycoxanthophylles glycosylées, ne sont pas déposés dans le muscle de truite. D'autre, comme la citranaxanthine, ont une efficacité pigmentaire limitée. Cependant, cette caractéristique ne désigne en fait que la résultante des divers processus aboutissant à la fixation des pigments. Elle dépend de facteurs tels que la disponibilité des caroténoïdes dans les matières premières et leur digestibilité (déjà mentionnée), la concentration dans l'aliment, la durée de l'apport, l'aptitude de l'organisme à transformer ou à déposer les pigments dans les tissus.

## 4.3 Provitamines A :

Les provitamines A, précurseurs de la vitamine A, sont des substances organiques dont l'organisme ne peut en général effectuer la synthèse et qui sont indispensables au métabolisme des poissons.

Dans le milieu naturel, les animaux aquatiques apportent ces composés à travers l'alimentation où le phytoplancton et le zooplancton sont les sources principales des derniers.

### 4.3.1 Définition :

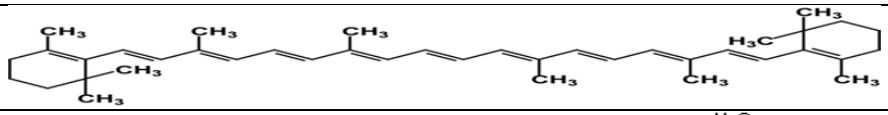
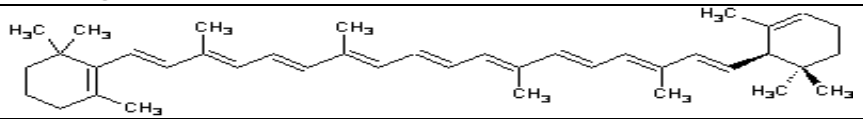
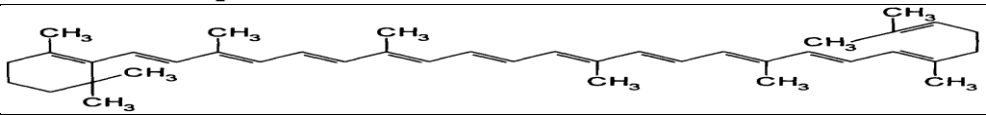
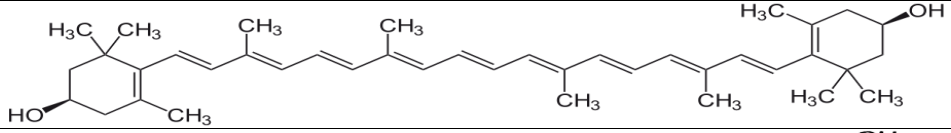
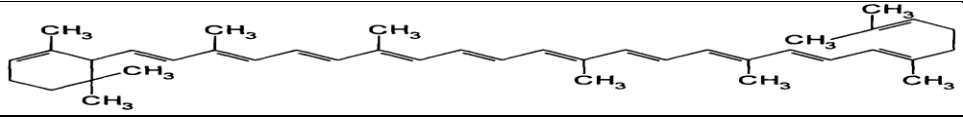
Ce sont des hydrocarbures fortement insaturés, peuvent être plus ou moins oxygénés, ce caractère a permis leur classement en deux grands groupes :

- Les carotènes.
- Les xanthophylles.

### 4.3.2 Structure :

Les caroténoïdes se regroupent en deux grands groupes les hydrocarbures polyéniques et les caroténoïdes oxygénés.

**Tableau 1.10 :** Appellation et structures de certains provitamines A.

| | Structure |
|---|---|
| β-carotène |  |
| α-carotène |  |
| γ-carotène |  |
| Zeaxanthine |  |
| λ-carotène |  |

Source : Google image, 2014.

### 4.3.3 Rôles des provitamines A :

Les principaux rôles des provitamines A sont résumés dans le tableau 1.11.

**Tableau 1.11 :** Principaux rôles des provitamines A.

| | Rôle |
|---|---|
| Vision | N'interviennent pas directement dans le processus de la vision mais doit subir la conversion en vitamine A pour qu'elles puissent s'utiliser dans ces mécanismes. |
| croissance | Jouent un rôle important au renouvellement cellulaire de la peau et de membranes, intervient aussi dans la croissance des os ainsi que leur solidification |
| reproduction | Lors de la maturation sexuelle, les concentrations en caroténoïdes du muscle décroissent de façon importante chez les deux sexes sont mobilisées et sélectivement transférés vers la peau chez le mâle et vers les ovaires chez la femelle. |

# Chapitre 3 : Généralités sur les méthodes :

## 1. Extraction et dosage des protéines :

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldahl » (Kjeldahl, Wilforth *et* Gunning, 1883).

### 1.1 Principe de la méthode :

La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes :

**Etape 1 : Digestion ou minéralisation de l'échantillon :**

Pendant l'étape de la digestion, l'azote protéique est transformé en azote ammoniacal par oxydation de la matière organique dans l'acide sulfurique concentré à haute température, en présence d'un catalyseur et d'un sel :

- L'acide sulfurique concentré a pour but d'oxyder la matière organique et transformer l'azote protéique en ammoniac $NH_4$.
- L'addition du sel de sulfate de potassium ($K_2SO_4$) a pour but d'élever le point d'ébullition de la solution pour accélérer la réaction de minéralisation de la matière organique.
- Le catalyseur utilisé est le sélénium Se.

La réaction chimique est la suivante :

$$H_2SO_4 + N \text{ (aliment)} \longrightarrow SO_4(NH_4)_2$$

**Etape 2 : distillation de l'ammoniac :**

Avant de distiller l'ammoniac à la vapeur d'eau, on doit libérer l'ammoniac sous la forme du sel $(NH_4)_2SO_4$ par l'addition d'une solution concentrée de soude (NaOH) en excès :

L'ammoniac est ensuite distillé par la vapeur d'eau et piégé dans une solution d'acide borique.

L'ammoniac réagit avec l'acide borique pour former des sels de borate d'ammonium.

Les transformations chimiques sont :

$$SO_4(NH_4)_2 + 2(NaOH) \longrightarrow SO_4Na_2 + 2NH_4OH$$

$$NH_4OH + H_3BO_3 \longrightarrow BO_3H_2NH_4 + H_2O$$

(Sel de borate d'ammonium)

**Etape 3 : Titrage de l'ammoniac :**

L'ammoniac sous la forme de borate d'ammonium est titré directement à l'aide d'une solution standardisée d'acide chlorhydrique HCl, et d'un indicateur (le Tashiro).

- On fait un blanc en mettant tous les réactifs sauf l'échantillon, pour soustraire l'ammoniac contenu dans les réactifs de l'ammoniac contenu dans l'échantillon.

## 2. Extraction et dosage des lipides :

Les lipides sont très solubles dans les solvants organiques, tel que l'éther, le chloroforme, et les autres solvants organiques mais relativement solubles dans l'eau. La plupart des méthodes de dosage des lipides exploitent ces propriétés physiques pour extraire les lipides des aliments dans le but de mesurer leur concentration et leur valeur nutritionnelle, mais aussi pour comprendre les effets des matières grasses et des huiles sur les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des aliments.

L'extraction des lipides totaux est réalisée par la méthode de soxhlet (Berverly, 2000).

❖ **Présentation de la méthode :**

La méthode de soxhlet est une méthode de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

L'extracteur soxhlet est un ingénieux dispositif en verre permettant l'extraction par un solvant continue d'une substance. Cet appareil porte le nom de son inventeur : Franz Von Soxhlet, est utilisée en chimie analytique et en chimie organique.

### 2.1 Principe de la méthode :

L'aliment solide est pesé et placé dans une capsule de cellulose. L'échantillon est extrait en continu par l'éther éthylique à ébullition (80°C) qui dissout graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par effet de siphon dans le coude latéral. Comme seul le solvant peut s'évaporer de nouveau, la matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète. Une fois l'extraction terminée, l'éther est évaporé, généralement sur un évaporateur rotatif, et la matière grasse est pesée.

Les cartouches de cellulose sont perméables au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute. Ces cartouches sont jetables.

# 3. Extraction des pigments (provitamines A) :

## 3.1 Extraction des pigments (provitamines A) à partir du sang :

L'extraction des provitamines A s'effectue selon le protocole proposé par Adel (2003) *in* Sali (2007). On doit opérer à basse température (bac de glace) et à l'abri de la lumière.

## 3.2 Spectrophotométrie : (provitamines A)

### 3.2.1 Principe de la méthode :

Les dosages colorimétriques s'appuient sur la loi de Beer-Lambert qui établit une proportionnalité entre la concentration de la solution qui absorbe et l'absorbance de celle-ci à une longueur donnée. Le principe de la technique repose sur la réalisation d'une gamme étalon composée d'une série de solution de concentrations connues du composé à doser et on mesure l'absorbance de chaque solution. On reporte les résultats de mesure sur un graphe avec en ordonnées les valeurs d'absorbance et en abscisses la concentration de substance correspondante.

# 4. Détermination et analyse des sels minéraux à partir des cendres :

## 4.1 Détermination des cendres totales :

### 4.1.1 Principe :

La détermination des cendres a été effectuée sur la chair du poisson lyophilisée par incinération au four à moufle réglé à 550°C durant 8 heures suivies de la pesée après refroidissement au dessiccateur (Nganguem, 2010).

## 4.2 Méthode d'analyse des sels minéraux :

### 4.2.1 Généralités sur la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) :

#### 4.2.1.1 Principe :

Le dosage d'élément par SAA repose sur le principe qu'un atome soumis à un rayonnement d'énergie E, peut passer d'un état fondamental à un état excité, caractérisé par des électrons à un niveau d'énergie plus élevé et instable : c'est le phénomène d'absorption. Le retour de l'atome à son état fondamental s'accompagne de l'émission d'un rayonnement photonique spécifique caractérisé par sa longueur d'onde λ.

En pratique, l'absorbance A peut être appréhendée par la variation de l'intensité lumineuse à travers la chambre d'atomisation de l'élément à doser (Péré, 1999).

$$D.O = log \frac{\Phi 0}{\Phi T}$$

Avec :

- Φ0 = Flux incident.
- ΦT = Flux transmis.

Par ailleurs, la loi de Beer-Lambert établit une relation directe entre l'absorbance d'un échantillon et sa concentration de l'élément recherché.

$$D.O = \varepsilon LC$$

Avec :

- ε : coefficient d'absorption spécifique de l'élément à doser.
- L : trajet optique (cm).
- C : concentration (mole.L-1).

Il suffit de tracer une courbe d'étalonnage à l'aide des solutions de concentrations connues de même élément, une simple interpolation permet de connaître la concentration.

#### 4.2.1.2 Appareillage :

Les instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique comportent quatre parties principales: Le faisceau lumineux issu de la source (1) traverse la chambre d'absorption (flamme ou four) (2) dans laquelle l'élément se trouve porté à l'état atomique, avant d'être focalisé sur la fente d'entrée d'un monochromateur (3) qui sélectionne un intervalle très étroit de longueurs d'onde. Le trajet optique se termine sur la fenêtre d'entrée du détecteur (4) (Figure 1.7).

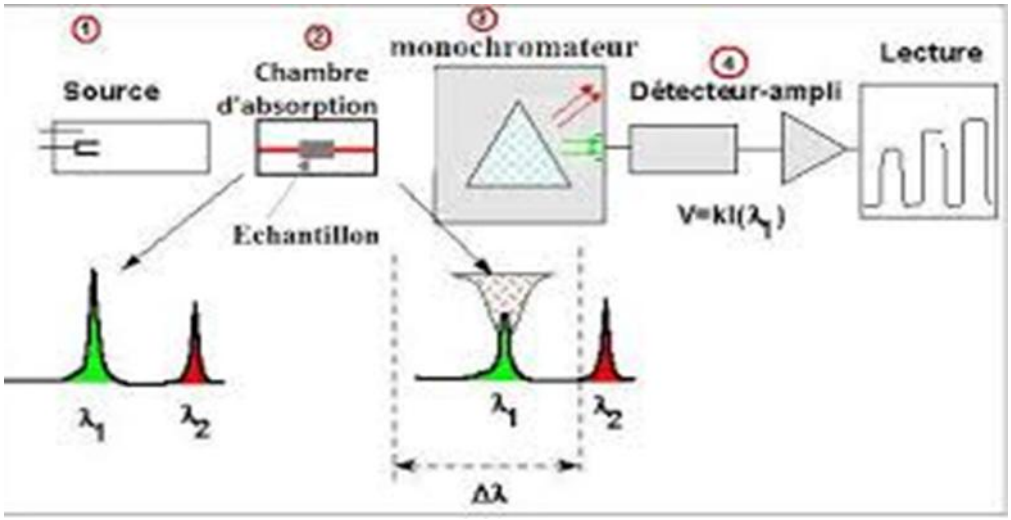



**Figure1.7:** Instruments de base pour la spectrométrie d'absorption atomique(SAA).

- **Source lumineuse (1) :**

Elle consiste à émettre une radiation de résonance par l'élément même qu'on veut doser. Les sources d'émission doivent être stables dans le temps, présenter une luminance élevée pour le spectre de l'élément avec un fond continu faible et enfin avoir une durée de vie assez longue. Elles sont généralement constituée de lampe à cathode creuse ou lampe à décharge électronique.

- **La lampe à cathode creuse :**

La lampe à cathode creuse est constituée par une enveloppe de verre scellée et pourvue d'une fenêtre en verre ou en quartz contenant une cathode creuse cylindrique et une anode. La cathode est constituée de l'élément que l'on veut doser. Un vide poussé est réalisé à l'intérieur de l'ampoule qui est ensuite remplie d'un gaz rare (argon ou néon) sous une pression de quelques mm de Hg.

- **Chambre d'absorption (2) :**

Les chambres d'absorption les plus utilisées en spectrométrie sont la flamme (analyse du calcium) et le four (analyse : Zn, Fe, ) graphite qui sont capables, à partir d'éléments présents en solution, de fournir des atomes libres en proportion suffisante pour utiliser la technique d'absorption.

- **Monochromateur (3) :**

Le faisceau incident (source émise) est un spectre de raies qui contient : les raies de l'élément à doser et les raies du gaz de remplissage, les raies d'éventuelles impuretés ainsi que les raies de l'atomiseur (flamme) par conséquent, c'est une lumière polychromatique. Le rôle du monochromateur consiste à éliminer toute la lumière, quelle que soit son origine, ayant une longueur d'onde différente de celle à laquelle on travaille pour avoir un faisceau monochromatique.

- **Détecteur et dispositif de mesure (4) :**

La plupart des spectromètres modernes utilisent comme détecteur un photomultiplicateur qui permet d'obtenir à partir d'un faisceau lumineux un courant électrique proportionnel à l'intensité de ce faisceau.

Le courant électrique fourni par le photomultiplicateur est visualisé par un pic proportionnel à l'absorbance de la solution. Cet affichage se fait sur un écran d'affichage digital, ou plutôt actuellement sur l'écran du micro-ordinateur intégré au spectrophotomètre.

#### 4.2.1.3 Généralités sur le Photomètre de flamme :

La spectrophotométrie de flamme tient aujourd'hui une place de premier rang parmi les méthodes physicochimiques d'analyse.

##### 4.2.1.3.1 Principe :

L'utilisation de la flamme comme source d'excitation en spectrographie remonte à Gouy ; le principe de sa méthode consistait à vaporiser une solution complexe des éléments à étudier, dans une flamme au gaz d'éclairage, dont le spectre était photographié. Lundegardh apporte, par la suite, des aménagements importants à la technique de Gouy ; ses nombreuses applications agronomiques devaient donner une extension importante à la spectrophotométrie de flamme (Lundega, 1934).

Une partie des ions soumise à la chaleur de la flamme passent à un état excité. Le retour à l'état fondamental des électrons de la couche externe s'effectue avec émission caractéristique de l'ion en présence. La photométrie de flamme repose sur le fait que l'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de l'échantillon.

La loi de Maxwell – Boltzmann permet de déterminer les rapports des populations dans un état fondamental et un état excité en fonction de la température.

$$\frac{N_1}{N_0} = g\, e_{KT}^{-\Delta E}$$

Avec :

- g : le rapport statistiques des états 1 et 0.
- K : constante des Boltzmann = 1.38x10-23J/K.
- ΔE : écart énergétique en Joule.
- T : la température en K.

### 4.2.1.4 Quelques applications :

La spectrophotométrie d'absorption atomique est essentiellement une méthode d'analyse quantitative qui convient beaucoup mieux à la détermination des traces qu'à celle des composants majeurs. La spectrométrie d'absorption atomique permet le dosage de nombreux matériaux inorganiques (roches et minerais, métaux et alliages...). Elle est donc très adaptée à l'étude du matériel archéologique. Elle permet aussi de quantifier les éléments métalliques en solutions (Gestion des déchets).

Citons quelques exemples :

- L'analyse des constituants majeurs et mineurs de céramiques archéologiques.
- Le dosage du Ca, Sr, Zn dans les os.
- L'analyse des éléments traces pour identification des pierres.
- La dégradation des verres.
- Dosage des particules métalliques (Cu, Fe...) dans le papier.
- L'analyse des eaux.
- L'analyse des tissus végétaux et animaux, des liquides biologiques…ect.
- L'analyse des aliments et boissons.
- L'analyse des sols, engrais et sédiments.
- L'analyse des produits industriels.

### 4.2.1.5Avantages et inconvénients :

Elle présente de nombreux avantages : haute sensibilité, grande spécificité, rapidité, faible quantité de substance nécessaire (1 ml de la solution peut suffire), facilité de préparation des solutions étalons et faible coût de l'instrumentation.

Cependant, elle présente une certaine limite : nécessité d'utiliser pour chaque élément à doser une source caractéristique, domaine d'application limité presque exclusivement aux métaux (Cu, Zn, Pb, Cr, Fe, Cd, etc.…), nécessité d'avoir des concentrations assez faibles.

