



Caractérisation hydrobiologique et piscicole d'un bassin d'agro-irrigation

Mémoire pour l'obtention du diplôme de Master

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre
Département des sciences biologiques
Filière : Hydrobiologie Marine et Continentale
Spécialité : Hydrobiologie et aquaculture
Soutenu le : 28 /06 /2017

Présenté Par :

- Nom : BENMBAREK
- Nom : MAHREZ

Prénom : Nadja
Prénom : Nesrine

Devant le jury :

Président : Dr. Rouabah A.
Promoteur : Dr. Djeddar M.

Grade MAA
Grade MCB

Etablissement : UDB Khemis
Etablissement : UDB Khemis

Examineurs :

1- Mme. Chebaani N.
2- M. Zeghdoudi S.
3- M. kassar A.
4- M. Bouzar S.

Grade MAA
Grade MAA
Grade MAA
Invité

Etablissement : UDB Khemis
Etablissement : UDB Khemis
Etablissement : UDB Khemis
Etablissement : DPRH Ain Defla

Remerciement

*Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la chance d'étudier et
suivre Le chemin de la science*

Et de nous avoir donné le privilège et la volonté pour accomplir ce modeste travail.

*Un très grand merci à notre promoteur Monsieur **miliani Djezzar**, pour avoir
accepté de nous encadrer et de nous assister*

Tout au long de la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

*Merci à tous les membres de jury **M. ROUABEH, M. KASSAR, M.
ZEGHDOUDI ET Mme. CHEBAANI** qui ont accepté d'évaluer notre travail
et à tous ceux qui nous ont accueilli et aidé à un moment ou à un autre au
cours de ce travail.*

*Un très grand merci au personnel du laboratoire Aquaculture et Chimie 03
Aux personnels de DPRH, DSA Ain-Defla et Monsieur **Bouabdallah** propriétaire
de la Ferme Mekhatria*

Merci à toutes personnes qui nous connaît.

Et à toute la promotion 2017 hydrobiologie.

Nadjia

Nesrine

Dédicace

*A cœur vaillant rien d'impossible
A conscience tranquille tout est accessible
Quand il y a la soif d'apprendre
Tout vient à point à qui sait attendre
Quand il y a le souci de réaliser un dessin
Tout devient facile pour arriver à nos fins
Malgré les obstacles qui s'opposent
En dépit des difficultés qui s'interposent
Les études sont avant tout
Notre unique et seul atout
Ils représentent la lumière de notre existence
L'étoile brillante de notre réjouissance
Comme un vol de gerfauts hors du charnier natal
Nous partons ivres d'un rêve héroïque et brutal
Espérant des lendemains épiques
Un avenir glorieux et magique
Souhaitant que le fruit de nos efforts fournis
Jour et nuit, nous mènera vers le bonheur fleuri
Aujourd'hui, ici rassemblés auprès des jurys,
Nous prions dieu que cette soutenance
Fera signe de persévérance
Et que nous serions enchantés
Par notre travail honoré.*

 *Je dédie ce travail à ...* 

Mes chers parents, qui sont à l'origine de mon existence, que dieu les protège, ils m'ont soutenu le long de l'élaboration de ce travail.

A ma très chère mère FARHI ZOUBIDA mon modèle à suivre qui m'a entouré d'amour et de tendresse et m'a appris la patience et le défi.

A mon très cher père BENMBAREK DJILALI qui m'encouragé et conseillé pendant mes plus pénibles moments et qui m'a guidé vers le droit chemin.

A mes très chères sœurs : Sakina, Leila son mari Hamid et sa fille Noha.

A ma chère jumelle : Nesrine.

A mon très cher frère : Mohamed.

A tous les membres de la famille : « Benmbarek » et « Farhi ».

A toute la section d'hydrobiologie 2016/2017

A tous les enseignants du primaire, du moyen, du secondaire et de l'université qui m'ont donné le goût des études.

Nadjia



Je dédie ce travail à ...

A mon cher père,

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime et le respect que
j'ai toujours eu pour vous.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation
et mon bien être.*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon
éducation et ma formation.*

*A la mémoire de ma chère mère puisse Dieu tout-puissant lui accorde toute
sa miséricorde et l'accueillir en son vaste paradis*

A mes très chers frères : Riadh, Abdelghani et Hamed

A mes chères sœurs : Kawther et Mimi

*A mon amie proche : Hayet que **dieu** vous garde et protège*

A tous les membres de la famille : « Mahrez » et « Ouchichera »

A tous les gens qui me connaissent de près ou de loin et à toute la

Promotion Hydrobiologie 2017.

Nesrine

Résumé

Cette étude hydrobiologique et piscicole a été réalisée au niveau d'un bassin agro-irrigation situé à la ferme Mekhatria - wilaya Ain-Defla, sur une période de 04 mois entre le 01/12/2016 et le 09/04/2017. Durant cette période, 07 prélèvements ont permis l'évaluation de la qualité physico-chimique ; biologique et piscicole du BAM. Les analyses ont montrées que les eaux de ce bassin ne répondent pas toujours aux critères des eaux piscicoles qui se caractérisent par de faibles teneurs en oxygène. L'analyse des invertébrés aquatiques révèle une diversité relativement moyenne, dominé principalement par les nématodes. Chez la population de tilapia *O. niloticus* une compétition est observée vis-à-vis des proies disponibles ayant un indice allométrique <3 et indice de condition inadéquat qui fait que cette espèce ne répond pas aux objectifs fixés pour une pisciculture contrôlée.

Mots clé : Eau piscicole, Pisciculture, Hydrobiologie, Physico-chimie, Tilapia du Nil, Invertébrés aquatique, Bassin agro-irrigation.

Abstract

This hydrobiological and aquaculture study was carried out at the level of an agro-irrigation basin located at the Mekhatria - wilaya Ain-Defla farm, over a period of 04 months between 01/12/2016 and 09/04/2017. During this period, 07 samples allowed the evaluation of the physicochemical quality; Biological and fish farming of BAM. The analyzes showed that the waters of this basin do not always meet the criteria of fish waters which are characterized by low oxygen levels. Analysis of aquatic invertebrates reveals a relatively moderate diversity, mainly dominated by nematodes. In the tilapia *O. niloticus* population, competition is observed for the available prey with an allometric index <3 and an inadequate condition index that makes this species not meet the objectives set for a controlled fish farm.

Key words: Fish culture, Fish culture, Hydrobiology, Physical chemistry, Tilapia of Nil, Aquatic invertebrates, Agro-irrigation basin.

ملخص

تم تنفيذ هذه الدراسة الهيدروبيولوجية والسّمكية على مستوى حوض الرّي الزراعي الذي يقع في " مزرعة المخاطرية - ولاية عين الدفلى"، لمدة 04 أشهر كاملة إبتداء من 2016/12/01 إلى غاية 2017/04/09، حيث تناولت الدراسة 07 عينات سمحت لنا بتقييم جودة الفيزيو-كيميائية البيولوجية والسّمكية لمياه الحوض. تبين لنا من خلال التحليلات التي قمنا بها أنّ حالة مياه الحوض لا تتناسب مع معايير مياه مخصصة لتربية الأسماك بوجه تام، وذلك لأنّها تتميز بتحويلات فصلية طفيفة وبنسب ضعيفة من الأكسجين، أمّا بالنسبة لدراسة الكائنات المائية اللاقارية توصلنا إلى أنّها ذات تنوع متوسط نسبيا تغلب عليه الديدان الخيطية، وفيما يخص الأسماك البلطي النيلي نلاحظ منافسة بين فرائسها المتاحة بمقياس متسارع، وكذلك توصلنا إلى تواجد مؤشر شرطي لا يتلائم مع الأهداف المحددة لتربية هذا النوع من الأسماك.

الكلمات المفتاحية: مياه سمكية، تربية الأسماك، بيولوجيا المياه، فيزيو-كيمياء، البلطي النيلي، لاقاريات المائية، حوض الرّي الزراعي.

Liste des tableaux

Tableau 1.- Espèces piscicoles introduite dans le BAM.....	09
Tableau 2.-Données relatives à la hauteur d'eau du BAM.....	17
Tableau 3.-Données relatives à la transparence des eaux du BAM.....	18
Tableau 4 .- Données relatives à la température (°c) des eaux du BAM et du forage.....	19
Tableau 5.- Evolution temporelle de température (°c) des eaux du BAM.....	20
Tableau 6.- Analyse des différences temporelles des températures (°c) du BAM selon la méthode de Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95%	20
Tableau 7.-Relevés spatiaux de la température (°c) des eaux du BAM	21
Tableau 8.- Données relatives au pH des eaux du BAM et du forage.....	21
Tableau 9.- Relevés temporels du pH des eaux du BAM.....	22
Tableau 10.- Variations temporelles du pH des eaux du BAM	23
Tableau 11.- Relevés spatiaux du pH des eaux du BAM	23
Tableau 12.- Données relatives au potentiel redox (mV) des eaux du BAM et du forage.....	24
Tableau 13.- Relevés temporels du potentiel Redox (mV) du BAM.....	24
Tableau 14.- Analyses différentielle de potentiel de redox (mV) des eaux du BAM.....	25
Tableau 15.- Relevés spatiales du potentiel redox (mV) du BAM	25
Tableau 16.- Données relative à la salinité (%) des eaux du BAM et du forage	26
Tableau 17.- Relevés temporels de la salinité (%) des eaux du BAM.....	27
Tableau 18.- Evolution spatiale de salinité (%) des eaux du BAM.....	27
Tableau 19.- Données relatives à la conductivité (µs/cm) des eaux du BAM et du forage	28
Tableau 20.- Relevés temporels de la conductivité (µs/cm) des eaux du BAM.....	28
Tableau 21.- Analyses différentielle de conductivité (µs/cm) des eaux du BAM.....	29

Tableau 22.- Relevés spatiaux de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des eaux du BAM.....	29
Tableau 23.- Données relatives au TDS (mg/l) des eaux du BAM et du forage.....	30
Tableau 24.- Données temporelles des TDS (mg/l) des eaux du BAM.....	31
Tableau 25.- Analyses différentielle de TDS des eaux du BAM (test de Fisher)	31
Tableau 26.- Données spatiales relatives aux TDS (mg/l) des eaux du BAM	32
Tableau 27.- Données relatives à l'oxygène dissous (mg/l) des eaux du BAM et du forage.....	32
Tableau 28.-Analyses temporelles de l'O ₂ dissous (mg/l) des eaux du BAM	33
Tableau 29.- Analyses différentielle de l'O ₂ dissous (mg/l) des eaux du BAM	34
Tableau 30.- Données relatives aux teneurs spatiales (mg/l) de l'O ₂ dissous des eaux du BAM	34
Tableau 31.- Données relatives à la saturation en O ₂ (%) des eaux du BAM et du forage.....	35
Tableau 32.- Relevés temporels de la saturation en O ₂ (%) de l'eau du BAM.	35
Tableau 33.- Analyses différentielles de la saturation en O ₂ de l'eau du BAM.....	36
Tableau 34.- Relevés spatiaux de la saturation en O ₂ (%) des eaux du BAM.....	36
Tableau 35.- Diversité des invertébrés aquatiques du BAM observée au cours du temps.....	37
Tableau 36.- Richesse spécifique et abondance des invertébrés aquatiques du BAM	38
Tableau 37.- Fréquences d'occurrences et dominances des taxons qui peuplent le BAM.....	39
Tableau 38.- Analyse biométrique de l'ichtyofaune des eaux du BAM	40
Tableau 39.- Gain en poids, coefficient d'allométrie et indice de condition chez <i>O. niloticus</i>	41
Tableau 40.- Matrice de Pearson des paramètres biométriques et écologiques chez la population d' <i>O. niloticus</i> dans le BAM.....	42
Tableau 41.- Catégories de classes et leurs barycentres des paramètres physico-chimiques (a), faunistiques (b) et ichtyo-biométriques (c).....	44

Tableau 42.- Classes par individus d' <i>O. niloticus</i> du BAM.....	44
Tableau 43.- Matrice de Pearson diagnose hydrobiologique et piscicole.....	56
Tableau 44.- Matrice de Pearson diagnose biométrique de l'ichtyofaune.....	57

Liste des figures

Figure 1.- Localisation géographique de la zone d'étude à partir de Google earth	08
Figure 2.- Schéma du filet à plancton utilisé.....	11
Figure 3.- Engins de prélèvements de la faune benthique (A : filet Haveneaux ; B : benne Ekman).....	11
Figure 4.- Schéma représentant les étapes de l'étude qualitative et quantitative d'invertébrés aquatiques	12
Figure 5.- Présentation de différentes mesures de longueur et zone de prélèvement des écailles (Z P E) chez un modèle de poisson <i>Barbus sp</i>	14
Figure 6.- Données relatives à la hauteur d'eau du BAM	17
Figure 7.-Variation temporelle de la hauteur d'eau du BAM	18
Figure 8.-Données relatives à la transparence des eaux du BAM.....	18
Figure 9.-Variabilité de la température des eaux du BAM et du forage.....	19
Figure 10.- Variation temporelle de la température des eaux du BAM.....	20
Figure 11.-Variation spatiale de la température des eaux du BAM.....	21
Figure 12.-Variabilité du pH des eaux du BAM et du forage	22
Figure 13.-Variations temporelles du pH des eaux du BAM	22
Figure 14.-Variations spatiales du pH des eaux du BAM	23
Figure 15.- Variabilité du potentiel redox des eaux du BAM et du forage	24
Figure 16.- Variabilité temporelle de potentiel Redox des eaux du BAM.....	25
Figure 17.- Variabilité spatiale du potentiel Redox des eaux du BAM.....	26
Figure 18.- Données relatives à la salinité des eaux du BAM et du forage	26
Figure 19.- Evolution temporelle de la salinité des eaux du BAM.....	27

Figure 20.- Evolution spatiale de la salinité des eaux du BAM.....	27
Figure 21.- Données relatives à la conductivité des eaux du BAM et forage	28
Figure 22.- Evolution temporel de conductivité des eaux du BAM	29
Figure 23.- Variabilité spatiale de la conductivité des eaux du BAM	30
Figure 24.- Variabilité des TDS (mg/l) des eaux du BAM et du forage	30
Figure 25.- Variation temporelle des TDS des eaux du BAM	31
Figure 26.- Variation spatiale des TDS des eaux du BAM	32
Figure 27.- Variations de l'oxygène dissous des eaux du BAM et du forage	33
Figure 28.- Evolution de l'O2 dissous des eaux du BAM.....	33
Figure 29.- Variations spatiales de l'O2 dissous des eaux du BAM	34
Figure 30.- Variabilité de la saturation en O2 des eaux du BAM et du forage.....	35
Figure 31 .- Variabilités temporelles de la saturation en O2 de l'eau du BAM	35
Figure 32.- Variabilité spatiale de la saturation en O2 des eaux du BAM.....	36
Figure 33.- Classification hiérarchique (CAH) par dissimilarité des taxons du BAM.....	39
Figure 34.- Corrélation entres les TCS et le poids brute de chaque individus d' <i>O. niloticus</i>	41
Figure 35. -Ecailles de tilapia sous microscope.....	58

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I.- Généralités.....	2
1.1.- Historique de la pisciculture en Algérie.....	2
1.2.- Niveau de production halieutique.....	3
1.3. –Niveau de production piscicole.....	4
1.4.- Plan national de développement aquacole	5
1.4.1. – Potentialités hydriques	5
1.4.2.- Potentialités biologiques	5
1.5. - Intégration de l'aquaculture à l'agriculture	6
Chapitre II. - Matériel et méthodes	8
2.1. - Présentation du site d'étude	8
2.2. - Données climatiques	8
2.3. - Données hydrotechniques	9
2.3.1. - Forage.....	9
2.3.2. - Bassin d'agro-irrigation (BAM).....	9
2.4. - Données piscicoles	9
2.5. - Protocole de travail et période d'étude	9
2.6. - Evaluation hydrobiologique et piscicole.....	10
2.6.1. - Caractérisation physico-chimique des eaux du BAM et du forage	10
2.6.2. - Caractérisation biologique	10
2.6.2.1. – Diversité des invertébrés aquatiques	10

2.6.2.2. – Diversité Ichtyique	13
2.6.2.3. - Diagnose hydrobiologique et piscicole	15
2.7. - Analyses et traitement des données.....	16
Chapitre III.- Résultats.....	17
3.1. - Approche hydrologique.....	17
3.2. – Paramètres physico-chimiques.....	18
3.2.1.- Transparence	18
3.2.2. - Température	19
3.2.3.- pH	21
3.2.4.- Potentiel redox	24
3.2.5. - Salinité	26
3.2.6. - Conductivité.....	28
3.2.7. – Taux de solides dissous (TDS)	30
3.2.8- Oxygène dissous	32
3.2.9 - Saturation en oxygène	34
3.3.- Caractérisation biologique	37
3.3.1. – Diversité ichtyique.....	37
3.3.2. - Diversité des invertébrés aquatiques	37
3.3.3. – Dynamique des populations d’invertébrés	38
3.3.3.1. – Richesse spécifique et abondance.....	38
3.3.3.2. – Fréquences d’occurrences et dominances	38
3.3.4.- Approche ichtyologique	39

3.3.4.1. – Gain en poids, Allométrie et indice de condition chez <i>O. niloticus</i>	40
3.3.4.2. – Analyse biométrique.....	42
3.4. – Diagnose hydrobiologique et piscicole	42
Chapitre IV. – Discussion.....	45
4.1. - Hydrologie	45
4.2. - Physico-chimie	45
4.3. – Dynamique des populations d’invertébrés	47
4.4. - Approche ichtyologique.....	48
4.5. - Diagnose hydrobiologique et piscicole	49
Conclusion.....	51
Bibliographie	52
Annexe A.....	56

Introduction

Introduction

Les potentialités hydriques naturelles de l'Algérie sont estimées actuellement à 18 milliards de m³ par an (12,5 milliards de m³/an dans les régions Nord, dont 10 milliards en écoulements superficiels et 2,5 milliards en ressources souterraines ; 5,5 milliards de m³/an dans les régions sahariennes dont 0,5 milliard en écoulements superficiels et 5 milliards en ressources souterraines). De ces potentialités, une part importante est destinée à l'irrigation (62 % de la demande totale du pays) et à l'approvisionnement des villes en eau potable qui équivaut 35 % de la demande totale. La part des besoins en eau du secteur industriel ne s'élève qu'à 3 %. En 2011, Bekele Debele Negwo, a déclaré que l'Algérie est un pays exemple dans la région Moyen-Orient-Afrique du Nord en matière de mobilisation des ressources en eau (Mozas and Ghosn 2013). Dans cette perspective de développement, la mise en place de bassins d'irrigation a permis d'augmenter la superficie des cultures en irriguées, qui a fait que cette opportunité de développer la pisciculture dans ces infrastructures hydro-agricole soit saisit.

Effectivement, l'introduction de larves de poissons et d'alevins a nécessité plusieurs actions de vulgarisation, de sensibilisation et de prise en charge technique pour convaincre les agriculteurs de se lancer dans cette activité auxiliaire (Ferhane and Bounouni 2016).

Beaucoup de questions, relatives à la production et aux rendements piscicoles dans ces bassins ainsi que sur les impacts des eaux sur les cultures et le sol, restent posées.

C'est dans cette optique que notre étude, sur la caractérisation hydrobiologique d'un bassin agro-irrigation, s'inscrit pour répondre aux différents axes proposés dans la convention tripartite « Université Djilali Bounaama de Khemis-Miliana – DPRH, DSA Ain-Defla – Ferme Mekhatria ».

Cette caractérisation hydrobiologique et piscicole est structurée d'une manière à définir l'hydrologie, la physico-chimie et la biologie des eaux du BAM et à évaluer la production piscicole dans ces derniers.

Ce document est constitué par quatre chapitres. Le premier chapitre porte sur les généralités, le deuxième est consacré au matériel et méthodes utilisés pour l'échantillonnage, aux traitements des échantillons et des données. Les résultats sont traités dans le troisième chapitre et discuter dans le quatrième.

Généralités

Chapitre I.- Généralités

Dans les généralités, l'historique de la pisciculture en Algérie, le niveau de la production halieutique, le niveau de la production piscicole et le plan national de développement aquacole, sont abordés.

1.1.- Historique de la pisciculture en Algérie

Le développement de la pisciculture est passé par plusieurs étapes. La première activité piscicole officielle a eu lieu en 1921 : Création de la station d'aquaculture et de pêche de Bousmail pour le développement de la pisciculture (l'élevage des poissons d'eau douce) (Seridi 2011).

Les premières expérimentations en pisciculture sont réalisées et organisées en 1937 : empoissonnement en truites arc en ciel au niveau du barrage de Ghrib puis Zeddine (wilaya d'Ain defla) (Chalabi 2003).

1947: Création de la station de Mazafran, en vue de développer la pisciculture continentale et la recherche en hydrobiologie (Seridi 2011).

L'expérimentation sur la pisciculture continentale a été lancée dès la fin des années 60 avec le concours d'équipes chinoises qui ont séjourné plusieurs années à la station hydrobiologique du Mazafran (Chalabi 2003).

1976- 1978 : programme de coopération avec la Chine concernant trois actions :

1- initiation aux techniques de reproduction et d'alevinage de la carpe pour le repeuplement; 2- construction de bassins en terre, repeuplement des barrages Ghrib et Hamiz.

1978 : reprise de la station du Mazafran par l'I D P E (Institut de Développement des Petits Elevages) pour le grossissement des alevins produits dans le cadre de la coopération Sino Algérienne (Seridi 2011).

1985-1986 : un vaste plan d'introduction d'espèces piscicoles. Des alevins de carpe importés de Hongrie ont été introduits dans plus de 14 sites préalablement sélectionnés sur la base d'une étude in situ. Dans un barrage du sud, le poisson chat a été introduit. Enfin, des géniteurs de sandre et de brochet ont été placés en stabulation au niveau de la station hydrobiologique du Mazafran pour des expériences de reproduction contrôlée (Chalabi 2003).

