

République Algérienne Démocratique et Populaire
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
وزارة التعليم العالي و البحث العلم

Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie

المدارس الوطنية للعلوم الزراعية

El Harrach



Thèse

Présentée par

DJEZZAR Miliani

En vue de l'obtention du diplôme de

Doctorat

En sciences agronomiques

Spécialité : Zoologie agricole et forestière

THEME

Biodiversité et diagnose piscicole de trois lacs de barrages

du haut Cheliff (Ain-Defla, Algérie) :

Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Bentaïba

Soutenue publiquement le 08 Mars 2015

Devant le jury composé de :

Mme. DOUMANDJI-MITICHE BAHIA	Président :	Professeur	(ENSA Alger)
Mr. DOUMANDJI SALAH EDDINE	Directeur de thèse :	Professeur	(ENSA Alger)
Mr. MEZIANE TARIK	Co-directeur de thèse :	Professeur	(MNHN Paris France)
Mme. GUENDOZ-BENRIMA ATIKA	Examineur :	Professeur	(USDB Blida)
Mr. ZOUAKH DJAMEL EDDINE	Examineur :	Maitre de conférences	(EPSNV Alger)
Mr. HAMMACHE MILOUD	Examineur :	Maitre de conférences	(ENSA Alger)

Année universitaire 2014/2015.

J'ai toujours dit :

« Je préfère être un pessimiste heureux que d'être un optimiste malheureux »

Miliani, à ceux qui se reconnaissent

Dédicaces

Je dédie ce travail :

A

Mes chers parents que je ne saurais remercier suffisamment. Leur présence a toujours été un réconfort pour nous tous.

A

Mes enfants, qui, lors de ma première thèse, aimaient bien être appelés, « Youcef El Nowbel, Zaki El awel et Toufik El Nawel » et que j'aimerais tant qu'ils réussissent.

A

Sabiha ma femme, pour sa présence son soutien moral et sa confiance

Remerciements

Au terme de ce travail, J'aimerais tout d'abord exprimer ma reconnaissance envers mon directeur de thèse, Monsieur Salah Eddine DOUMANDJI, Professeur et zoologiste de renom à l'ENSA d'El-Harrach, pour ses orientations et ses encouragements faits avec toute la rigueur scientifique durant toute cette période de thèse. Qu'il sache que, l'attention qu'il porte à ses étudiants et à la science ne peut être exprimée par les mots ; elle constitue par contre, un modèle en soit pour nous tous. Encore une fois merci.

Ma reconnaissance est aussi exprimée à Monsieur Tarik MEZIANE, co-directeur de thèse, Professeur au MNHN de Paris et responsable de l'équipe 5 BOREA, pour m'avoir accueilli et m'avoir permis, pendant mes séjours dans son laboratoire, d'aborder la science sous un autre angle. J'ai découvert les isotopes naturels stables et la face cachée du fonctionnement des écosystèmes, que malheureusement je n'ai pu exposer dans cette thèse pour des raisons multiples, mais que je compte reprendre ultérieurement. Qu'il sache que, tous ceux qui ont côtoyé son équipe, et j'en fais partie, témoignent de sa sagesse, de son volontarisme et surtout de ses compétences scientifiques.

Je tiens à remercier Madame Bahia DOUMANDJI-MITICHE B., professeur à l'ENSA d'El-Harrach, d'avoir accepté de présider le jury et de m'avoir encouragé tout au long de cette thèse.

Mes remerciements vont :

Au professeur Atika GUENDOUZE-BENRIMA, Doyenne de la faculté de biologie, d'agronomie et des sciences vétérinaires de l'université de Blida, pour avoir accepté d'examiner cette thèse malgré ses lourdes tâches administratives.

Au Docteur Miloud HAMMACHE, Maître de conférences à l'ENSA d'El-Harrach, qui malgré son emploi du temps chargé, a accepté d'examiner cette thèse.

Au Docteur Djamel Eddine ZOUAKH, ancien directeur de l'ENSSMAL d'Alger, actuellement Maître de conférences à l'EPSNV d'Alger, d'avoir répondu favorablement à l'examen de cette thèse et surtout de m'avoir soutenu pour sa finalisation.

Mes sincères remerciements s'adressent au directeur et au personnel du laboratoire central de l'ANRH de Bir Mourad Rais d'Alger, en particulier à Mme TIENTI Nassima et Mme

Moufida qui m'ont prêté main forte lors de la réalisation des analyses physico-chimiques. Je leur souhaite une bonne continuation dans leur vie active.

Je tiens également à adresser mes remerciements aux responsables de l'ANBT et aux chefs d'exploitations des trois barrages, Ghrib, Harreza et Sidi m'Hamed Ben Taïba, qui m'ont facilité l'accès aux trois sites et surtout pour leurs esprits scientifiques et collaboratif.

J'adresse également mes remerciements à toute l'équipe du laboratoire « Eau-Roche-Plante » de l'université de Khemis-Miliana et au Professeur MOKABLI Aissa, doyen de la faculté des SNV, pour sa compréhension et ses encouragements. Je dis merci à Mr KARAHACANE Tahar pour toute son aide durant la réalisation de cette thèse et à l'occasion de sa soutenance j'en profite de lui adresser mes félicitations.

Sans l'aide des pêcheurs ce travail n'aurait pu se concrétiser donc je les remercie pour toutes leurs volontés et leurs aides dans la réalisation de cette thèse. A Abdallah BOUZIANE le pêcheur qui m'a accompagné durant toutes les sorties et qui a supporté toutes les vagues dangereuses et leurs ressacs lors des orages et pluies et qui a sillonné avec moi toutes les rives des trois barrages à pieds, je dois dire qu'il faut le faire, car l'échantillonnage des invertébrés rivulaires était vraiment pénible, je lui dis chapeau et merci, de toute manière j'espère que prochainement on va reprendre le boulot.

Je remercie les enseignants de l'université de Khemis-Miliana qui m'ont encouragé. Ceux qui n'ont pas encore goûté à mes poissons, en particulier le sandre, alors je leur dit probablement une autre fois.

Je ne saurais m'en passer de citer le Docteur AEK ROUABAH, Ichtyologiste de renom à l'université de Khemis-Miliana, qui a été mon premier professeur et initiateur au monde aquatique et à la reproduction contrôlée chez les poissons ; mes remerciements lui sont adressés.

Je remercie le Professeur LOUNACI A., spécialiste des invertébrés d'eau douce à l'université de Tizi Ouzou, pour les conseils qu'il m'a prodigués en matière de Benthologie. J'avais souhaité sa participation dans cette thèse, hélas les circonstances ont décidé autrement. Mes remerciements lui sont adressés.