# DEUXIEME PARTIE

# MATERIEL ET METHODES

# Chapitre 1 : Matière première

## 1. Description du site d'étude :

Les poissons ont été prélevés au niveau des bassins du **CNRDPA*** de Bou-Ismail (wilaya de Tipaza). Ce centre se situe à 50 Km à l'Ouest d'Alger, selon les coordonnées géographiques suivantes :

- Longitude : 2°41'36,40"E.
- Latitude : 36°38'59,43"N.

**Figure 2.1 :** Image satellitaire du CNRDPA (Source : Google earth 2015).

* Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

❖ **Paramètres physicochimiques du lieu de prélèvement :**

Les individus prélevés, était placés dans un bassin en Pvc de forme rectangulaire, équipés d'un thermostat afin de régler et de garder la température de l'eau constante et d'un aérateur qui sert à injecter l'air pur pour l'oxygénation.

Les paramètres physicochimiques (oxygène dissous, salinité, température, ph..) ont été mesurés, le jour du prélèvement (voir tableau 3.1).

Les poissons sont alimentés de la même manière, c'est-à-dire en ration journalière distribuée deux fois par jour, l'aliment est composé des matières suivantes :

**Tableau 2.1 :** Composition de l'aliment distribué.

| Elément | Taux |
|---|---|
| Protéines (%) | 38 |
| Matière grasse (%) | 8 |
| Cellulose (%) | 2,7 |
| Sodium (%) | 0,4 |
| Cendres brutes (%) | 1,3 |
| Phosphate (%) | 1,3 |
| Vitamine A | 8000 UI/Kg |

Source :CNRDPA.

## 2. Echantillonnage :

A l'aide d'une épuisette, dix individus d'*Oreochromis niloticus* de taille différente ont été pêchés. Les poissons ont été transportés pendant 45 min dans des conditions convenables et transférés dans un aquarium au niveau de la serre de l'école.

## 3. Préparation des échantillons :

### 3.1 Mesure de la taille et détermination du poids :

Les poissons ont été traités à l'état frais après anesthésie pour cela on a utilisé du Phenoxyéthanol à raison de 2 ml pour 5 L d'eau, à cette dose et à la Température de 21°-23°C, l'anesthésie intervient en quelques minutes pour éviter le stress et faciliter leur manipulation. La longueur standard et le poids de chaque individu ont été mesurés respectivement au moyen d'un ichtyomètre et d'une balance de précision (Figure 2.2 et 2.3).

**Figure2.2 :** Mesure de la taille standard.

**Figure2.3 :** Pesée du poids corporel.

### 3.2 Prélèvement du sang :

Le sang du poisson a été prélevé en fonction de la taille du poisson selon deux manières:

1. **<u>Ablation de la queue :</u>**

Une ablation de la queue pourrait s'avérer nécessaire pour les poissons trop petits pour subir un prélèvement par un système aiguille-seringue.

On sectionne le pédoncule caudal à l'aide d'un couteau aiguisé, puis on récupère le sang s'échappant de la veine caudale.

**2. <u>Prélèvement du sang au niveau des branchies :</u>**

On enfonce une aiguille, montée sur une seringue, au-dessous des branchies dans le sinus veineux puis on aspire doucement le sang (figure2.4).

**Figure 2.4 :** Prélèvement du sang au niveau des branchies.

## 3.3 Centrifugation des échantillons :

La centrifugation du sang a été réalisée par une centrifugeuse de type **SIGMA Laborzentrifugen 3K30**, réglée à une vitesse de 3000 tr/min pendant 10 min à une température de 4°C.

La séparation des composés du sang est réalisable par décantation, sous l'action d'un mouvement de rotation. La centrifugeuse permet de précipiter la phase solide (globules rouges, blancs et plaquettes…) (qui se trouve au fond du tube) et de la séparer de la phase liquide (sérum) le surnageant.

**Figure 2.5 :** Vue interne et externe d'une centrifugeuse.

Le sérum obtenu après centrifugation est conservé aussitôt à basse température dans le congélateur.

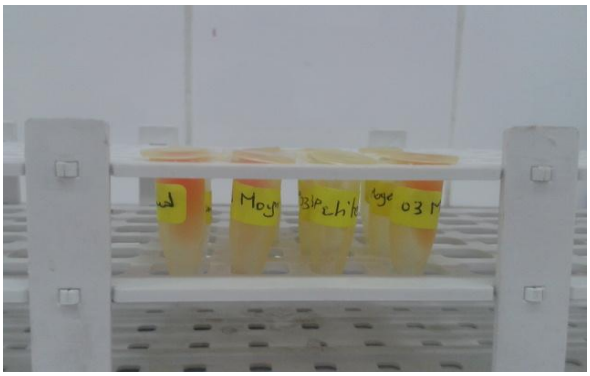


**Figure 2.6 :** Sérum obtenu.

## 3.4 Prélèvement de la chair :

Pour prélever la chair, à l'aide de ciseaux, d'un scalper et d'une pince, les poissons ont été filetés suite à une desquamation de la peau et puis une éviscération.

**Figure 2.7 :** Desquamation de la peau.

**Figure 2.8 :** Eviscération de poisson.

Après la dissection, la chair est récupérée et mise dans des boites de pétri, ces dernières ont été marquées et conservées dans le congélateur à 4°C.

**Figure 2.9 :** Récupération de la chair des différents échantillons dans des boites de pétri.

## 3.5 Lyophilisation de la chair :

La lyophilisation de la chair congelée des différents échantillons a été effectuée au niveau du laboratoire de recherche de **Sidi-fredj** de l'**ENSSMAL.**

❖ **Principe de méthode :**

C'est une méthode de dessiccation sous vide, à basse température, de produits liquides préalablement congelés.

Elle consiste en l'élimination progressive de l'eau du produit congelé (phase solide) par passage à la phase vapeur, sans passer par la phase liquide. Ce changement d'état s'appelle la sublimation.

**Figure 2.10 :** Vue externe d'un lyophilisateur.

Les échantillons ont été déposés dans le lyophilisateur pendant 96h, après lyophilisation de la chair puis pilée dans un mortier et conservées dans un dessiccateur.

**Figure 2.11 :** Chair lyophilisée des différents échantillons.

# Chapitre 2 : Méthode d'analyse

## 1. Extraction et dosage des protéines :

### 1.1 Mode opératoire :

#### 1. Minéralisation

La minéralisation permet de dénaturer les protéines (casser les liaisons) et de libérer les acides aminés, ensuite transformer l'azote organique en azote minéral.

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation (Inkjel) équipé d'une plaque chauffante, un thermostat, un porte matras, un collecteur de fumées et un piégeur de fumées.

Dans un matras de Kjeldahl, on met :

- 2 g de la chair de poisson lyophilisée, 7 g de sulfate de potassium ($K_2SO_4$), 5 g de sélénium (Se) et 1 ml de peroxyde d'hydrogène ($H_2O_2$) à 60 % (10 vol), 10 ml d' $H_2SO_4$ et 2-3 petits morceaux de pierre ponce.
- On agite et on place le matras dans le dispositif de minéralisation.

**Figure 2.12 :** Dispositif de minéralisation.

- On chauffe doucement et progressivement jusqu'à l'apparition des fumées noires.
- On poursuit le chauffage durant (30 min) jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide. A la fin de la minéralisation, on laisse les matras refroidir.

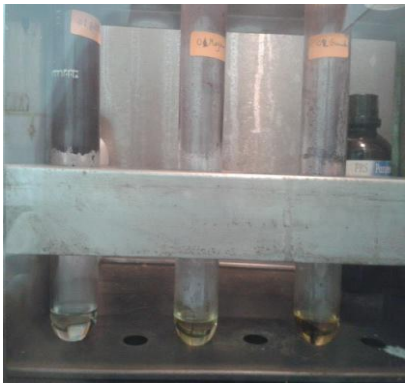


**Figure 2.13 :** Echantillons de minéralisation.

**2. Filtration et dilution du minéralisat :**

- Après refroidissement des matras, on filtre chaque minéralisat dans un erlenmeyer. On lave le matras et on filtre aussi l'eau de rinçage.
- On ajuste jusqu'à 100 ml, avec l'eau distillée.
- On transvase les minéralisats filtrés et dilués dans des erlenmeyers colorés en brun à bouchon, étiquetés et on les conserve au réfrigérateur à 4°C.

**3. Distillation :**

- On prélève dans chaque matras de Kjeldahl 20 ml du minéralisat filtré et dilué pour la distillation. Ensuite on place le matras dans l'appareil de distillation « Behr, Labor-Technik » (figure 2.14). A l'aide d'un bouton on ajoute 40 ml de soude (NaOH) à 40 % dans le matras et on débute la distillation.

**Figure 2.14 :** Appareil de distillation.

- On recueille le distillat (ammoniac entrainé à la vapeur d'eau) dans un erlenmeyer de collecte, contenant 20 ml d'acide borique à 4 %, dont le pH a été préalablement déterminé.
- On continue la distillation jusqu'à obtenir 100 ml de solution (acide borique + ammoniaque entrainé à la vapeur), l'opération dure 5 à 10 min. On prélève de nouveau le pH.

**4. Titrage :**

- On rajoute au distillat obtenu, 10 gouttes de solution d'indicateur de Tashiro.
- On titre directement la solution obtenue par une solution d'acide chlorhydrique à 0,2N jusqu'à l'obtention du pH initial de la solution d'acide borique. La réaction est la suivante :

$$BO_3H_2NH_4 + HCl \longrightarrow NH_4Cl + H_3BO_3$$

1ml de HCl ⟶ 2,803 mg N

**Figure 2.15 :** Titrage des échantillons.

## 1.2 Expression des résultats :

Le taux des protéines est calculé selon l'équation suivante :

$$\%prot\acute{e}ine = X \times F = \frac{2.803 \times V \times 100}{1000 \times m} \times F$$

- X : quantité d'azote dans 100 g de la chair.
- F : facteur dépendant du type d'aliment analysé = 6,25.
- V : volume d'HCl.
- m : le poids de l'échantillon en (g).

## 2. Méthode d'analyse des lipides

### 2.1 Mode opératoire

- Allumer le réfrigèrent, à 2°C.
- Peser chaque ballon vide, soit $P_0$ ce poids.
- Peser environ 2 g de l'échantillon lyophilisé et finement broyé dans une cartouche tarée, soit m ce poids.

**Figure 2.16 :** Pesage du ballon vide.

- Placer les ballons dans l'appareil de soxlhet sur la plaque chauffante et déposer les cartouches dans les matras.
- Ajouter 160 ml de éther éthylique dans chaque matras jusqu'à ce qu'il se déverse dans le ballon. Fermer les matras.
- Allumer l'appareil à une température de 100°C jusqu'à l'ébullition stable.
- Garder le même rythme pendant 2 h, afin de dissoudre tous les lipides présents dans chaque échantillon, et on laisse les ballons refroidir.
- Récupérer le solvant et concentrer les échantillons de lipides contenus dans les ballons dans un rota-vapeur, à une température de 40°C et à une vitesse de 7 tours/min.

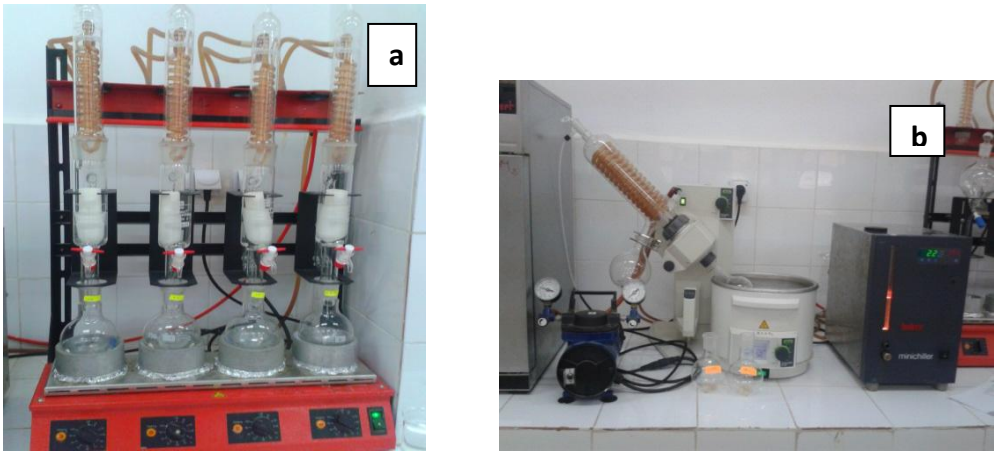



**Figure 2.17 :** Emplacement des ballons et des cartouches dans l'appareil de Soxhlet (a), evaporation de l'échantillon (b).

- Sécher les ballons dans l'étuve à 37°C, puis les refroidir dans le dessiccateur (annexe 2), peser les ballons remplis soit P ce poids.

## 2.2 Expression des résultats :

$$\% \text{ Lipides} = \frac{M}{m} \times 100$$

- M : la quantité des lipides ($P-P_0$) en (g).
- m : poids de la prise d'essai de la chair du poisson.
- P : poids du ballon rempli de la matière grasse en (g).
- $P_0$ : poids du ballon vide en (g).

❖ **Facteurs influençant la précision et l'exactitude des résultats :**

1. Temps d'extraction de la matière grasse : Un temps d'extraction trop court donne des résultats inexacts, c'est-à-dire inférieurs aux résultats attendus.

2. Grosseur des particules de l'aliment solide : L'échantillon doit être broyé de façon à offrir la plus grande surface de contact possible au solvant extracteur.

3. Évaporation incomplète du solvant avant la pesée de la matière grasse.

4. Qualité du solvant extracteur : Les solvants organiques sont rarement purs et contiennent des résidus huileux non évaporables. On doit s'assurer que la masse de résidu n'influence pas le résultat de façon significative.

# 3. Méthode d'analyse des pigments (provitamines A)

## 3.1 Extraction des pigments (provitamines A) :

### 3.1.1 Extraction des pigments (provitamines A) à partir du sang :

**Mode opératoire :**

**a) Préparation du sérum :**

Décongeler le sérum à une température ambiante puis commencer l'extraction des provitamines A dans un bac de glace.

**b) Extraction des provitamines A :**

- Après la décongélation du sérum, on prend 1 ml dans un tube à essai puis on ajoute 2 ml d'éthanol et on agite au vortex pendant 8 à 10 min.

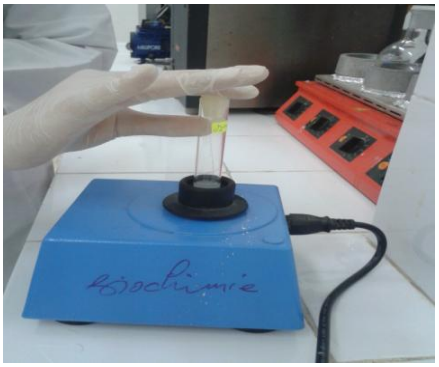



**Figure 2.18 :** agitation du tube contenant le mélange au vortex.

- Après précipitation de 5 mn, on a apparition de deux phases : une éthanoïque et l'autre organique.
- Après l'élimination de la phase éthanoïque, on a additionné 3 ml d'éther de pétrole qu'on centrifuge à 300 tr/min durant 10 min à 4°C.
- A l'aide d'une micropipette, on récupère le surnageant (phase éthérée), et on procède à une lecture rapide au spectrophotomètre à une longueur d'onde $\lambda = 450$ nm, contre un blanc : l'éther de pétrole.

### 3.1.2 Extraction des pigments (provitamines A) à partir de la chair :

**Mode opératoire :**

On prend 0,5 g de la chair lyophilisée, et on ajoute 2 ml d'acétone, 2 ml d'éther de pétrole et une pincée de l'acide ascorbique (anti-oxydant), puis 15 ml de KOH éthanoïque et on chauffe le mélange à une température de 40°C dans un bain marie (annexe 2) pendant 10 min puis on le refroidit rapidement dans un bac de glace.

**Figure 2.19 :** Refroidissement du mélange dans un bac de glace.

On filtre le mélange, puis on ajoute 100 ml de dietyl éther par 3 à 4 fractions, ensuite on lave avec 100 ml d'eau distillée l'erlenmeyer.

**Figure 2.20 :** Filtration du mélange après refroidissement.

Le filtre recueilli est versé dans une ampoule à décanter et laissé se précipiter jusqu'à l'apparition de deux phases : une phase éthérée au-dessus et une phase hydrique au-dessous qui doit être éliminée.

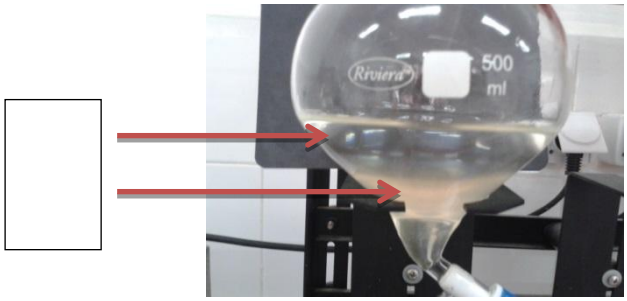



**Figure 2.21 :** Décantation du mélange (a : La phase hydrique, b : La phase éthérée).

On lave la phase éthérée avec 50 ml de KOH hydrique, ensuite 50 ml d'eau distillée

On élimine la phase hydrique, puis on prélève 10 ml de la phase éthérée, évapore le solvant (diéthyl éther) dans un rotavapor à une température de 40°C.

Le résidu est récupéré avec 10 ml d'éther de pétrole afin de pouvoir faire la lecture spectrophotométrique.