1987 : une étude pour l'installation de cages flottantes ayant pour but l'élevage super intensif de carpe royale et de la truite Arc en Ciel a été réalisée par le CERP au niveau du barrage Ghrib dans la wilaya d'Ain Defla (Seridi 2011).

Avril 1988 : une étude de réalisation d'une ferme aquacole à proximité du barrage Harreza dans la wilaya d'Ain Defla (Seridi 2011).

1989: Implantation d'une éclosérie type mobile à Harreza pour la reproduction de carpes (10 millions de larves), une autre éclosérie de carpes à double capacité que la première a été implantée à Mazafran (Karali and Echikh 2005).

1991: dans le cadre de repeuplement, 6 millions d'alevins de carpes ont été lâchés dans les plans d'eau des barrages Baraka, Gargar, Meurdjet-El amel, Benaouda, Oubeira (Karali and Echikh 2005).

2001: Début de la première campagne d'élevage d'alevins, ainsi qu'une exploitation plus ample de sites aquatiques à travers le territoire national (côtière, intérieure, Saharienne) (Karali and Echikh 2005).

2007- 2009 : reproduction et empoissonnement de 500 000 alevins de tilapia et mulot ont été effectués par le CNRDPA (Seridi 2011).

1.2.- Niveau de production halieutique

La production halieutique mondiale atteint 167,2 Millions de tonnes/an en 2014, 93,4 millions de tonnes (55,8 %) due à la pêche, 81,5 millions de tonnes prélevées en mer et 11,9 millions de tonnes pêchées les eaux continentales. 73,8 millions de tonnes (44,2%) produites de l'aquaculture, dont 47,1 millions de tonnes provient de l'aquaculture continentale et 26,7 millions de tonnes de l'aquaculture marine (FAO 2016).

La consommation humaine des produits aquatiques est de 146,3 millions de tonnes (87,5%) au total par contre l'usage non alimentaire est peu important de 20,9 millions de tonnes (12,5%). La consommation mondiale des produits aquatiques dépassait les 20 kilos par personne et par an (FAO 2016).

L'Algérie se trouve sur une façade maritime de plus de 1600 km de côte de méditerranée, et 53 zones naturelles et artificielles valorisées à l'activité aquacole (MPRH 2008).

Selon le rapport final 1 « Organisation et fonctionnement des circuits de commercialisation et de distribution des produits de la pêche et de l'aquaculture » de Chérif OMARI octobre 2014 on donne ce niveau de production halieutique Algérienne :

Les produits de la pêche et de l'aquaculture sont partagés sur 80% due à la production nationale et 20% avec une moyenne de 21607 tonnes/an entre 2000-2013 due au marché international de l'importation des produits de mer, les 80% sont distribuées de 97% provient de pêcheurs (Chalutiers, Sardiniers et petits métiers), 2% provient de concessionnaires de Barrages et 1% provient des fermes d'élevages.

L'approximation de l'évolution de la production de pêche nationale sur une longue période 1960-2013 indique que : la production nationale a pris plus de 20 ans à partir de 1960 pour dépasser les 50 000 tonnes en 1982. La production a pris plus de 40 ans pour arriver à 100 000 tonnes dans les années 1990. Une tendance lourde est observée au cours des 20 dernières années pour une relative stabilisation de la production au-delà de 100 000 tonnes avec un pic de production de 146/147 mille tonnes enregistré en 2006/2007.

La structure de la production nationale de pêche par groupe d'espèces en 2013 montre que la dominance des petits pélagiques Dans le volume de production avec 87%. Suivis des démersaux avec 8%, Mollusques 2%, crustacées 2% et grands pélagiques 1%.

L'évaluation de production aquacole nationale entre 2002-2013 présentes une moyenne minimale de 383 tonnes/an entre 2002-2007 et une moyenne maximale de 2402 tonnes/an entre 2009-2013 avec un pic de 2780 tonnes/an enregistré en 2008.

Pour l'année 2013, la production continentale représente plus de 64% de la production aquacole globale, 19,6% est représentée par la production récréative, tandis que la part de la production issue de l'élevage est de 16,2%.

1.3. –Niveau de production piscicole

En 2012 la production piscicole dépasse 2600 tonnes dont 90% provienne du l'aquaculture dulcicole.

Les plans d'eaux naturelles et artificielles constituent une source hydrique importante pour l'élevage piscicole et pouvant être exploités de différentes manières (Benhania et al. 2014) :

- En mode intensif et semi intensif par l'installation des cages flottantes en eau de mer l'élevage de Bar et Daurade, et en eau douce l'élevage de Carpe.
- En mode extensif, par introduction des poissons d'eau douce : Carpe, Tilapia, Mulet, Sandre, Black-bass, et d'eau saumâtre : Mulet, Bar, Sole, Daurade
- En mode intensif en bassins construits en dur par l'élevage des espèces d'eau de mer Loup, Daurade, Turbot (Benhania et al. 2014).

En Algérie existe plusieurs fermes piscicoles citant que cinq fermes :

- Ferme d'élevage de poissons marins (Daurade et Loup) en bassins (Cap Djinet wilaya de Boumerdas) ;
- Ferme d'élevage de poissons marins en cages flottantes (Zemmouri wilaya de Boumerdas) ;
- Ferme piscicole d'AZF l'élevage de poissons d'eau de mer en cages flottantes (wilaya de Tizi ouzzou) ;
- Ferme AQUASOL l'élevage de poissons d'eau de mer en bassins et en cages flottantes (wilaya d'Ain Timouchent) ;
- Ferme piscicole de Harreza l'élevage de poisson en bassin (wilaya d'ain defla).

1.4.- Plan national de développement aquacole

Les possibilités de développement de filière d'activité aquacole sont considérable sur des plans des ressources naturelles et humaines, l'Algérie offre de potentialités intéressante pour le développement de l'active aquacole.

1.4.1. – Potentialités hydriques

L'Algérie dispose d'un potentiel hydrique très important, dont la quasi-totalité Reste inexploitée. Les possibilités de développement de la filière d'activité aquacole sont considérables sur les plans des ressources naturelles et humaines, l'Algérie dispose de potentialités naturelles significatives sur tout le territoire national (littoral et intérieur du pays). En outre, on note un potentiel d'environ 100 000 hectares de ressources hydriques naturelles ou artificielles (Karali and Echikh 2005).

1.4.2.- Potentialités biologiques

L'Algérie dispose d'un potentiel biologique tant considérable que diversifié. Cependant, elle demeure l'un des rares pays en méditerranée à disposer de ressources

halieutiques à très hautes valeur. Marchande très prisées par les consommateurs étrangers. On citera :

- Les poissons nobles tels que : mérou, dorade, thon rouge, espadon...
- Les crustacés tels que : crevettes royales, langoustines, langoustes.
- Les céphalopodes tels que : poulpes, seiches, calmars.
- Les algues (600 espèces), le zooplancton.

A l'heure actuelle des connaissances, plus d'une vingtaine d'animaux aquatiques peuvent développer une aquaculture d'appoint (Karali and Echikh 2005). Le ministre de la pêche et de la ressource halieutique a élaboré un plan de développement de l'aquaculture qui vise principalement :

Une production de 30 000 tonne par année.

La création d'un environnement intégré (pêche, tourisme, agriculture, sport et loisirs) au niveau et autour des barrages et plans d'eaux, ce plan complète les actions d'encouragement de l'investissement de l'aquaculture et le renforcement de coopération et de partenariat avec les sociétés ;

-La création de 70.000 emplois entre directes et indirectes.

1.5. - Intégration de l'aquaculture à l'agriculture

Selon (Billard 2005), l'intégration agro-aquacole est l'épandage des eaux, issues de la pisciculture sur des champs cultivés, sur des cultures maraîchères ou dans des forêts. Les eaux destinées à l'irrigation servent aussi à l'élevage des poissons implantés dans des réservoirs.

Les agriculteurs qui optent pour l'irrigation, peuvent majorer leur rendements en intégrant l'aquaculture à leurs activités agricoles afin d'accroître la rentabilité de l'investissement (FIDA 1999).

L'agriculture et l'aquaculture sont considérées comme étant étroitement liées, car:

- L'aquaculture comporte l'élevage de poisson en captivité ou la culture de plantes aquatiques, opérations analogues à l'élevage d'animaux ou à la culture de plantes dans le système de production agricole.

- L'aquaculture est souvent intégrée à la production agricole, comme dans le cas de la pisciculture associée à la riziculture en Asie ;
- L'aquaculture et l'agriculture partagent habituellement les mêmes intrants, tels que la main-d'œuvre (FAO 2007).

L'aquaculture produit des déchets solides et liquides riches en matière organique notamment en ammoniacale et en azote. Les agriculteurs utilisent des fertilisants en grande quantité et trouvent donc un intérêt à utiliser les sous-produits de l'aquaculture car ils sont vendus entre 5 et 15% moins chers que les fertilisants traditionnels (Plumey et al. 2003).

Matériel et méthodes

Chapitre II. - Matériel et méthodes

Dans ce chapitre la présentation du site d'étude, les données climatiques et hydrotechniques ainsi que l'évaluation hydrobiologique et piscicole sont abordés.

2.1. - Présentation du site d'étude

Le bassin d'agro-irrigation (BAM) dans lequel cette étude a été menée est situé à 404 m d'altitude dans la commune de Mekhatria au Nord de l'Algérie et de la ville d'Ain-Defla. Les coordonnées sont de 36°17'52.68" Nord et 1°58'18.13" Est.



Figure 1. – Localisation géographique de la zone d'étude à partir de Google earth

2.2. - Données climatiques

La région de Mekhatria se caractérise par un climat semi-aride sec et chaud avec un caractère de continentalité très marqué et un écart de température de 20°C entre les températures du mois de janvier et celle d'août. L'été s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. Une série d'étages climatiques qui va du sub-aride au fond de la vallée au sub-humide sur les reliefs. Cette situation est liée à l'orographie : plus l'altitude est élevée plus l'étage est humide. De même pour l'enneigement qui touche les reliefs de plus de 600 m d'altitude.

2.3. - Données hydrotechniques

Les données hydrotechniques concernant le forage et le BAM.

2.3.1. - Forage

Le forage a été réalisé en 2001, avec une profondeur de 60m et d'un diamètre de 50cm vers le haut et de 40cm vers le bas. Le pompage assure un débit d'eau de 300l/min.

2.3.2. - Bassin d'agro-irrigation (BAM)

Le bassin d'agro-irrigation de Mekhatria (BAM) a été construit en 2002. Sa forme est rectangulaire, avec une surface de 45.6m², et une profondeur de 1,90m. L'approvisionnement en eau du bassin se fait par l'eau du forage. L'eau du bassin est renouvelée chaque jour pendant les périodes d'irrigation en continue et une fois par semaine en temps de pluie.

2.4. - Données piscicoles

Trois espèces de poissons ont été introduites depuis la mise en eau du BAM. Il s'agit du Tilapia *Oreochromis niloticus*, du Mulet *Mugil cephalus* et de la Carpe royale *Cyprinus carpio carpio* (tab.1). La ration alimentaire distribuée quotidiennement aux poissons est constituée par de laitue et de son de blé.

Tableau 1. - Espèces piscicoles introduite dans le BAM

Espèces	Nombre d'alevins	Source	Années
Tilapia	400	CNRDPA	2007
Carpe	500	CNRDPA	2016
Mulet	15	Chlef	2015

2.5. - Protocole de travail et période d'étude

Le protocole de travail adopté consiste à faire une évaluation hydrobiologique et piscicole qui s'appuie sur des mesures et des échantillonnages périodiques, une à deux fois par moi, qui concernent certains paramètres physico-chimiques et faunistiques des eaux du BAM et du forage.

Pour des contraintes socio-pédago-administratives, la durée de cette étude a été fixée à quatre mois, du 01 décembre 2016 au 09 avril 2017, divisée en 7 périodes

Période 1 : 01 décembre 2016

Période 2 : 27 décembre 2016

Période 3 : 22 février 2017

Période 4 : 09 mars 2017

Période 5 : 16 mars 2017

Période 6 : 29 mars 2017

Période 7 : 09 Avril 2017

2.6. - Evaluation hydrobiologique et piscicole

La caractérisation hydrobiologique et piscicole des eaux du BAM et du forage s'est faite par la caractérisation physico-chimique et biologique des eaux du BAM et du forage.

2.6.1. - Caractérisation physico-chimique des eaux du BAM et du forage

La caractérisation physico-chimique des eaux du BAM et du forage est faite sur site par des mesures périodiques à l'aide d'un multi paramètre (modèle WTW. Multi 3320 SET 1). Ils concernent : température, pH, potentiel-redox, oxygène dissous, saturation en oxygène, conductivité, TDS, salinité. La transparence est mesurée à l'aide d'un disque de Secchi de 30 cm de diamètre.

2.6.2. - Caractérisation biologique

La caractérisation biologique des eaux du BAM est définie par la diversité faunistique relative aux espèces ichthyiques et aux invertébrés qui s'y trouvent ainsi qu'à leur dynamique.

2.6.2.1. – Diversité des invertébrés aquatiques

Pour évaluer la diversité des invertébrés aquatiques, l'échantillonnage et l'identification des espèces ainsi que la dynamique des populations sont nécessaires.

2.6.2.1.1. – Echantillonnage et identification

Les prélèvements de la faune zooplanctonique du BAM, exprimés par unité de volume, sont faits à l'aide de filets à plancton de 80, 40 et 20 μ m (fig.2), alors que ceux de la faune benthique, exprimés par unité de surface, sont réalisés à l'aide d'une benne Eckman et d'une raclette de type filet Haveneau (fig. 3a, 3b).

Les traits des filets zooplanctoniques sont faits obliquement de la profondeur à la surface sur toute la longueur du bassin. Ceux du benthos sont faits par raclage d'une surface de 1 m² du fond. La surface de la benne Eckman est normalisée à 225cm².

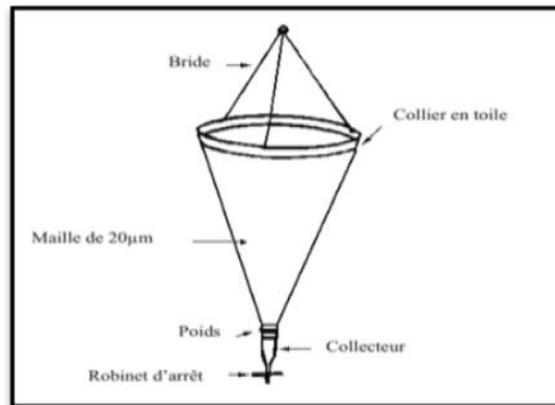


Figure 2.- Schéma du filet à plancton utilisé

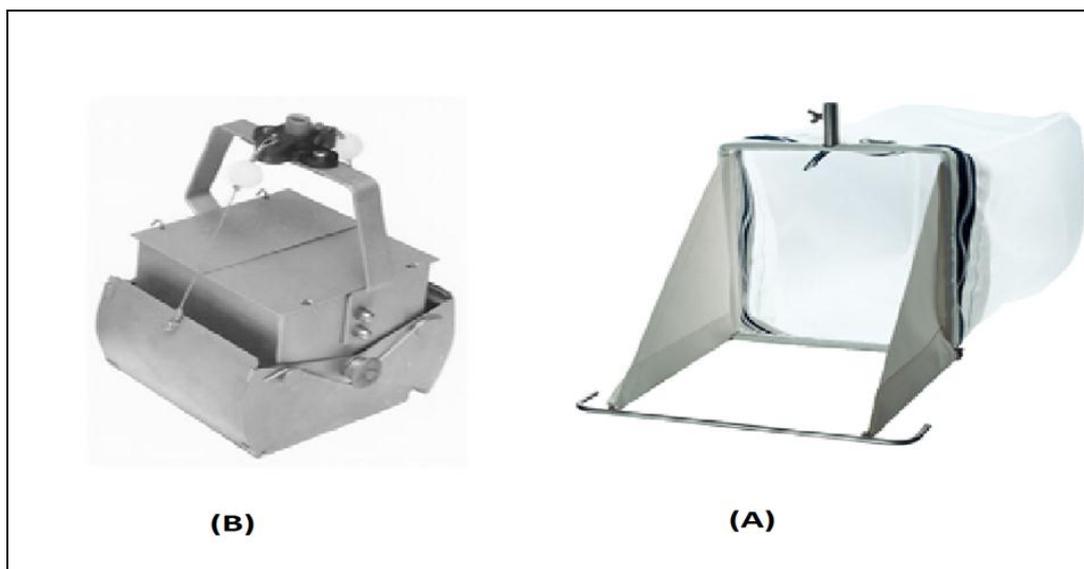


Figure 3.- Engins de prélèvements de la faune benthique (A : filet Haveneaux ; B : benne Ekman)

Les échantillons zooplanctoniques et zoobenthiques sont mis et conservés dans des bouteilles numérotées contenant du formol à 4%. Il est important de noter que le zoobenthos a été obtenu après tamisage et tri du sédiment. L'identification et le dénombrement des invertébrés sont réalisés au microscope optique sur une lame ou à l'aide d'une chambre de Dollfuss sous loupe binoculaire (fig. 4). Les clefs (Amoros 1984; Koutikova 1970; Dussart 1969; Tachet et al. 2003) ainsi que certaines clés en ligne (www.perla.ecologie.gouv.fr; <http://crdp.ac-bordeaux.fr/cddp33/cleinvertebre/clenew.asp>), sont utilisées pour l'identification. Cette dernière s'est limité aux rangs supérieurs (classe, ordre).

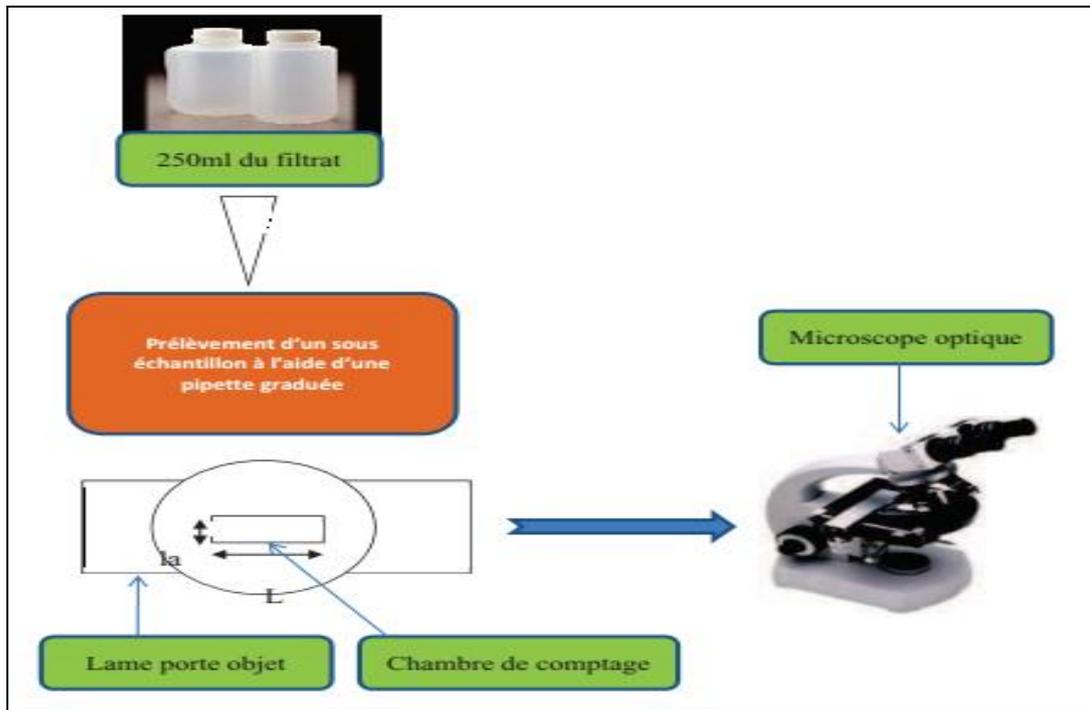


Figure 4.- Schéma représentant les étapes de l'étude qualitative et quantitative d'invertébrés aquatiques.

2.6.2.1.2. – Dynamique des populations d'invertébrés

La dynamique des populations d'invertébrés du BAM est définie par la richesse spécifique, l'abondance, la fréquence d'occurrence et la dominance.

2.6.2.1.2.1. – Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique S est le nombre d'espèces contractées au moins une fois dans une période expérimentale. L'adéquation de ce paramètre à la richesse réelle est bien entendu d'autant meilleure que le nombre de relevés est plus grand (Blondel 1975).

L'abondance correspond à la dominance. L'abondance absolue (Aa) d'une espèce est le nombre d'individus de cette espèce par unité de surface ou de volume, Alors que l'abondance relative (Ar) correspond au nombre d'individus d'une espèce par rapport au nombre total d'individus, la valeur est donnée en pourcentage. Elle exprime l'influence exercée par une espèce ou par un groupe dans le peuplement.

$$Abr = \frac{Na}{N} \times 100$$

Dans lequel Na est le nombre d'individus de l'espèce a et N le nombre total d'individus récoltés (Melhaoui 2009).

2.6.2.1.2.2. – Fréquences d’occurrences

La fréquence relative (Fr) est égale au rapport entre le nombre de relevés (n) où l’espèce x existe et le nombre total (N) de relevés effectués (Faurie et al. 1984). Elle peut être calculée pour un prélèvement ou pour l’ensemble des prélèvements d’une biocénose (Dajoz 1985) :

$$Fr = n/N \times 100$$

L’indice de constance (Ci), est le pourcentage du rapport du nombre de relevés contenant l’espèce i (ri) au total des relevés réalisés (R) (Dajoz 1985). La constance est calculée selon la formule suivante :

$$Ci = ri \times 100/R$$

(Bigot and Bodot 1973), distinguent des groupes d’espèces en fonction de leur fréquence d’occurrence :

- 100% - 75% espèces constantes ;
- 75% - 50% espèces fréquentes ;
- 50% - 25% espèces communes ;
- 25% - 5% espèces accessoires ;
- $\leq 5\%$ espèces rares.