Je tiens également à remercier tous les membres de l'équipe BOREA du MNHN, Dr. Cédric HUBAS et Dr. Dominique LAMY pour certains éclaircissements techniques que j'ai pu déceler à travers nos discussions. Mes remerciements vont particulièrement au Docteur Hervé RYBARCZYK qui m'a initié aux bases des statistiques et aux statistiques avec R, ce qui m'a permis d'aborder la science autrement. La patience c'est son fort et à travers les discussions

qu'on a eues je ne garde que de bons souvenirs. Je dois te dire que les premiers cours sur du papier brouillon, je les gardes et que je vois toujours cette station d'épuration sur la gourde. Saches que j'aurais aimé que tu fasses partie de mon jury hélas les circonstances ne l'ont pas permis.

Je remercie également le Dr Daniele DEFAY pour avoir pris le temps de m'initier à l'identification des copépodes.

Puisque nous somme à Paris, alors j'en profite pour remercier Zakia et Yakoub TURAN de m'avoir accueilli chez eux. Au fait c'était chez moi bien sur sans que je n'oublie que j'étais chez eux... ! Je n'oublierais pas les pièces jouées, les histoires imaginaires racontées et les promenades avec jerenimos, oh pardon, Jeremy. Zaccarie, toi, c'est toute une autre histoire pleine d'intuition communicative. C'est ce qui fait ton originalité ; je pense que la peur de ce monde t'empêche surement de venir le côtoyer... ! Courage pour ton 1^{er} pas, nous sommes avec toi.

La mami et le papi TURAN on s'en souviendra de vos fruits, merci pour votre accueil à Besançon.

Je remercie Djazia et Lissane HERAOUI pour leur accueil, sans oublier Naziha et Djabir ; je garde toujours de bons souvenirs de mes passages chez vous à Asnières.

Ne croyez surtout pas que j'ai oublié mon SPA qui ne s'est jamais séparé de moi ; même pas une minute de répit, c'est une lutte permanente. Je la remercie tout de même, mais qu'elle sache qu'elle me rend la vie très pénible.

Dans toute cette histoire je n'oublierais jamais ma bande, ma femme et mes trois mousquetaires qui m'accompagnent depuis une belle lurette et qui tâtent, en continue, toutes les fluctuations atmosphériques de cette thèse qui fait partie de notre vie. Mes chaleureux remerciements leurs sont adressés et qu'ils sachent que le chemin que j'ai fait, n a pas été facile pour moi car il fallait lutter sur tout les fronts et c'est pour cette raison que je voudrais que ceci leurs sert de model pour aller au-delà de leurs rêves. Je vous demande alors de tenir bon. Sachez que l'ambiance que vous génériez avec Karim (ps3), Adam (eddinator), Rafik et notre ami Nassim (d'akbooooo) ne me gênait du tout pas. Au contraire elle me manque.

Je remercie également mes sœurs, Djamilia, Rafika, Nassima, Zakia et Hassiba, où chacune d'elles à apporter sa touche personnelle pour marquer cette phase cruciale de notre vie, où cette thèse en faisait partie. Qu'elles sachent que je m'en souviendrais... !

Je crois que j'ai fait le tour. S'il y a des personnes qui ont contribué de près ou de loin et que j'ai omis de citer qu'ils reçoivent tous mes remerciements.

Le Cheliff

« Selef est un grand fleuve qui sourd aux montagnes de Guanseris et, descendant par les plaines désertes (qui sont là où le royaume de Telenisis confine avec celui de Tenez) passe outre, continuant son cours jusqu'à ce qu'il vient à entrer dans la mer Méditerranée, séparant Mezzagran d'avec Mostaganim ; A la bouche d'icelui, quand il se jette dans la mer, se prend bons poissons et de diverses espèces ».

Léon l'africain (de l'Afrique 1556)

Sommaire

Liste des tableaux	g
Liste des figures	m
INTRODUCTION.....	1
Chapitre I - Généralités sur le bassin hydrographique du Haut Cheliff.....	5
1.1. - Cadre juridique et découpage territoriale.....	5
1.2. - Bassin hydrographique Cheliff-Zahrez et consistance territoriale.....	6
1.3. - Situation géographique du Haut Cheliff	7
1.4. – Géomorphologie.....	9
1.5. - Climatologie.....	10
1.6. - Réseau hydrographique et potentialité hydriques	11
1.6.1. - Oued Cheliff.....	11
1.6.2. - Barrages et retenus collinaires	12
1.6.3. - Périmètre irrigué	13
1.6.4. - Evolution de la demande en eau d'irrigation.....	13
1.6.5. - Envasement des barrages	13
1.7. - Biodiversité et pisciculture	14
1.7.1. - Couvert végétal et activités agricoles	14
1.7.2. - Faune aquatique	15
1.7.3. - Activité piscicole	15
1.7.4. - Plan de développement aquacole	16
Chapitre II. - Matériel et méthodes	17
2.1. - Sites d'études	17
2.1.1. - Le barrage de Ghrib	18
2.1.2. - Le barrage de Harreza.....	18
2.1.3. - Le barrage de Sidi m'Hamed Ben Taïba (Smbt)	19

Sommaire

2.2. - Critères de choix des trois lacs de barrages	20
2.3. - Choix des stations et échantillonnages	21
2.4. – Hydrologie.....	21
2.5. - Physico-chimie des eaux	21
2.5.1. - Eaux de surface	21
2.5.2. - Colonne d'eau, profil vertical thermique et oxygénique	22
2.6. - Relevés faunistiques.....	22
2.6.1. – Zooplancton.....	22
2.6.1.1. - Echantillonnage et conservation	22
2.6.1.2. - Identification et dénombrement	23
2.6.2. – Zoobenthos	23
2.6.2.1. - Echantillonnage.....	23
2.6.2.2. - Fixation, lavage et conditionnement	24
2.6.2.3. – Identification et dénombrement	25
2.6.3. - Ichtyofaune	25
2.6.3.1. - Echantillonnage.....	25
2.6.3.2. - Fréquence d'échantillonnage	26
2.6.3.3. - Collecte de données et traitement des produits de pêche.....	26
2.7. - Structure des communautés lacustres	26
2.7.1. - Richesse spécifique (S)	27
2.7.2. Abondance relative.....	27
2.7.3. - Indice de fréquence (IF).....	27
2.7.4. - Indices de diversité	28
2.7.4.1. - Indice de Shannon-Wiener.....	28
2.7.4.2. - Indice d'équitabilité de Piélou J'	29
2.7.4.3. - Indice de Simpson.....	29
2.7.4.4. - Indice de diversité de Hill	30