### 3.2 Lecture spectrophotométrique :

Après récupération du résidu contenant les caroténoïdes, on fait rapidement une lecture au spectrophotomètre contre l'éther de pétrole comme un blanc à une longueur d'onde de l'ordre de 440 nm.

#### 3.2.1 Préparation de la courbe d'étalonnage :

Benk (1960) a décrit que la dissolution de 36 mg de bichromate de potassium dans 100 ml d'eau distillée donne une concentration correspondante à 26,6 mg/l de caroténoïdes totaux représentés par le ß-carotène.

Il faut mettre au point une série de solutions standards qui correspondent à des concentrations en caroténoïdes suivantes : 3, 6, 9, 12, 15 et 20 mg/l.

Après une lecture de ces standards au spectrophotomètre dans le domaine visible à une longueur d'onde de 440 nm, contre l'éther de pétrole (comme blanc) pour la détermination de l'absorbance de chaque standard (Adel *in* Sali 2007). Les résultats sont regroupés dans le tableau 2.2.

**Tableau 2.2 :** Masses de bichromate de potassium dissoutes dans 10 ml d'eau distillée, concentrations équivalentes en caroténoïdes et leurs absorbances.

| Standards | Poids de bichromate de potassium (g) | Concentrations de bichromate de potassium (mg/l) | Concentrations équivalentes en caroténoïdes totaux (mg/l) | Absorbance (450nm) | Absorbance (440 nm) |
|---|---|---|---|---|---|
| S1 | 0,406 | 40,6 | 3 | 0,083 | 0,094 |
| S2 | 0,812 | 81,2 | 6 | 0,131 | 0,136 |
| S3 | 1,218 | 121,8 | 9 | 0,174 | 0,193 |
| S4 | 1,624 | 162,4 | 12 | 0,212 | 0,216 |
| S5 | 2,03 | 203 | 15 | 0,241 | 0,327 |
| SM | 3,6 | 360 | 26,6 | 0,533 | 0,506 |

SM : Solution mère.

A partir du tableau  on trace les deux courbes d'étalonnages (Figure 2.22 et Figure 2.23).

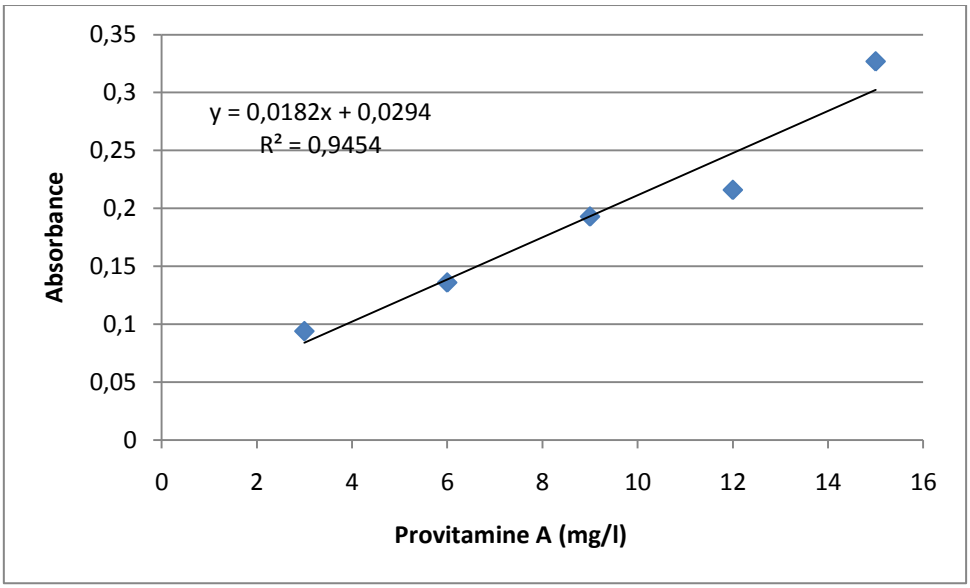



**Figure 2.22 :** Courbe d'étalonnage de la provitamine A à une absorbance de 440 nm.

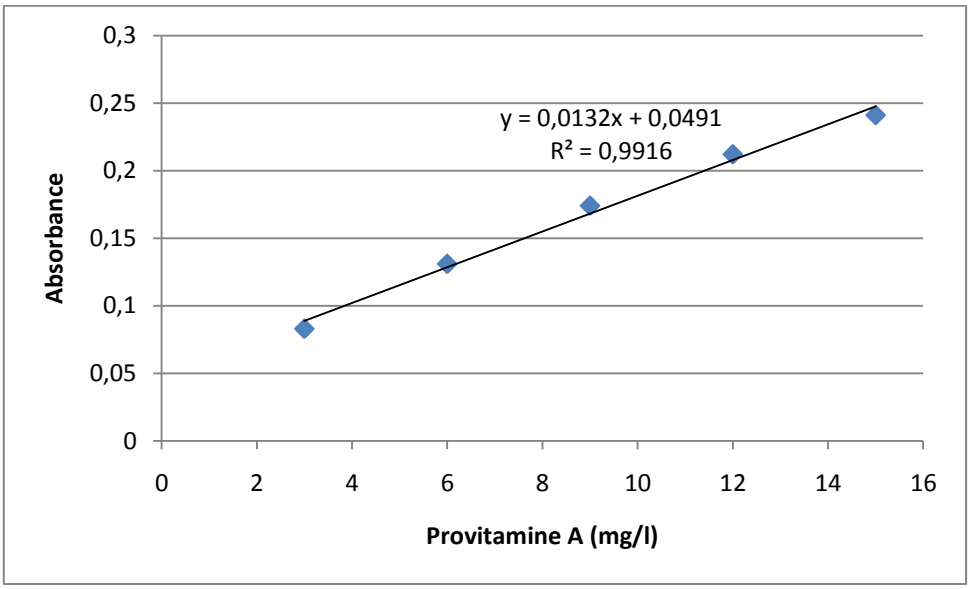



**Figure 2.23 :** Courbe d'étalonnage de provitamines A à une absorbance de 450 nm.

### 3.3 Expression des résultats :

Les concentrations en provitamines A représentés par le ß-carotène sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage qui a été déjà établie par Benk en (1960), *in* Sali (2007) après l'obtention de l'absorbance pour chaque individu étudié.

# 4. Détermination et analyse des sels minéraux à partir des cendres :

## 4.1 Détermination des cendres totales :

### 4.1.1 Mode opératoire :

- Les creusets ont été marqués et pesés (vides, et remplis d'environ 3 g d'échantillon).
- Les creusets et leur contenu sont portés dans un four à moufle à 550°C pendant 8 heures.
- Ils sont ensuite pesés après avoir été refroidis dans un dessiccateur.

**Figure 2.24 :** Vue externe du four à moufle.

### 4.1.2 Expression des résultats :

Le taux de cendres est calculé comme étant le rapport de la masse finale sur la masse initiale après incinération, le résultat est exprimé en % (moyenne de trois répétitions) :

$$\text{CT (\%)} = \frac{\text{P2}-\text{P0}}{\text{P1}-\text{P0}} \times 100$$

- P0 : poids du creuset d'essai.
- P1 : poids du creuset + échantillon sec.
- P2 : poids du creuset + échantillon après incinération.

## 4.2 Méthode d'analyse des sels minéraux :

Dans le but d'étudier les sels minéraux contenus dans nos échantillons ; on a employé la méthode la plus couramment utilisée ; à savoir la Spectrophotométrie d'Absorption Atomique (SAA) pour doser les éléments suivants : zinc, magnésium et le fer. Toutefois l'analyse du calcium a été réalisée par photomètre de flamme au niveau du Centre de Recherche Nucléaire de Draria (CRND).

### 4.2.1 Mode opératoire :

La minéralisation est une étape importante pour la détermination d'éléments traces, elle permet de détruire la matière organique et d'obtenir des solutions contenant la teneur totale des éléments présents dans la prise d'essai. Cependant, l'extraction doit être réalisée d'une telle manière que l'analyte est séparé de sa matrice sans perte ni contamination, ni destruction de la structure moléculaire de l'analyte.

#### 4.2.1.1 Préparation du matériel :

Les bombes en Téflon destinées à la minéralisation, de même que les tubes de récupération/dilution doivent être nettoyés par immersion prolongée dans une solution acide : immersion pendant 3 jours dans l'acide nitrique à 50 % et à 40°C, rinçage à l'eau dé-ionisée, immersion 3 jours dans l'acide nitrique à 10 %, rinçage à l'eau dé-ionisée. Les bombes et les tubes sont ensuite séchés en étuve propre et emballés dans des sacs en polyéthylène.

**Figure2.25 :** Bombes à téflon destinées à la minéralisation.

#### 4.2.1.2 Minéralisation à blanc :

Dans chaque bombe en Téflon, ajouter 4 ml d'acide nitrique à l'aide d'un distributeur (Annexe 2), fermer les bombes et laisser reposer quelques minutes à une température ambiante. Placer ensuite les bombes fermées dans un bloc chauffant, et chauffer à 120°C pendant 2 h 30 min. Laisser refroidir les bombes maintenues fermées durant quelques minutes, puis rincer délicatement avec de l'eau distillée. Les bombes sont ensuite transférées et séchées dans l'étuve à 50°C.

#### 4.2.1.3 Minéralisation des échantillons :

Dans chaque bombe en Téflon, peser avec précision environ 70 mg de cendres. Ajouter 5 ml d'acide nitrique à l'aide d'un distributeur à chaque bombe, fermer les bombes et laisser reposer une nuit à température ambiante.

**Figure2.26 :** (a) fermeture manuelle des bombes à Téflon, (b) fermeture des bombe à Téflon à l'aide d'une clé.

Placer ensuite les bombes fermées dans un bloc chauffant à 120°C pendant 2 h 30 min.

**Figure2.27 :** Chauffage classique des bombes à Téflon sur une plaque chauffant.

Laisser refroidir les bombes maintenues fermées pendant quelques heures, puis transférer les solutions dans des tubes gradués de 50 ml. Compléter à 50 ml avec de l'eau fraichement distillée.

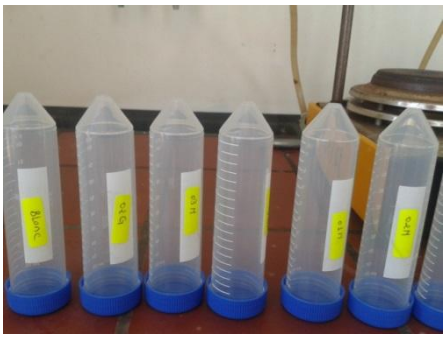


**Figure2.28 :** Tubes de récupération de 50 ml.

#### 4.2.1.4 Lecture spectrophotométrique :

L'analyse du zinc, magnésium, calcium, fer ont été réalisées au sein de laboratoire du centre nucléaire de DRARIA (CRND). Ces analyses ont été effectuées par l'appareil SAA (spectroscopie d'absorption atomique) de marque **SAA Avanta Σ** (Atomic absorption spectrometer AVANTA Σ with flame atomization (GBC, Australia**))** les principaux composants de cet appareil sont indiqués dans la figure2.29 dont la description et le fonctionnement de chaque composant a fait l'objet du chapitre 3 : Généralité sur les méthodes.

1) Position de la lampe.
2) Passeur automatique d'échantillon pour le dosage au four graphite.
3) Position des échantillons pour le dosage à flamme.
4) Atomiseur (Flamme ou four graphite).
5) Un micro-ordinateur équipé d'un logiciel pilotant le SAA, traitement de données et enregistrement.

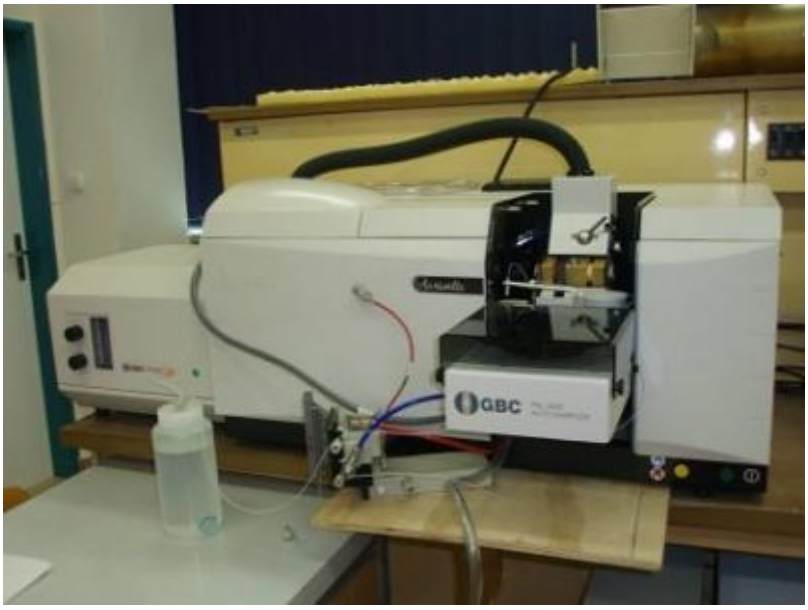



**Figure 2.29 :** Appareil SAA.

Toutefois, ces analyses sont exécutées par le corps technique de laboratoire du CRND.

❖ **Mise en marche et optimisation du spectromètre (selon le manuel d'utilisation) :**

1. Mettre l'appareil à **On**.
2. Appuyer sur **AA-BG** pour choisir la méthode d'analyse par absorption atomique avec correction automatique du bruit de fond.
3. Choisir la cathode creuse correspondant à l'analyte qui est dosé et l'installer dans le compartiment à la droite de l'appareil.
4. Appuyer sur **Param Entry**. À **Lamp Current** écrire la valeur du courant indiquée sur la lampe et appuyer sur **Enter**.
5. Appuyer sur **Energy**.

6. Ajuster le détecteur à la longueur d'onde d'absorption de l'élément à doser à l'aide de la roulette située à gauche de l'appareil. La longueur d'onde est ajustée lorsque l'énergie affichée est maximale. Lorsque CTS est plus grand que 125, appuyer sur **Gain**.
7. Ajuster la largeur de la fente spectrale à 0,2 ou 0,7 nm selon l'élément à doser.

À l'aide des vis d'ajustement de la cathode creuse, ajuster cette dernière de manière à avoir le maximum d'énergie.

❖ **Entrée des paramètres :**

- Appuyer sur **Param Entry**, pour changer les titres puis appuyer sur **Enter** pour valider.
- LAMP.CUR : Lamp current. Courant indiqué sur la cathode creuse. Ne pas excéder la valeur indiquée.
- INT.TIME : Integration time. Temps d'accumulation des cycles de lecture par l'appareil normalement entre 0,2 et 1 seconde.
- REPLICATES: Nombre de lecture faites. Normalement entre 10-20.
- AA TECHNIQUE: Mode d'analyse. Choisir FLAME (1), soit atomisation par flamme.

❖ **Analyse :**

1. Appuyer sur **Cont** et faire aspirer de l'eau déionisée. Appuyer sur **A/Z**.
2. Faire aspirer un étalon du domaine linéaire.
3. Ajuster le brûleur pour avoir le maximum d'absorbance. Prendre garde de ne pas obstruer le faisceau de la lampe avec le brûleur.
4. Appuyer sur **Data**.
5. Faire aspirer de l'eau déionisée et appuyer sur **A/Z**.
6. Faire aspirer l'étalon le plus dilué et appuyer sur **Read**. Noter l'absorbance et l'écart-type.
7. Répéter l'étape précédente pour tous les étalons.
8. Faire aspirer l'échantillon et appuyer sur **Read**. Noter l'absorbance et l'écart-type.

A. **Courbe de calibration :**

À partir des lectures d'absorbance pour les étalons, tracer un graphique nuage de points (utiliser un chiffrier ex. EXCEL) de l'absorbance en fonction de la concentration. Tracer la courbe de régression linéaire et obtenir l'équation de la régression ainsi que le coefficient de détermination. L'équation de régression représente la courbe de calibration de l'appareil.

B. **Dosage des échantillons :**

À l'aide de la courbe de calibration déterminer les concentrations des éléments à doser. Pour les échantillons dilués, multiplier la concentration déterminée par le facteur de dilution.

**C. Expression des résultats :**

Les résultats sont exprimés en mg/kg selon la relation suivante **:**

$$mg\,/\,kg = \frac{mg\,/L\;x\;dilution}{masse\;\;(g)}$$

**Limite de détection :**

Exemples : Fe : 0.03 mg/l, Zn : 0.01 mg/l,

## 5. Analyse statistique :

L'analyse statistique a été effectuée grâce aux logiciels STATISTICA 10 (version d'évaluation) et EXCEL pour le calcul :

- Des moyennes et des écart-types.
- Des corrélations afin d'établir les liaisons entre les différents paramètres mesurés.

Le test t Student pour séries appariées est effectué pour comparer les moyennes deux à deux des paramètres mesurés des différents échantillons.

# TROISIEME PARTIE

# RESULTATS ET DISCUSSION

# I. Résultats :

## 1. Paramètres physico-chimiques du lieu d'échantillonnage :

Le tableau ci-dessous représente les valeurs des paramètres physico-chimiques du bassin où vivent les poissons étudiés.

**Tableau 3.1 :** Paramètres physico-chimiques du bassin d'élevage du *Tilapia du Nil* (CNRDPA).

| Paramètres | Teneurs |
|---|---|
| Température (°C) | 20,38 |
| Oxygène dissous (mg/l) | 5,35 |
| Salinité (‰) | 1,76 |
| pH | 6,60 |

## 2. Description des échantillons :

La taille et le poids des différents individus sont regroupés dans le tableau 3.2.