2.6.2.2. – Diversité Ichtyique

Les peuplements piscicoles du BAM sont constitué par trois espèces, introduites dans le cadre de l’intégration « agriculture-pisciculture ». Par le biais de cette diversité, nous ferons une approche ichtyologique conjointement à une analyse biométrique de l’espèce dominante.

2.6.2.2.1. – Approche ichtyologique

L’approche ichtyologique est faite par une analyse biométrique et par le calcul du gain de poids, l’allométrie et l’indice de condition.

2.6.2.2.1.1. – Biométrie

La biométrie est faite uniquement sur l’espèce dominante collectée dans le BAM après vidange. Les paramètres pris en compte pour chaque individu sont (fig.5): Age des poissons déterminé par scalimétrie, poids total du poisson entier (P), longueur

totale (LT), longueur standard (LS). A cela s'ajoute les paramètres biométriques relatifs au tube digestif, où nous avons considéré : poids et longueur du tube digestif et poids du contenu digestif.

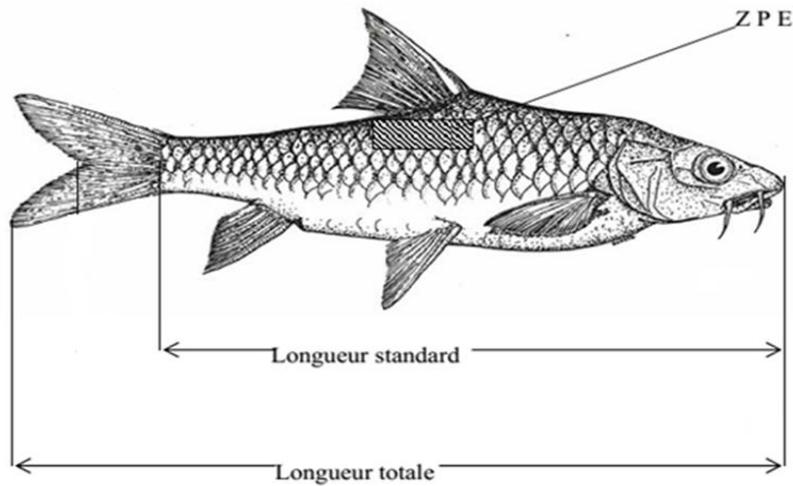


Figure 5.- Présentation de différentes mesures de longueur et zone de prélèvement des écailles (Z P E) chez un modèle de poisson *Barbus sp.*

Les pesées sont réalisées grâce à une balance de précision. Une règle graduée a servi pour la mesure des longueurs.

Les écailles destinées à la détermination de l'âge sont prélevées au niveau de la partie latéro-dorsale (fig. 5). Cette zone est celle où l'apparition des écailles est la plus précoce (Boet and Le Louarn 1985). Les écailles sont prélevées au-dessous de la nageoire dorsale, nettoyées avec l'eau distillée et l'eau de javel, frottées entre le pouce et l'index pour les débarrasser des fragments de tissu et du mucus qui les couvrent, puis triées sous la loupe binoculaire. L'âge est déterminé directement par lecture du nombre d'anneaux présents sur l'écaille.

2.6.2.2.1.2. – Gain en poids, Allométrie et indice de condition

- **le gain en poids** est déterminé par la différence entre le poids de chaque individu pesé le jour de la collecte et le poids initial. Etant donné que le poids initial n'est pas connu, nous l'avons fixé à 5gr : considéré comme poids estimatif des alevins introduits.
- **Le taux de croissance spécifique (TCS)** est défini comme le gain de poids journalier du poisson exprimé en pourcentage de son poids au temps ; Il donne la vitesse instantanée de croissance des poissons. Il s'exprime par la formule suivante (Benabdellah 2011) :

$$\text{TCS en \% / j} = [\text{Ln}(\text{Pmf}) - \text{Ln}(\text{Pmi}) \times 100 / \text{Durée d'expérimentation}].$$

$$\text{Poids moyen initial Pmi (g)} = \text{Biomasse initiale (g)} / \text{Nombre initial de poisson.}$$

Poids moyen final Pmf (g) = Biomasse finale (g) / Nombre final de poisson.

- **L'allométrie** est déterminée à partir de la linéarité issue de relation de croissance $P=aL^b$, qui aboutit à une fonction logarithmique $\ln P=\ln a+b\ln L$ ou :

\ln : logarithme népérien ; P : poids en gr ; L : longueur totale ; a : une constante et b le coefficient d'allométrie.

Le taux de coefficient d'allométrie peut être compris entre 2,5 et 4, il est souvent proche de trois mais rarement égale à trois (Abba et al. 2010).

Il existe une valeur de référence de $b=3$ qui indique que le poisson a une croissance isométrique ou symétrique ; c'est à dire que le corps du poisson est bien conformé, symétrique. Si $b>3$ ou <3 on dit que la croissance allométrique à hyperallométrique ou asymétrique hypoallométrique ; le poisson est respectivement plus lourd ou moins lourd que sa taille. Lors des pontes par exemple les poissons ont un $b>3$. Autrement dit la valeur de b est affectée par la nourriture disponible, le stade de reproduction. Si des données poids-longueur existent dans ce cas on calcul des facteurs de conditions qui décrivent l'état de santé ou de bien être des poissons. Le facteur de condition le plus utilisé est celui de Fulton (1911) (Harchouche 2006).

- **Le facteur de condition F de Fulton (1911)** est donné par le rapport reliant le poids (P) et la longueur totale du poisson (LT) : $F=(P/LT^b) 100$. B : coefficient allométrique.

2.6.2.3. - Diagnose hydrobiologique et piscicole

Vue l'absence de mesures périodiques et répétés des paramètres biométriques du peuplement de l'espèce dominante du BAM, la diagnose hydrobiologique et piscicole se fera autour de corrélations obtenues par modélisation empirique entre les classes des paramètres physicochimiques, faunistiques et ichtyo-biométriques qui sont mises en évidence par la méthode des k-means et la classification hiérarchique ascendante. Les troncatures de ces dernières seront fixées par le nombre de classes d'âges obtenues. En fonction des critères statistiques, l'une des matrices de corrélation qui convient, Pearson, Kendall ou Spearman va permettre d'évaluer la dépendance entre plusieurs variables en même temps et définir le fonctionnement piscicole dans le BAM.

2.7. - Analyses et traitement des données

Pour comparer les résultats, en fonction de la loi normale, des tests d'hypothèses paramétriques et non paramétriques sont appliqués. Si les données répondent à la loi de Gauss alors c'est les lois paramétriques qui sont utilisés. S'ils ne répondent pas à la loi de Gauss c'est les lois non paramétriques.

Les tests à posteriori sont utilisés dans le cas de différences significatives entre les variables testées.

Des analyses multivariées sont également appliquées pour visualiser les corrélations entre les paramètres physico-chimiques et biologiques des eaux piscicoles de bassin agro-irrigation.

Les calculs sont faits à l'aide de trois logiciels : Excel stat, Past3.15 et R3.3.3.

Résultats

Chapitre III.- Résultats

Dans ce chapitre, les résultats de la caractérisation hydrobiologique et piscicole du bassin d'agro-irrigation sont abordés. Ils concernent l'hydrologie, les paramètres physico-chimiques et biologiques ainsi que tous les aspects piscicoles qui lui sont liés.

3.1. - Approche hydrologique

L'alimentation en eau du bassin est assurée par une pompe immergée d'un débit de 300l/min. Les données hydrologiques (Tab. 2 ; Fig. 6) indiquent que les niveaux d'eaux dans le BAM fluctuent entre un minimum de 53cm et un maximum de 183cm avec une moyenne de 133,429±48,22 cm. Bien que l'amplitude soit considérée comme importante (130cm), le coefficient de variation se trouve réduit (0,355) indiquant une dispersion centrée des limites hydrologiques enregistrées.

Tableau 2.- Données relatives à la hauteur d'eau du BAM

Statistique	H d'eau (cm)
Nb. d'observations	28
Minimum	53
Maximum	183
Amplitude	130
Moyenne	133,429
Ecart-type	48,224
Coefficient de variation	0,355

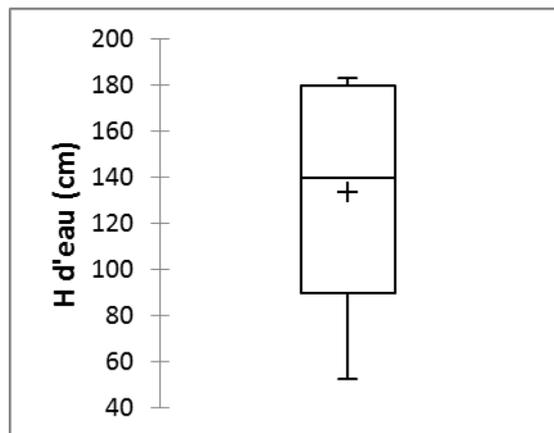


Figure 6.- Données relatives à la hauteur d'eau du BAM

D'un point de vue temporel (fig. 7), une différence hautement significative est constatée entre les hauteurs d'eau enregistrées au cours des sept périodes (Anova, $p < 0.0001$).

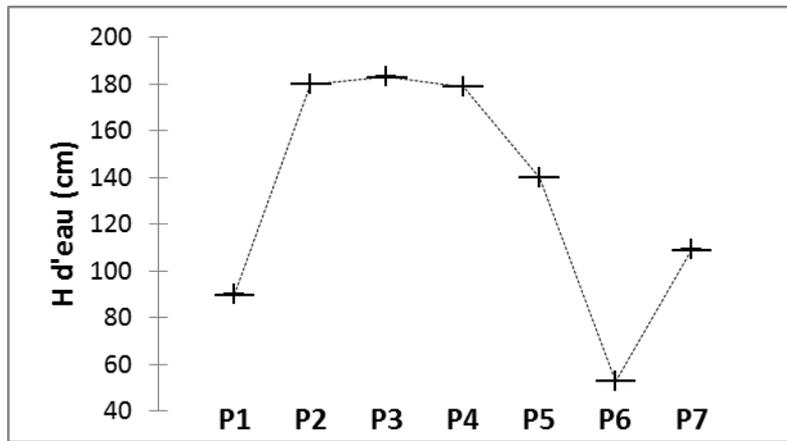


Figure 7.- Variation temporelle de la hauteur d'eau du BAM

3.2. – Paramètres physico-chimiques

Les paramètres physico-chimiques mesurés concernent : transparence, température, pH, potentiel-redox, conductivité, TDS, salinité, oxygène dissous, saturation.

3.2.1.- Transparence

Les relevés de la transparence des eaux du BAM (tab. 3, fig. 8) évoluent par un maximum de 72,5cm et un minimum de 30,5cm avec une moyenne de $49 \pm 16,10$ cm.

Tableau 3. - Données relatives à la transparence des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Moyenne (cm)	66,000	62,000	72,500	39,500	32,500	30,500	39,000

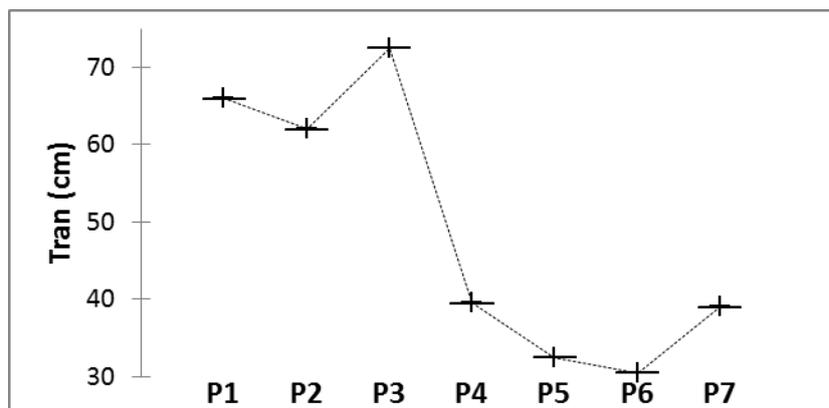


Figure 8.- Données relatives à la transparence des eaux du BAM

3.2.2. - Température

Durant la période expérimentale, nous avons constaté une différence significative entre les relevés de températures des eaux de forage et celles du BAM (test t, $p= 0,041$; tab. 4 ; fig. 9). La température des eaux du BAM évolue de $15,9^{\circ}\text{C}$ à $21,9^{\circ}\text{C}$, avec une moyenne de $20,11\pm 2^{\circ}\text{C}$ et une amplitude de $6,00^{\circ}\text{C}$ montrant un coefficient de variation faible de $0,093$. Dans les eaux de forage, elle évolue de $20,6^{\circ}\text{C}$ à $23,7^{\circ}\text{C}$ avec une moyenne de $22,14\pm 1,2^{\circ}\text{C}$ et une amplitude de 3°C tout en sachant que le coefficient de variation est de $0,05$.

Tableau 4. - Données relatives à la température ($^{\circ}\text{C}$) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	16,125	20,600
Maximum	21,900	23,700
Amplitude	5,775	3,100
Moyenne	20,114	22,143
Ecart-type	2,019	1,184
Coefficient de variation	0,093	0,050

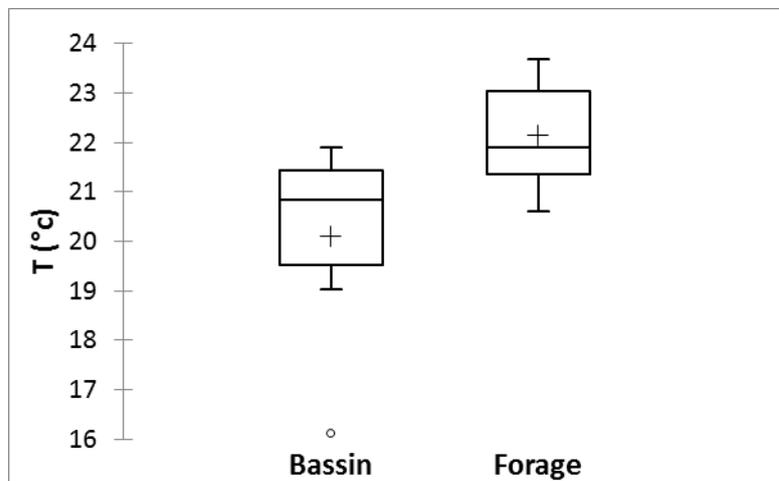


Figure 9.- Variabilité de la température des eaux du BAM et du forage

Dans le temps, au cours des sept périodes de mesures (tab. 5 ; fig. 10), une différence hautement significative est observée entre les températures des eaux du BAM (Anova, $p<0,0001$).

Les températures minimales sont enregistrées dans la période P1 avec $15,9^{\circ}\text{C}$ alors que les maximales sont enregistrées dans la période P7. Ce ci indique une évolution croissante de la température au cours du temps et des mois. Bien que l’amplitude la plus élevée est enregistrée

dans la période P4 avec 0,35°C, il se trouve que la période P1 présente le plus de fluctuations avec un CV de 0,008.

Tableau 5. - Evolution temporelle de température (°c) des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	15,900	18,950	20,000	21,050	20,800	21,700	21,900
Maximum	16,200	19,100	20,050	21,400	20,900	21,700	21,900
Amplitude	0,300	0,150	0,050	0,350	0,100	0,000	0,000
Moyenne	16,125	19,025	20,038	21,163	20,850	21,700	21,900
Ecart-type	0,150	0,087	0,025	0,160	0,058	0,000	0,000
Coefficient de variation	0,008	0,004	0,001	0,007	0,002	0,000	0,000

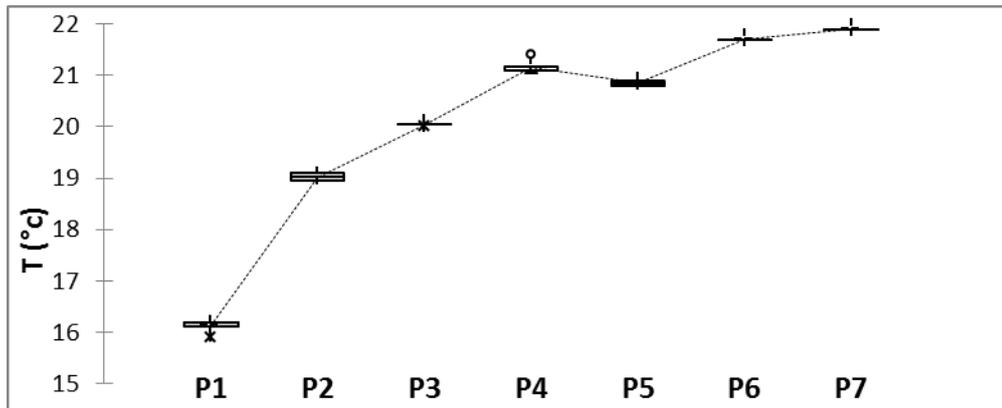


Figure 10.- Variation temporelle de la température des eaux du BAM

Le test post hoc de de Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95% révèle l'existence de 3 groupes homogènes (tab. 6), qui indiquent que les températures ne sont pas similaires pour toutes les périodes.

Tableau 6.- Analyse des différences temporelles des températures (°c) du BAM selon la méthode de Newman-Keuls avec un intervalle de confiance à 95%

Périodes	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
P1	10	2,500	A		
P2	26	6,500	A	B	
P3	42	10,500	A	B	C
P5	58	14,500	A	B	C
P4	74	18,500	A	B	C
P6	90	22,500		B	C
P7	106	26,500			C

Le groupe A est caractérisé par la température la plus faible, il englobe la période P1 ; le groupe C est caractérisé par la température la plus importante, il englobe la période P7 ; la période 2 chevauche entre les groupes A et B ; la période P6 chevauche entre les groupes C et B ; les périodes P3 ; P4 et P5 chevauchent entre les trois groupes A ; B et C.

Sur le plan spatiale, au niveau des quatre coins (tab. 7; fig. 11), aucune différence significative n'est observée entre la température des eaux du BAM (Anova, $p > 0,05$). Cette température présente une amplitude maximale de 6°C dans le C1 et minimale de $5,7^{\circ}\text{C}$ dans C2, C3 et C4.

Tableau 7.- Relevés spatiaux de la température ($^{\circ}\text{C}$) des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	15,900	16,200	16,200	16,200
Maximum	21,900	21,900	21,900	21,900
Amplitude	6	5,700	5,700	5,700
Moyenne	20,093	20,150	20,100	20,114
Ecart-type	2,085	2,027	1,993	1,975
Coefficient de variation	0,096	0,093	0,092	0,091

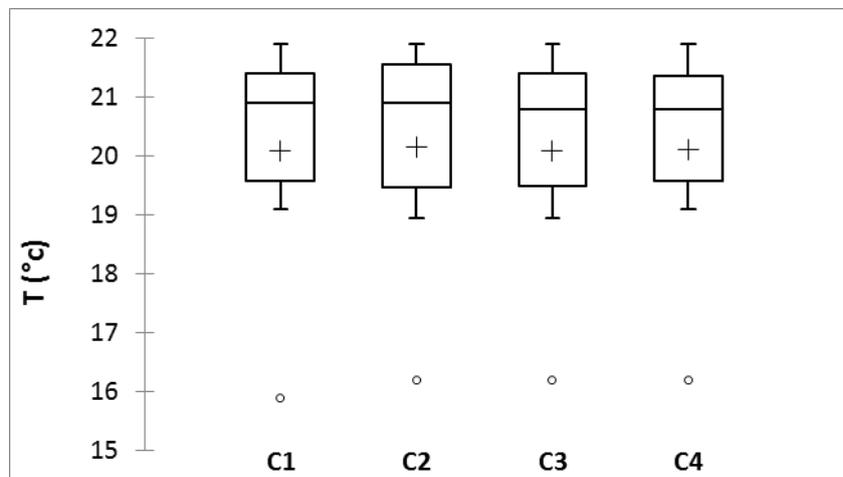


Figure 11.- Variation spatiale de la température des eaux du BAM

3.2.3.- pH

Les valeurs du pH des eaux du BAM et du forage ne révèlent aucune différence significative (test t, $p = 0,086$; tab. 8 ; fig. 12). Celui du BAM varie de 7,26 à 8,16 avec une moyenne de $7,61 \pm 0,25$ et une amplitude de 0,71, alors que pour le forage, il varie de 6,85 à 7,65 avec une moyenne de $7,35 \pm 0,27$ et une amplitude de 0,8. Les coefficients de variations des pH du BAM et du forage sont considérés comme similaires avec 0,032 pour le premier et 0,034 pour le deuxième.

Tableau 8. – Données relatives au pH des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	7,370	6,850
Maximum	8,083	7,650
Amplitude	0,712	0,800
Moyenne	7,614	7,347
Ecart-type	0,261	0,272
Coefficient de variation	0,032	0,034

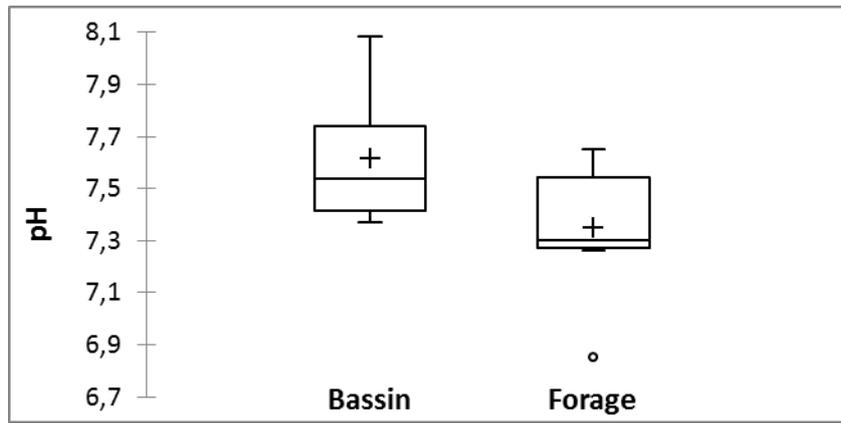


Figure 12. –Variabilité du pH des eaux du BAM et du forage

Pour les eaux du BAM, temporellement, une différence hautement significative est observée entre les relevés du pH des sept périodes (tab. 9 ; fig. 13 ; Anova, $p < 0,0001$).