Sommaire

2.8. - Dynamique des populations ichtyiques	30
2.9. - Traitement des données.....	31
Chapitre III - Résultats relatifs à la biodiversité et la diagnose piscicole	32
3.1. - Régime hydrologique.....	32
3.2. - Caractères physico-chimiques des eaux des trois barrages.....	34
3.2.1. – Température	34
3.2.1.1. - Bilan hydrothermique	34
3.2.1.2. - Profile Hydrothermique	36
3.2.2. - Oxygène dissous	37
3.2.2.1. - Bilan oxygénique	37
3.2.2.2. - Profil oxygénique.....	40
3.2.3. – pH.....	42
3.2.4. - Conductivité électrique	44
3.2.5. - Matière organique	45
3.2.6. - Chlorophylle a (Chl- <i>a</i>).....	48
3.2.7. – Turbidité.....	50
3.2.8. - DBO5	51
3.2.9. – DCO	54
3.2.10. – Nutriments.....	56
3.2.10.1. - Ion ammonium (NH ₄ ⁺).....	56
3.2.10.2. - Nitrites (NO ₂).....	57
3.2.10.3. - Nitrates (NO ₃)	58
3.2.10.4. - Phosphates (PO ₄)	59
3.2.11. – Cations et anions	61
3.2.11.1. - Sulfates (SO ₄).....	61
3.2.11.2. - Hydrocarbonates (HCO ₃).....	62
3.2.11.3. - Silice (SiO ₂)	63

Sommaire

3.2.11.4. - Sodium (Na).....	64
3.2.11.5. - Potassium (K).....	65
3.2.11.6. - Magnésium (Mg)	66
3.2.11.7. - Calcium (Ca).....	67
3.2.11.8. - Chlore (Cl)	68
3.3. - Biodiversité des trois barrages	69
3.3.1. - Composition taxonomique des peuplements lacustres	69
3.3.2. - Structure d'assemblages faunistiques	73
3.3.2.1. – Zooplancton.....	73
3.3.2.1.1. - Richesse spécifique et abondance.....	74
3.3.2.1.2. - Analyse indicielle.....	74
3.3.2.1.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques	75
3.3.2.1.3.1. – Barrage Ghrib.....	75
3.3.2.1.3.1.1. – Richesse spécifique et abondance	75
3.3.2.1.3.1.2. – Fréquences d'occurrences et dominances	77
3.3.2.1.3.1.3. – Indice de biodiversité	79
3.3.2.1.3.2. – Barrage Harreza.....	81
3.3.2.1.3.2.1. – Richesse spécifique et abondance	81
3.3.2.1.3.2.2. – Fréquences d'occurrences et dominances	82
3.3.2.1.3.2.3. – Indices de biodiversité.....	85
3.3.2.1.3.3. – Barrage Sidi M'Hamed Ben Taiba (Smbt).....	86
3.3.2.1.3.3.1. – Richesse spécifique et abondance	86
3.3.2.1.3.3.2. – Fréquences d'occurrences et dominances	87
3.3.2.1.3.3.3. – Indices de biodiversité.....	89
3.3.2.2. - Zoobenthos.....	90
3.3.2.2.1. - Richesse spécifique et abondance.....	91
3.3.2.2.2. - Analyse indicielle.....	92

Sommaire

3.3.2.2.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques	92
3.3.2.2.3.1. - Barrage Ghrib.....	93
3.3.2.2.3.1.1. - Richesse spécifique et abondance	93
3.3.2.2.3.1.2. - Fréquences d'occurrences et dominances	94
3.3.2.2.3.1.3. - Indice de biodiversité	98
3.3.2.2.3.2. - Barrage Harreza	99
3.3.2.2.3.2.1. - Richesse spécifique et abondance	99
3.3.2.2.3.2.2. - Fréquences d'occurrences et dominances	100
3.3.2.2.3.2.3. - Indices de biodiversité	104
3.3.2.2.3.3. - Barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt)	105
3.3.2.2.3.3.1. - Richesse spécifique et abondance	105
3.3.2.2.3.3.2. - Fréquences d'occurrences et dominances	106
3.3.2.2.3.3.3. - Indices de biodiversité	109
3.3.2.3. - Ichtyofaune	110
3.3.2.3.1. - Richesse spécifique et abondance	110
3.3.2.3.2. - Analyse indicielle.....	111
3.3.2.3.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements Ichtyiques.....	112
3.3.2.3.3.1. - Barrage Ghrib.....	112
3.3.2.3.3.1.1 - Richesse spécifique et abondance	112
3.3.2.3.3.1.2 - Fréquences d'occurrences et dominances	113
3.3.2.3.3.1.3 - Indice de biodiversité.....	115
3.3.2.3.3.2. - Barrage Harreza	116
3.3.2.3.3.2.1 - Richesse spécifique et abondance	116
3.3.2.3.3.2.2 - Fréquences d'occurrences et dominances	117
3.3.2.3.3.2.3 - Indice de biodiversité.....	119
3.3.2.3.3.3. - Barrage Smbt	120
3.3.2.3.3.3.1 - Richesse spécifique et abondance.....	120

Sommaire

3.3.2.3.3.2 - Fréquences d'occurrences et dominances	121
3.3.2.3.3.3 - Indice de biodiversité.....	123
3.4. - Fonctionnement des écosystèmes aquatiques et réseaux trophiques	124
3.4.1. - Physico-chimie.....	124
3.4.2. – Biodiversité et répartition spatiale de l'ichtyofaune	126
Chapitre IV - Discussion	128
4.1. – Discussion sur l'hydrologie.....	128
4.2. - Physico-chimie des eaux.....	130
4.3. - Régime thermique	130
4.4. - Régime oxygénique	132
4.5. - Composantes physico-chimiques et biologiques diverses	133
4.6. – Biodiversité	136
4.6.1. – Zooplancton.....	136
4.6.2. – Zoobenthos	137
4.6.3. - Icthyofaune et diagnose piscicole	140
Conclusion.....	144
ANNEXE	164
Résumé.....	200
Article:.....	202
INFLUENCE OF HYDROLOGIC REGIME ON ZOOPLANKTONIC DIVERSITY OF HARREZA DAM (Haut-Cheliff) AIN DEFLA ALGERIA	203

Liste des tableaux

Tableau 1 - Sous bassins hydrographiques du Cheliff

Tableau 2 - Bassin versant du Haut Cheliff

Tableau 3 - Empoisonnement des barrages du Cheliff

Tableau 4 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Ghrib et de son bassin versant

Tableau 5 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Harreza et de son bassin versant

Tableau 6 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Smbt et de son bassin versant

Tableau 7 - Caractères différentiels des 3 lacs de barrages

Tableau 8 - Réserves en eau enregistrées entre 2009 et 2010 dans les trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt.