**Tableau 3.2 :** Tailles et poids des différents individus.

| | Individus | LT (cm) | LF (cm) | LC (cm) | Poids (g) |
|---|---|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P1 | 13,25 | 13 | 11 | 39,04 |
| | P2 | 16,4 | 15,5 | 13 | 74,3 |
| | P3 | 17,5 | 17 | 14,3 | 92,4 |
| Groupe 2 | M1 | 19,1 | 18 | 15 | 130 |
| | M2 | 21,9 | 21 | 18 | 176,32 |
| | M3 | 19,7 | 19,5 | 16 | 125,08 |
| | M4 | 19,4 | 18,5 | 15,5 | 111,84 |
| Groupe 3 | G1 | 29,5 | 29,2 | 24,05 | 650 |
| | G2 | 29,5 | 29 | 24 | 700 |
| | G3 | 29 | 28,5 | 23,5 | 600 |

G : grande taille, M : taille moyenne, P : petite taille.

LT : longueur totale, LF : longueur fourche, LC : longueur caudale.

## 3. Etude de la relation entre le poids et la taille :

La figure 3.1 et le tableau 3.3 représentent la répartition du poids en fonction de la taille des individus du poisson étudié et la corrélation entre ces deux paramètres.

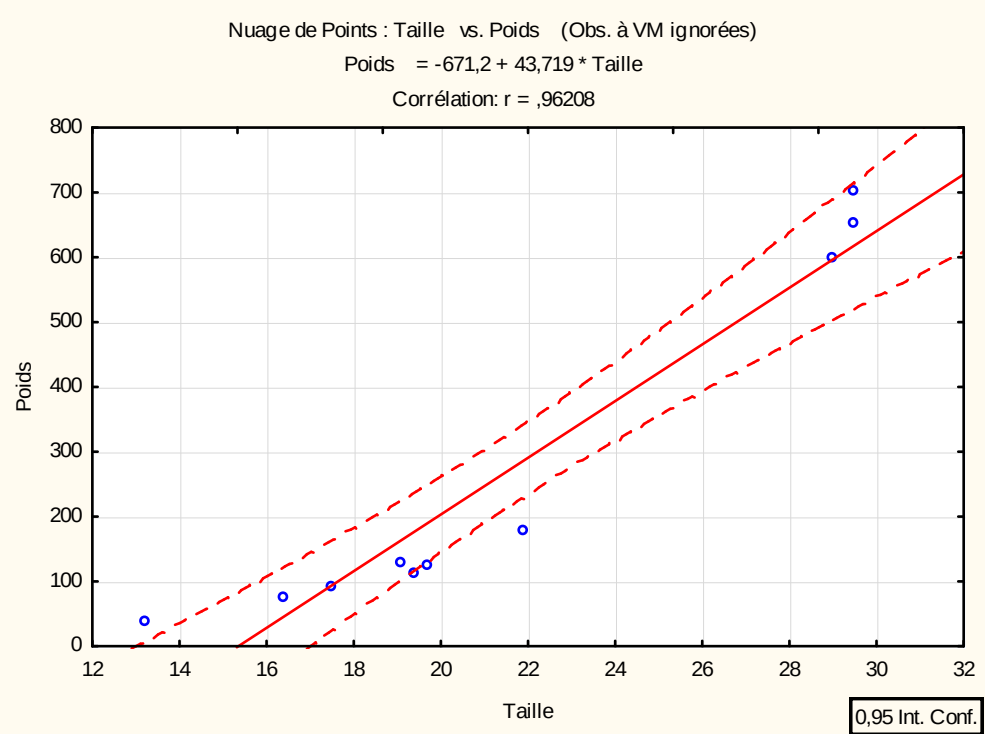



**Figure 3.1 :** Relation entre le poids et la taille du *Tilapia du Nil* dans un échantillon de 10 individus.

**Tableau 3.3 :** Corrélation entre le poids et la taille.

| | Corrélations Partielles (Mémoire T1)<br>Sous contrôle : Taille & Poids<br>Corrélations significatives marquées à p < 0,05000<br>N=10 (Observations à VM ignorées) Poids | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taille | Poids |
| Taille | 8,2750 | 5,8489 | 1,000000 | 0,962082 |
| Poids | 230,8580 | 265,7850 | 0,962082 | 1,000000 |

On observe une corrélation positive et significative entre le poids et la taille des individus étudiés : r = 0,96, p < 0,05.

La comparaison des moyennes deux à deux (Groupe 1 vs. Groupe 2) par le **Test t** a révélé qu'aucune différence significative existe entre le poids des individus et leur taille (p > 0,05). Par contre on observe une différence significative entre le poids des individus et la taille (Groupe 1 vs. Groupe 3) (p < 0,05).

**Tableau 3.4 :** Résultats du **Test t.**

| | Test t pour des Echantillons Indépendants | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Groupe1 vs. Groupe2 | Moy G1 | Moy G2 | valeur t | dl | p | N 1 | N 2 | Ec-Type Groupe 1 | Ec-Type Groupe 2 |
| Groupe1 vs. Groupe2 | 15,37500 | 20,03333 | -2,51629 | 3 | 0,086458 | 2 | 3 | 3,005204 | 1,285820 |
| Groupe1 vs. Groupe3 | 15,37500 | 29,25000 | -6,48469 | 2 | 0,022965 | 2 | 2 | 3,005204 | 0,353553 |

## 4. Protéines totales :

La méthode de Kjeldahl nous a permis d'effectuer le dosage des protéines totales pour 7 individus qu'on a perdu 3 individus (P2, M4, G10. Pour cela deux essais ont été réalisés sur chaque individu. Le tableau 3.5 représente le poids de prises d'essai, le pH de distillats et les volumes d'acide chlorhydrique (0,2N) versés pour l'obtention du pH de départ de l'acide borique (pH = 5).

**Tableau 3.5 :** Volumes d'acide chlorhydrique obtenus après titrage.

| Individus | Poids de prises d'essai (g) | pH de distillat | | Volumes d'Hcl (ml) | | Volumes moyens d'Hcl (ml) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1er es | 2eme es | 1er es | 2eme es | |
| P1 | 1,0007 | 8,3 | 8,6 | 6,7 | 5 | 5,85 |
| P3 | 1,0091 | 8,9 | 8,88 | 7 | 7,5 | 7,25 |
| M1 | 1,0007 | 9 | 8,91 | 7,7 | 7,5 | 7,6 |
| M2 | 1,002 | 9,33 | 8,98 | 8 | 8 | 8 |
| M3 | 1,0005 | 8,91 | 8,93 | 7,3 | 8 | 7,65 |
| G2 | 1,001 | 9,39 | 9,41 | 8,32 | 9 | 8,66 |
| G3 | 1,0002 | 8,91 | 8,92 | 7,5 | 8,5 | 8 |

### 4.1 Teneurs en protéines totales dans le tissu musculaire selon la taille des individus du poisson étudié :

Le tableau suivant représente les taux des protéines totales :

**Tableau 3.6 :** Teneur en protéines totales dans le tissu musculaire selon la taille des individus du *Tilapia du Nil.*

| | Individus | Taille (cm) | Taux de protéines (%) |
|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P1 | 13,15 | 10,24 |
| | P2 | 17,5 | 12,58 |
| Groupe 2 | M1 | 19,1 | 13,3 |
| | M2 | 21,5 | 13,98 |
| | M3 | 19,5 | 13,39 |
| Groupe 3 | G2 | 29,5 | 15,15 |
| | G3 | 29 | 14,01 |

### 4.2 Étude de la relation entre le taux des protéines et la taille des individus étudiés :

La répartition du taux des protéines en fonction de la taille des individus étudiés est présentée dans la figure 3.2 et le tableau 3.7 représente la corrélation entre ces deux paramètres.

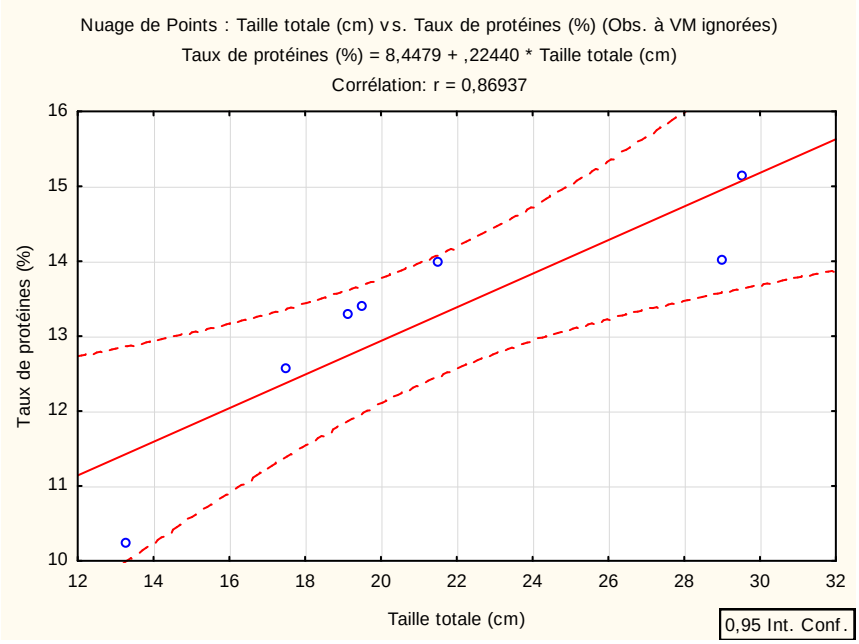



**Figure 3.2 :** Relation entre le taux des protéines et la taille totale du *Tilapia du Nil.*

**Tableau 3.7 :** Corrélation entre le taux des protéines et la taille totale des individus du *Tilapia du Nil.*

| Variable | Corrélations Partielles<br>Corrélations significatives marquées à p < 0,05000<br>N=7 (Observations à VM ignorées)<br>Moyennes | Ec-Type | Taille totale (cm) | Taux de protéines (%) |
|---|---|---|---|---|
| Taille totale (cm) | 21,33571 | 5,970533 | 1,000000 | 0,869375 |
| Taux de protéines (%) | 2,99571 | 1,541113 | 0,869375 | 1,000000 |

Il existe une corrélation positive et significative entre le taux des protéines et la taille totale des individus étudiés : r = 0,87, p < 0,05.

La comparaison des taux moyens en protéines selon le **Test t**, indique qu'aucune différence significative n'existe entre les individus du Tilapia du Nil (Groupe 1 vs Groupe 2 et Groupe 1 vs Groupe 3) (p > 0,05).

**Tableau 3.8 :** Résultats de **Test t.**

| Groupe1 vs. Groupe2 | Test t pour des Echantillons Indépendants<br>Moy G1 | Moy G2 | valeur t | dl | p | N1 | N2 | Ec-Type Groupe 1 | Ec-Type Groupe 2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Groupe1 vs. Groupe2 | 11,41000 | 13,55667 | -2,34739 | 3 | 0,100544 | 2 | 3 | 1,654630 | 0,369369 |
| Groupe1 vs. Groupe3 | 11,41000 | 14,58000 | -2,43572 | 2 | 0,135199 | 2 | 2 | 1,654630 | 0,806102 |

## 5. Lipides totaux :

L'extraction des lipides totaux a été réalisée avec l'extracteur Soxhlet en présence de l'éther éthylique. Une prise d'essai a été effectuée pour chaque individu étudié. Le tableau 3.9 regroupe les différentes valeurs des poids des ballons (vides et remplis) et prises d'essai.

**Tableau 3.9 :** Différentes valeurs des poids des ballons (vides et remplis) et prises d'essai.

| Individus | Poids de prise (g) | Poids du ballon vide (g) | Poids du ballon rempli (g) |
|---|---|---|---|
| P1 | 2,0005 | 112,3591 | 112,3916 |
| P3 | 2,0001 | 110,2383 | 110,2868 |
| M1 | 2,0002 | 89,4072 | 89,4222 |
| M2 | 2,0002 | 104,3481 | 104,4741 |
| M3 | 2,0007 | 146,0053 | 146,0197 |
| G2 | 2,005 | 125,7605 | 125,8350 |
| G3 | 2,001 | 110,8033 | 110,8584 |

### 5.1 Teneurs en lipides totaux des échantillons du poisson étudié :

Les résultats des taux de lipides totaux obtenus pour chaque échantillon sont résumés dans le tableau 3.10.

**Tableau 3.10 :** Taux des lipides totaux.

| | Individus | Tailles totales (cm) | Quantités des lipides ($P-P_0$) (g) | Taux de lipides (%) |
|---|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P1 | 13,15 | 0,0325 | 1,62 |
| | P2 | 17,5 | 0,0485 | 2,42 |
| Groupe 2 | M1 | 19,1 | 0,015 | 0,74 |
| | M2 | 21,5 | 0,126 | 6,29 |
| | M3 | 19,5 | 0,014 | 0,71 |
| Groupe 3 | G2 | 29,5 | 0,074 | 3,69 |
| | G3 | 29 | 0,055 | 2,75 |

### 5.2 Etude de la relation entre le taux des lipides et la taille des individus étudiés :

La répartition du taux des lipides en fonction de la taille des individus étudiés et la corrélation entre ces deux paramètres sont présentés dans la figure 3.3 et le tableau 3.11.

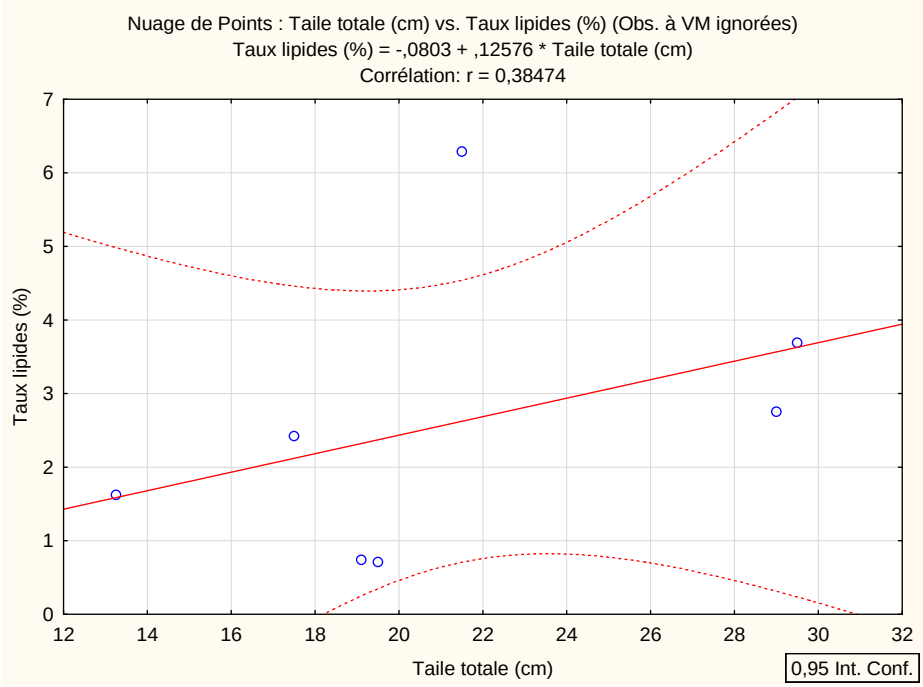



**Figure 3.3 :** Relation entre le taux des lipides et la taille des échantillons.

On n'observe qu'aucune corrélation significative qui existe entre la répartition des taux des lipides et la taille des individus : r = 0,38, p < 0,05 (tableau 3.11).

**Tableau 3.11 :** Corrélation entre le taux des lipides et la taille des individus.

| | Corrélations Partielles<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=7 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taile totale (cm) | Taux lipides (%) |
| Taile totale (cm) | 21,33571 | 5,970533 | 1,000000 | 0,384739 |
| Taux lipides (%) | 1,89286 | 1,951544 | 0,384739 | 1,000000 |

La comparaison des taux moyens en lipides, montre qu'aucune différence significative n'existe entre les groupes étudiés (p > 0,05) (tableau 3.12).

**Tableau 3.12 :** Résultats de **Test t.**

| | Test t pour des Echantillons Indépendants | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Groupe1 vs. Groupe2 | Moy G1 | Moy G2 | valeur t | dl | p | N1 | N2 | Ec-Type Groupe | Ec-Type Groupe 2 |
| Groupe1 vs. Groupe2 | 2,020000 | 2,580000 | -0,23205 | 3 | 0,831430 | 2 | 3 | 0,565685 | 3,212989 |
| Groupe1 vs. Groupe3 | 2,020000 | 3,220000 | -1,94436 | 2 | 0,191291 | 2 | 2 | 0,565685 | 0,664680 |

## 6. Pigments (provitamines A) :

### 6.1 Analyse quantitative des pigments (provitamines A) par spectrophotométrie :

Après l'obtention des absorbances par une lecture spectrophotométrique, les concentrations en provitamines A (représentées par le ß-carotène) sont calculées à partir de la courbe d'étalonnage dont les résultats sont exprimés en (mg/l).

**Tableau 3.13 :** Absorbances, concentrations en provitamines A extraites à partir de la chair et du sang.

| Individus | Provitamines extraites à partir du sang | | | Provitamines extraites à partir de la chair | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Absorbance à 450nm | Provitamines A (mg /l) | Provitamines A (%) | Absorbance à 440nm | Provitamines A (mg/l) | Provitamine A (%) |
| P1 | 0 ,041 | 2,73 | 0,00208 | — | — | — |
| P3 | 0 ,042 | 2,80 | 0,00209 | 0,149 | 6,57 | 0,00783 |
| M1 | 0,043 | 2,88 | 0,0021 | 0,123 | 5,14 | 0,00646 |
| M2 | 0,048 | 3,11 | 0,0023 | 0,268 | 13,10 | 0,0140 |
| M3 | 0,044 | 2,96 | 0,0022 | 0,062 | 1,79 | 0,00325 |
| G2 | 0,069 | 4,85 | 0,0034 | 0,051 | 1,18 | 0,00268 |
| G3 | 0,073 | 5,15 | 0,0036 | 0,378 | 19,15 | 0,0198 |

### 6.1.1 Etude de la relation entre les teneurs des provitamines A et la taille des individus étudiés :

#### a. Teneurs des provitamines A extraites à partir du sang :

Le tableau 3.14 résume les tailles totales des individus en leurs teneurs en provitamines A extraites à partir du sang.