Le pH le plus bas est enregistré au cours de la période P3, alors que le plus élevé est observé au cours de la période P1. Il est à noter qu’au cours de cette dernière période, le pH minimal est de 8,04. Par ailleurs, la période P3 est à prendre en compte en raison de l’amplitude du pH qui s’avère élevée par rapport à celles des autres périodes avec 0,2 et un coefficient de variation de 0,01.

Tableau 9.- Relevés temporels du pH des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	8,040	7,380	7,260	7,400	7,500	7,627	7,700
Maximum	8,160	7,410	7,460	7,480	7,570	7,613	7,890
Amplitude	0,120	0,030	0,200	0,080	0,070	-0,013	0,190
Moyenne	8,083	7,393	7,370	7,438	7,538	7,660	7,815
Ecart-type	0,054	0,015	0,083	0,039	0,033	0,008	0,082
Coefficient de variation	0,006	0,002	0,010	0,004	0,004	0,001	0,009

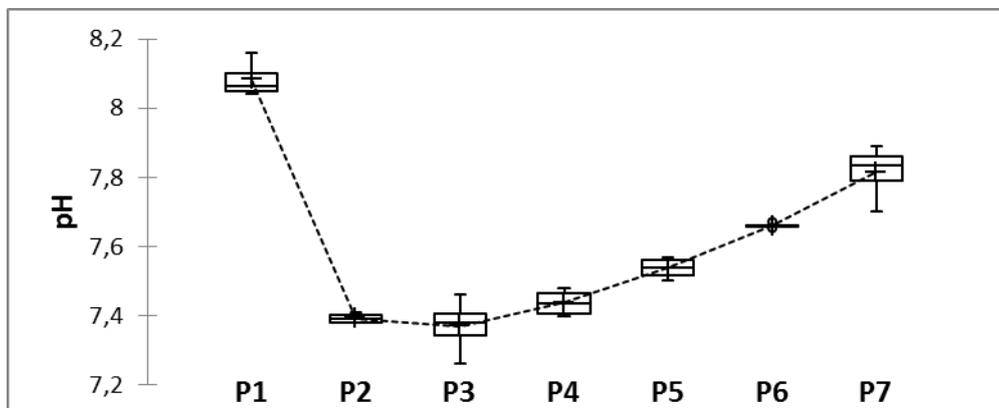


Figure 13.- Variations temporelles du pH des eaux du BAM

La comparaison des sept périodes par le test post-hoc de Newman-Keuls avec un intervalle de confiance de 95% fait apparaître cinq groupes homogènes (tab.10). Le groupe A est représenté par le pH le plus élevé à tendance alcaline et est spécifique à la période P1. Le groupe E englobe les périodes, P4, P2 et P3 qui ne montrent aucune différence significative dont le pH est des plus bas avoisinant la neutralité. Les groupes B, C et D sont différents l'un de l'autre avec des pH qui varient entre ceux des groupes A et E.

Tableau 10. - Analyse des différences temporelles du pH du BAM selon la méthode de Newman-Keuls avec un intervalle de confiance de 95%

Périodes	Moyenne estimée	Groupes				
P1	8,083	A				
P7	7,815		B			
P6	7,660			C		
P5	7,538				D	
P4	7,438					E
P2	7,393					E
P3	7,370					E

D'un point de vu spatial, aucune différence significative du pH n'est observée dans les eaux du BAM (tab. 11 ; fig. 14).

Tableau 11.- Relevés spatiaux du pH des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	7,260	7,380	7,380	7,370
Maximum	8,080	8,050	8,040	8,160
Amplitude	0,820	0,670	0,660	0,790
Moyenne	7,621	7,624	7,609	7,600
Ecart-type	0,283	0,246	0,250	0,279
Coefficient de variation	0,034	0,030	0,030	0,034

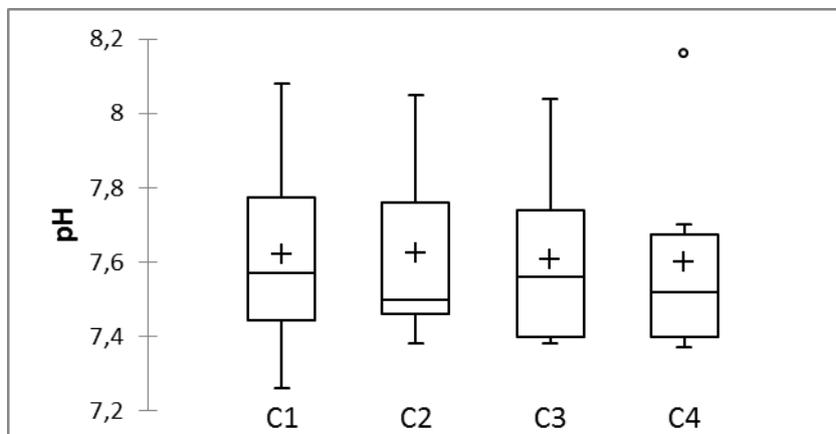


Figure 14.- Variations spatiales du pH des eaux du BAM

3.2.4.- Potentiel redox

Les mesures du potentiel redox ne révèlent aucune différence significative entre les eaux du BAM et du forage (test t, $p=0,210$; tab. 12 ; fig. 15). Les eaux du BAM sont plus réductrices que celles du forage et évoluent entre $-47,5\text{mV}$ et $-5,5\text{mV}$ avec une moyenne de $-23,2\pm 16\text{ mV}$, une amplitude de $42,03\text{mV}$ et un coefficient de variation de $-0,64$. Quant à celui des eaux de forage, il varie de $-25,6\text{ mV}$ à $-2,5\text{ mV}$ avec une moyenne de $-13,8\pm 9,8\text{ mV}$, une amplitude de $23,1\text{ mV}$ et un coefficient de variation de $-0,66$.

Tableau 12.- Données relatives au potentiel redox (mV) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	-47,475	-25,600
Maximum	-5,450	-2,500
Amplitude	42,025	23,100
Moyenne	-23,170	-13,786
Ecart-type	15,961	9,846
Coefficient de variation	-0,638	-0,661

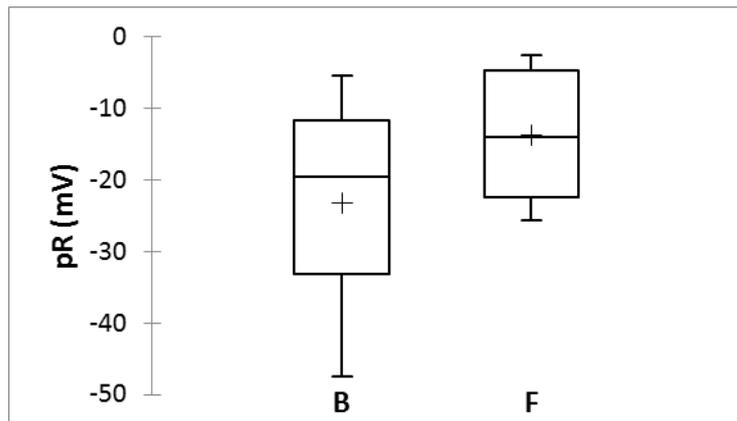


Figure 15.- Variabilité du potentiel redox des eaux du BAM et du forage

Les relevés temporels du Redox, des sept périodes, relatifs aux eaux du BAM, indiquent une différence hautement significative (tab. 13 ; fig. 16 ; test de Kruskal, $p= 0,0002$).

Tableau 13.- Relevés temporels du potentiel Redox (mV) du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	-48,400	-10,600	-11,650	-14,200	-21,200	-25,500	-42,500
Maximum	-45,500	-10,000	10,350	-12,050	-18,200	-23,600	-40,900
Moyenne	-47,475	-10,363	-5,450	-12,850	-19,625	-24,875	-41,550
Ecart-type	1,330	0,275	10,559	0,996	1,452	0,896	0,681
Coefficient de variation	-0,024	-0,023	-1,678	-0,067	-0,064	-0,031	-0,014

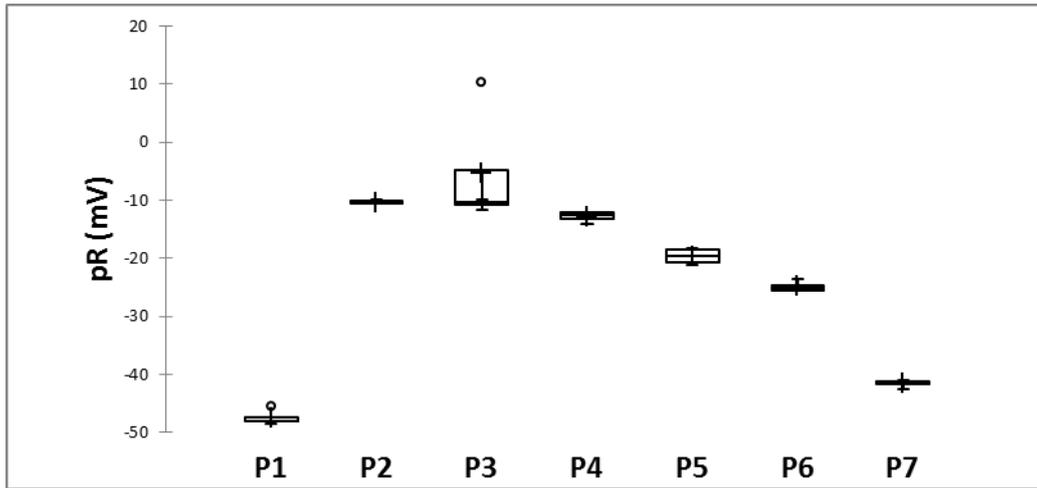


Figure 16. - Variabilité temporelle de potentiel Redox des eaux du BAM

Selon le test post-hoc de Dunn avec correction une correction Bonferroni, deux groupes homogènes sont identifiés (tab.14). Le groupe A est relatif aux périodes P1 et P7 ayant un Redox des plus élevés alors que le groupe B est relatif aux périodes P2 et P3 ayant un Redox des plus faibles. Les périodes P4, P5 et P6 chevauchent entre les groupes A et B.

Tableau 14.- Analyses différentielle de potentiel de redox (mV) des eaux du BAM

Périodes	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
P1	10,000	2,500	A	
P7	26,000	6,500	A	
P6	42,000	10,500	A	B
P5	58,000	14,500	A	B
P4	74,000	18,500	A	B
P2	98,000	24,500		B
P3	98,000	24,500		B

D'un point de vu spatial, aucune différence significative n'est observée entre les Redox des quatre coins du BAM (tab. 15 ; fig. 17 ; Anova, p=0,9).

Tableau 15.- Relevés spatiales du potentiel redox (mV) du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	-48,000	-48,400	-48,000	-45,500
Maximum	-10,550	-10,600	10,350	-9,850
Amplitude	37,450	37,800	58,350	35,650
Moyenne	-24,314	-24,436	-20,686	-23,243
Ecart-type	15,082	15,277	19,636	14,861
Coefficient de variation	-0,574	-0,579	-0,879	-0,592

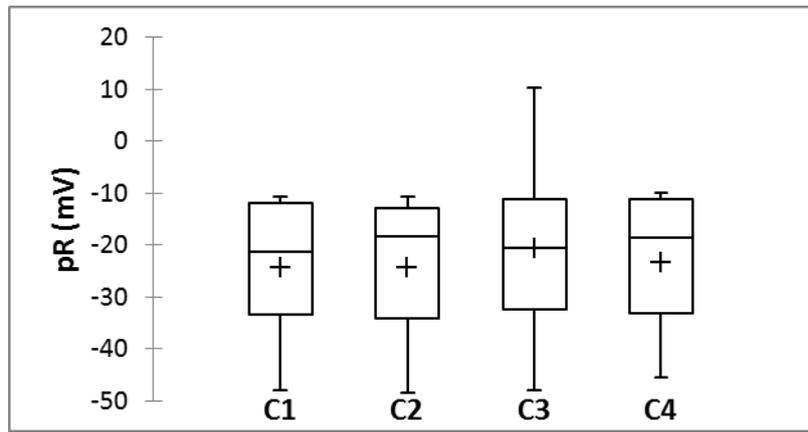


Figure 17.- Variabilité spatiale du potentiel Redox des eaux du BAM

3.2.5. - Salinité

Les relevés de la salinité n'indiquent aucune différence significative entre les eaux du BAM et du forage (tab. 16, fig. 18 ; test de WMW, $p=0,318$). Leurs variations sont très faibles et similaires. Ils vont de 0,6% à 0,7% pour les deux eaux avec une amplitude de 0,1%. Cependant, malgré la faiblesse du coefficient de variation de la salinité des deux eaux, il se trouve que celui des eaux de forage est supérieur avec 0,075 que celui des eaux du BAM avec 0,067 ; indiquant une stabilité de la salinité dans ce dernier que dans les eaux de forage.

Tableau 16. - Données relative à la salinité (%) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	0,600	0,600
Maximum	0,700	0,700
Amplitude	0,100	0,100
Moyenne	0,671	0,657
Ecart-type	0,049	0,053
Coefficient de variation	0,067	0,075

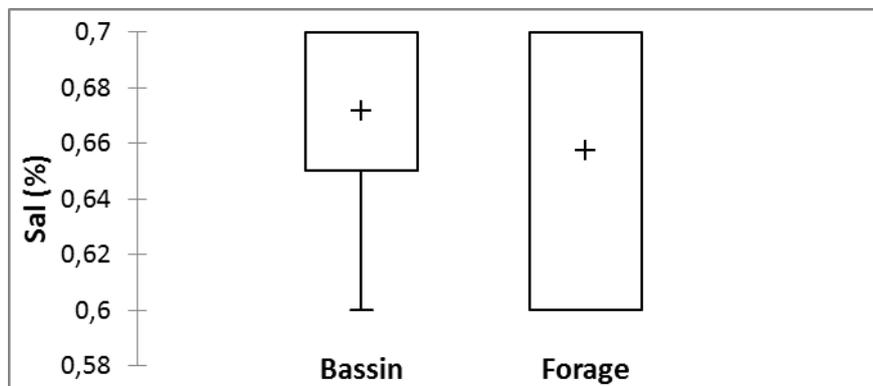


Figure 18. - Données relatives à la salinité des eaux du BAM et du forage

Temporellement, au cours des sept périodes, et spatialement la salinité est constante et varie de 0,6% à 0,7% (tab. 17, 18 ; fig. 19, 20).

Tableau 17. – Relevés temporels de la salinité (%) des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	0,600	0,600	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Maximum	0,600	0,600	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Amplitude	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Moyenne	0,600	0,600	0,700	0,700	0,700	0,700	0,700
Ecart-type	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Coefficient de variation	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tableau 18. - Evolution spatiale de salinité (%) des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	0,600	0,600	0,600	0,600
Maximum	0,700	0,700	0,700	0,700
Amplitude	0,100	0,100	0,100	0,100
Moyenne	0,671	0,671	0,671	0,671
Ecart-type	0,049	0,049	0,049	0,049
Coefficient de variation	0,067	0,067	0,067	0,067

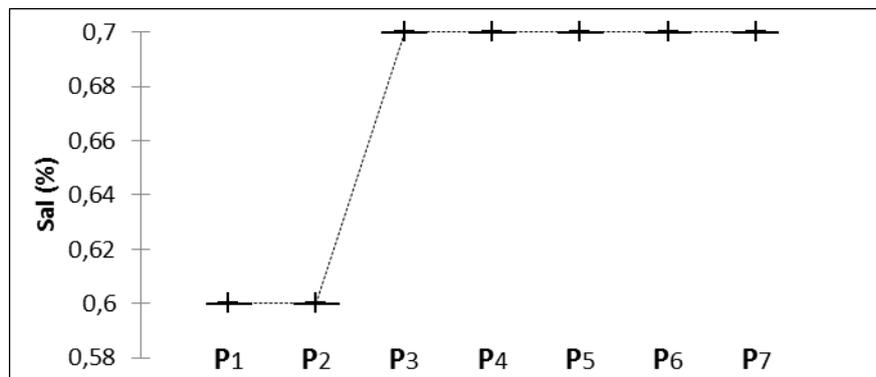


Figure 19. - Evolution temporelle de la salinité des eaux du BAM

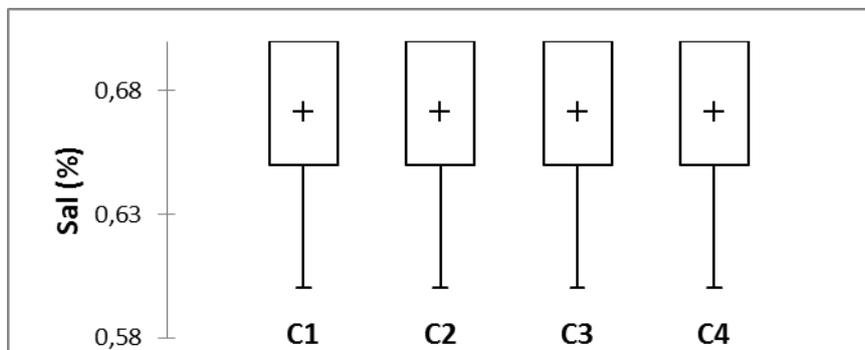


Figure 20. – Evolution spatiale de la salinité des eaux du BAM

3.2.6. - Conductivité

Les relevés de la conductivité des eaux du BAM et du forage n'indiquent aucune différence significative (tab. 19, fig. 21; test t, $p=0,732$). Elle varie de $1325\mu\text{s/cm}$ à $1545\mu\text{s/cm}$ dans le BAM avec une moyenne de $1438,25\pm 92\mu\text{s/cm}$ et de $1335\mu\text{s/cm}$ à $1591\mu\text{s/cm}$ dans le forage avec une moyenne de $1455\pm 91\mu\text{s/cm}$. Les deux eaux présentent des amplitudes respectives de $220,25\mu\text{s/cm}$ et de $256\mu\text{s/cm}$ avec des coefficients de variations similaires.

Tableau 19. - Données relatives à la conductivité ($\mu\text{s/cm}$) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	1324,750	1335,000
Maximum	1545,000	1591,000
Amplitude	220,250	256,000
Moyenne	1438,250	1455,286
Ecart-type	91,524	90,522
Coefficient de variation	0,059	0,058

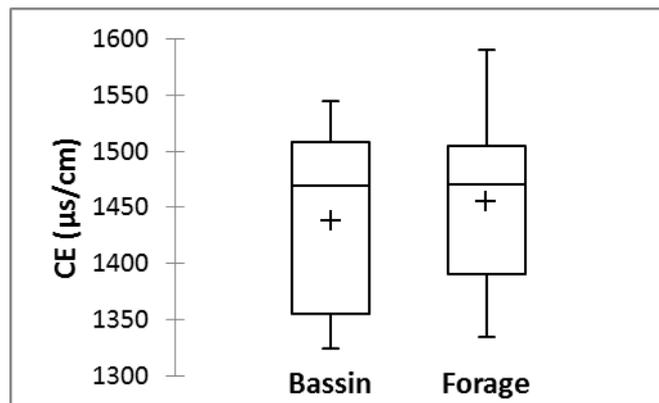


Figure 21. - Données relatives à la conductivité des eaux du BAM et forage

Les relevés temporels de la conductivité des eaux du BAM, effectués lors des sept périodes, révèlent une différence très significative (tab. 20, fig. 22 ; test de Kruskal, $p=0,00016$).

Tableau 20.- Relevés temporels de la conductivité ($\mu\text{s/cm}$) des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	1340,0	1369,0	1545,0	1488,0	1469,0	1529,0	1324,0
Maximum	1342,0	1371,0	1545,0	1489,0	1471,0	1529,0	1325,0
Amplitude	2,0	2,0	0,0	1,0	2,0	0,0	1,0
Moyenne	1340,5	1370,0	1545,0	1488,5	1470,0	1529,0	1324,8
Ecart-type	1,0	0,8	0,0	0,6	1,2	0,0	0,5
Coefficient de variation	0,001	0,001	0,0	0,0	0,001	0,0	0,0

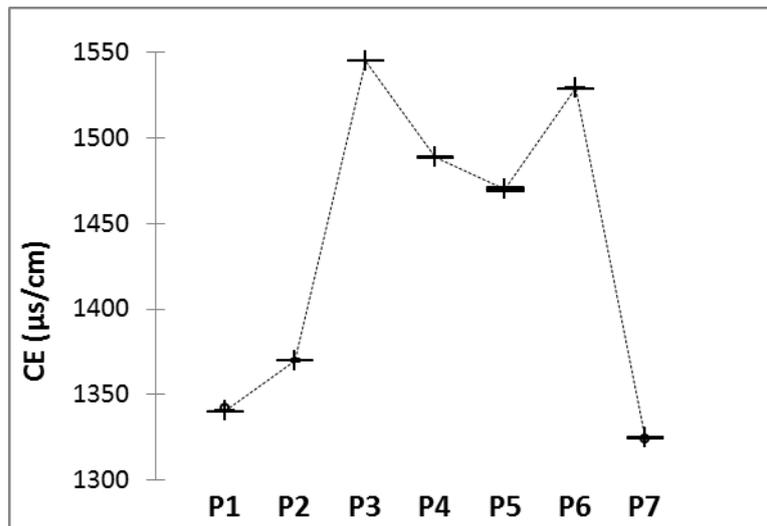


Figure 22.- Evolution temporel de conductivité des eaux du BAM

Le test post-hoc de Dunn, avec une correction de Bonferroni, révèle 3 groupes homogènes (tab. 21). Le groupe A est représenté par la période P7 ayant une conductivité faible. Le groupe C est représenté par la période P3 où la conductivité est la plus élevée. Les périodes P1, P2, P4, P5 et P6 font partie du groupe B qui chevauche entre les groupes A et C.