Tableau 9 - Températures mensuelles en °c (2009 et 2010), des eaux de surface des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 10 - Températures (T°c) des eaux de surface des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 11 - Profile hydrothermique (station S5) du Barrage Ghrib en 2010

Tableau 12 - Profile hydrothermique (station S5) du Barrage Harreza en 2010

Tableau 13 - Profile hydrothermique (station S5) du Barrage Smbt en 2010

Tableau 14 - Profondeur de la thermocline et épaisseur du Metalimnion dans la colonne d'eau des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Tableau 15 - Taux d'oxygène dissous (mg/l) dans les eaux des trois barrages (Ghrib, Harreza et Smbt) enregistrés en 2009 et 2010

Tableau 16 - Comparaisons multiples par paires (post-hoc) des taux d'oxygène dissous des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 17 - Profondeur de l'oxycline et hauteur de la colonne d'eau des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Tableau 18 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du Barrage Ghrib en 2010

Tableau 19 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du Barrage Harreza en 2010

Tableau 20 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du Barrage Smbt en 2010

Tableau 21 - Comparaisons multiples par paires des taux d'oxygène dissous, par rapport aux trois barrages, suivant la procédure de Dunn / Test bilatéral

Liste des tableaux

Tableau 22 - Profondeur du seuil hypoxique dans la colonne d'eau des trois barrages en 2010

Tableau 23 - Evolution spatiale (par station) et temporelle du pH des eaux des trois barrages (par Mois et par an): Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 24 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la conductivité (mS.cm-1) des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 25 - Comparaisons multiples par paires de la conductivité électrique des eaux du barrage Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Tableau 26 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la MO des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 27 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO, suivant la procédure de Dunn

Tableau 28 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO des stations de Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Tableau 29 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO des stations de Ghrib, suivant la procédure de Newman-Keuls (95%)

Tableau 30 - Taux de Chl-a des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 31 - Comparaisons multiples par paires des teneurs en Chl-a des barrages Ghrib, Harreza et Smbt, suivant la procédure de Dunn

Tableau 32 - Turbidité de l'eau dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 33 - Comparaisons multiples par paires de la turbidité de l'eau des trois barrages, suivant la procédure de Dunn

Tableau 34 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la DBO5 des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 35 - Comparaisons multiples par paires de la DBO5 des eaux des stations du barrage Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Tableau 36 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la DCO des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 37 - Comparaisons multiples par paires de la DCO des eaux des trois barrages suivant la procédure de Dunn

Tableau 38 - Taux de NH₄⁺ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Tableau 39 - Comparaisons multiples par paires des taux de NH₄⁺ suivant la procédure de Dunn

Tableau 40 - Taux de NO₂ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Liste des tableaux

- Tableau 41** - Comparaisons multiples par paires des taux de NO₂, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 42** - Taux de NO₃ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 43** - Comparaisons multiples par paires des taux de NO₃, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 44** - Taux de PO₄ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 45** - Comparaisons multiples par paires, des taux de PO₄ dans les trois barrages, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 46** - Taux de SO₄ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 47** - Comparaisons multiples par paires, des taux de SO₄, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 48** - Taux de HCO₃ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 49** - Taux de SiO₂ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 50** - Taux de Na des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 51** - Comparaisons multiples par paires des teneurs de Na dans les trois barrages suivant la procédure de Dunn
- Tableau 52** - Taux de K des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 53** - Comparaisons multiples par paires des taux de K, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 54** - Taux de Mg des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 55** - Comparaisons multiples par paires des taux de K, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 56** - Taux de Ca des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 57** - Comparaisons multiples par paires des taux de Ca, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 58** - Taux de Cl des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 59** - Comparaisons multiples par paires des taux de Ca, suivant la procédure de Newman-Keuls (SNK), avec Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%
- Tableau 60** - Peuplements zooplanctoniques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt.
- Tableau 61** - Peuplements zoobenthiques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 62** - Peuplements ichtyiques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Liste des tableaux

- Tableau 63** - Richesse spécifique et abondance totale cumulée des espèces zooplanctoniques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 64** - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 65** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques dans les stations du barrage Ghrib
- Tableau 66** - Dominance des espèces dans les stations du barrage Ghrib
- Tableau 67** - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Ghrib
- Tableau 68** - Indices de diversité des espèces planctoniques du barrage Ghrib par station et par année
- Tableau 69** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques des stations du barrage Harreza
- Tableau 70** - Dominance des espèces dans les stations du barrage Harreza
- Tableau 71** - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Harreza
- Tableau 72** - Indices de diversité des espèces zooplanctoniques du barrage Harreza par station et par année
- Tableau 73** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques des stations du barrage Smbt
- Tableau 74** - Dominance des espèces dans les stations du barrage Smbt
- Tableau 75** - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Smbt
- Tableau 76** - Indices de diversité des espèces zooplanctoniques du barrage Harreza par station et par année
- Tableau 77** - Richesse spécifique et abondance totale cumulée des espèces zoobenthiques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 78** - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 79** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib durant la période d'étude
- Tableau 81** - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib
- Tableau 82** - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib

Liste des tableaux

- Tableau 80** - Comparaisons multiples par paires de l'abondance du zoobenthos des 5 stations du barrage Ghrib, suivant la procédure de REGW, avec Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%
- Tableau 83** - Indices de diversité des espèces planctoniques du barrage Ghrib par station et par année
- Tableau 84** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques des stations du barrage Harreza au cours de la période d'étude
- Tableau 85** - Analyse des différences entre les stations du barrage Harreza par le test REGWQ, avec un intervalle de confiance à 95%
- Tableau 86** - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Harreza
- Tableau 87** - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Harreza
- Tableau 88** - Indices de diversité des espèces zoobenthiques du barrage Harreza par station et par année
- Tableau 89** - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques des stations du barrage de Smbt au cours des deux années
- Tableau 90** - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Smbt
- Tableau 91** - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Smbt
- Tableau 92** - Comparaisons multiples par paires des peuplements zoobenthiques des stations du barrage Smbt, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 93** - Indices de diversité des espèces zoobenthiques du barrage Smbt par station et par année
- Tableau 94** - Ichtyofaune des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 95** - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des espèces Ichtyiques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 96** - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) de l'ichtyofaune des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
- Tableau 97** - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des populations ichtyiques dans les stations du barrage Ghrib
- Tableau 98** - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Ghrib, suivant la procédure de Dunn
- Tableau 99** - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichtyiques dans les stations du barrage Ghrib