**Tableau 3.14 :** Teneurs en provitamines A extraites à partir du sang en fonction de la taille des individus.

| | Individus | Tailles totales (cm) | Provitamines A dans le sang (%) |
|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P1 | 13,15 | 0,00208 |
| | P2 | 17,5 | 0,00209 |
| Groupe 2 | M1 | 19,1 | 0,0021 |
| | M2 | 21,5 | 0,0023 |
| | M3 | 19,5 | 0,0022 |
| Groupe 3 | G2 | 29,5 | 0,0034 |
| | G3 | 29 | 0,0036 |

La répartition des teneurs en provitamines A en fonction de la taille des individus étudiés est présentée dans la figure 3.4 et le tableau 3.15 représente la corrélation entre ces deux paramètres.

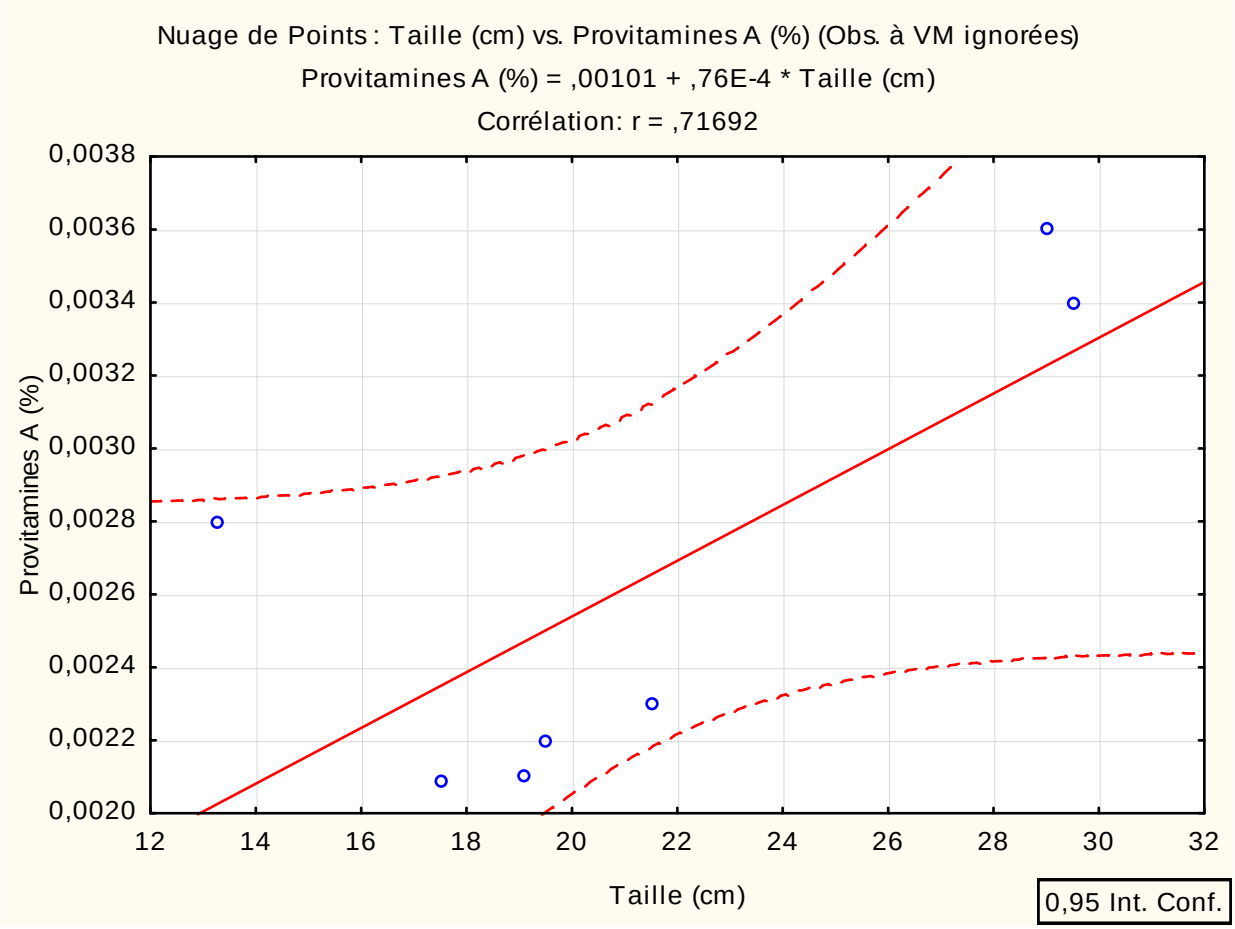



**Figure 3.4 :** Relation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir du sang et la taille des individus.

Il existe une corrélation entre la taille des individus et les teneurs en provitamines A extraites à partir du sang : r = 0,71, p < 0,05.

**Tableau 3.15 :** Corrélation entre la teneur en provitamines A extraites à partir du sang et la taille des individus.

| | Corrélations Partielles<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=7 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taille (cm) | Provitamines A (%) |
| Taille (cm) | 8,085714 | 5,970533 | 1,000000 | 0,716916668 |
| Provitamines A (s) | 0,000551 | 0,000636 | 0,71691667 | 1,000000 |

### b. Teneurs des provitamines A extraites à partir de la chair :

Le tableau 3.16 résume les tailles totales des individus en leurs teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair.

**Tableau 3.16 :** Teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair en fonction de la taille des individus.

| | Individus | Tailles totales (cm) | Provitamines A dans la chair(%) |
|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P1 | 13,15 | – |
| | P2 | 17,5 | 0,00783 |
| Groupe 2 | M1 | 19,1 | 0,00646 |
| | M2 | 21,5 | 0,014 |
| | M3 | 19,5 | 0,00325 |
| Groupe 3 | G2 | 29,5 | 0,00268 |
| | G3 | 29 | 0,0198 |

La répartition des teneurs en provitamines A en fonction de la taille des individus étudiés est présenté dans la figure 3.5 et le tableau 3.17 représente la corrélation entre ces deux paramètres.

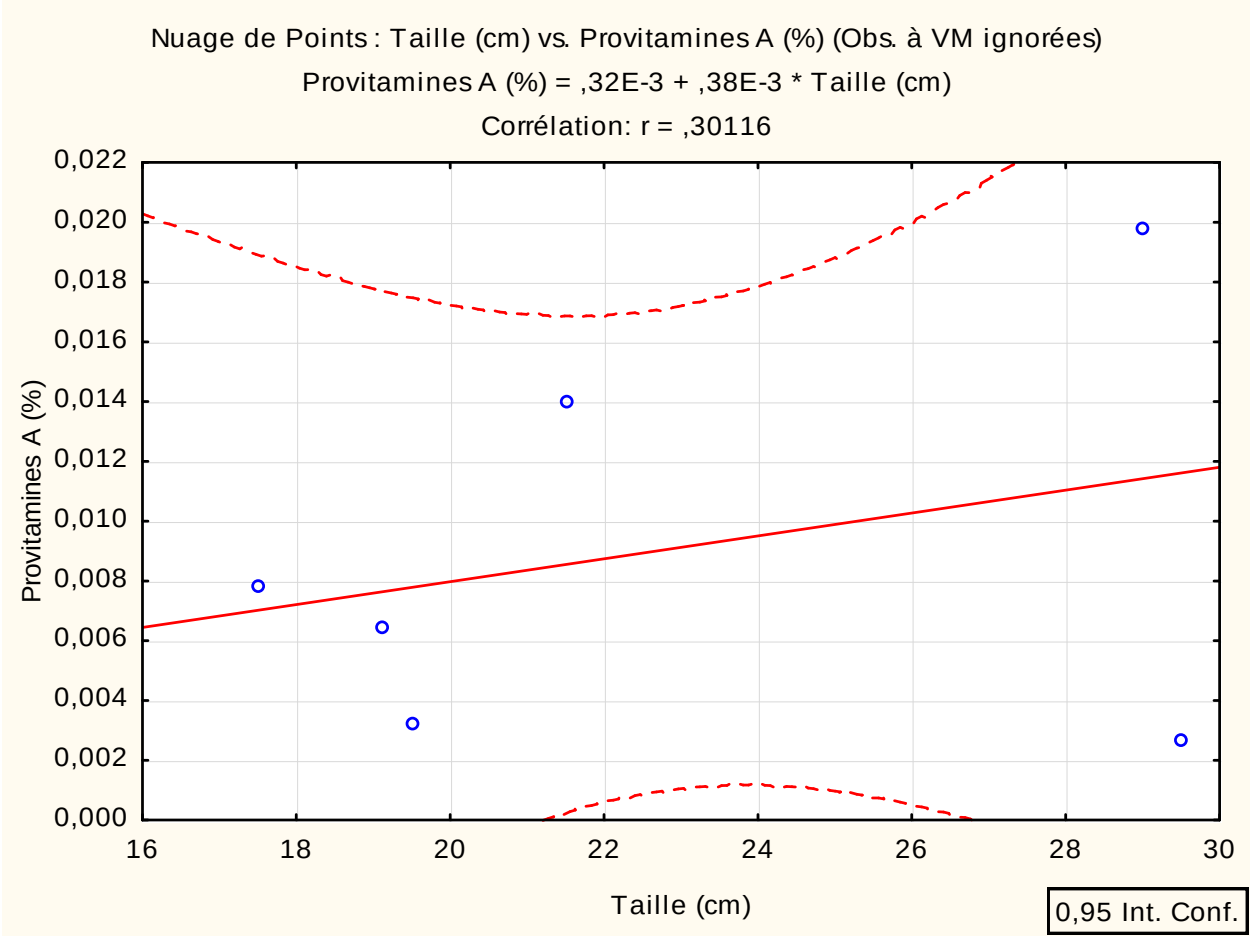



**Figure 3.5 :** Relation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair et la taille des individus étudiés.

Aucune corrélation significative n'existe entre les teneurs en provitamines A extraite à partir de la chair et la taille des individus étudiés : $r = 0,30$, $p < 0,05$.

**Tableau 3.17 :** Corrélation entre les teneurs en provitamines A extraites à partir de la chair et la taille des individus étudiés.

| | Corrélations Partielles<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=6 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taille (cm) | Provitamines A (%) |
| Taille (cm) | 5,183333 | 5,246110 | 1,000000 | 0,301157644 |
| Provitamines A (%) | 0,006323 | 0,006670 | 0,3011576 | 1,000000 |

### 6.1.2 Comparaison des moyennes en provitamines A extraites à partir du sang et de la chair :

La figure 3.6 représente la comparaison entre les concentrations moyennes des provitamines A extraite à partir du sang et de la chair.

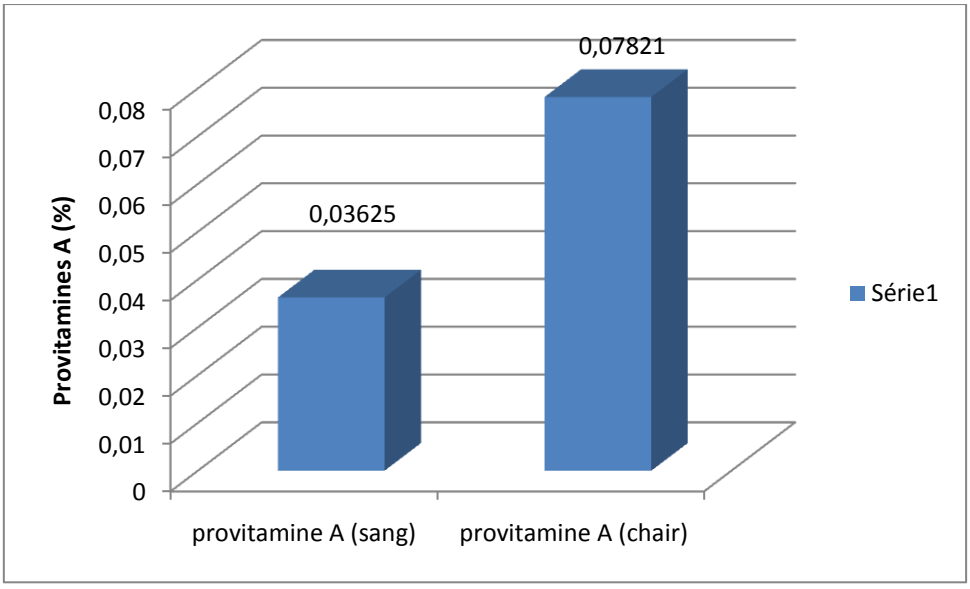



**Figure 3.6 :** Teneurs sériques moyennes en provitamines A d'*Oreochromis niloticus.*

# 7. Sels minéraux :

## 7.1 Détermination des cendres totales :

Les cendres ont été déterminées sur la chair lyophilisée, une prise d'essai a été effectuée pour chaque individu du poisson étudié, le tableau 3.18 résume le poids des creusets vides, le poids des creusets contenant l'échantillon et le poids des creusets après incinération et refroidissement dans le dessiccateur.

**Tableau 3.18 :** Différents poids des creusets vides, avec échantillon et avec résidu.

| Individu | Poids du creuset vide ($P_0$) (g) | Poids du creuset avec échantillon ($P_1$) (g) | Poids du creuset avec le résidu ($P_2$) (g) |
|---|---|---|---|
| P3 | 65,450 | 66,465 | 65,521 |
| M1 | 45,718 | 46,718 | 45,787 |
| M2 | 43,207 | 43,902 | 43,249 |
| M3 | 61,433 | 62,433 | 61,495 |
| G2 | 65,571 | 66,571 | 65,636 |
| G3 | 50,235 | 51,235 | 50,301 |

### 7.1.1 Taux des cendres totales :

Le tableau suivant évoque les résultats du taux de cendres totales obtenus après l'incinération des échantillons de poisson étudié *Tilapia du Nil.*

**Tableau 3. 19:** Pourcentage des taux de cendre de chaque individu étudié selon les tailles totales.

| | Individus | Taille (cm) | Taux des cendres (%) |
|---|---|---|---|
| Groupe 1 | P3 | 17,5 | 6,99 |
| | M1 | 19,1 | 6,9 |
| | M2 | 21,5 | 6,043 |
| | M3 | 19,5 | 6,2 |
| groupe 2 | G2 | 29,5 | 6,5 |
| | G3 | 29 | 6,6 |

### 7.1.2 Etude de la relation entre le taux des cendres et la taille des individus étudiés :

La répartition du taux de cendres en fonction de la taille des individus étudiés et la corrélation entre ces deux paramètres est présentée dans la figure 3.7 et le tableau 3.20.

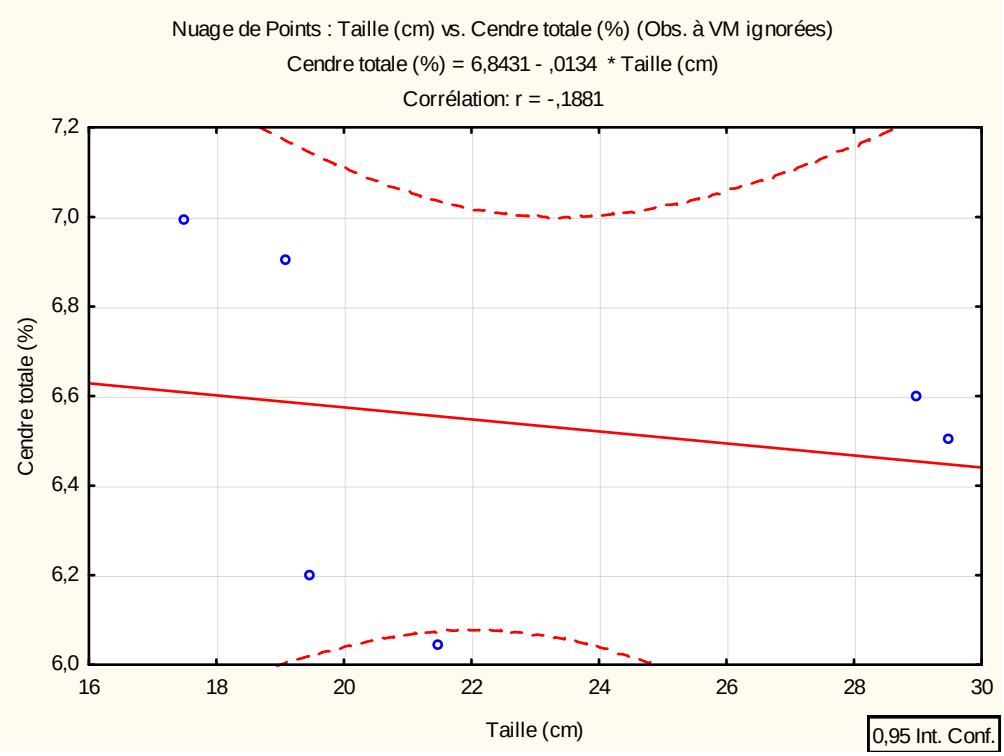



**Figure 3.7 :** Relation entre les taux des cendres totales et les tailles des individus.

On n'observe aucune corrélation significative qui existe entre la répartition des taux des cendres totales et la taille des individus (tableau 3.20)

**Tableau 3.20 :** Corrélation entre le taux des cendres totales et la taille des individus.

| | Corrélations Partielles (Feuille de données2)<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=6 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taille (cm) | Cendre totale (%) |
| Taille (cm) | 22,68333 | 5,246110 | 1,000000 | -0,188072116 |
| Cendre totale (%) | 0,49583 | 0,374139 | -0,188072 | 1,000000 |

La comparaison des taux moyens en cendres, montre qu'aucune différence significative n'existe entre les groupes étudiés ($p > 0,05$) (tableau 3.21).