Tableau 21.- Analyses différentielle de conductivité (µs/cm) des eaux du BAM

Périodes	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
P7	10	2,500	A		
P1	26	6,500	A	B	
P2	42	10,500	A	B	C
P5	58	14,500	A	B	C
P4	74	18,500	A	B	C
P6	90	22,500		B	C
P3	106	26,500			C

Sur le plan spatial aucune variation de la conductivité n'est observée dans le BAM (tab. 22 ; fig. 23).

Tableau 22.- Relevés spatiaux de la conductivité (µs/cm) des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	1325,0	1325,0	1324,0	1325,0
Maximum	1546,0	1545,0	1546,0	1545,0
Amplitude	221,0	220,0	222,0	220,0
Moyenne	1438,3	1438,6	1438,2	1438,3
Ecart-type	91,8	91,1	92,1	91,6
Coefficient de variation	0,06	0,06	0,06	0,06

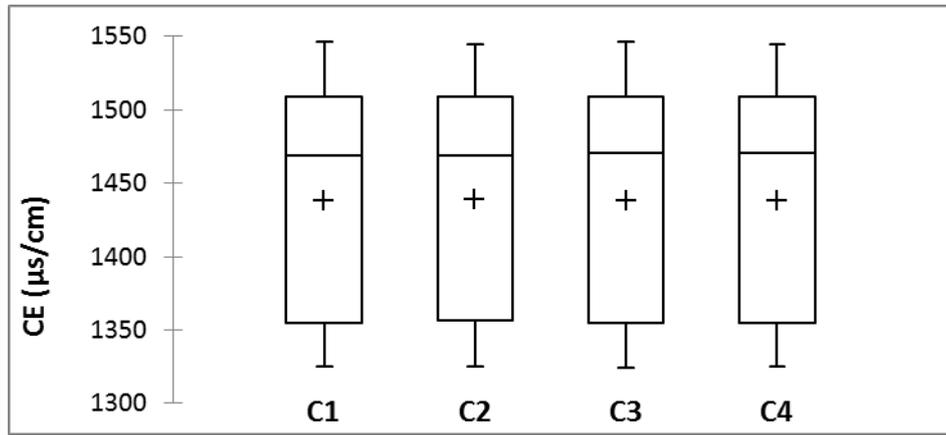


Figure 23.- Variabilité spatiale de la conductivité des eaux du BAM

3.2.7. – Taux de solides dissous (TDS)

Les relevés de TDS des eaux du BAM et du forage n’indiquent aucune différence significative (tab. 23, Fig. 24 ; test t, $p=0,679$). Elles varient de 1325 mg/l à 1544 mg/l dans le BAM avec une moyenne de $1438,3 \pm 91,3$ mg/l et une amplitude de 219,5mg/l. Pour les eaux de forage elles varient de 1332 mg/l à 1591 mg/l avec une moyenne de $1459,2 \pm 92,9$ mg/l et une amplitude de 259 mg/l. les coefficients de variations pour les TDS des deux eaux sont identiques, de 0,059.

Tableau 23.- Données relatives au TDS (mg/l) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	1325,000	1332,000
Maximum	1544,500	1591,000
Amplitude	219,500	259,000
Moyenne	1438,250	1459,143
Ecart-type	91,317	92,829
Coefficient de variation	0,059	0,059

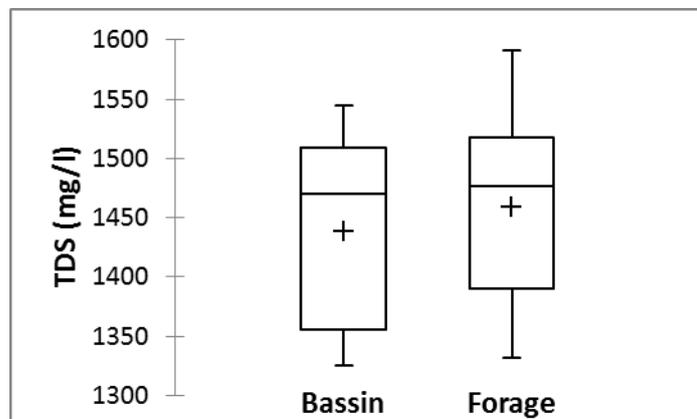


Figure 24- Variabilité des TDS (mg/l) des eaux du BAM et du forage

Les données temporelles relatives aux TDS du BAM (tab. 24 ; fig. 25) indiquent une différence hautement significative entre les sept périodes (Anova, $p < 0,0001$). Elles varient de 1325 mg/l en P7 à 1545 mg/l en P3 avec une amplitude maximale de 2 mg/l.

Tableau 24.-Données temporelles des TDS (mg/l) des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	1340,0	1369,0	1543,0	1488,0	1469,0	1527,0	1325,0
Maximum	1342,0	1370,0	1545,0	1489,0	1471,0	1529,0	1325,0
Amplitude	2,0	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	0,0
Moyenne	1341,0	1369,8	1544,5	1488,5	1470,0	1528,3	1325,0
Ecart-type	0,8	0,5	1,0	0,8	1,2	1,0	0,0
CV	0,001	0,0	0,001	0,0	0,001	0,001	0,0

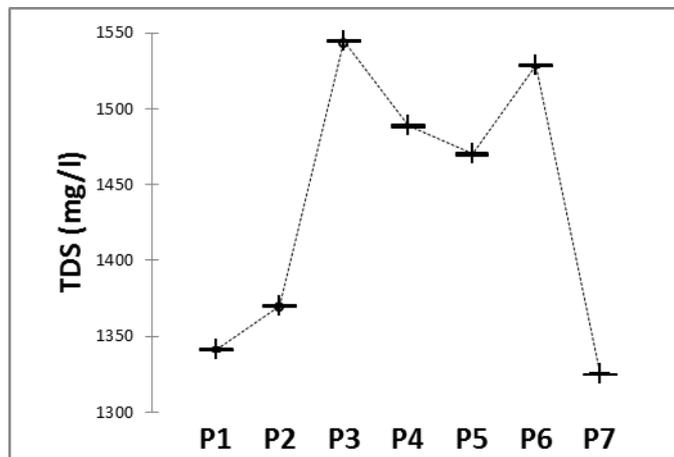


Figure 25.- Variation temporelle des TDS des eaux du BAM

Le test à posteriori de Fisher avec un intervalle de confiance de 95% révèle sept groupes homogènes (tab. 25). il est à noter que chacun de ces dernier est relatif à un groupe bien déterminé ne montrant aucun rapprochement avec les autres groupes. Toutefois, il ressort que l'évolution des TDS enregistrés est anarchique et ne répond pas à une logique de croissance temporelle.

Tableau 25.- Analyses différentielle de TDS des eaux du BAM (test de Fisher)

Périodes	Moyenne estimée	Groupes						
P3	1544,500	A						
P6	1528,250		B					
P4	1488,500			C				
P5	1470,000				D			
P2	1369,750					E		
P1	1341,000						F	
P7	1325,000							G

Sur le plan spatial, aucune différence significative n'est observée entre les TDS des eaux du BAM (tab. 26, fig. 26 ; Anova, $p=0,9$).

Tableau 26.- Données spatiales relatives aux TDS (mg/l) des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	1325,000	1325,000	1325,000	1325,000
Maximum	1543,000	1545,000	1545,000	1545,000
Amplitude	218,000	220,000	220,000	220,000
Moyenne	1437,857	1438,143	1438,429	1438,143
Ecart-type	91,164	91,156	91,396	91,069
Coefficient de variation	0,059	0,059	0,059	0,059

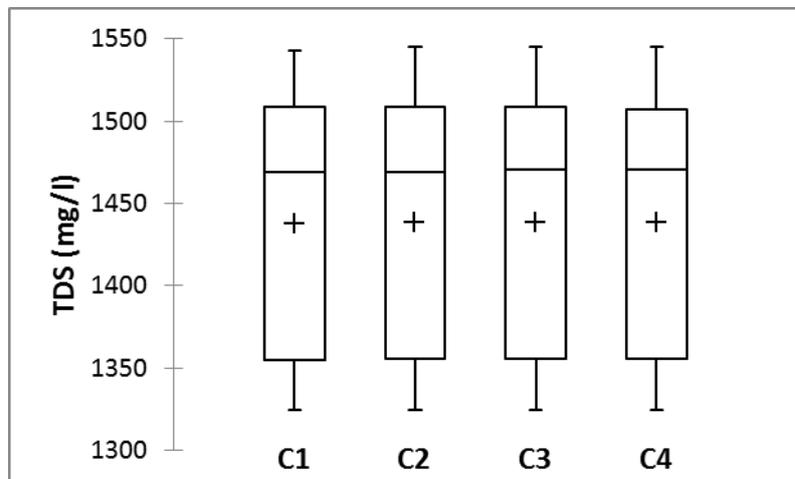


Figure 26.- Variation spatiale des TDS des eaux du BAM

3.2.8- Oxygène dissous

Les données relatives à l'oxygène dissous des eaux du BAM et du forage n'indiquent aucune différence significative (tab. 27, fig. 27; test WMW, $p=0,383$). Dans le BAM ces teneurs varient de 2,13 mg/l à 5,9 mg/l avec une moyenne de $4,5 \pm 1,5$ mg/l, alors que dans le forage, elles varient de 1,3 mg/l à 7,1 mg/l avec une moyenne de $4,9 \pm 2,2$ mg/l. Il est à noter que l'amplitude oxygénique est de 3,7 mg/l dans le BAM avec un CV de 0,3 et de 5,8 mg/l dans le forage avec un CV 0,42.

Tableau 27.- Données relatives à l'oxygène dissous (mg/l) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	2,135	1,300
Maximum	5,835	7,100
Amplitude	3,700	5,800
Moyenne	4,540	4,867
Ecart-type	1,467	2,223
Coefficient de variation	0,299	0,423

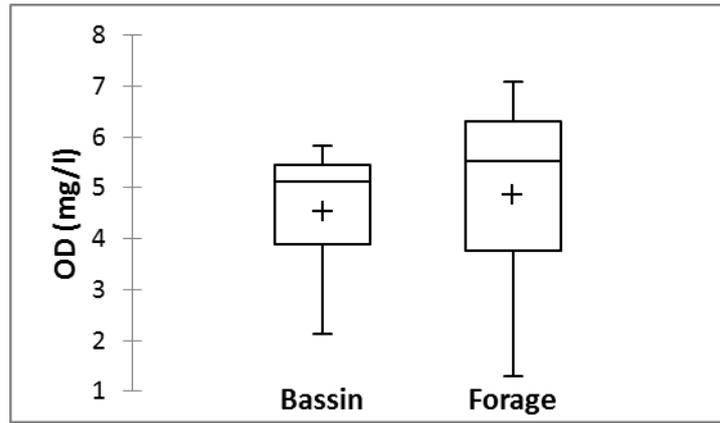


Figure 27.- Variations de l’oxygène dissous des eaux du BAM et du forage

Les teneurs en oxygène dissous du BAM, enregistrées au cours des sept périodes, présentent une différence hautement significative (tab. 28, fig. 28 ; Anova, $p < 0,0001$). Elles varient de 0,82 mg/l en P1 avec une moyenne de $2,135 \pm 0,971$ mg/l à 6,21 mg/l en P2 avec une moyenne de $5,835 \pm 0,269$ mg/l. Il s’avère que l’amplitude la plus importante est de 2,33 mg/l en P1 avec un CV de 0,455, alors que celles des autres périodes sont faibles et varient de 0,07mg/l à 0,72mg/l avec des CV qui vont de 0,025 à 0,269.

Tableau 28.- Analyses temporelles de l’O₂ dissous (mg/l) des eaux du BAM

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	0,820	5,490	4,940	5,520	2,400	5,300	4,980
Maximum	3,150	6,210	5,090	5,610	2,970	5,370	5,330
Amplitude	2,330	0,720	0,150	0,090	0,570	0,070	0,350
Moyenne	2,135	5,835	5,025	5,573	2,758	5,330	5,128
Ecart-type	0,971	0,269	0,054	0,033	0,218	0,025	0,129
Coefficient de variation	0,455	0,046	0,011	0,006	0,079	0,005	0,025

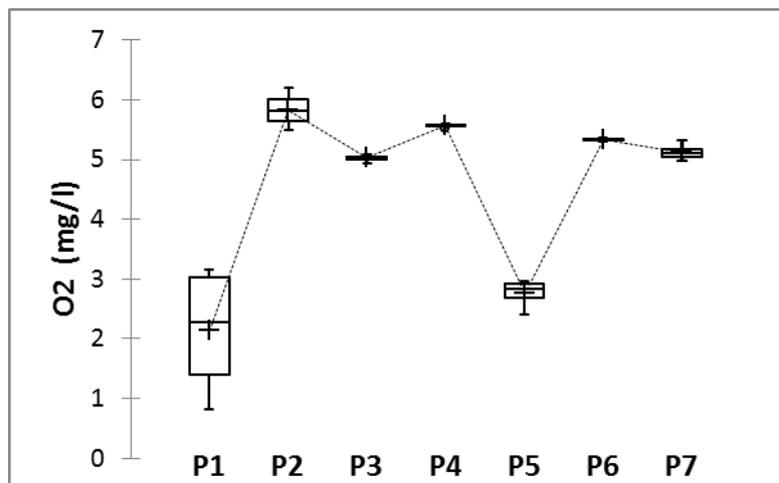


Figure 28.- Evolution de l’O₂ dissous des eaux du BAM

Selon le test de Newman Keuls, deux groupes homogènes apparaissent (tab. 29). Le groupe A englobe les teneurs les plus élevées enregistrées au cours des périodes P2, P3, P4, P6 et P7, alors que le groupe B englobe les teneurs les plus faibles enregistrées durant les périodes P5 et P1.

Tableau 29.- Analyses différentielle de l'O₂ dissous (mg/l) des eaux du BAM

Périodes	Moyenne estimée	Groupes	
P2	5,835	A	
P4	5,573	A	
P6	5,330	A	
P7	5,128	A	
P3	5,025	A	
P5	2,758		B
P1	2,135		B

Spatialement (tab. 30; fig. 29), aucune différence significative n'est observée dans les relevés de l'oxygène dissous du BAM (Anova, p= 0,967).

Tableau 30.- Données relatives aux teneurs spatiales (mg/l) de l'O₂ dissous des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	1,590	2,890	2,400	0,820
Maximum	6,210	5,940	5,580	5,700
Amplitude	4,620	3,050	3,180	4,880
Moyenne	4,529	4,756	4,529	4,349
Ecart-type	1,683	1,220	1,289	1,802
Coefficient de variation	0,344	0,237	0,264	0,384

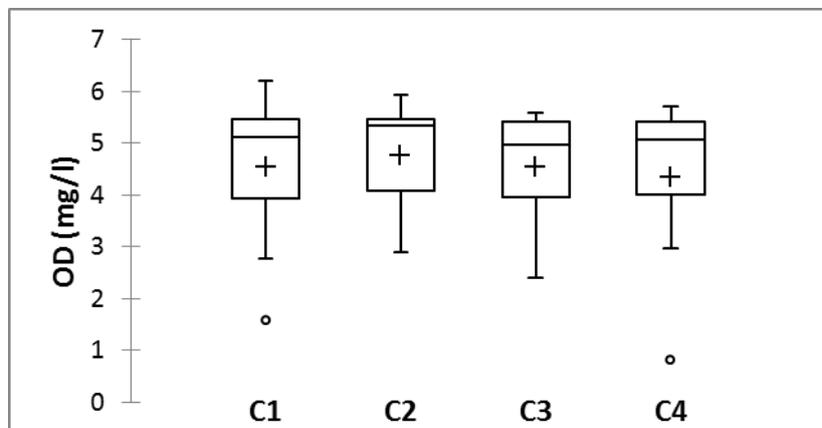


Figure 29.- Variations spatiales de l'O₂ dissous des eaux du BAM

3.2.9 - Saturation en oxygène

Les mesures de la saturation en oxygène des eaux du BAM et du forage ne présentent aucune différence significative (tab. 31, fig. 30; test WMW, p=0,318). Cette saturation varie de 26,65% à 64,85% dans le BAM avec une moyenne de $51,85 \pm 15,86\%$ et de 13,6 à 77,6 % avec une moyenne de $55,9 \pm 26,1\%$. L'amplitude de cette saturation est de 38,2% dans le BAM et de 64% dans le forage avec un CV respectif de 0,283 et de 0,433.

Tableau 31.- Données relatives à la saturation en O₂ (%) des eaux du BAM et du forage

Statistique	Bassin	Forage
Minimum	26,650	13,600
Maximum	64,850	77,600
Amplitude	38,200	64,000
moyenne	51,850	55,829
Ecart-type	15,859	26,098
Coefficient de variation	0,283	0,433

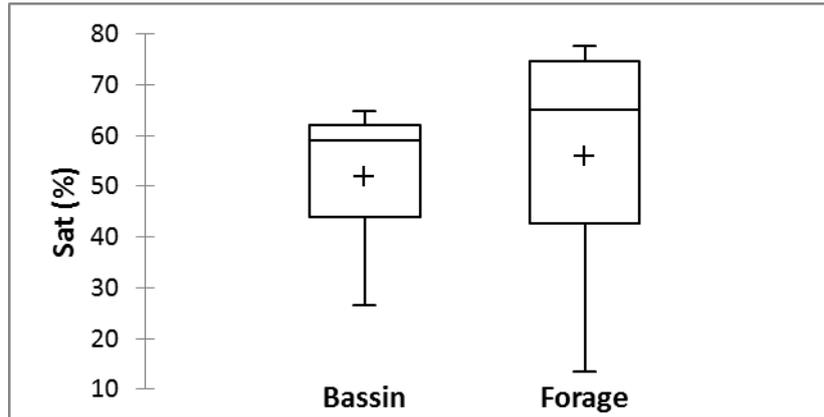


Figure 30.- Variabilité de la saturation en O₂ des eaux du BAM et du forage

Sur le plan temporel (tab. 32 ; fig. 31), les relevés de la saturation en oxygène du BAM révèlent une différence significative entre les sept périodes (test de Kruskal, $p=0,001$)

Tableau 32.- Relevés temporels de la saturation en O₂ (%) de l'eau du BAM.

Statistique	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Minimum	8,600	58,350	55,550	62,600	27,400	57,900	59,400
Maximum	34,300	69,550	57,300	63,850	34,000	60,300	62,700
Amplitude	25,700	11,200	1,750	1,250	6,600	2,400	3,300
Moyenne	26,650	64,850	56,638	63,313	31,475	58,950	61,075
Ecart-type	12,139	5,408	0,760	0,559	2,854	1,025	1,350
Coefficient de variation	0,394	0,072	0,012	0,008	0,079	0,015	0,019

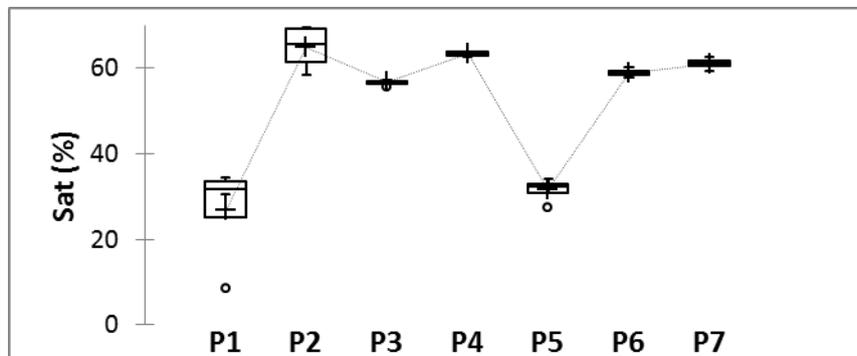


Figure 31.- Variabilités temporelles de la saturation en O₂ de l'eau du BAM

Le test à posteriori de Dunn avec correction de Bonferroni fait apparaître deux groupes homogènes (tab. 33). Le groupe A regroupe les périodes P1 et P5 où la saturation en O₂ est la plus faible et le groupe B regroupe les périodes P2 et P4 où la saturation en O₂ est la plus importante. La saturation des périodes P3 ; P6 et P7 chevauchent entre celles des groupes A et B.

Tableau 33.- Analyses différentielles de la saturation en O₂ de l'eau du BAM

Périodes	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
P1	18,000	4,500	A	
P5	18,000	4,500	A	
P3	42,000	10,500	A	B
P6	62,000	15,500	A	B
P7	79,000	19,750	A	B
P2	90,000	22,500		B
P4	97,000	24,250		B

Spatialement (tab. 34 ; fig. 32), la saturation en O₂ des eaux du BAM ne présente aucune différence significative (test de kruskal, p=0,9).

Tableau 34.- Relevés spatiaux de la saturation en O₂ (%) des eaux du BAM

Statistique	C1	C2	C3	C4
Minimum	32,600	31,900	27,400	8,600
Maximum	69,050	69,550	62,600	63,150
Amplitude	36,450	37,650	35,200	54,550
Moyenne	53,900	53,850	50,414	49,236
Ecart-type	14,791	14,797	14,834	20,556
Coefficient de variation	0,254	0,254	0,272	0,387

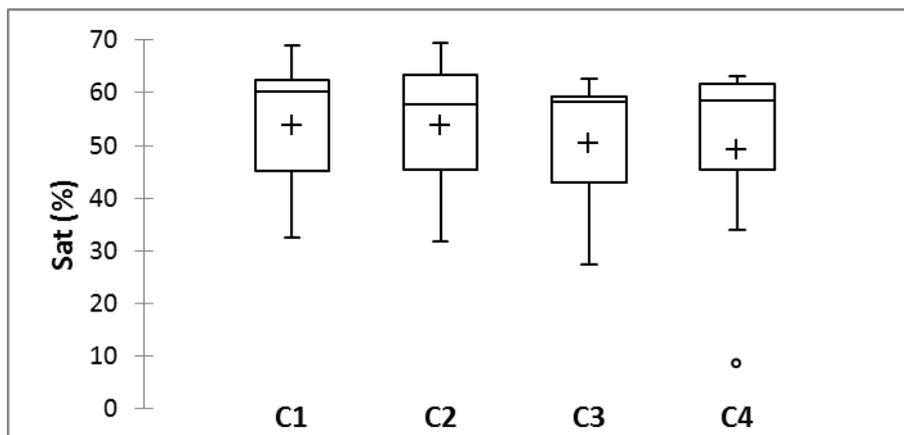


Figure 32.- Variabilité spatiale de la saturation en O₂ des eaux du BAM

3.3.- Caractérisation biologique

La caractérisation biologique des eaux du BAM est définie par la diversité faunistique relative aux espèces ichthyiques et aux invertébrés qui s’y trouvent ainsi qu’à leur dynamique et à une approche ichthyologique.