Liste des tableaux

Tableau 100 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Ghrib

Tableau 101 - Indices de diversité des espèces ichtyiques des stations du barrage Ghrib

Tableau 102 - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des populations ichtyiques dans les stations du barrage Harreza

Tableau 103 - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Harreza, suivant la procédure de Dunn

Tableau 104 - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichtyiques dans les stations du barrage Harreza

Tableau 105 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Harreza

Tableau 106 - Indices de diversité des espèces ichtyiques des stations du barrage Harreza

Tableau 107 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations ichtyiques des stations du barrage Smbt

Tableau 108 - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Smbt, suivant la procédure de REGWQ

Tableau 109 - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichtyiques dans les stations du barrage Smbt

Tableau 110 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Smbt

Tableau 111 - Indices de diversité des espèces ichtyiques des stations du barrage Smbt

Liste des figures

Figure 1 - Cinq bassins hydrographiques d'Algérie (BOUCHEDJA 2012)

Figure 2 - Bassin hydrographique du Haut Cheliff

Figure 3 - Situation géographique des trois lacs de barrages (Ghrib, Harreza et Smbt) et réseau hydrographique Haut Cheliff W. Ain-Defla.

Figure 4 - Raclette à benthos (type Haveneau).

Figure 5 - Variabilité annuelle des niveaux d'eau des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Figure 6 - Fluctuation des volumes d'eaux dans les barrages de Ghrib, de Harreza et de Smbt. AJan à ADec : Mois de l'an 2009 ; BJan à BDec : Mois de l'an 2010

Figure 7 a, b - Variabilité annuelle des apports d'eau en hm^3 (a) et quantités annuelles cumulées en hm^3 (b) dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Figure 8 - Variabilité des températures des eaux de surfaces (2009 et 2010) des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Figure 9 - Variabilité des températures annuelles des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt. A : an 2009 ; B : an 2010

Figure 10 - Variabilité de la température dans les 5 stations des trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt. S1 à S5 : Stations

Figure 11 a, b, c - Profil hydrothermique des trois barrages : Ghrib (a), Harreza (b) et Smbt (c) ; (p= Profondeur).

Figure 12 - Variabilité des taux d'oxygène dissous dans les trois barrages durant 24 mois : Ghrib, Harreza et Smbt.

Figure 13 - Régime oxygénique annuel des eaux de surface des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt. A : 2009 ; B : 2010 ; J à D : 12 mois de l'année ; 1 à 5 : Stations de 1 à 5

Figure 14 - Variabilité annuelle (A : 2009 ; B : 2010) des taux d'oxygène dissous dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Figure 15 - Variabilité des taux d'oxygène dissous dans les 5 stations des trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; 1 à 5 : Stations de 1 à 5

Figure 16 a, b, c - Profil oxygénique des trois barrages : Ghrib (a), Harreza (b) et Smbt (c) ; (p= Profondeur ; S= seuil critique 5mg/l, pour la vie aquatique).

Figure 17 - Variabilité du pH dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Liste des figures

- Figure 18 a, b** - Variabilité du pH des eaux dans les 5 stations (a) et entre les deux années (2009 et 2010) dans les trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010; 1 à 5: Stations de 1 à 5
- Figure 19** - Variabilité de la conductivité électrique dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt
- Figure 20 a, b** - Variabilité de la conductivité électrique dans les cinq stations (a) et entre les deux années (b) des trois barrages. : G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010 ; 1 à 5: Stations de 1 à 5
- Figure 21** - Variabilité de la MO des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt
- Figure 22 a, b** - Variabilité de la MO dans les stations (a) et entre 2 ans (b) des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010; S1 à S5: Stations de 1 à 5
- Figure 23** - Variabilité des teneurs de Chl-a des eaux des trois barrages dans le temps. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010
- Figure 24** - Variabilité de la turbidité de l'eau au cours des deux années (2009 et 2010) dans les trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010
- Figure 25** - Variabilité de la DBO5 des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt
- Figure 26 a, b** - Variabilité spatiale (a) et temporelle (b) de la DBO5 des eaux des trois barrages durant la période 2009 et 2010. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009, B: An 2010; S1 à S5: Stations
- Figure 27** - Variabilité de la DCO des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt
- Figure 28 a, b** - Variabilité spatiale (a) et temporelle (b) de la DCO des eaux des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009, B: An 2010; S1 à S5: Stations
- Figure 29** - Variabilité temporelle des taux de NH_4^+ dans les trois barrages : G : Ghrib ; H: Harreza; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010
- Figure 30** - Variabilité temporelle des taux de NO_2 dans les trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010
- Figure 31** - Variabilité temporelle des taux de NO_3 dans les trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt
- Figure 32** - Variabilité temporelle des taux de PO_4 dans les trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt

Liste des figures

- Figure 33** - Variabilité temporelle des taux de SO_4 dans les trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010
- Figure 34** - Variabilité temporelle des taux de HCO_3 dans les trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010
- Figure 35** - Variabilité des teneurs des taux de SiO_2 des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010
- Figure 36** - Variabilité des teneurs des taux de Na des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010
- Figure 37** - Variabilité des teneurs des taux de K des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010
- Figure 38** - Variabilité des teneurs des taux de K des eaux des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010
- Figure 39** - Variabilité des teneurs des taux de Ca des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010
- Figure 40** - Variabilité des teneurs des taux de Cl des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010
- Figure 41 a, b** - Variabilité de la constance des espèces zooplanctoniques (a) et leur répartition spatio-temporelle dans le barrage Ghrib (b). A : An 2009 ; B : An 2010; S1 à S5: Stations
- Figure 42 a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Ghrib, par la classification hiérarchique ascendante (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. A : An 2009 ; B : An 2010; S1 à S5: Stations
- Figure 43 a, b** - Niveau de constance des espèces zooplanctoniques (a) et variabilité de leurs abondances (b). AS : stations de 1à 5 en 2009 ; BS : stations de 1à5 en 2010
- Figure 44a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Harreza, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. AS : stations de 1à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010
- Figure 45 a, b** - Niveau de constance des espèces zooplanctoniques (a) et variabilité de leurs abondances (b). AS : stations de 1à 5 en 2009 ; BS : stations de 1à5 en 2010
- Figure 46 a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Smbt, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. AS : stations de 1à 5 en 2009 ; BS : stations de 1à5 en 2010
- Figure 47 a, b** - Niveau de constance des espèces zoobenthiques du barrage Ghrib (a : 1^{ère} année ; b : 2^{ème} année)
- Figure 48 a, b** - Variabilité de la constance des espèces zoobenthiques (a) et leur répartition spatio-temporelle (b), dans le barrage Ghrib. A : An 2009 ; B : 2010 ; S1 à S5 : Stations