**Tableau 3.21 :** Résultats de **Test t**.

| | Test t pour des Echantillons Indépendants | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Groupe1 vs. Groupe2 | Moy G1 | Moy G2 | valeur t | dl | p | N 1 | N 2 | Ec-Type Groupe 1 | Ec-Type Groupe 2 |
| Groupe 1 vs. Groupe 2 | 6,990000 | 6,381000 | 1,155913 | 2 | 0,367146 | 1 | 3 | 0,00 | 0,456271 |
| Groupe 1 vs. Groupe 3 | 6,990000 | 6,550000 | 5,080682 | 1 | 0,123721 | 1 | 2 | 0,00 | 0,070711 |

### 7.2 Sels minéraux :

On a effectué un dosage qualitatif des ions métalliques susceptibles d'être présents dans les échantillons de la chair. Selon nos moyens d'analyse, nous avons focalisé sur 4 éléments (Fer, zinc, magnésium, calcium). Les résultats du dosage ont révélé l'absence d'un ion Fer. Les trois autres éléments ont été alors choisis pour la poursuite de l'étude. Le tableau 3.22 Donne les absorbances lues des ions métalliques.

**Tableau3.22:** Absorbances lues des ions métalliques.

| Echantillon | Elément | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Zn (nm) | Mg (nm) | Ca (nm) | Fe |
| P3 | 0,0001 | 0,093 | 0,6 | — |
| M1 | 0,0001 | 0,051 | 0,8 | — |
| M2 | 0,0002 | 0,016 | 0,3 | — |
| M3 | 0,0009 | 0,029 | 0,5 | — |
| G2 | 0,0003 | 0,035 | 0,5 | — |
| G3 | 0,0003 | 0,091 | 0,4 | — |

### 7.2.1Taux des sels minéraux :

Le tableau 3.23 regroupe les différentes concentrations des sels minéraux dans les échantillons étudiés tirés à partir des courbes d'étalonnage (annexe 3).

**Tableau3.23 :** Concentrations des sels minéraux étudiés.

| Echantillon | Eléments | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Zn (µg/ml) | Mg (µg/ml) | Ca (mg/L) | Fe |
| P3 | 15,93 | 2,908 | 55,99 | — |
| M1 | 15,92 | 3,15 | 36,97 | — |
| M2 | 12,65 | 0,178 | 29,06 | — |
| M3 | 18,39 | 1,107 | 47,01 | — |
| G2 | 17,19 | 1,689 | 47,01 | — |
| G3 | 17,6 | 2,192 | 39,04 | — |

### 7.2.2.Etude de la relation entre le taux des sels minéraux étudiés et la taille des individus étudiés :

#### 7.2.2.1 Zinc :

La corrélation ainsi que la répartition des concentrations du zinc en fonction de la taille des individus sont représentés dans la figure 3.8 et le tableau 3.24 Tandis que le tableau 3.25 regroupe les concentrations du zinc selon la taille.

**Tableau 3.24:** Concentration du zinc de chaque individu étudié selon les tailles totales.

| Individus | Tailles totales (cm) | Zn (µg/ml) |
|---|---|---|
| P2 | 17,5 | 15,93 |
| M1 | 19,1 | 15,92 |
| M2 | 21,5 | 12,65 |
| M3 | 19,5 | 18,39 |
| G2 | 29,5 | 17,19 |
| G3 | 29 | 17,6 |

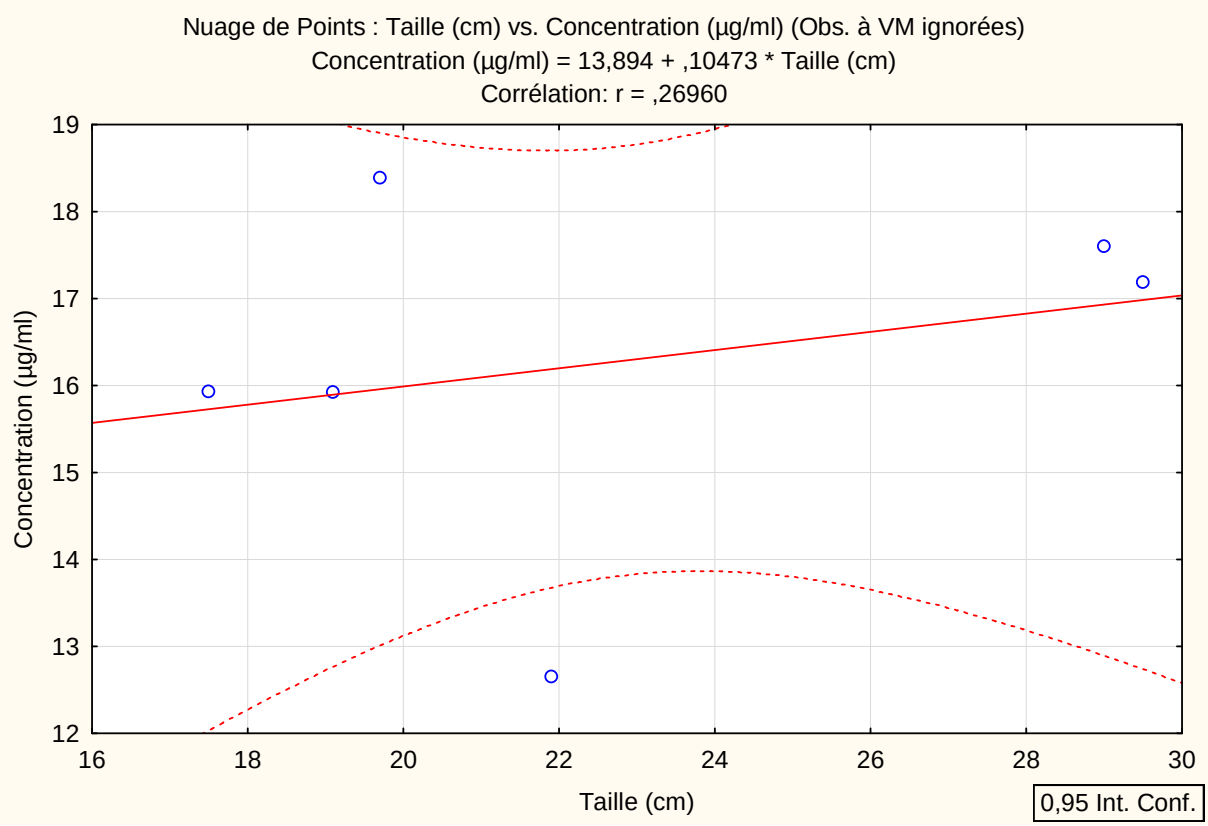



**Figure 3.8 :** Relation entre les concentrations du zinc et la taille des individus.

**Tableau 3.25 :** Corrélation entre les concentrations du zinc et la taille totale des individus du Tilapia du Nil.

| | Corrélations Partielles (Feuille de données2)<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=6 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| Variable | Moyennes | Ec-Type | Taille (cm) | Concentration (µg/ml) |
| Taille (cm) | 5,283333 | 5,206310 | 1,000000 | 0,269604 |
| Concentration (µg/ml) | 3,630000 | 2,022454 | 0,2696039 | 1,000000 |

Aucune corrélation significative n'existe entre la répartition les concentrations du zinc et la taille des individus : r = 0,26, p < 0,05 (tableau 3.25).

### 7.2.2.2Magnésium :

Le tableau 3.26 regroupe les concentrations du magnésium selon la taille. La corrélation ainsi que la répartition des concentrations du magnésium en fonction de la taille des individus sont représentées dans la figure 3.9 et le tableau 3.27.

**Tableau 3.26 :** Concentration du magnésium de chaque individu étudié selon les tailles totales.

| Individus | Tailles totales (cm) | Mg (µg/ml) |
|---|---|---|
| P2 | 17,5 | 2,908 |
| M1 | 19,1 | 3,15 |
| M2 | 21,5 | 0,178 |
| M3 | 19,5 | 1,107 |
| G2 | 29,5 | 1,689 |
| G3 | 29 | 2,192 |

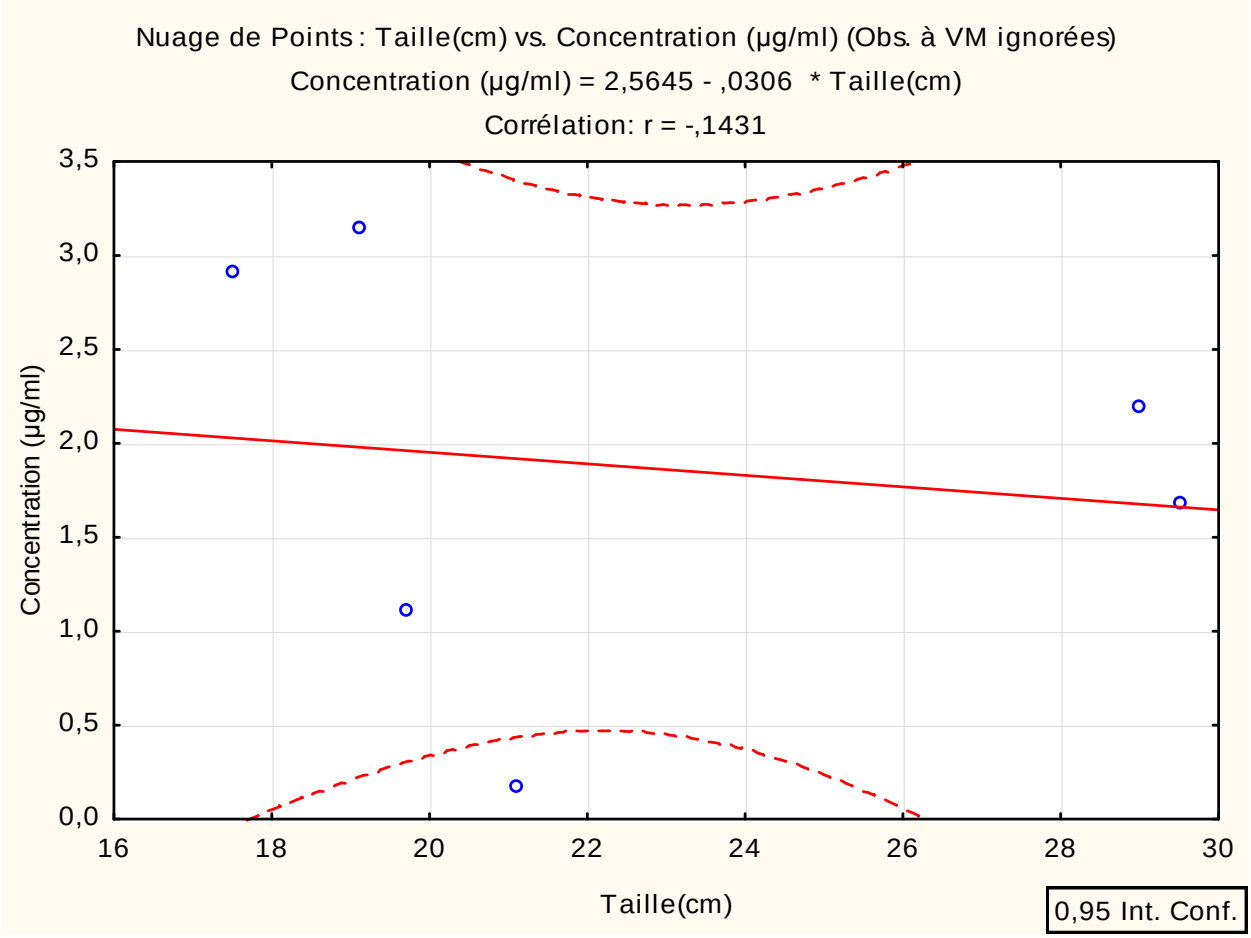



**Figure 3.9 :** Relation entre les concentrations du magnésium et la taille des individus.

**Tableau 3.27 :** Corrélation entre les concentrations du magnésium et la taille totale des individus.

| Variable | Corrélations Partielles (Feuille de données28)<br>Corrélations significatives marquées à p < ,05000<br>N=6 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyennes | Ec-Type | Taille(cm) | Concentration ( µg/ml) |
| Taille(cm) | 5,150000 | 5,243567 | 1,000000 | -0,14313201 |
| Concentration ( µg/ml) | 1,692667 | 1,122258 | -0,143132 | 1,000000 |

Il n'existe aucune corrélation significative entre la répartition des concentrations du magnésium et la taille des individus étudiés : r = -0,14, p < 0,05.

### 7.2.2.3 Calcium :

La répartition du taux de cendres en fonction de la taille des individus étudiés et la corrélation entre ces deux paramètres est présentée dans la figure 3.10 et le tableau 3.28 Le tableau 3.29 résume les concentrations du calcium selon la taille.

**Tableau 3.28 :** Concentration du calcium de chaque individu étudié selon les tailles totales.

| Individus | Tailles totales (cm) | Ca (mg/L) |
|---|---|---|
| P2 | 17,5 | 55,99 |
| M1 | 19,1 | 36,97 |
| M2 | 21,5 | 29,06 |
| M3 | 19,5 | 47,01 |
| G2 | 29,5 | 47,01 |
| G3 | 29 | 39,04 |

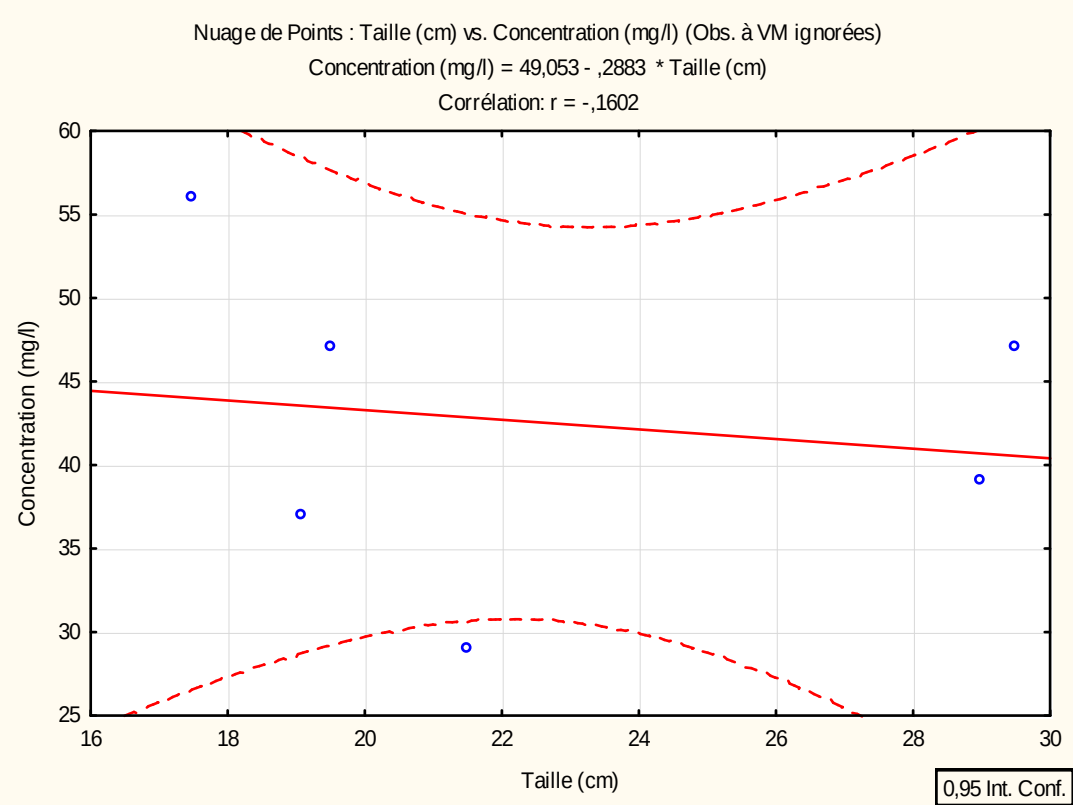



**Figure 3.10 :** Relation entre les concentrations du calcium et la taille des individus.

**Tableau 3.29 :** Corrélation entre les concentrations du calcium et la taille totale des individus.

| Variable | Corrélations Partielles (Feuille de données40) Corrélations significatives marquées à p < ,05000 N=6 (Observations à VM ignorées) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Moyennes | Ec-Type | Taille (cm) | Concentration (mg/l) |
| Taille(cm) | 5,18333 | 5,246110 | 1,000000 | -0,160168428 |
| Concentration(mg/l) | 13,45333 | 9,442937 | -0,160168 | 1,000000 |

Il n'y a aucune corrélation significative entre la répartition des concentrations du magnésium et la taille des individus étudiés.

### 7.2.2.4 Histogramme des concentrations des sels minéraux étudiés :

Afin de mieux interpréter les différents résultats obtenus par l'analyse des différents échantillons, nous avons établis un histogramme (Figures 3.11) qui reflète de façon claire les variations des teneurs de chaque sel minéral en fonction de l'individu étudié.