3.3.1. – Diversité ichthyique

La population ichthyique inventoriée dans le BAM est constitué de 3 espèces : *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *Cyprinus carpio carpio* (Linnaeus, 1758) et *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758). Le BAM abrite plus de tilapia *O. niloticus* (N>20) que de *C. carpio carpio* (N=1) et de *M. cephalus* (N=1).

3.3.2. - Diversité des invertébrés aquatiques

Pour des contraintes techniques liées à l’identification, seuls les groupes taxonomiques dans lesquelles les espèces collectées sont affiliées (embranchement, classe, ordre, familles), sont pris en considération.

La diversité des invertébrés aquatiques qui peuple les eaux du BAM est composée de 9 groupes taxonomiques, dont 4 taxons zoobenthiques et 5 zooplanctoniques (tab. 35). Toutefois, cette diversité est influencée par le temps qui fait que certains taxons zoobenthiques apparaissent et d’autres disparaissent (tab. 35). Les annélides sont absents durant la période P6, les nématodes et les turbellariés durant la P1 alors que les tardigrades durant les périodes P1, P5 et P6.

Tableau 35. – Diversité des invertébrés aquatiques du BAM observée au cours du temps

Espèces/ Périodes		P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Benthos	Annélides	+	+	+	+	+	-	+
	Nématodes	-	+	+	+	+	+	+
	Tardigrades	-	+	+	+	-	-	+
	Turbellariés	-	+	+	+	+	+	+
Plancton	Cladocères	+	+	+	+	+	+	+
	Copépodes	+	+	+	+	+	+	+
	Nauplius	+	+	+	+	+	+	+
	Protozoaires	+	+	+	+	+	+	+
	Rotifères	+	+	+	+	+	+	+

(+) : Présence ; (-) : Absence

3.3.3. – Dynamique des populations d’invertébrés

La dynamique des populations d’invertébrés du BAM est définie par la richesse spécifique, l’abondance, la fréquence d’occurrence et la dominance.

3.3.3.1. – Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique S est différente au cours des sept périodes (tab. 36). Elle est maximale durant les périodes P2, P3, P4 et P7 avec 9 taxons, alors qu’elle est minimale durant la période P1 avec 6 taxons. Cette richesse spécifique est influencée principalement par celle de la diversité zoobenthique qui fluctue de 1 à 4 contrairement à celle de la diversité zooplanctonique.

L’abondance maximale est observée durant la période P3 pour le zoobenthos et pour le zooplancton (tab. 36). La période P1 se caractérise par une abondance zoobenthique et zooplanctonique des plus basses au cours des sept périodes.

Tableau 36. - Richesse spécifique et abondance des invertébrés aquatiques du BAM

Période	Richesse totale (S)	Richesse (S) et Abondance (N)				Abondance totale (N)
		Benthos		Zooplancton		
		S	N (ind/m ²)	S	N (ind/m ³)	
P1	6	1	1283	5	11167	12450
P2	9	4	147235	5	43217	190452
P3	9	4	350343	5	101493	451836
P4	9	4	350310	5	70207	420517
P5	8	3	20569	5	11988	32557
P6	7	2	13673	5	21232	34905
P7	9	4	10937	5	43762	54699

3.3.3.2. – Fréquences d’occurrences et dominances

L’analyse de la fréquence d’occurrence des taxons qui peuple le BAM, a permis de les classer en 3 niveaux de constance (tab. 37) :

- Le premier niveau est constitué de 5 espèces omniprésentes dans 100% des prélèvements. Il s’agit des taxons zooplanctoniques : Cladocères, copépodes, Nauplius et protozoaires.
- Le deuxième niveau renferme 2 taxons constants, présents dans 75 à 100% des prélèvements. Il s’agit des annélides et des nématodes.
- Le troisième niveau, concerne les taxons fréquents, présent dans 50 à 75% des prélèvements. Il s’agit uniquement des tardigrades.

Pour ce qui est de la dominance (tab. 37), il s'avère que les taxons constants, nématodes et annélides, sont les plus dominants avec 55,57% et 16,97%. Les taxons les moins dominants sont à la fois fréquents, constants et omniprésents (tardigrades, turbellariés, cladocères, copépodes, protozoaires, rotifères et nauplius). Ceci dit que les taxons omniprésents ne sont pas dominants.

Tableau 37. – Fréquences d'occurrences et dominances des taxons qui peuplent le BAM

Taxons	F (%)	Do (%)
Annélides	85,71	16,97
Nématodes	85,71	55,57
Tardigrades	57,14	0,55
Turbellariés	85,71	1,61
Cladocères	100,00	0,76
Copépodes	100,00	0,84
Nauplius	100,00	1,09
Protozoaires	100,00	10,13
Rotifères	100,00	12,50

Sur la base de la fréquence d'occurrence et de la dominance des taxons qui peuplent le BAM, la classification hiérarchique ascendante par dissimilarité (CAH ; fig. 33) fait ressortir que les nématodes et les tardigrades constituent deux groupes distincts et soient isolés du troisième groupe qui est constitué par les autres taxons.

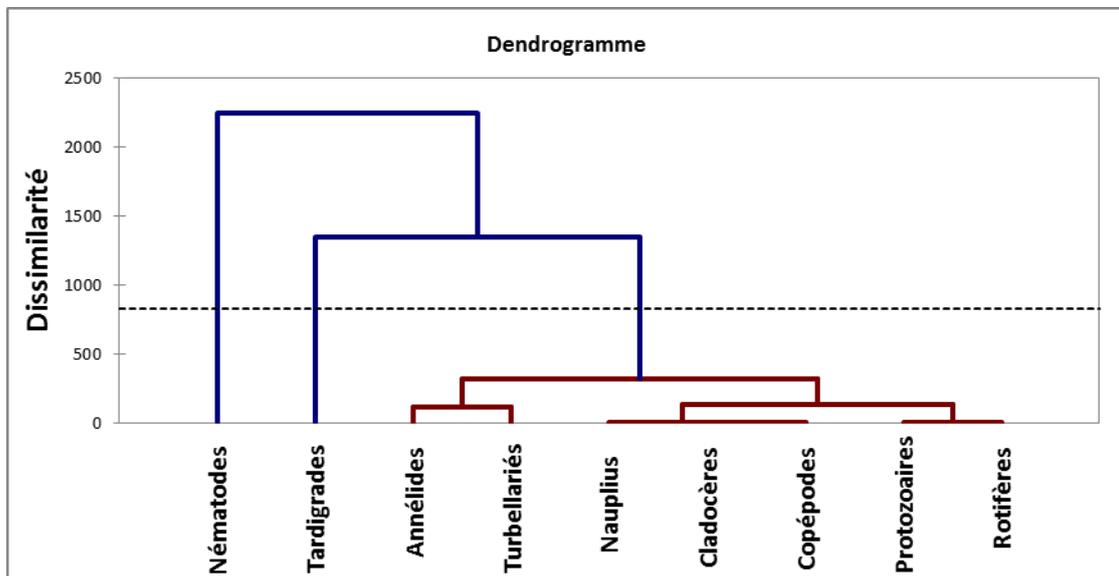


Figure 33. – Classification hiérarchique (CAH) par dissimilarité des taxons du BAM

3.3.4.- Approche ichtyologique

L'approche ichtyologique s'appuie particulièrement sur les données biométriques du Tilapia, *O. niloticus*, espèce dominante dans le BAM (tab. 38). Les mesures biométriques considérés dans cette approche concernent les caractères morphologiques relatifs au poids du poisson (P), du tube digestif (PTD) et du contenu digestif (PCD), aux longueurs totales (LT),

standards (LS) et du tube digestif (LTD) de chaque individu. A ces caractères s'ajoute l'âge de chaque poisson à partir duquel la croissance est mise en évidence par l'estimation du gain de poids, de l'allométrie et des conditions du milieu.

Tableau 38.-Analyse biométrique de l'ichtyofaune des eaux du BAM

Statistique	P(g)	LT (cm)	LS (cm)	P TD (g)	P CD (g)	LTD (cm)	Age (an)
Minimum	19,600	10,900	7,700	1,200	0,250	20,900	1,000
Maximum	580,200	32,200	27,700	29,050	8,890	149,600	3,000
Amplitude	560,600	21,300	20,000	27,850	8,640	128,700	2,000
Moyenne	207,010	19,545	16,255	11,745	2,252	68,111	1,550
Ecart-type	212,574	8,252	7,967	10,924	2,561	42,678	0,667
CV	1,001	0,412	0,478	0,907	1,109	0,611	0,419

Ces données biométriques indiquent une grande variation des poids des poissons (CV=1,001), des tubes digestifs (CV=0,907) et des contenus digestifs (CV=1,109). Pour ce facteur poids, nous constatons que les amplitudes sont voisines des valeurs maximales enregistrées (tab. 38). Pour ce qui est du facteur longueur, la variation indique une homogénéité des individus d'*O. niloticus*.

3.3.4.1. – Gain en poids, Allométrie et indice de condition chez *O. niloticus*

Les résultats du tableau 39 expriment le gain de poids, les taux de croissance spécifique (TCS), les coefficients d'allométrie et les indices de condition.

Sur la base du poids des alevins introduits, supposé égale à 5 g, il ressort que les gains annuels en poids des individus d'*O. niloticus* collectés dans le BAM varie de 9,73 g à 562,60 g (tab. 39). Il est à noter que ce gain de poids est entre autre influencé par l'âge hétérogène de la population d'*O. niloticus* du BAM qui varie de 1an à 3ans. En considérant cette hétérogénéité le taux de croissance spécifique (TCS) permet une meilleure appréciation du gain de poids de chaque individu (tab.39 et fig. 34). De là, il s'avère que le TCS varie de 0,25%/j à 1,30%/j et reste considéré comme bas montrant une corrélation avec le poids de $r=0,59$ (tab.39 et fig. 34).

D'un point de vu allométrique « b » (tab. 39) la population d'*O. niloticus* du BAM est majoritairement hypoallométrique ($b < 3$) à l'exception de 2 individus qui sont isométriques, il s'agit du T9 et du T13, et d'un individu hyperallométrique, le T14.

L'indice de condition (k) qui devrait être compris entre 3 et 5, se trouve en dessous de cet intervalle à l'exception de l'individu T14 (tab. 39).

Tableau 39. - Gain en poids, coefficient d'allométrie et indice de condition chez *O. niloticus* du BAM

Ind	Age (an)	PI (g)	PF (g)	GMC (g)	GPA (g)	GPJ (g)	TCS (%/j)	b	k
T1	1,00	5,00	71,30	66,30	66,30	0,18	0,73	2,94	1,99
T2	1,00	5,00	567,60	562,60	562,60	1,54	1,30	2,88	1,70
T3	2,50	5,00	580,20	575,20	230,08	0,63	0,52	2,91	1,91
T4	2,50	5,00	281,70	276,70	110,68	0,30	0,44	2,88	1,74
T5	1,50	5,00	259,60	254,60	169,73	0,47	0,72	2,94	1,72
T6	2,00	5,00	532,30	527,30	263,65	0,72	0,64	2,87	1,93
T7	2,50	5,00	468,20	463,20	185,28	0,51	0,50	2,85	1,82
T8	2,00	5,00	29,70	24,70	12,35	0,03	0,24	2,94	1,64
T9	1,00	5,00	22,30	17,30	17,30	0,05	0,41	3,01	1,51
T10	1,00	5,00	460,50	455,50	455,50	1,25	1,24	2,86	1,87
T11	1,50	5,00	316,20	311,20	207,47	0,57	0,76	2,85	1,70
T12	3,00	5,00	278,60	273,60	91,20	0,25	0,37	2,94	1,89
T13	1,50	5,00	19,60	14,60	9,73	0,03	0,25	3,03	1,00
T14	2,00	5,00	68,90	63,90	31,95	0,09	0,36	3,21	3,00
T15	1,00	5,00	20,20	15,20	15,20	0,04	0,38	2,96	1,36
T16	1,00	5,00	24,90	19,90	19,90	0,05	0,44	2,90	1,34
T17	1,00	5,00	23,70	18,70	18,70	0,05	0,43	2,95	1,83
T18	1,00	5,00	31,80	26,80	26,80	0,07	0,51	2,97	1,99
T19	1,00	5,00	30,60	25,60	25,60	0,07	0,50	2,92	1,64
T20	1,00	5,00	52,30	47,30	47,30	0,13	0,64	2,94	1,72

PI : poids initial ; PF : poids final ; GMC gain moyen croissance ; GPA : gain poids annuel ; GPJ : gain poids juridique, TCS (%/j): Taux de croissance spécifique ; b: Indice allométrique ; k : Indice de condition

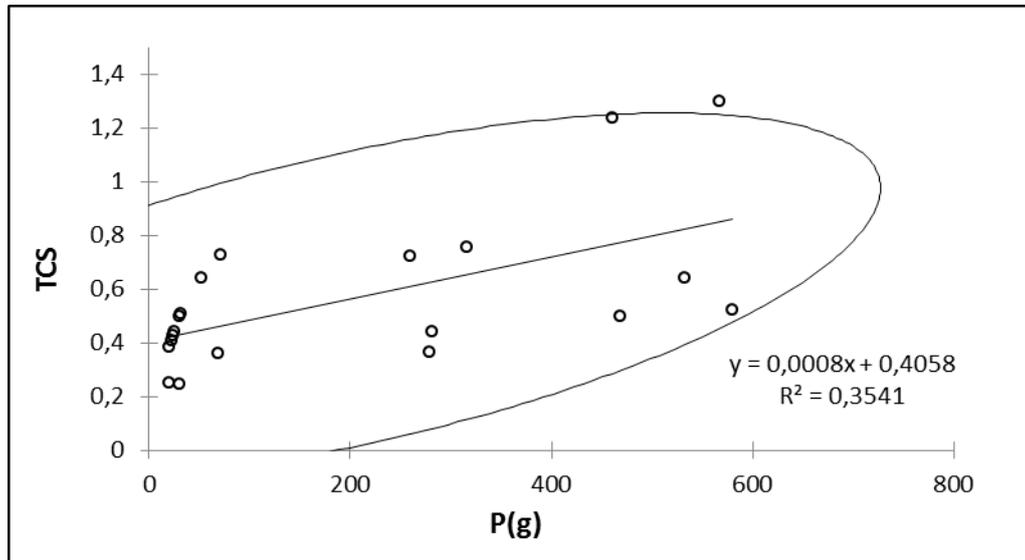


Figure 34. – Corrélation entre les TCS et le poids brute de chaque individu d'*O. niloticus*

3.3.4.2. – Analyse biométrique

L'analyse biométrique faite à partir de la matrice de Pearson (tab. 40), indique que la population d'*O. niloticus* du BAM est homogène. Les fortes corrélations observées entre les poids des poissons, de leurs tubes digestifs et de leurs contenus digestifs, les longueurs LT et LS et l'âge indiquent que cette population évolue similairement mais dans un sens non propice à une pisciculture de choix qui est mis en exergue par les corrélations négatives avec l'indice allométrique (b) et l'absence de corrélations avec l'indice de condition (k).

Tableau 40.-Matrice de Pearson des paramètres biométriques et écologiques chez la population d'*O. niloticus* dans le BAM

Variables	Age (an)	TCS	b	k	P(g)	LT (cm)	LS (cm)	P TD (g)	P CD (g)	LTD (cm)
Age (an)	1	-0,343	-0,038	0,283	0,447	0,483	0,469	0,498	0,349	0,436
TCS	-0,343	1	-0,466	0,098	0,595	0,600	0,608	0,575	0,572	0,605
b	-0,038	-0,466	1	0,414	-0,551	-0,585	-0,609	-0,573	-0,447	-0,412
k	0,283	0,098	0,414	1	0,176	0,150	0,184	0,182	0,141	0,317
P(g)	0,447	0,595	-0,551	0,176	1	0,980	0,981	0,985	0,921	0,956
LT (cm)	0,483	0,600	-0,585	0,150	0,980	1	0,996	0,993	0,871	0,942
LS (cm)	0,469	0,608	-0,609	0,184	0,981	0,996	1	0,993	0,858	0,937
P TD (g)	0,498	0,575	-0,573	0,182	0,985	0,993	0,993	1	0,887	0,938
P CD (g)	0,349	0,572	-0,447	0,141	0,921	0,871	0,858	0,887	1	0,928
LTD (cm)	0,436	0,605	-0,412	0,317	0,956	0,942	0,937	0,938	0,928	1

TCS : Taux de croissance spécifique ; P : poids brut de l'individu ; PTD : Poids du tube digestif plein ; PCD : Poids du contenu digestif ; LT : Longueur totale ; LS : Longueur standard ; LTD : longueur totale du tube digestif ; b : Indice allométrique ; k : Indice de condition

3.4. – Diagnose hydrobiologique et piscicole

Vue la difficulté relative à l'absence de mesures périodiques et répétés des paramètres biométriques des peuplements d'*O. niloticus* dans le BAM, la diagnose hydrobiologique et piscicole s'est faite autour de corrélations obtenues par modélisation empirique entre les classes des paramètres physicochimiques, faunistiques et ichtyo-biométriques qui sont mises en évidence par la méthode des k-means et la classification hiérarchique ascendante (tab. 41, a, b et c). Relativement aux âges identifiés par scalimétrie, les troncatures de ces catégories de classes sont fixées à 5. La matrice de Pearson obtenue à partir de ces dernières (tab 43 en annexe A), va permettre une identification des corrélations existantes entre les différents facteurs étudiés. De là il ressort, que les catégories de classes ne répondent pas à un ordre de croissance ou de décroissance mais beaucoup plus à la distance relatives entre les barycentres de tous les

paramètres mesurés pour la physico-chimie, la faunistique et l'ichty biométrie. Il est à noter que cette dernière, mise en évidence dans le tableau 41 c, les 5 classes d'*O. niloticus* sont constituées par des individus à âge hétérogène excepté pour la C4 et la C5.

De la matrice de Pearson (tab. 43 en annexe A), issue des différentes catégories de classes, il ressort que :

- Peu de corrélations positives sont observées entre les facteurs physico-chimiques à l'exception de la température - salinité ($r=0,984$), Conductivité – TDS ($r=1$) et oxygène dissous – saturation en oxygène ($r=0,995$), alors que des corrélations négatives sont constatées entre le pH – Redox ($r= -0,971$) et transparence – salinité ($r= -0,905$).
- Aucune corrélation positive n'est mise en évidence entre les invertébrés et les paramètres physico-chimiques à l'exception des protozoaires - oxygène dissous - saturation en oxygène ($r= 0,907$; $r=0,913$). Toutefois seuls les copépodes sont corrélés négativement avec la température et la salinité ($r=-0,906$; $r=-0,925$).
- Des corrélations positives intéressantes sont observées entre ces invertébrés, à savoir : entre nauplius -- rotifères – annélides – tardigrades ($r=0,959$; $r=0,883$; $r=0,983$), rotifères -- nauplius – protozoaires – annélides –tardigrades – nématodes – turbellariés ($r : 0,959$; $0,918$; $0,892$; $0,995$; $0,896$; $0,901$), protozoaires - tardigrades ($r=0,893$), annélides -- tardigrades – nématodes - turbellariés ($r : 0,893$; $0,996$; $0,992$) et tardigrades -- nématodes – turbellariés ($r : 0,888$; $0,894$).
- Pour ce qui est du peuplement d'*O. niloticus* seule la classe 2, qui regroupe les T2, T10, T5, T11, T6, T3, T4, T7 et T12, et corrélée avec les nauplius – rotifères – annélides – tardigrades – nématodes – turbellariés ($r : 0,882$; $0,895$; 1 ; $0,894$; $0,997$; $0,994$). Cette classe 2 est également corrélée avec le poids – longueur totale – longueur standard – poids des tubes digestifs, contenus digestifs, - longueur du tube digestif ($r : 0,995$; $0,989$; $0,980$; $0,993$; $0,993$; $0,892$). Quant à la classe 1, qui regroupe 3 individus, T1, T20 et T14, elle est corrélée uniquement avec les copépodes.

Ces fortes corrélations observées entre les classes d'individus d'*O. niloticus*, les paramètres physico-chimiques et les invertébrés du BAM expliquent la biométrie et l'allométrie liées au dysfonctionnement piscicole dans ce bassin.