Liste des figures

- Figure 49 a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques du barrage Ghrib, par la classification hiérarchique ascendante CAH (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. A : An 2009 ; B : 2010 ; S1 à S5 : Stations
- Figure 50 a, b** - Niveaux de constances des espèces zoobenthiques du barrage Harreza : (a) année 2009 ; (b) année 2010
- Figure 51 a, b** - variabilité de l'abondance (a) des niveaux de constance spatio-temporel (b), des espèces zoobenthiques du barrage Harreza. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010.
- Figure 52 a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques du barrage Harreza par une CAH, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. A : Année 2009 ; B : Année 2010 ; S1 à S5 : Stations.
- Figure 53 a, b** - Niveaux de constances des espèces zoobenthiques du barrage Smbt. (a) : année 2009 ; (b) année 2010
- Figure 54 a, b** - variabilité de l'abondance (a) des Niveaux de constance spatio-temporel (b) des espèces zoobenthiques du barrage Smbt. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010.
- Figure 55 a, b** - Répartition spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques du barrage Smbt par une CAH, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année.
- Figure 56 a, b** - Répartition spatiale des peuplements ichthyiques du barrage Ghrib par une CAH de la fréquence (a) et de l'abondance (b). S1 à S5 : Stations
- Figure 57** - Taux de capture mensuels des espèces ichthyiques du barrage Ghrib
- Figure 58 a, b** - Répartition spatiale des peuplements ichthyiques du barrage Harreza par une CAH de la fréquence (a) et de l'abondance (b). S1 à S5 : Stations
- Figure 59** - Taux de captures mensuels des espèces ichthyiques du barrage Harreza
- Figure 60** - Répartition spatiale des peuplements ichthyiques du barrage Smbt par une CAH de la fréquence. S1 à S5 : Stations
- Figure 61** - Taux de captures mensuels des espèces ichthyiques du barrage Smbt
- Figure 62 A, B, C** - Interactions des facteurs physico-chimiques par l'ACP dans les trois barrages : Ghrib (A1 : 1^{ère} année, A2 : 2^{ème} année), Harreza (B1 : 1^{ère} année, B2 : 2^{ème} année) et Smbt (C1 : 1^{ère} année, C2 : 2^{ème} année)
- Figure 63 A, B, C** - Interactions entre la biodiversité et les facteurs physico-chimiques par l'ACP dans les trois barrages : Ghrib (A), Harreza (B) et Smbt (C)

INTRODUCTION

L'Algérie compte actuellement plus d'une centaine de réservoirs constitués par 72 barrages et plusieurs retenues collinaires (ANBT, 2008; SI YOUCEF, 2013; KAZI *et al.*, 2014). Ces réservoirs sont conçus principalement pour améliorer les potentialités hydriques du pays afin d'assurer aux populations une alimentation en eau potable et une disponibilité en eau d'irrigation nécessaire à une agriculture qui ne cesse de se développer pour répondre aux besoins des populations. En l'an 2000, les ressources en eau prélevées sont estimées à 6.074 millions de m³, dont 3 938 millions de m³ pour l'irrigation (65 %), 1.335 millions de m³ pour des usages domestiques (22 %) et 801 millions de m³ pour l'industrie (13 %) (SEMID, 2005). La superficie irriguée en petite et moyenne hydraulique a progressé de 180 %, passant de 350.000 hectares en 2000 à 980.000 ha en 2011 (SI YOUCEF, 2013). En Algérie, l'eau est une ressource fondamentalement préoccupante du fait de sa rareté et du développement économique et sociale désordonné. Cela entraîne une suite de problèmes de gestion au sens large : pertes, gaspillages, traitements aléatoires, dégradations et manque de protection de la ressource, qui s'ajoutent aux conditions naturelles défavorables (BOUDJADJA *et al.*, 2003). Ces dernières, liées surtout à un climat méditerranéen majoritairement aride et semi aride à très bas potentiel pluviométrique (SI YOUCEF, 2013), où les ressources en eau sont inégalement réparties : - sur l'ensemble tellien qui représente 4 % du territoire, l'amplitude pluviométrique varie de 350 à 1100 mm/an, - sur les hauts plateaux qui occupent 9 % du territoire, la pluviométrie varie de 350 à 100 mm/an alors - qu'au Sahara qui représente 87 % du territoire, moins de 100 mm/an de pluviométrie sont enregistrés. Finalement, 90 % des ressources en eau sont produites dans des bassins couvrant à peine le dixième du territoire algérien. A cela s'ajoute une sécheresse qui dure depuis plus de 25 ans dont l'impact s'aperçoit entre autres sur les régimes des écoulements des cours d'eau et le niveau de remplissage des réservoirs de barrages (SI YOUCEF, 2013). Ces réservoirs d'eau ou barrages qui se trouvent réparties à 80 % dans les zones à climat semi-aride, constituent donc un investissement stratégique à long terme du moment que divers objectifs sont visés, dont les plus importants sont la sécurité en matière d'eau mobilisable et le développement régional dans toutes ses formes, pour une population prévisionnelle estimée à 42.500.000 habitants