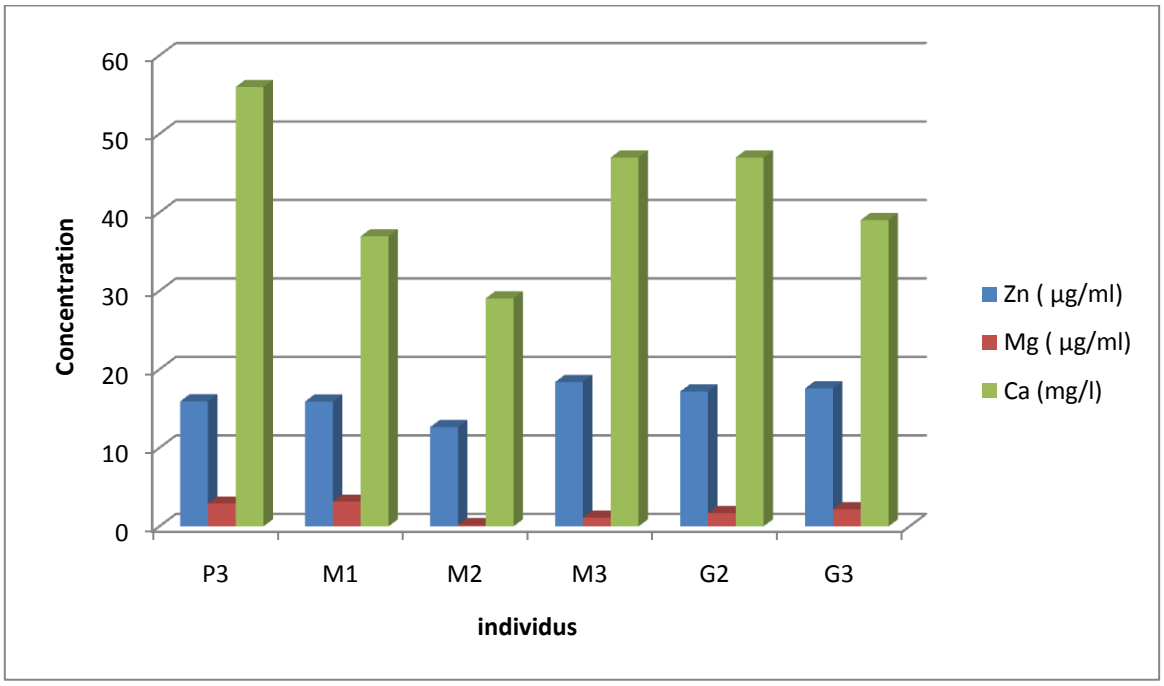



**Figure 3.11 :** Histogramme de concentration des sels minéraux étudiés.

Les individus de *Tilapia du Nil* étudié, contiennent des concentrations beaucoup plus importantes en Calcium. Les quantités de calcium relevées sont d'environ 5 fois plus grandes, que celles du zinc, sont 2 fois supérieures par rapport au Magnésium. Pour le Fer la présence de l'ion est nulle dans nos échantillons.

On suppose que nos échantillons contiennent une faible quantité de Fer ce qui le rend indétectable par l'appareil SAA (limite de détection de fer : 0,03 mg/l).

**8 .Taux en protéines, lipides, provitamines A et sels minéraux chez les poissons étudiés :**

Le tableau 3.30 regroupe les différents taux obtenus des composants étudiés : protéines, lipides, provitamines A, cendres extraite à partir de la chair du *Tilapia du Nil.*

**Tableau 3.30 :** Taux moyen des différents composants analysés de la chair du *Tilapia de Nil* « *Oreochromis niloticus* ».

| Composants | Pourcentage (%) |
|---|---|
| Protéines | 13,23 |
| Lipides | 2,75 |
| Provitamines A (sang) | 0,00253 |
| Provitamines A (chair) | 0,009 |
| Cendres | 5,6 |

La figure suivante illustre les taux moyens des différents composants analysés :

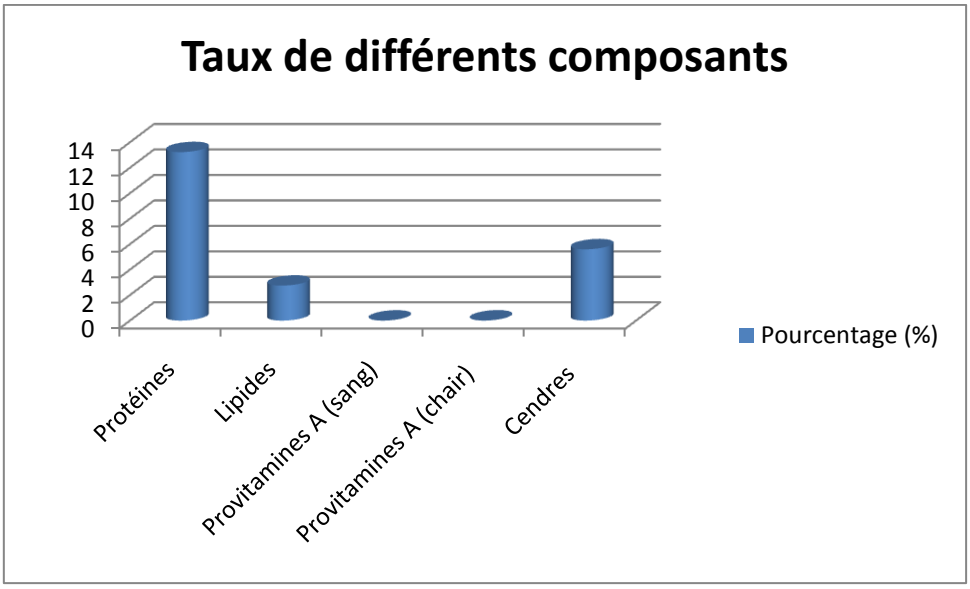



**Figure 3.12:** Taux moyen des différents composants analysés de la chair du *Tilapia de Nil.*

## II. Discussion

La composition biochimique de la chair de poisson varie considérablement d'une espèce à une autre, et d'individus à l'autre selon l'âge, le sexe, le milieu, la saison, et ces variations sont aussi étroitement lié à l'alimentation. Les différentes analyses effectuées au niveau du laboratoire, nous ont permis de connaitre les teneurs de quelques constituants biochimiques (protéines, lipides, provitamines A et sels minéraux) de la chair du poisson « *Oreochromis niloticus* ».

### 1. Paramètres physico-chimiques :

Les valeurs des paramètres physico-chimiques déterminés au niveau du bassin où vivent les poissons étudiés (la température 20,38°C, l'oxygène dissous 5,35 mg/l, salinité 1,76 ‰ et le pH 6,60) correspondent aux seuils décrits dans la littérature : la température 16-38°C (Balarin et Hatton, 1979), l'oxygène dissous 0,009-2,99 mg/l, salinité 0,015-30 ‰ et le pH 5-11 (FAO, 2006).

### 2. Relation entre le poids et la taille d'*Oreochromis niloticus :*

L'étude de la relation du poids en fonction de la taille à révéler l'existence d'une bonne corrélation entre ces deux paramètres ($r = 0,95$, $p < 0,05$) (figure 3.1, page 75).

### 3. Comparaison des moyennes du poids entre les deux groupes crées (test de student) :

Les résultats obtenus (tableau 3.4, page 75) démontrent que les individus de poisson qui ont une taille moyenne (G1) présente une valeur du poids significativement différente de celle des individus qui ont une grande taille (G2) ($p < 0,05$).

### 4. Teneur en protéines :

#### 4.1 Relation entre le taux des protéines et la taille du poisson:

Selon la figure 3.2, page 77, on remarque qu'il existe une relation entre l'augmentation du taux des protéines avec celle de la taille des individus ($r = 0,87$, $p < 0,05$).

Le taux moyen des protéines présent dans la chair des individus étudiés est de 13,23 %. Cette valeur est légèrement inférieure à celle présente dans la littérature : 18,1 – 19,4 % (Nutraqua, 2010).

#### 4.2 Comparaison des taux moyens des protéines entre les deux groupes :

La comparaison des moyennes deux à deux, a révélé que la différence est non significative entre les groupes étudiés ($p > 0,05$).

### 5. Teneur en lipides :

#### 5.1 Relation entre la teneur en lipides et la taille des individus :

On n'observe aucune corrélation significative entre la répartition des taux des lipides et la taille des individus ($r = 0,38$) (figure 3.3 et tableau 3.11, page 79).

Les teneurs en lipides musculaires permettent de classer les poissons en trois catégories différentes, on distingue les poissons dit maigres dont la teneur en lipides est inférieure à 1 %, les poissons dit semi-gras dont le taux de lipides dans le muscle est compris entre 1-10 % les

poissons gras dans la teneur en lipides dans le muscle est supérieure à 10 % (Guillaume *et al, 1999).*

*L'Oreochromis niloticus* est un poisson semi gras, le taux moyens en lipides totaux du muscle lyophilisé extraits par le diéthyléther et de 2,75 % (tableau 3.12, page 79). Cette valeur moyenne correspond aux valeurs citées par la littérature : 1,5 – 2,7 % (Nutraqua, 2010).

### 5.2 Comparaison des taux moyens des lipides entre les deux groupes :

Selon le tableau 3.12, page 79, le degré de signification est de p = 0,27 pour (G1 vs G2) et de p = 0,19 pour (G1 vs G3), on conclut que la différence est non significative entre les valeurs moyennes des taux de lipides chez les poissons.

## 6. teneur en Caroténoïdes provitaminiques A :

Concernant les teneurs provitaminiques A extraites du poisson étudié « *Oreochromis niloticus* », qui sont faibles (Nutraqua, 2010) et sachant que les provitamines A (caroténoïdes) sont des composés non synthétisés par les poissons, alors on peut dire que leur disponibilité dans le corps (sang, tissus) est liée directement à la richesse de l'alimentation d'une part, et à la ration journalière de l'autre part. Donc la composition de l'aliment distribué aux poissons pouvant influencer la teneur des provitamines A chez les poissons étudiés.

### 6.1 Relation entre la teneur en provitamines A extraites à partir de sang et de chair et la taille du poisson :

La figure 3.4, page 81, nous permet de déduire qu'il y a une relation entre la teneur en provitamines A extraites à partir du sang et la taille des individus de poisson (r = 0,93).

Selon la figure 3.5, page 82, on constate qu'il n'y a pas de relation entre la teneur en provitamines A extraites à partir de la chair et la taille des individus de poisson (r = 0,30).

On conclue donc que la teneur en provitamines A des individus de poisson est pratiquement indépendante de leur taille.

## 7. Teneur en sels minéraux :

### 7.1 Relation entre la teneur en zinc et la taille des individus étudiés :

D'après la figure 3.8, page 87, on remarque l'existence d'une corrélation non significative entre le taux de zinc et la taille des individus (r = 0,26).

Selon la lecture du tableau 3.25, page 87, on observe que les valeurs de taux de zinc varient étroitement d'individu à l'autre. Le taux moyens de zinc est de (1,68 mg/100 g) cependant on constate que cette valeur est supérieure à celle présentée dans la littérature : 0,32 mg/100 g (Nutraqua, 2010).

### 7.2 Relation entre la teneur en magnésium et la taille des individus étudiés :

Selon la figure 3.9, page 88, on déduit une corrélation non significative entre le taux de magnésium et la taille des individus (r = -0,14).

La lecture de tableau 3.27, page 88, nous a permis de mettre en évidence que les valeurs des taux de magnésium varient sensiblement d'individu à l'autre. Le taux moyen de magnésium est de (0,187 mg/ 100 g) cependant, on constate que cette valeur est inférieure à celle présentée dans la littérature : 25,4 mg/100 g (Nutraqua, 2010).

### 7.3 Relation entre la teneur en calcium et la taille des individus étudiés :

A partir de la figure 3.10, page 89, on déduit une corrélation non significative entre le taux de calcium et la taille des individus (r = -0,16).

La lecture de tableau 3.29, page 90, nous a permis de mettre en évidence que les valeurs des taux de calcium varient sensiblement d'individu à l'autre. Le taux moyens de calcium est de (5,23 mg/100 g) cependant, on constate que cette valeur est légèrement inférieure à celle présentée dans la littérature : 8,2 mg/100 g (Nutraqua, 2010).

# CONCLUSION

Les poissons comme tous les animaux, ont besoin d'énergie pour remplir leurs fonctions vitales. La seule énergie utilisable par l'organisme dans des conditions aérobies est issue de l'oxydation des composés organiques (protéines, lipides et glucides) qui résultent de la digestion des aliments. Les besoins énergétiques ainsi que la constitution biochimique des poissons sont tributaires de l'animal lui-même (espèce, stade physiologique, sexe) et aussi en fonction des conditions environnementaux, particulièrement la température de l'eau.

En se référant à cette base, on a mis au point ce travail pour juger la valeur nutritionnelle chez l'espèce étudiée *Oreochromis niloticus* en déterminant les teneurs respectives dans la chair des éléments suivants : protéines, lipides, provitamines A, sels minéraux. Les résultats obtenus lors de l'expérimentation ont été corrélés à l'aide de l'outil statistique (Statistica 10) qui nous a permis aussi d'étudier l'influence de la taille des individus sur les teneurs en éléments cités ci-dessus des individus étudiés.

Les paramètres physico-chimiques de l'eau du bassin (température, oxygène dissous, salinité et pH) sont situés dans l'intervalle de tolérance chez l'espèce étudiée.

L'étude de la répercussion de la taille des individus sur la teneur en protéines a révélé que chez l'espèce *Oreochromis niloticus,* le taux des protéines augmente légèrement avec l'augmentation avec la taille. D'après les résultats obtenus la valeur du taux moyen en protéines est de 13,23 %. Cette valeur est légèrement inférieure à celle présente dans la littérature.

Le taux moyen en lipides (2,75 %) chez l'espèce étudiée *Tilapia du Nil,* correspond aux valeurs citées par la littérature (1,5 à 2,7 %). On déduit que le poisson étudié est un poisson semi gras (le taux de lipides dans le muscle est compris entre 1 à 10 %) et que cette teneur est indépendente de la taille du poisson.

Les taux moyens circulants en provitamines A dans le sang et dans la chair du *tilapia du Nil* sont respectivement de 3,6 mg/l et 7,8 mg/l, ces deux valeurs n'ont pas pu être comparées en l'absence de la littérature.

Concernant les teneurs moyennes en sels minéraux trouvés : zinc (15,6 µg/ml), magnésium (3,15 µg/ml) et calcium (42,3 mg/l) révèlent que ces quantités sont approximativement égales à celles citées dans la littérature.

En conclusion, il serait très intéressant de reprendre le travail sur un plus grand nombre d'échantillons pour affirmer l'exactitude des résultats obtenus concernant les teneurs moyennes des éléments nutritifs essentiels : protéines, lipides, provitamines A et sels minéraux.

Il serait aussi souhaitable de compléter ce travail par une analyse de l'aliment distribué aux poissons afin de déterminer sa composition en éléments cités ci-dessus ce qui va nous permettre de mieux estimer la relation entre ces teneurs et leurs présence dans la chair et le sang du poisson « *Oreochromis niloticus* ».

# BIBLIOGRAPHIE

# Bibliographie


- **AIT HAMOUDA I, (2005).** Contribution à l'étude de l'inversion sexuelle chez une espèce de poisson d'eau douce : Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) mémoire en vue de l'obtention d'un diplôme d'ingénieur d'état en sciences de la mer, option : Aquaculture.
- **AL DILAIMI A, (2009).** Détermination de la ration lipidique alimentaire optimale chez les alevins du Tilapia du nil (*Oreochromis niloticus*) mémoire présenté pour l'obtention du diplôme MAGISTER en gestion des ressources aquatique.
- **AZAZA M.S, MENSI.F et KRAIEM.MM, (2004).** Rapport sur le suivi de l'essai de grossissement du Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*, L., 1758) en Cages flottantes dans la retenue du barrage de Sidi Saaâ. INSTM.15p.
- **BENDADA KH, BOULAKRADECHE M, (2011).** Optimisation des conditions de dosage par spectroscopie d'absorption atomique (SAAF et SAAET) : application à la détermination de la pollution et de la bioaccumulation des métaux lourds. Mémoire de Master en chimie, Option : analyse et contrôle.
- **BENSALAH A, MAKHLOUF Z, ( 2013).** Contribution à l'étude de la valeur alimentaire de l'espèce *Dicentrachus labrax (bar commun)*.mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en science de la mer et de l'aménagement de littoral,Option : aquaculture
- **BERNARD hainque, BRUNO Baudin et PHILLIPE Lefebvre, (2008).** Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire 30p.
- **CAMP~1l D, (1978).** Formulation des aliments destinés à l'élevage du Tilapia niJotica (L.) en cages dans le lac Kossou, Côte d'Ivoire. *Rapp. Tech*. 46, 26p. Autorité d'aménagement de la vallée du 8andama.
- **CAUAILKS M.K, D. Konan et T. Doudet, (1981).** Essai d'élevage de poissons en cages flottantes en eaux continantales. Centre Technique Forestier Tropical, division des recherches piscicoles. Bouaké, Côte d'Ivoire. 28p.
- **CHELDY Rais, (2005).** GENERAL FISHERIES COMMISSION, (annex 3). According to the conclusion of the working group meeting in september 2005 in Tunis.
- **CHELLIA A, LAYACHI H, (2012).** Extraction et identification des provitamines A à partir du sang de l'espèce *Oreochromis niloticus (Tilapia)*. mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention de diplôme d'ingénieur en science de la mer et de l'aménagement de littoral,Option : aquaculture.
- **CLAUDE Leray, (2010).** les lipides dans le monde vivant.179-180p.
- **ELHAJJI,** Techniques Spectroscopiques
- **FAO, (2006).** Cultured aquatic species fact sheets. *Oreochromis niloticus*. Edition FAO 2006
- **FAO, (2012).** Système d'information sur les ressources alimentaires et d'engrais en aquaculture.
- **FAO,** Les Methodes de Production d'Alevins de Tilapia Nilotica
- **FISHGEN, (2002).** Tilapia en aquaculture.www.aquatrop.fr