Tableau 41.- Catégories de classes et leurs barycentres des paramètres physico-chimiques (a), faunistiques (b) et ichtyo-biométriques (c)

(a) - Physico-chimie

Classe	pH	T (°c)	pR (mV)	CE (µs/cm)	TDS (mg/l)	Sal (%)	OD (mg/l)	Sat (%)	Tran (cm)	H (cm)
1	8,083	16,125	-47,475	1340,500	1341,000	0,600	2,135	26,650	66,000	90,000
2	7,400	20,075	-9,554	1467,833	1467,583	0,667	5,478	61,600	58,000	180,667
3	7,538	20,850	-19,625	1470,000	1470,000	0,700	2,758	31,475	32,500	140,000
4	7,660	21,700	-24,875	1529,000	1528,250	0,700	5,330	58,950	30,500	53,000
5	7,815	21,900	-41,550	1324,750	1325,000	0,700	5,128	61,075	39,000	109,000

(b) – Faunistique

Classe	Cop	Naup	Cla	Rot	Prot	Ann	Tard	Néma	Turbe
1	6152,00	729,00	627,00	357,00	3302,00	1283,00	0,00	0,00	0,000
2	688,13	3458,93	1169,46	40216,60	26106,00	67013,53	1894,00	207645,33	6076,67
3	120,00	120,00	899,00	4490,00	6359,00	450,00	0,00	20099,00	20,00
4	156,00	71,00	2210,00	4510,00	14285,00	0,00	0,00	12963,00	710,00
5	1525,00	1732,00	1814,00	19648,00	19043,00	398,00	867,00	9356,00	316,00

(c) - Ichtyo-biométrie

Classe	P(g)	LT (cm)	LS (cm)	P TD (g)	P CD (g)	LTD (cm)	Age (an)
1	64,167	14,333	11,400	4,067	0,797	63,667	1,333
2	416,100	28,133	24,467	23,029	4,372	107,101	1,944
3	28,950	11,775	9,350	2,425	0,488	25,875	1,250
4	22,467	11,700	8,533	1,510	0,363	25,367	1,000
5	19,600	12,500	7,700	1,200	0,250	27,700	1,500

Tableau 42.- Classes par individus d’*O. niloticus* du BAM

Classe	C1	C2	C3	C4	C5
Objets	3	9	4	3	1
Somme des poids	3	9	4	3	1
Variance intra-classe	177,748	18288,609	21,619	23,632	0,000
Distance minimale au barycentre	6,174	44,726	1,726	0,930	0,000
Distance moyenne au barycentre	10,231	120,100	3,694	3,517	0,000
Distance maximale au barycentre	15,154	169,727	6,075	5,037	0,000
Age (an)	1	T1, T20	T2, T10	T17, T18, T19	T9, T15, T16
	1,5	-	T5, T11	-	-
	2	T14	T6	T8	-
	2,5	-	T3, T4, T7	-	-
	3	-	T12	-	-

Discussion

Chapitre IV. – Discussion

Le BAM se caractérise par des facteurs hydrologiques, physico-chimiques, biologiques et piscicoles qui s'interagissent et influencent directement ou indirectement son fonctionnement ; Le niveau de production piscicole en est étroitement lié et par conséquent la durabilité optimale des activités piscicoles en dépend.

4.1. - Hydrologie

Les fluctuations du niveau d'eau dans le BAM sont importantes et varient de 53 cm à 183cm. Toute fois les apports d'eau sont considérés comme réguliers et stables car le débit d'eau qui alimente le BAM se trouve constant avec 300l/mn. Les fluctuations en question sont liées particulièrement aux manœuvres hydrauliques exigées par les opérations piscicoles et d'irrigation.

Les variations du niveau d'eau influencent fortement les milieux aquatiques, car la hauteur d'eau à un impact sur la pénétration de la lumière et donc la stimulation de la photosynthèse des végétaux et organismes primaires à la base des réseaux trophiques. Le marnage est la variation du niveau d'eau influencent la biodiversité aquatique. Qui engendre la disparition de certaines espèces et l'apparition de nouvelles espèces et se répercutent sur leurs constances et abondances (Djezzar et al. 2014 ;Coche, Muir, and Laughlin 1997).

4.2. - Physico-chimie

Les variations temporelles de la température des eaux du BAM et forage sont adéquates pour l'élevage des Cichlidés. Cette famille peut supporter des températures comprise 14°C et 31°C (Lacroix 2004) , avec un optimum compris entre 28 et 32 °C pour le tilapia du Nil (Lazard 2009), alors que chez les Cyprinidés les températures optimales sont comprises entre 13°C et 18°C (Van Eer et al. 2004). Nos résultats indiquent également une baisse des températures des eaux du BAM par rapport aux eaux du forage qui les alimentent. Ces fluctuations thermiques sont définies par les facteurs climatiques, à savoir : la température de l'air, la pression atmosphérique ainsi que les phénomènes d'évaporation et de précipitation. En effet, la température conditionne la production biologique et joue un rôle dans la solubilité des gaz (notamment celle de l'oxygène), dans la dissociation des sels dissous, dans la détermination du pH et la vitesse des réactions chimiques et biochimiques (HCEFLCD 2006; Rodier 1984; Aminot 1983).

Les teneurs en oxygène dissous des eaux du BAM sont faibles créant des situations d'hypoxie permanente. Cette faiblesse des teneurs en oxygène résulte particulièrement de certains effets liés à la température et à la salinité qui influence sa solubilité et également à l'activité métabolique des organismes aquatique ainsi qu'à certains facteurs mécaniques (agitation par le vent) (Ozonda 1983; Millet 1989; Aminot 1983). La limite critique de consommation de l'oxygène dissous pour *O. niloticus* est fixée à 3,1 mg/l. une teneur inférieure à 2,6mg/l induit un dysfonctionnement biologique de cette espèce qui pourrait aboutir à la mortalité (Lacroix 2004).

Les valeurs temporelles du pH sont légèrement alcalines et sont liée à l'absence de sources de pollution et de teneurs élevées en CO₂ (Nisbet and Verneaux 1970). Cette alcalinité, qui est considérée comme favorable à la vie piscicole car l'optimum du pH pour *O. niloticus* varie de 8 à 11 (Lacroix 2004).

Sur le plan temporel, la transparence de l'eau du BAM oscille entre 30,5 et 72,5cm. La lumière est indispensable à la vie aquatique, car les organismes autotrophes (qui sont capables de synthétiser leur nourriture et leurs constituants par la photosynthèse). Une perturbation de la transparence de l'eau peut donc compromettre la chaîne alimentaire et, par conséquent, nuire à la productivité et à la diversité animale et végétale de l'écosystème aquatique. Les résultats obtenus de la transparence ne sont pas considérés comme nuisible pour les poissons (Coche et al. 1997).

Les résultats de la salinité de l'eau permettent de les classer dans la catégorie des eaux douces. La salinité de l'eau est définie à l'origine comme la quantité de sels dissous présent dans l'eau (Bouchar 2010). Ce paramètre varie proportionnellement avec la conductivité. Le tilapia du Nil peut survivre dans des eaux dont la salinité est proche de 11,5 g/l (Mashai et al. 2016).

Les résultats obtenus du potentiel redox montrent une variabilité temporelle importante. Cette variation peut être expliquée par l'augmentation des substances nutritives durant la saison chaude qui se caractérise par une activité biologique importante et des teneurs en oxygène dissous faibles. Le potentiel redox permet de qualifier une solution aqueuse oxydante ou réductrice. Il est d'une grande importance dans les déroulements des processus chimiques et biochimiques d'un écosystème aquatique (IBPGE 2005).

Les valeurs de la conductivité électrique des eaux du BAM et du forage sont supérieures à 1000 µS/cm, qui indiquent une minéralisation élevée. La conductivité suit le rythme de la salinité. Elle est fonction de la température de l'eau, elle est plus importante lorsque la température augmente. Une conductivité élevée exprime une forte minéralisation et elle est considérée comme un bon marqueur de l'origine d'une eau (HCEFLCD 2006; Pescod 1985; Rodier 1984 ;

Rodier et al. 1996). La conductivité est proportionnelle à la concentration de solides dissous totaux (TDS) (Mettler-toledov 2014).

4.3. – Dynamique des populations d’invertébrés

La richesse spécifique de la microfaune (zooplanctoniques et zoobenthique) des eaux du BAM est relativement diversifiée (9 taxons). Le zooplancton et le zoobenthos jouent un rôle déterminant dans le fonctionnement des réseaux trophiques aquatiques. Hormis leurs importances en tant que sources de nourriture pour les poissons, ils interviennent dans le transfert de la matière et de l'énergie par leurs positions trophiques en tant que proies ou en tant que prédateur par la capture de proies ou déprédateurs de chlorophyllien (algues) par broutage ou par filtration ; ce qui leur confère un rôle de régulateur dans l'écosystème (Djezzar et al. 2014 ; Caquet 2012 ; Sambba 2008).

- Les nématodes sont dominants avec 55,57%, ils ont un rôle important dans la minéralisation de la matière organique. Cette dernière joue un rôle crucial dans le cycle du carbone dans les écosystèmes aquatiques, fournissant ainsi la principale source de nourriture pour le benthos d'eau profonde. Les sources de la matière organique sont différentes. Elle provient des débris exogène et des débris endogène issue de la dégradation des organismes animaux ou végétaux morts ou des excréta des animaux s'accumulant sur le fond. Les nématodes se nourrissent des bactéries benthiques (Aissa 1991 ; Moens and Vincx 1997).

- Les annélides (oligochètes) sont dominants avec 16,97%, ils jouent un rôle prépondérant dans les écosystèmes aquatiques (Giani 1984). En particulier, ils ont un impact considérable sur le sédiment et on considère, généralement, que les oligochètes limicoles fouisseurs jouent, dans l'évolution des sédiments du fond des eaux, un rôle analogue à celui des vers de terre dans les sols émergés (Avel 1959). Ils sont également une proie essentielle pour les poissons et de nombreux invertébrés. Ils permettent souvent de caractériser et d'ingurgiter des pollutions diverses et sont utilisés dans la quantification des impacts environnementaux (Rodriguez and Reynoldson 2011). Ils sont également utilisés dans des études toxicologiques et sont aussi des hôtes intermédiaires d'un certain nombre de parasites de poissons.

-Les copépodes constituent des proies préférentielles pour les poissons zooplanctonophages et jouent également un rôle important dans la structuration et la dynamique des réseaux trophiques planctoniques. En effet, ils sélectionnent leur nourriture, mais aussi libèrent dans le milieu de la matière organique (MO) et des minéraux à la fois par excrétion qui seront ensuite utilisés par les bactéries et les microalgues. Etant donné l'importance des premiers stades larvaires (nauplius) et

des adultes de copépodes, leur cycle biologique et la biologie de leur reproduction jouent un rôle clé dans la succession saisonnière des microorganismes, et déterminent par conséquent la structuration de l'ensemble du réseau trophique planctonique (Halsband-Lenk et al. 2001).

-Les cladocères jouent un rôle important dans les transformations de la matière, car, se nourrissant de substances végétales, spécialement d'Algues, elles servent de proies à des animaux plus grands, tels que les alevins (Berg 1932).

- Les rotifères jouent un rôle particulier dans la chaîne alimentaire microbienne puisqu'ils permettent le transfert de carbone des bactéries et du phytoplancton vers les prédateurs. Ils effectuent donc un lien entre le réseau alimentaire microbien et la chaîne alimentaire. La présence des rotifères dans un plan d'eau dépend de la présence d'autres organismes appartenant au zooplancton. En effet, les rotifères sont consommés par divers invertébrés et larves de poisson (Williamson 1983; Arndt 1993).

- Les tardigrades jouent un rôle important dans les chaînes alimentaires : ils sont à la base de l'alimentation de maints invertébrés aquatiques: nématodes, larves d'insectes (Quentin 2008). Leurs présences indiquent l'hostilité du milieu, car les tardigrades supportent les conditions extrêmes (May 1953). Ceci dit que la BAM se trouve dans une situation d'hostilité.

-Les Protozoaires jouent un rôle fondamental dans la Nature Vivante. Grâce surtout aux Flagellés chlorophylliens, les êtres unicellulaires représentent un chaînon de base dans les chaînes alimentaires des eaux douces (Dragesco).

4.4. - Approche ichtyologique

La population d'*O. niloticus* présente des difficultés de croissance, de développement et d'adaptation dans le BAM. Ceci est révélé par le TCS (0,25%/j à 1,3%/j), l'indice allométrique qui est majoritairement hypoallométrique ($b < 3$) et l'indice de condition (1 à 1,99 ; 3) qui indiquent une croissance inadéquate avec un gain de poids très faible par rapport à ce qui est attendu en pisciculture. Bien que cette espèce n'a pas d'exigences alimentaires spécifiques car elle est phytoplanctonophage, omnivore à tendance herbivore et qui puise sa nourriture des niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire (phytoplancton, détritus, microorganismes), elle peut également consommer du sédiment riche en bactéries et diatomées ainsi que de zooplancton, d'insectes aquatiques et de sous-produits agricoles (Lazard 2009 ; Kisumu and Kmrri 1998 ; Mukankomeje 1992 ; Geoffrey 1972). Cependant il est à rappeler que le sédiment du BAM est peuplé par des invertébrés benthiques (Annélides, nématodes, tardigrades et turbellariés) qui

probablement ne confèrent pas l'essentiel nutritionnel à cette espèce où le faible gain de poids enregistré peut être influencé par la qualité des aliments et des proies disponibles. Il est à noter qu'en milieu contrôlé, le gain de poids dépend de la densité de mise en charge, de l'état physiologique, de la souche et de l'origine du tilapia (Mensah et al. 2014). Certaines études montrent que pour 10 individus/m² et 13 individus/m², les gains de poids respectifs varient de 40,24±7,64 g à 54,03±7,76 g et de 36,65±5,73 g à 46,11±5,87 g (Yakouba et al. 2008). Dans les rizipiscicultures et piscicultures les gains de poids moyens obtenus en 4 mois sont de 11,19 ± 0,41 g et de 11,04± 0,05g (Avit et al. 2012). Par rapport à ça, la surface du BAM (45,6m²) aurait permis une production théorique de 450 individus ; Or la faible croissance avec l'indice de condition indique que cette espèce se confronte à des difficultés autres que la nutrition qui relève beaucoup plus de la gestion du cheptel introduit initialement.

4.5. - Diagnose hydrobiologique et piscicole

La diagnose hydrobiologique et piscicole s'est faite par l'obtention de classes par modélisation empirique des paramètres physicochimiques, faunistiques et ichtyo-biométriques mis en évidence par la méthode des k-means et la classification hiérarchique ascendante.

D'une façon générale, les caractéristiques physico-chimiques observées dans le BAM présente peu de corrélations positives et négatives entre eux. Globalement, plus la concentration en oxygène dissous est proche de la saturation, plus l'aptitude d'un écosystème aquatique à absorber la pollution est grandes, la concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'activité photosynthétique des végétaux, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments (Haddad and Ghoualem 2014). Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau, donc par le taux de sédimentation (IBPGE 2005). En effet, le comportement alimentaire du poisson dépend de l'oxygénation de l'eau car lorsqu'il ne se nourrit pas, les besoins en oxygène sont inférieurs puisque l'activité métabolique est moindre (van Dam and Pauly 1995). Dans une eau bien oxygénée, les conditions d'oxydation dominant, quand les concentrations d'oxygène diminuent, le milieu devient plus réducteur ce qui se traduit par une réduction du potentiel redox. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons (IBPGE 2005). la diminution du pH engendre une augmentation du taux de mortalité des juvéniles, ce qui a un impact

direct sur la taille des populations et provoque des changements dans la répartition et l'abondance des espèces de zooplancton (Legendre et al. 1987).

Nous constatons une positive corrélation avec les protozoaires – oxygène dissous et saturation en oxygène. En effet, les besoins d'oxygène augmentent avec un accroissement de la température. Cependant, la solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente, les hautes températures sont donc défavorables à leur survie. Le tilapia du Nil *O. niloticus* qui est un Cichlidé thermophile et eurytherme semble moins affecté par ce facteur que les Cyprinidés (Léonce et al. 2016).

Concernant les invertébrés, des corrélations positives intéressantes sont observées, les nauplius sont en relation avec presque tous les invertébrés ces derniers sont corrélés avec la classe deux du tilapia, nous pouvons dire que les nauplius présente une source d'aliment vivant pour le tilapia et le zooplancton. Les organismes zooplanctoniques se nourrissent de phytoplancton ou d'autres organismes zooplanctoniques ; et sont aussi des proies pour les poissons. Les rotifères sont indicateur du niveau trophie des plans d'eau (Saksena 1987).

La majorité de la population d'*O. niloticus* du BAM appartient à la classe C2 qui regroupe les pièces les plus grandes, l'alimentation de cette espèce est basée sur le phytoplancton, les cladocères, les rotifères, les copépodes, les oligochètes (Mukankomeje 1992), donc nous pouvons dire que cette classe accapare tous les aliments vivant disponible provoquant une compétition avec les autre classe du tilapia qui se caractérisent par une croissance faible. A travers les analyses biométriques et l'indice de condition, nous considérons que *O. niloticus* évolue dans un milieu non propice à la pisciculture. La principale difficulté de cette espèce, en élevage, la production intense et simultanée d'un grand nombre d'alevins qui bloque la croissance optimale provoquant un nanisme (nombreux individus de petite taille) (Lacroix 2004; Lazard 2009; Amoussou et al. 2016).

Conclusion

Conclusion

Il ressort de cette étude sur la caractérisation hydrobiologique et piscicole du Bassin d'agro-irrigation de la ferme de Mekhatria (BAM) que l'approvisionnement en eau débité par le forage est permanent et régulier.

Hormis les faibles teneurs en oxygènes qui sont inadéquates pour l'activité piscicole, les autres paramètres physicochimiques conviennent à une biogénèse aquatique et l'élevage des poissons.

Sur le plan faunistique, les invertébrés inventoriés apportent une contribution réelle dans l'épuration biologique des eaux et constituent une biomasse intéressante dans l'alevinage et la production piscicole. Il serait donc intéressant de sélectionner les espèces les plus intéressantes, rotifères, cladocères et insectes, en raison de leurs adaptation aux conditions de ce milieu, et de les cultiver intensivement en vue de leurs exploitations.

Pour ce qui est d'*O. niloticus*, il n'évolue pas bien dans le BAM. Son développement reste limité par certains facteurs abiotiques et biotiques. Les peuplements d'*O. niloticus* se caractérisent par une hétérogénéité de l'âge, qui fait que cette population se confronte au phénomène de compétitions vis –à –vis de la nourriture (compétition), et de l'espace. Les espèces de grande taille s'accapare tout le réseau trophique au détriment de la croissance chez les classes de taille différentes à la première. La reproduction crée des déphasages de croissance chez cette population qui nécessite une gestion piscicole. Cette dernière nécessite 2 ou plusieurs bassins pour mieux contrôler la reproduction chez cette espèce par le transvasement afin de permettre à chaque classe d'âge d'évoluer par elle-même.

Bibliographie

Bibliographie

- Abba E, Belghyti D, Benabid M, El ibaoui H (2010).** Relation taille-poids et coefficient de condition de la truite commune (*salmo trutta macrostigma dumeril. 1858*) de l'Oued Sidi Rachid (Moyen Atlas) Maroc.
- Aissa P (1991).** Ecologie des nématodes libres de la lagune de Bizerte.
- Amoros C (1984).** Crustacés Cladocères.
- Amoussou TO, Toguyeni A, Imorou Toko I, et al (2016).** Biological and zootechnical characteristics of African tilapias *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852: a review. *Int J Biol Chem Sci* 10:1869–1887. doi: 10.4314/ijbcs.v10i4.35
- Arndt H (1993).** Rotifers as predators on components of the microbial web (bacteria, heterotrophic flagellates, ciliates).
- Avel M (1959).** Classe des Annélides Oligochètes. In Grassé, P.-P. (éd.), *Traité de Zoologie. Anatomie, Systématique, Biologie.*
- Avit J-BLF, Bony KY, Kouassi NC, et al (2012).** Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné , 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang. *J Appl Biosci* 59:4271–4285.
- Benabdellah N (2011).** Etude expérimentale sur l'activité de s enzymes digestives (trypsine echymotrypsine) chez les alevins du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus , 1758) en relation avec la qualité du régime alimentaire protéique distribué.
- Benhania F, Guemmouli R, Sahraoui R (2014).** Développement de l' aquaculture en algerie.
- Berg MK (1932).** Les cladocères et leur reproduction.
- Bigot L, Bodot P (1973).** Contribution à l'étude biocénotique de la garrigue à *Quecus coccifera* – II. Composition biotique du peuplement des invertébrés.
- Billard R (2005).** Introduction à l'aquaculture.
- Blondel J (1975).** L'analyse des peuplements d'oiseaux , elements d'un diagnostic ecologique. la methode des echantillonnages frequentiels progressifs (e.f.p.).
- Boet P, Le Louarn H (1985).** La croissance du poisson, techniques d'étude. Gestion des lacs et retenues artificielles.
- Bouchar F (2010).** Mesure de Salinité- réalisation d'un conductimètre. TENUM Toulouse.
- Caquet T (2012).** Des invertébrés pour la bio-ind ication de la qualité des cours d'eau : bilan et perspectives.
- Chalabi A (2003).** Aquaculture en Algérie et son contexte maghrebien.
- Coche A., Muir J., Laughlin T (1997).** Méthodes Simples Pour L'aquaculture Pisciculture Continentale: La Gestion Les Etangs Et Leur Eau.