Introduction

d'ici l'horizon 2025 (SEMID, 2005; SI YOUCEF, 2013). Dans un objectif d'exploiter la ressource biologique, piscicole en particulier, ces réservoirs d'eau qui sont considérés comme des écosystèmes, sans pour autant que leurs réseaux trophiques et leurs fonctionnement soient complètement identifiés, font l'objet d'exploitation halieutique empirique, par l'introduction de diverses espèces de poissons qui rentrent dans le cadre du programme de développement de la pêche et de l'aquaculture fixé par le ministère de la pêche et des ressources halieutiques (CHALABI, 2005; BACHA *et al.*, 2007, ZOUAKH et MEDDOUR 2007; KARA, 2012 et OULD ROUIS *et al.*, 2012 et). Ces barrages, contrairement aux lacs naturels, où la morphométrie (HAKANSON, 2005), la surface (WELCOMME, 1979; OBERDORFF *et al.*, 1995) et la profondeur (HOLMGREN et APPELBERG, 2000) ont un impact sur la biodiversité (VADEBONCOEUR *et al.*, 2002), ils apparaissent généralement plus pauvre en espèces en raison d'une plus faible hétérogénéité de l'habitat (KEAST et FOX, 1990 ; CHIPPS *et al.*, 1997). Les barrages subissent des fluctuations importantes de la profondeur, liées d'une part à la forte sédimentation (WHITE *et al.*, 1996 ; REMINI et REMINI, 2003) et d'autre part, aux marnages induits par les activités hydrauliques et hydrotechniques qui de plus, engendrent de fortes perturbations des zones rivulaires (GELWICK et MATTHEWS, 1990). Ces rives sont caractérisées par la biodiversité la plus élevée de ces réservoirs, où de nombreux organismes disposent de nourriture et de conditions propices à la réalisation de leur cycle biologique (BRIND'AMOUR *et al.*, 2005). Cependant, l'assèchement périodique de ces zones n'est pas sans conséquence sur les communautés de poissons (PEHLIVANOV, 1998; SCHULZ et YURISTA, 1999) généralement reconstituées par des introductions de Cyprinidés et de Percidés (BACHA et AMARA, 2007; KARA 2012). De plus, l'abondance des populations introduites est également dépendante de la pêche, parfois compensée par une réintroduction de juvéniles, et de la disponibilité en nutriments (WOOTTON, 1990; GERKING, 1994). Or, pour coloniser un réservoir, une population de poissons doit trouver des quantités suffisantes de ressources alimentaires le plus souvent présentes sur les berges (DE MERONA 1988; RUIZ, 1998). Les poissons introduits sont le plus souvent opportunistes et s'adaptent aux contraintes spécifiques de ce milieu (LEVEQUE, 1988; RUIZ, 1998). Parmi les Cyprinidés, les omnivores sont ceux qui s'adaptent le plus facilement aux changements des ressources disponibles provoqués par la transformation de l'habitat (DE MERONA 1988; VADAS, 1990). Les détritivores de ces lacs consomment principalement la pellicule organique déposée au fond ou sur les substrats (DE MERONA, 2005) tandis que les

Introduction

piscivores sont affectés par la fluctuation du stock de proies due à la modification continue de la surface de l'habitat disponible (RIEMAN et MYERS, 1992).

En Algérie, la faune zooplanctonique et piscicole lacustre ainsi que la biologie des espèces qui la compose sont relativement bien décrites dans les lacs de barrage à travers plusieurs travaux où nous citerons ceux de ROUABAH et GEORGE (1989) qui ont fait une synthèse des données biologiques dans la reproduction artificielle des cyprinidés, dans la station piscicole de Harreza, de SAMRAOUI *et al.*, (1998) sur les rotifères, les cladocères, les copépodes et les ostracodes d'Algérie, de ZOUAKH *et al.*, (2005) sur l'ichtyofaune, la macrofaune benthique et les peuplements zooplanctoniques des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili, de BACHA et AMARA (2007) sur les poissons des eaux continentales d'Algérie de CHERBI *et al.*, (2008) sur la distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen, de HAMAIDI *et al.*, (2008) sur les Rotifères de l'oued Chiffa, de CHERBI *et al.* (2008) sur la Distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen, de DJEZZAR et DOUMANDJI, (2008) sur la diversité des cladocères et la diagnose piscicole dans trois lacs de barrage de la région de Ain-Defla (Ghrib, Harreza et Sidi m' Hamed Bentaïba), de HAZEM *et al.*, (2009) sur l'étude de l'évaluation du peuplement zooplanctonique et physicochimique du lac Sidi M'hamed Benali de la wilaya de Sidi-Bel-Abbès, , de KARA (2012) sur les introductions des poissons dans les eaux intérieures et de DJEZZAR *et al.* (2014) sur l'influence du régime hydrologique sur la diversité zooplanctonique du barrage Harreza. Or peu de travaux ont porté sur la caractérisation faunistique globale et trophique entre les populations piscicoles introduites, la faune autochtone et les facteurs abiotiques. Le but de cette présente étude est de caractériser la diversité biologique de trois lacs de barrages (Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Ben Taïba), à climat semi-aride, qui se localisent dans le Haut Cheliff et qui se différencient par leurs âges, leurs morphologies et leurs hydrologies ; ce qui, d'une part, permettra une meilleure compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes qui sont représentatifs de tous les hydrosystèmes de cet étage bioclimatique et d'autre part, avoir une meilleure approche de leurs exploitations par les peuplements piscicoles. La caractérisation de la biodiversité aquatique des trois barrages, qui concerne les peuplements zooplanctoniques, zoobenthiques et ichtyiques, n'est pas évidente car il fallait surmonter toutes les difficultés de terrain et de laboratoire liées à l'échantillonnage, la conservation des échantillons et surtout à l'identification.

Introduction

Dans le premier chapitre de cette étude, les généralités sur le Haut Cheliff sont abordées. Quant au deuxième chapitre, il est consacré à la partie matériel et aux méthodes spécifiques à la mesure de certains paramètres, à l'échantillonnage et aux traitements des échantillons et des données. Enfin, dans le troisième chapitre, les résultats sont traités et discutés dans le quatrième chapitre; ils portent sur l'hydrologie, les facteurs physico-chimiques des eaux et la diversité zooplanctonique, zoobenthique et ichtyique ainsi que sur leurs interactions.

Chapitre I - Généralités sur le bassin hydrographique du Haut Cheliff

Le cadre juridique relatif à la territorialité du bassin du Haut Cheliff et de sa consistance territoriale est défini. Sa situation géographique, sa géomorphologie et sa climatologie sont exposées. Il en est de même de ses potentialités hydriques et du réseau hydrographique qui le traverse. L'aspect portant sur sa biodiversité ainsi que sur le développement de la pisciculture dans cette région est développé.

1.1. - Cadre juridique et découpage territoriale

La loi n° 83 - 17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux a découpé le territoire national en unités hydrographiques naturelles dénommées "Bassins hydrographiques ". Elle a prévu que "la conservation qualitative et quantitative des ressources en eau est conçue et assurée à l'échelle du bassin hydrographique". L'ordonnance n° 96 - 13 du 15 juin 1996 modifiant et complétant le code des eaux a adopté parmi les principes de la nouvelle politique de: l'unité de gestion, la gestion intégrée, le respect de l'unité du cycle hydrologique du bassin hydrographique et des systèmes hydrauliques (J.O., 2005). Le décret exécutif n° 96 - 100 du 6 mars 1996 portant définition du bassin hydrographique et fixant le statut-type des établissements publics de gestion a défini le bassin hydrographique "comme la surface topographique drainée par un cours d'eau et ses affluents de telle façon que tout écoulement prenant naissance à l'intérieur de cette surface suit son trajet jusqu'à l'exutoire". "Chaque bassin hydrographique est séparé des bassins qui l'environnent par la ligne de partage des eaux qui suit les crêtes" (J.O., 1996). Les 5 bassins hydrographiques algériens sont présentés dans la figure 1.