# Bibliographie


- **J .GUILLAUME, (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés p113-114
- **J.LAZARD, B.JALABERT et T. DOUDET, (1990).** L'aquaculture des Tilapias du développement a la recherche 29p.
- **J.CHIFFOLEAU, D.AUGER, E.CHARTIER, A.GROUHEL, (2003).** Dosage de certains métaux traces 8-13pp.
- **KARALI A, ECHIKH F, (2004).** L'Aquaculture en Algérie 27p.
- **Kjeldahl, Wilforth et Gunning, (1883).**
- **M.AL DILAIMI A, (2009).** Détermination de la ration alimentaire optimale chez les alevins du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus.* Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER en gestion des Ressources Aquatiques.
- **NAKIB L, (2010).** Mise au point d'une technique d'extraction des éléments traces métalliques dans les produits de la mer et leurs dosages par spectrophotométrie d'absorption atomique. Mémoire présenté pour l'obtention de diplôme de MAGISTER en médecine vétérinaire,Option : hygiène alimentaire
- **RACHEDI L, BELHADJ M, (2007).** Situation actuelle de l'aquaculture en Algérie mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention d'ingénieur en science de la mer et de l'aménagement du littoral, Option : aquaculture
- **SALGHI RACHID,** ANALYSES PHYSICOCHIMIQUES I Analyses des denrées alimentaires I,
- **SALI A, (2007).** Extraction et dosage de la provitamines A du sang , de la chair et du foie de la carpe commune et du Tilapia du nil mémoire de fin d'étude présenté en vue de l'obtention d'ingénieur en science de la mer et de l'aménagement du littoral ,Option : Aquaculture.
- **TINOCO, SAUER.K ET WANG. J.C** Principales & Applications in Biological Sciences, 3è éd, 1995.
- **VINCKE P. J. F, (1992).** Rapport d'activité de 3 ans d'expert associé. Projet PNUD/FAO/IVC/77/003. Développement de la pêche et de la pisciculture en Côte d'Ivoire. 36p
- **ZAATOUT R, (2007).** Effet du régime alimentaire sur la croissance des alevins de Tilapia nilotica. Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Agronomie Saharienne, Option : Production Animale
- **Les sites consultés :**
- **www.aquaportail.fr**
- **http://www.ens-lyon.fr/DSM/magistere/projets_biblio/2002/cmichel/images/hhemo_rib1.jpg**
- **(http://culturesciences.chimie.ens.fr/Nobel_2004_breve_ubiquitine.gif**
- **http://www.rothamsted.ac.uk/notebook/courses/guide/images/sheet.gif**
- **http://images.encarta.msn.com/xrefmedia/fencmed/targets/illus/ilt/T014283A.gif**
- **www. Wikipedia.com**
- **www.nutraqua.com**

# ANNEXES

**Annexe 1 :**

| Nombre d'atomes de carbone | Nom commun | Nom systématique | symbole | Structure |
|---|---|---|---|---|
| **Acides gras saturés :** | | | | |
| 4 | Butyrique | Butanoïque | 4 : 0 | $CH_3(CH_2)_2COOH$ |
| 6 | Caproïque | Hexanoïque | 6 : 0 | $CH_3(CH_2)_4COOH$ |
| 8 | Caprylique | Actanoïque | 8 : 0 | $CH_3(CH_2)_6COOH$ |
| 10 | Caprique | Décanoïque | 10 : 0 | $CH_3(CH_2)_8COOH$ |
| 12 | Laurique | Dodécanoïque | 12 : 0 | $CH_3(CH_2)_{10}COOH$ |
| 14 | Myristique | Tétradécanoïque | 14 : 0 | $CH_3(CH_2)_{12}COOH$ |
| 16 | Palmitique | Hexadécanoïque | 16 : 0 | $CH_3(CH_2)_{14}COOH$ |
| 18 | Stéarique | Octadécanoïque | 18 : 0 | $CH_3(CH_2)_{16}COOH$ |
| 20 | Arachidique | Cicosanoïque | 20 : 0 | $CH_3(CH_2)_{18}COOH$ |
| 22 | Béhénique | Docosanoïque | 22 : 0 | $CH_3(CH_2)_{20}COOH$ |
| 24 | Lignocérique | Tétracosanoïque | 24 : 0 | $CH_3(CH_2)_{22}COOH$ |
| **Acides gras insaturés :** | | | | |
| 16 | Palmitoléique | 9-hexadécènoïque | 16 : 1 | $CH_3(CH_2)_5CH=CH(CH_2)_7COOH$ |
| 18 | Oléique | 9-octadécènoïque | 18 : 1 | $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_7COOH$ |
| 18 | Linoléique | 9,12-octadécadiènoïque | 18 : 2 | $CH_3(CH_2)_4CH=(CHCH_2)_2(CH_2)_6COOH$ |
| 18 | α- linolènique | 9,12,15-octadécatriènoïque | 18 : 3 | $CH_3CH_2(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_6COOH$ |
| 18 | γ- linolènique | 6,9,12-octadécatriénoïque | 18 : 3 | $CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_3(CH_2)_3COOH$ |
| 20 | arachidonique | 5,8,11,14-cicosatétraènoïque | 20 : 4 | $CH_3(CH_2)_4(CH=CHCH_2)_4(CH_2)_2COOH$ |
| 24 | nervonique | 15-tétracosènoïque | 24 : 1 | $CH_3(CH_2)_7CH=CH(CH_2)_{13}COOH$ |

**Tableau 1 :** Acides gras biologiques les plus communs (Garrett et al, 2000).

**Annexe 2 :**

**Figure 1 :** Bain marie.

**Figure 2 :** Dessiccateur.

**Figure 3 :** Distributeur d'acide nitrique

**Figure 4 :** Vortex.

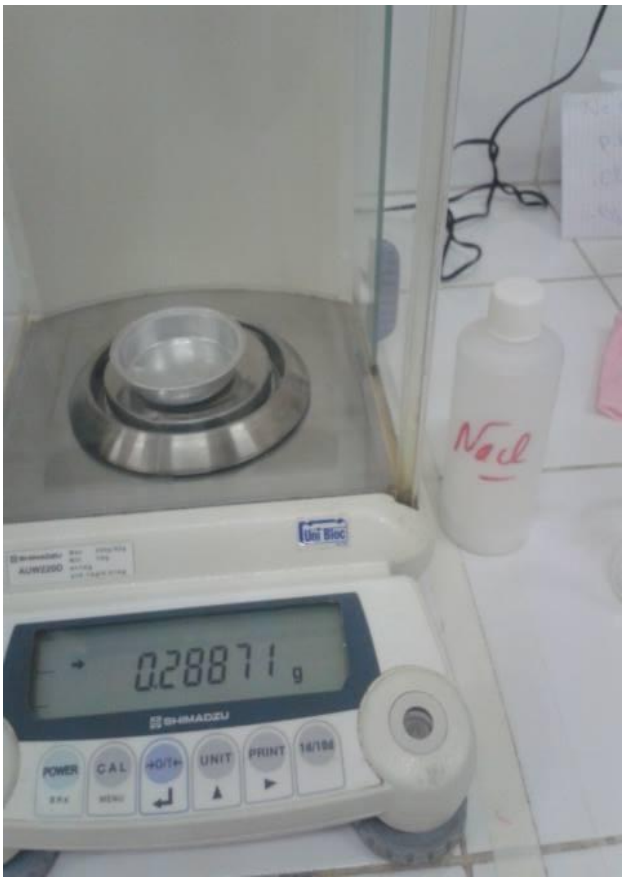


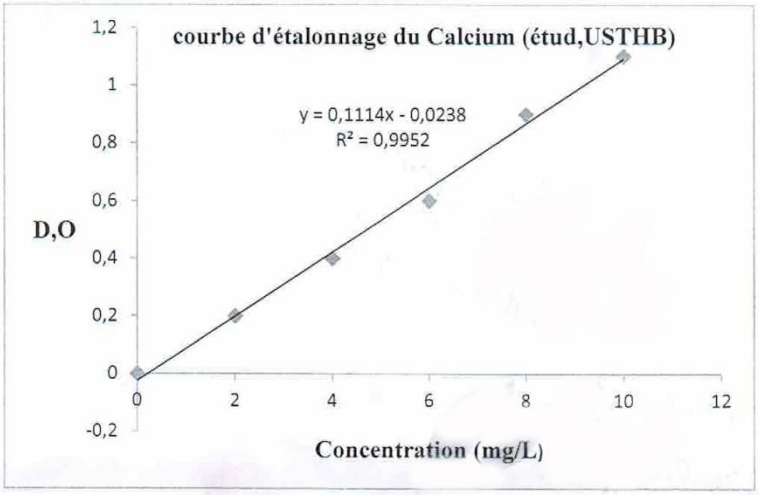

**Figure 5 :** balance de précision.

**Annexe 3 :**

**Les photos suivantes représentent le détail de la spectrophotométrie d'absorption atomique :**

*Résultats des analyses du calcium par photomètre de flamme dans des effluents (étudiants de l'USTHB)*

✓ Courbe de Calibration de l'élément Calcium




✓ Résultats obtenus

| Echantillon | D.O | Concentration (mg/L) |
|---|---|---|
| 0.1M (1/5) | 0.8 | 36.9748 |
| 0.2M (1/10) | 0.3 | 29.0664 |
| 0.3M (1/10) | 0.5 | 47.0197 |
| 0.2G (1/10) | 0.5 | 47.0197 |
| 0.3G (1/10) | 0.4 | 39.0431 |
| 0.3P (1/10) | 0.6 | 55.9964 |

Analysis

| | |
|---|---|
| Filename | C:\Program Files\GBC Avanta Ver 1.33\Analysis1.anl |
| Date | Tue Jun 30 12:21:56 2015 |

Method

Instrument Parameters

| | |
|---|---|
| System Type | Flame |
| Element | Fe |
| Matrix | Fe dans échantillons ismal |
| Lamp Current | 7.0 mA |
| Wavelength | 386.0 nm |
| Slit Width | 0.2 nm |
| Slit Height | Normal |
| Instrument Mode | Abs. BC On |

Sample Measurement Parameters

| | |
|---|---|
| Measurement Mode | Integration |
| Sample Introduction | Manual |
| Read Time | 3.0 s |
| Time Constant | 0.0 |
| Replicates | 3 |

Calibration Parameters

| | |
|---|---|
| Calibration Mode | Linear Least Squares |
| Overrange Sample Action | None |
| Conc. Units | µg/ml |
| Conc. Decimal Places | 3 |
| Calibration Failure On | None |
| Calibration Failure Action | Stop |
| Measure Sample Blank After Cal. | Yes |
| Auto Save Method After Cal. | Yes |

Quality Parameters

| | |
|---|---|
| Second Fail Action | Stop |
| Range Checking | Off |
| Check Sample Conc | 1.000 µg/ml |
| Check Sample Lower Range | 80.0 % |
| Check Sample Upper Range | 120.0 % |
| Check Sample Fail Action | Stop |
| Check Sample Flag | * |

Flame Control Parameters

| | |
|---|---|
| Flame Type | Air-Acetylene |
| Fuel Flow | 2.00 l/min |
| Oxidant Flow | 10.0 l/min |
| Burner Angle | 15° |
| Workhead Height | 18.8 mm |

Full Calibration

Calibration Mode: Linear Least Squares Max Error : 0.777 R² : 1.000

| Sample Label | Conc (µg/ml) | %RSD | Mean Abs |
|---|---|---|---|
| Table Blank | ----- | ----- | 0.0000 |

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs. |
|---|---|---|---|
| Standard 1 | 10.000 | ----- | 0.0570 |
| Standard 2 | 30.000 | ----- | 0.1770 |
| Standard 3 | 60.000 | ----- | 0.3930 |
| Standard 4 | 130.000 | ----- | 0.7310 |

0.809

Absorbance

0.000
0

193

Concentration of Fe (µg/ml)

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs. |
|---|---|---|---|
| Blanc | -1.353 | HIGH | -0.0022 |
| 01 M | -0.727 | HIGH | 0.0019 |
| 02 M | -0.775 | HIGH | 0.0011 |
| 03 M | -0.719 | HIGH | 0.0019 |
| 02 G | -1.006 | HIGH | -0.0002 |
| 03 G | -0.938 | HIGH | 0.0002 |
| 03 P | -0.757 | HIGH | 0.0012 |
| Sample 1 | ----- | ----- | 0.0000 |

Analysis

| | |
|---|---|
| Filename | C:\Program Files\GBC Avanta Ver 1.33\Analysis1.anl |
| Date | Wed Jul 01 11:01:19 2015 |

Method

Instrument Parameters

| | |
|---|---|
| System Type | Flame |
| Element | Mg |
| Matrix | Mg dans échantillons lsmal |
| Lamp Current | 3.0 mA |
| Wavelength | 202.6 nm |
| Slit Width | 1.0 nm |
| Slit Height | Normal |
| Instrument Mode | Abs, BC On |

Sample Measurement Parameters

| | |
|---|---|
| Measurement Mode | Integration |
| Sample Introduction | Manual |
| Read Time | 3.0 s |
| Time Constant | 0.0 |
| Replicates | 3 |

Calibration Parameters

| | |
|---|---|
| Calibration Mode | Linear Least Squares |
| Overrange Sample Action | None |
| Conc. Units | µg/ml |
| Conc. Decimal Places | 3 |
| Calibration Failure On | None |
| Calibration Failure Action | Stop |
| Measure Sample Blank After Cal | Yes |
| Auto Save Method After Cal | Yes |

Quality Parameters

| | |
|---|---|
| Second Fail Action | Stop |
| Range Checking | Off |
| Check Sample Conc | 1.000 µg/ml |
| Check Sample Lower Range | 80.0 % |
| Check Sample Upper Range | 120.0 % |
| Check Sample Fail Action | Stop |
| Check Sample Flag | * |

Flame Control Parameters

| | |
|---|---|
| Flame Type | Air-Acetylene |
| Fuel Flow | 2.00 l/min |
| Oxidant Flow | 10.0 l/min |
| Burner Angle | 15° |
| Workhead Height | 18.8 mm |

Full Calibration

| | |
|---|---|
| Calibration Mode | Linear Least Squares Max Error .0932 R² .0.999 |

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs. |
|---|---|---|---|
| Table Blank | ----- | ----- | 0.0000 |

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs |
|---|---|---|---|
| Standard 1 | 5.000 | ----- | 0.0680 |
| Standard 2 | 10.000 | ----- | 0.1290 |
| Standard 3 | 15.000 | ----- | 0.1780 |
| Standard 4 | 20.000 | ----- | 0.2290 |

0.250

Absorbance

0.000

22

Concentration of Mg (µg/ml)

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs |
|---|---|---|---|
| Blanc | ND | HIGH | -0.0092 |
| 01 M x25 | 3.150 | 16.99 | 0.0515 |
| 02 M x25 | -0.178 | 17.97 | 0.0161 |
| 03 M x25 | 1.107 | 9.97 | 0.0298 |
| 02 G x25 | 1.689 | HIGH | 0.0359 |
| 03 G x25 | 2.192 | 2.39 | 0.0913 |
| 03 P x25 | 2.908 | 7.97 | 0.0936 |
| Sample 1 | ND | HIGH | 0.0036 |
| Sample 2 | ----- | ----- | 0.0000 |

Analysis

| | |
|---|---|
| Filename | C:\Program Files\GBC Avanta Ver 1.33\Analysis1.anl |
| Date | Wed Jul 01 11:47:00 2015 |

Method

Instrument Parameters

| | |
|---|---|
| System Type | Flame |
| Element | Zn |
| Matrix | Zn ds echantillon ismal |
| Lamp Current | 5.0 mA |
| Wavelength | 307.6 nm |
| Slit Width | 0.5 nm |
| Slit Height | Normal |
| Instrument Mode | Abs, BC On |

Sample Measurement Parameters

| | |
|---|---|
| Measurement Mode | Integration |
| Sample Introduction | Manual |
| Read Time | 3.0 s |
| Time Constant | 0.0 |
| Replicates | 3 |

Calibration Parameters

| | |
|---|---|
| Calibration Mode | Linear Least Squares |
| Overrange Sample Action | None |
| Conc Units | µg/ml |
| Conc Decimal Places | 3 |
| Calibration Failure On | None |
| Calibration Failure Action | Stop |
| Measure Sample Blank After Cal | Yes |
| Auto Save Method After Cal | Yes |

Quality Parameters

| | |
|---|---|
| Second Fail Action | Stop |
| Range Checking | Off |
| Check Sample Conc | 1.000 µg/ml |
| Check Sample Lower Range | 80.0 % |
| Check Sample Upper Range | 120.0 % |
| Check Sample Fail Action | Stop |
| Check Sample Flag | * |

Flame Control Parameters

| | |
|---|---|
| Flame Type | Air-Acetylene |
| Fuel Flow | 2.00 l/min |
| Oxidant Flow | 10.0 l/min |
| Burner Angle | 15° |
| Workhead Height | 18.8 mm |

Full Calibration

Calibration Mode: Linear Least Squares Max Error : 0.000 R² : 1.000

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs |
|---|---|---|---|
| Cal Blank | ----- | HIGH | 0.0009 |

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs. |
|---|---|---|---|
| Standard 1 | 80.000 | 3.87 | 0.0078 |
| Standard 2 | 100.000 | 5.09 | 0.0102 |

0.0112

Absorbance

0.0000

10

109

Concentration of Zn (µg/ml)

| Sample Label | Conc. (µg/ml) | %RSD | Mean Abs. |
|---|---|---|---|
| Sample Blank | ----- | HIGH | -0.0001 |
| ~~Blank~~ | ~~12.769~~ | HIGH | -0.0002 |
| 01 M | 15.920 | HIGH | 0.0001 |
| 02 M | 12.651 | HIGH | -0.0002 |
| 03 M | 18.390 | HIGH | 0.0009 |
| 02 G | 17.197 | HIGH | 0.0003 |
| 03 G | 17.609 | HIGH | 0.0003 |
| 03 P | 15.931 | HIGH | 0.0001 |
| Sample 1 (Blanc) | 13.675 | HIGH | -0.0001 |
| Sample 2 | ----- | ----- | 0.0000 |