- Dajoz R (1985).** *Precis d'ecologie*, 5 ème édit.
- Djezzar M, Rybarczy H, Meziane T, Doumandji SE (2014).** Influence of hydrologic regime on zooplanktonic diversity of harreza dam (haut-cheliff) ain defla algeria. *int j zool res* 4:35–48.
- Dragesco J.** *Les protozaires* 3.
- FAO (2016).** *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*.
- FAO (2007).** *Programe mondial du recensement de l'agriculture* .
- Faurie C, Ferra C, Médori P (1984).** *Écologie*, Ed. J. B.
- Ferhane D, Bounouni A (2016).** Intégration de la pisciculture à l'agriculture en algerie : cas de la wilaya de ouargla.
- FIDA (1999).** Rapport pour le Projet sous-régional d'intégration de l'aquaculture dans les systèmes d'agriculture paysanne irriguée en Afrique australe.
- Geoffrey F (1972).** *Environmental physiology of tilapia(The cichlid fishes of the great lakes of africa: their biology and evolution)*.
- Giani N (1984).** Contribution à l'étude de la faune d'eau douce et plus particulièrement des Oligochètes. II – Les oligochètes aquatiques : taxonomie, répartition et écologie.
- Haddad H, Ghoualem H (2014).** Caractérisation physico-chimique des eaux du bassin hydrographique côtier algérois. 155–167.
- Halsband-Lenk C, Nival S, Carlotti F, Hirche HJ (2001).** Seasonal cycles of egg production of two planktonic copepods, *centropages typicus* and *temora stylifera*, in the north-western mediterranean sea.
- Harchouche K (2006).** Contribution à la systématique du genre *Spicara* : Ecologie, Biologie et Exploitation de *Spicara maena* (Poisson, Téléostéen) des côtes algériennes. Thèse de Doctorat D'état, U.S.T.H.B., Alger.
- HCEFLCD (2006).** Haut Commissariat Aux Eaux et Forêt et la Lutte Contre la Désertification. Etude sur la pisciculture au barrage Almassira ; CR dar Chafaai ; Cercle d'Elbrouge ; Province de Settat.
- IBPGE (2005).** Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général. 1–16.
- Karali A, Echikh F (2005).** L'aquaculture en algérie.
- Kisumu K, Kmfri N (1998).** Feeding ecology and population characteristics of *oreochromis niloticus* (L .) and trophic interactions in the fish community of nyanza gulf , lake victoria , kenya. 68–72.
- Lacroix E (2004).** *Pisciculture en zone tropicale*. GFA terra syst hamburg, allemagne 231p.
- Lazard J (2009).** La pisciculture des tilapias. *Cah Agric*. doi: 10.1684/agr.2009.0284
- Legendre M, Pagano M, Saint-Jean L (1987).** *Peuplements et biomasse zooplanctonique dans*

- des etangs de pisciculture lagunaire (layo, côte d'ivoire). etude de la recolonisation après la mise en eau. *aquaculture* 67:321–341. doi: 10.1016/0044-8486(87)90217-1
- Léonce ZH, Hermas AA, Pierre G (2016).** Caractéristiques physico-chimiques et pollution de l'eau du delta de l' Oueme au Benin. 9163–9173.
- Mashaii N, Mashaii N, Rajabi F, et al (2016).** Reproduction of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* in brackish water.
- May RM (1953).** L'évolution des tardigrades de la vie aquatique a la vie terrestre.
- Melhaoui M (2009).** Echantillonnage et étude des macro-invertébrés de la Moulouya.
- Mensah ET, Yao Attipoe FK, Atsakpo K (2014).** Comparative growth study of *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus* under two different culture regimes (Hapa-In-Pond and cage systems). 53–59.
- Mettler-toledov A (2014).** Guide des mesures de conductivité.
- Millet B (1989).** Fonctionnement hydrodynamique du bassin de Thau. Validation écologique d'un modèle numérique de circulation (programme Écothau). *Oceanol Acta* 12:37–46.
- Mozas M, Ghosn A (2013).** État des lieux du secteur de l' eau en Algérie.
- MPRH (2008).** Schéma directeur de développement des activités de la pêche et de l'Aquaculture.
- Mukankomeje R (1992).** Production algale et consommation par le Tilapia, *Oreochromis niloticus* L., au Lac Muhazi (Rwanda).
- Nisbet M, Verneaux J (1970).** Composantes chimiques des eaux courantes. Discussion et propositions de classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques.
- Ozonda P (1983).** Flore du sahara, edition du.
- Plumey N, Seguin G, Richard A (2003).** L' aquaculture mise en valeur des sous produits et développement durable. 0–11.
- Quentin G (2008).** Les Tardigrades. 13–17.
- Rodier J (1984).** L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.
- Rodier J, Bazin C, Broutin J., et al (1996).** L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer ; 8e édition.
- Rodriguez P, Reynoldson B (2011).** The pollution biology of aquatic oligochaetes.
- Saksena DN (1987).** Rotifers as Indicators of water quality.
- Sambba (2008).** Eau et écosystème aquatique, des indicateurs intégrateurs.
- Seridi F (2011).** L'aquaculture en algérie : évolution, état actuel et essai d'analyse de durabilité.
- Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P (2003).** Invertébrés d'eau douce. Systématique, biologie, ecologie. CNRS Editions. 155–156.
- Van Dam A., Pauly D (1995).** Simulation of the effects of oxygen on food consumption and

growth of nile tilapia, oreochromis niloticus (L.). 427–440.

Van Eer A, Van Schie T, Hilbrands A (2004). La pisciculture en eau douce à petite échelle.

Williamson CE (1983). Invertebrate predation on planktonic rotifers.

Yakouba B, Alassane O, S Kouassi DC, Germain G (2008). Production de Oreochromis niloticus avec des aliments à base de sous- produits agricoles. 89–99.

Annexes

Annexe A

Tableau 43.- Matrice de Pearson diagnose hydrobiologique et piscicole

Variables	pH	T	pR	CE	TDS	Sal	OD	Sat	Tran	H	Cop	Naup	Cla	Rot	Prot	Ann	Tard	Néma	Tub	P(g)	LT	LS	P TD	PC	LTD	Age	C1	C2	C3	C4	C5
pH	1	0,60 2	0,97 1	0,72 5	0,72 5	0,62 2	0,52 5	0,46 5	0,36 1	0,61 6	0,86 2	0,38 6	0,19 0	0,60 6	0,60 5	0,62 5	0,52 7	0,69 5	0,65 7	0,56 9	0,51 6	0,53 2	0,57 3	0,57 6	0,25 3	0,37 0	0,81 4	0,63 5	0,34 2	0,08 3	0,24 6
T (°C)	0,60 2	1	0,43 4	0,42 2	0,42 1	0,98 4	0,70 7	0,69 3	0,84 9	0,01 4	0,90 6	0,01 2	0,77 1	0,26 7	0,52 7	0,18 1	0,04 8	0,05 5	0,11 7	0,15 1	0,20 3	0,12 9	0,12 5	0,45 5	0,09 7	0,95 1	0,01 3	0,17 1	0,37 3	0,42 0	
pR (mV)	0,97 1	0,43 4	1	0,80 5	0,80 5	0,46 2	0,42 7	0,35 4	0,23 8	0,58 9	0,76 1	0,35 0	0,08 2	0,54 5	0,51 5	0,67 2	0,47 4	0,73 4	0,69 9	0,63 3	0,57 6	0,61 6	0,64 0	0,64 4	0,36 1	0,34 1	0,67 3	0,68 0	0,32 1	0,13 4	0,46 2
C	0,72 5	0,42 7	0,80 5	1	1,00 0	0,46 6	0,33 3	0,23 8	0,47 3	0,01 2	0,70 0	0,16 4	0,32 0	0,05 0	0,18 2	0,24 9	0,03 2	0,31 2	0,31 4	0,21 7	0,15 0	0,21 5	0,22 3	0,23 3	0,00 9	0,23 5	0,53 8	0,25 9	0,27 3	0,64 3	0,63 7
TD	0,72 5	0,42 7	0,80 5	1,00 0	1	0,46 5	0,33 1	0,23 6	0,47 3	0,01 3	0,69 9	0,16 4	0,32 0	0,05 0	0,18 1	0,24 9	0,03 3	0,31 2	0,31 4	0,21 7	0,15 0	0,21 5	0,22 3	0,23 3	0,00 9	0,23 5	0,53 7	0,25 9	0,27 5	0,64 1	0,63 8
Sal (‰)	0,62 2	0,98 4	0,46 2	0,46 6	0,46 5	1	0,57 8	0,55 7	0,90 5	0,03 2	0,92 5	0,09 1	0,68 1	0,16 7	0,40 1	0,09 7	0,07 5	0,01 3	0,02 4	0,18 4	0,22 5	0,25 9	0,19 1	0,18 8	0,52 3	0,17 3	0,94 4	0,08 2	0,34 2	0,34 2	0,34 2
OD	0,52 5	0,70 7	0,42 7	0,33 3	0,33 1	0,57 8	1	0,99 5	0,07 7	0,07 7	0,62 4	0,51 4	0,79 6	0,66 7	0,90 7	0,45 2	0,62 2	0,47 7	0,54 6	0,38 7	0,37 7	0,29 7	0,36 1	0,36 6	0,13 0	0,31 0	0,71 4	0,46 1	0,49 5	0,40 9	0,33 8
Sat (%)	0,46 5	0,69 3	0,35 4	0,23 8	0,23 6	0,55 7	0,99 5	1	0,27 4	0,07 6	0,57 8	0,54 1	0,79 1	0,67 8	0,91 3	0,42 9	0,63 9	0,45 1	0,52 1	0,36 4	0,36 3	0,27 4	0,34 0	0,34 4	0,13 0	0,33 8	0,68 6	0,44 0	0,53 1	0,35 4	0,42 3
Tra	0,36 1	0,84 9	0,23 8	0,47 3	0,47 3	0,90 5	0,30 3	0,27 4	1	0,30 8	0,76 5	0,51 1	0,65 2	0,26 4	0,01 0	0,46 3	0,35 3	0,38 3	0,39 1	0,53 4	0,57 9	0,58 7	0,53 7	0,53 2	0,79 0	0,57 0	0,73 1	0,45 0	0,44 6	0,51 7	0,21 8
H (cm)	0,61 6	0,01 4	0,58 9	0,01 2	0,01 3	0,03 2	0,07 7	0,07 6	0,30 8	1	0,24 4	0,72 6	0,48 1	0,74 3	0,45 6	0,76 3	0,73 9	0,78 0	0,70 2	0,75 4	0,74 6	0,74 8	0,76 4	0,75 7	0,64 1	0,84 8	0,28 2	0,76 1	0,29 3	0,70 8	0,06 4
Cop	0,86 2	0,90 6	0,76 1	0,70 9	0,69 9	0,92 5	0,62 7	0,57 8	0,76 5	0,24 4	1	0,07 2	0,56 2	0,35 0	0,52 1	0,21 5	0,25 2	0,30 2	0,28 4	0,13 5	0,08 0	0,07 1	0,13 2	0,13 6	0,22 9	0,00 3	0,97 5	0,22 9	0,35 4	0,34 6	0,04 5
Naup	0,38 6	0,01 2	0,35 0	0,16 4	0,16 4	0,09 9	0,51 4	0,54 1	0,51 1	0,72 6	0,07 2	1	0,08 2	0,95 9	0,81 3	0,88 3	0,98 3	0,86 0	0,87 3	0,87 3	0,89 6	0,83 3	0,86 3	0,86 0	0,81 8	0,96 8	0,19 4	0,88 2	0,43 4	0,45 4	0,20 1
Cla	0,19 0	0,77 1	0,08 2	0,32 3	0,32 3	0,68 1	0,79 6	0,79 1	0,48 1	0,56 2	0,08 2	1	0,09 0	0,47 6	0,16 5	0,03 5	0,12 8	0,04 5	0,22 8	0,23 9	0,30 7	0,25 1	0,24 4	0,43 4	0,30 4	0,61 2	0,14 9	0,38 0	0,74 0	0,40 2	
Rot	0,60 6	0,26 7	0,54 5	0,05 0	0,05 0	0,16 7	0,66 7	0,67 8	0,26 4	0,74 3	0,35 0	0,95 9	0,09 0	1	0,91 8	0,89 2	0,99 5	0,89 6	0,90 1	0,86 0	0,86 6	0,80 9	0,84 9	0,84 8	0,69 8	0,90 6	0,45 8	0,89 5	0,31 7	0,31 7	0,19 7
Prot	0,60 5	0,52 7	0,51 5	0,18 2	0,18 1	0,40 7	0,90 7	0,91 3	0,01 0	0,45 6	0,52 1	0,81 7	0,47 6	0,91 8	1	0,73 2	0,89 3	0,74 8	0,78 7	0,67 9	0,68 1	0,60 2	0,66 1	0,66 8	0,45 8	0,67 9	0,63 3	0,74 0	0,44 9	0,02 8	0,31 5
Ann	0,62 5	0,02 8	0,67 2	0,24 9	0,24 9	0,09 7	0,45 0	0,42 9	0,46 3	0,76 3	0,21 3	0,88 3	0,16 2	0,89 2	0,73 2	1	0,89 3	0,99 6	0,99 2	0,99 6	0,99 1	0,98 4	0,99 3	0,99 5	0,89 8	0,86 2	1,00 6	0,25 2	0,26 0	0,25 3	0,25 3
Tard	0,52 7	0,18 1	0,47 4	0,03 2	0,03 3	0,07 5	0,62 2	0,63 9	0,35 3	0,73 9	0,25 2	0,98 3	0,03 5	0,99 5	0,89 3	1	0,88 8	0,89 4	0,86 8	0,98 2	0,86 1	0,81 9	0,85 7	0,85 5	0,74 0	0,93 6	0,36 8	0,36 8	0,36 8	0,21 0	
Néma	0,69 5	0,04 8	0,73 4	0,31 2	0,31 2	0,01 3	0,47 7	0,45 1	0,38 3	0,78 0	0,30 2	0,86 2	0,12 8	0,89 6	0,74 8	0,99 6	0,88 8	1	0,99 2	0,98 5	0,97 4	0,96 8	0,98 4	0,98 5	0,85 1	0,84 1	0,31 6	0,99 7	0,18 4	0,23 4	0,25 7
Tub	0,65 7	0,05 5	0,69 9	0,31 4	0,31 4	0,02 4	0,54 6	0,52 1	0,39 1	0,70 2	0,28 0	0,87 0	0,04 5	0,90 1	0,78 7	0,99 2	0,89 2	0,99 2	1	0,98 2	0,97 4	0,96 1	0,97 8	0,97 9	0,86 0	0,82 0	0,30 4	0,99 4	0,30 0	0,15 3	0,23 7
P(g)	0,56 9	0,11 7	0,63 3	0,21 7	0,21 7	0,18 4	0,38 4	0,36 4	0,53 4	0,75 4	0,13 5	0,87 3	0,22 8	0,86 0	0,67 9	0,99 6	0,86 8	0,98 5	0,98 2	1	0,99 7	0,99 5	1,00 0	1,00 0	0,93 3	0,86 1	0,15 0	0,99 5	0,26 4	0,28 5	0,29 5
LT (cm)	0,51 6	0,15 6	0,57 6	0,15 0	0,15 0	0,22 5	0,37 7	0,36 3	0,57 9	0,74 6	0,08 0	0,89 6	0,23 9	0,86 6	0,68 1	0,99 1	0,88 1	0,97 4	0,97 4	0,99 7	1	0,99 2	0,99 6	0,99 5	0,94 8	0,88 3	0,10 8	0,98 9	0,31 1	0,31 7	0,25 3
LS (cm)	0,53 2	0,20 3	0,61 6	0,21 6	0,21 6	0,25 9	0,29 7	0,27 4	0,58 5	0,74 8	0,07 1	0,83 5	0,30 7	0,80 6	0,60 2	0,98 3	0,81 9	0,96 8	0,96 1	0,99 5	0,99 2	1	0,99 7	0,99 7	0,95 4	0,83 8	0,07 2	0,98 0	0,23 7	0,30 2	0,36 9
P TD (g)	0,57 3	0,12 9	0,64 0	0,22 3	0,22 3	0,19 1	0,36 1	0,34 0	0,53 7	0,76 4	0,13 2	0,86 3	0,25 1	0,84 9	0,66 1	0,99 4	0,85 7	0,98 4	0,97 8	1,00 0	0,99 6	0,99 7	1	1,00 0	0,93 4	0,85 7	0,14 2	0,24 3	0,24 1	0,29 6	0,31 4
P CD (g)	0,57 6	0,12 5	0,64 4	0,23 3	0,23 3	0,18 8	0,36 7	0,34 4	0,53 2	0,75 7	0,13 6	0,86 0	0,24 4	0,84 2	0,66 2	0,99 5	0,85 5	0,98 9	0,97 9	1,00 0	0,99 7	0,99 7	1,00 0	1	0,93 3	0,85 1	0,14 6	0,99 3	0,24 4	0,28 4	0,32 0
LTD	0,25 3	0,45 5	0,36 1	0,00 9	0,00 9	0,52 3	0,13 6	0,13 0	0,79 9	0,64 1	0,22 0	0,81 0	0,43 5	0,69 8	0,45 8	0,89 8	0,74 0	0,85 7	0,86 0	0,93 3	0,94 8	0,95 4	0,93 4	0,93 3	1	0,82 3	0,21 4	0,89 2	0,37 6	0,38 3	0,34 7
Age (an)	0,37 0	0,09 7	0,34 1	0,23 5	0,23 5	0,17 3	0,31 0	0,33 0	0,57 0	0,84 8	0,00 3	0,96 8	0,30 4	0,90 6	0,67 9	0,86 2	0,93 6	0,84 1	0,82 0	0,86 1	0,88 3	0,83 8	0,85 7	0,85 1	0,82 3	1	0,11 5	0,85 8	0,24 8	0,64 6	0,15 1
Classe-1	0,81 4	0,95 1	0,67 3	0,53 8	0,53 7	0,94 4	0,71 4	0,68 6	0,73 1	0,28 2	0,97 5	0,19 4	0,61 2	0,45 8	0,63 3	0,23 6	0,36 8	0,31 6	0,30 4	0,15 0	0,10 8	0,07 2	0,14 2	0,14 6	0,21 4	0,11 5	1	0,25 0	0,25 0	0,25 0	0,25 0
Classe-2	0,63 5	0,01 3	0,68 0	0,25 9	0,25 9	0,08 2	0,46 1	0,44 0	0,45 0	0,76 1	0,22 9	0,88 2	0,14 9	0,89 5	0,74 0	1,00 0	0,89 7	0,99 4	0,99 4	0,99 5	0,98 9	0,98 0	0,99 3	0,99 3	0,89 2	0,85 8	0,25 0	1	0,25 0	0,25 0	0,25 0
Classe-3	0,34 2	0,17 1	0,32 1	0,27 3	0,27 3	0,34 2	0,49 5	0,53 1	0,44 6	0,29 3	0,35 4	0,43 4	0,38 0	0,31 7	0,44 9	0,25 2	0,36 8	0,18 9	0,30 0	0,26 4	0,31 1	0,23 7	0,24 1	0,24 4	0,37 6	0,24 8	0,25 0	0,25 0	1	0,25 0	0,25 0
Classe-4	0,08 3	0,37 4	0,13 4	0,64 3	0,64 1	0,34 2																									

Tableau 44.- Matrice de Pearson diagnose biométrique de l'ichtyofaune

Variables	P	LT	LS	P TD	P CD	LTD	Age	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20	
P(g)	1	0,980	0,981	0,985	0,921	0,956	0,447	0,150	0,399	0,413	0,083	0,058	0,360	0,289	0,196	0,205	0,281	0,121	0,079	0,208	0,153	0,207	0,202	0,203	0,194	0,195	0,171	
LT (cm)	0,980	1	0,996	0,993	0,871	0,942	0,483	0,121	0,361	0,332	0,164	0,147	0,304	0,284	0,210	0,232	0,273	0,198	0,141	0,201	0,181	0,232	0,207	0,247	0,224	0,207	0,144	
LS (cm)	0,981	0,996	1	0,993	0,858	0,937	0,469	0,111	0,338	0,314	0,158	0,108	0,332	0,312	0,200	0,238	0,294	0,208	0,119	0,253	0,179	0,238	0,208	0,223	0,200	0,194	0,140	
P TD (g)	0,985	0,993	0,993	1	0,887	0,938	0,498	0,150	0,349	0,373	0,122	0,094	0,316	0,275	0,201	0,227	0,264	0,233	0,163	0,227	0,160	0,227	0,208	0,214	0,195	0,193	0,186	
P CD (g)	0,921	0,871	0,858	0,887	1	0,928	0,349	0,120	0,551	0,610	0,052	0,017	0,237	0,067	0,148	0,178	0,148	0,079	0,027	0,184	0,135	0,180	0,163	0,167	0,178	0,155	0,146	
LTD (cm)	0,956	0,942	0,937	0,938	0,928	1	0,436	0,008	0,435	0,449	0,113	0,074	0,356	0,169	0,240	0,232	0,189	0,090	0,061	0,223	0,005	0,260	0,215	0,248	0,231	0,213	0,076	
Age (an)	0,447	0,483	0,469	0,498	0,349	0,436	1	0,194	0,194	0,335	0,335	0,018	0,159	0,335	0,159	0,194	0,194	0,018	0,512	0,018	0,159	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	
T1	0,150	0,121	0,111	0,150	0,120	0,008	0,194	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
T2	0,399	0,361	0,338	0,349	0,551	0,435	0,194	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
T3	0,413	0,332	0,314	0,373	0,610	0,449	0,335	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
T4	0,083	0,164	0,158	0,122	0,052	0,113	0,335	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
T5	0,058	0,147	0,108	0,094	0,017	0,074	0,018	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053
T6	0,360	0,304	0,332	0,316	0,237	0,356	0,159	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T7	0,289	0,284	0,312	0,275	0,067	0,169	0,335	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T8	0,196	0,210	0,200	0,201	0,148	0,240	0,159	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T9	0,205	0,232	0,238	0,227	0,178	0,232	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T10	0,281	0,273	0,294	0,264	0,148	0,189	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T11	0,121	0,198	0,208	0,233	0,079	0,090	0,018	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T12	0,079	0,141	0,119	0,163	0,027	0,061	0,512	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T13	0,208	0,201	0,253	0,227	0,184	0,223	0,018	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T14	0,153	0,181	0,179	0,160	0,135	0,005	0,159	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T15	0,207	0,232	0,238	0,227	0,180	0,260	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	
T16	0,202	0,207	0,208	0,208	0,163	0,215	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	0,053	
T17	0,203	0,247	0,223	0,214	0,167	0,248	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	0,053	
T18	0,194	0,224	0,200	0,195	0,178	0,231	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	0,053	
T19	0,195	0,207	0,194	0,193	0,155	0,213	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	0,053	
T20	0,171	0,144	0,140	0,186	0,146	0,076	0,194	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	0,053	1	

Figure 35.- Ecailles de tilapia sous microscope