Sur la base de ces lois, en 1996, le territoire algérien est divisé en 5 régions ou bassins hydrographiques (Fig. 1). Ce sont:

- Région 1 : Oranie - Chott - Chergui
- Région 2 : Cheliff – Zahrez
- Région 3 : Algérois- Hoddna – Soummam
- Région 4 : Constantinois - Seybouse- Mellègue
- Région 5 : Sahara

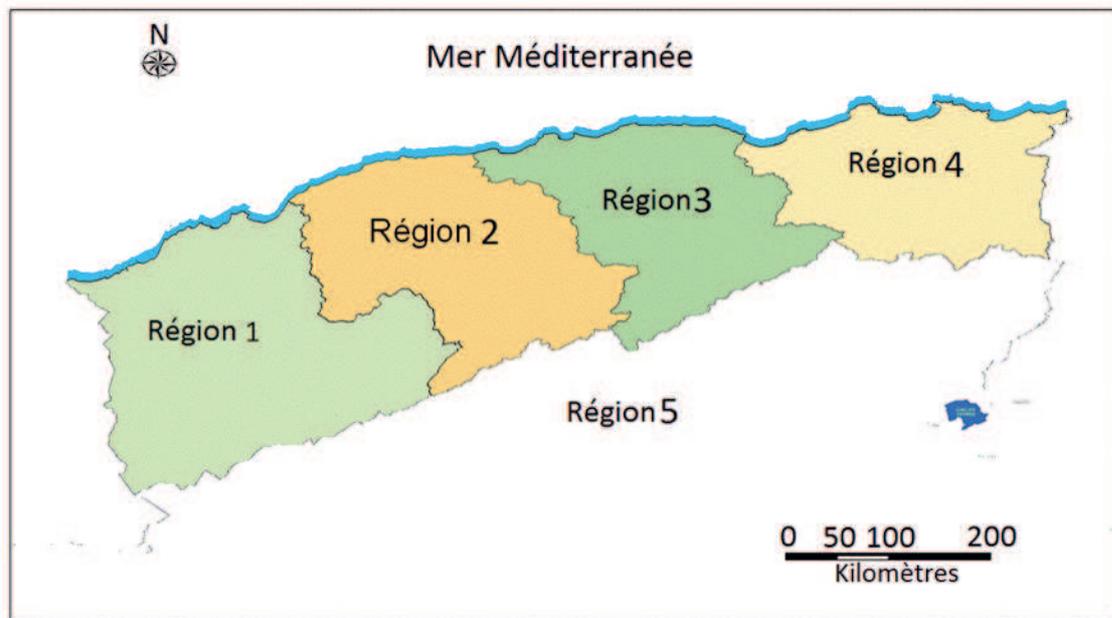


Figure 1 - Cinq bassins hydrographiques d'Algérie (BOUCHEDJA 2012)

1.2. - Bassin hydrographique Cheliff-Zahrez et consistance territoriale

Le bassin du Cheliff-Zahrez (Fig. 2), d'une superficie de 56.227 km² environ, est situé dans la partie médio-occidentale du Nord de l'Algérie. Le bassin englobe Chlef, Tissemsilt et Relizane et partiellement les zones de Médéa, Tiaret, Ain Defla, Mostaganem, Mascara, Tipaza, Djelfa, Laghouat, Saida et M'Sila. S'étendant depuis la mer Méditerranée au nord, avec un littoral de 200 kilomètres, aux chotts du Zahrez au sud, le bassin du Cheliff-Zahrez présente un relief compartimenté, reflet de la nette opposition topographique Tell-Hautes Plaines qui le caractérise. Il déborde largement les limites géographiques du Cheliff. Cette région hydrographique est limitée naturellement au nord par la mer Méditerranée, à l'Ouest par la région Oranie–Chott Chergui, au sud par le Sahara et à l'est par la région Algéroise–Hoddna–Soummam. Vu son étendue, il est découpé en trois grands sous-bassins versants, le côtier Dahra, le Cheliff et le Zahrez (A.B.H., s.d). Par rapport aux sous-bassins versants, celui du Cheliff est le plus grand du point de vue superficie en Algérie (Fig. 2). Il représente plus de 77 % de la superficie totale du bassin Cheliff-Zahrez, l'équivalent de 47.269 km². Il

Chapitre I – Généralités sur le bassin du Haut Cheliff

est limité au nord par les monts du Dahra et au sud par l'Atlas saharien. Il comprend au nord la vallée du Cheliff, au sud les Hauts plateaux allant de Saida à Tiaret, les plaines de Nahr Ouassel et d'Ain Oussera et au centre le massif de l'Ouarsenis.

* Le sous bassin du côtier Dahra ne forme pas un bassin unique mais se compose de plusieurs bassins individuels, dont les plus importants, du point de vue pluviométrique, sont Oued Damous, Oued Kramis et Oued Allalah.

* Le sous bassin Zahrez est une cuvette dans les Hauts plateaux qui comprend deux Chotts: Chott-Chergui et Chott-Gharbi.

Compte tenu de l'étendue du bassin du Cheliff - Zahrez, il est apparu nécessaire de définir quatre sous régions pour mieux cerner l'adéquation ressources-besoins (Tab. 1).

Les quatre sous-régions du sous-bassin hydrographique du Cheliff sont présentées dans le tableau 1.

Tableau 1 - Sous bassins hydrographiques du Cheliff

Sous-régions	Sous-bassins	Détails du sous-bassin
Sous-région 1	Haut Cheliff	Ain Defla, Médéa, Tissemsilt et Tipaza
Sous-région 2	Moyen Cheliff	Chlef
Sous-région 3	Mina, Bas Cheliff	Relizane, Tiaret, Mostaganem, Saida et Mascara
Sous-région 4	Hauts Plateaux	Djelfa, Laghouat et M' sila

Le découpage du sous-bassin du Cheliff en sous-régions est fait dans le but de rendre meilleure la gestion du réseau hydrographique et des infrastructures existantes ou projetées dans les limites des différentes zones habitées (Tab. 1).

1.3. - Situation géographique du Haut Cheliff

Les particularités du Bassin hydrographique du Haut Cheliff sont exposées dans la figure 2.

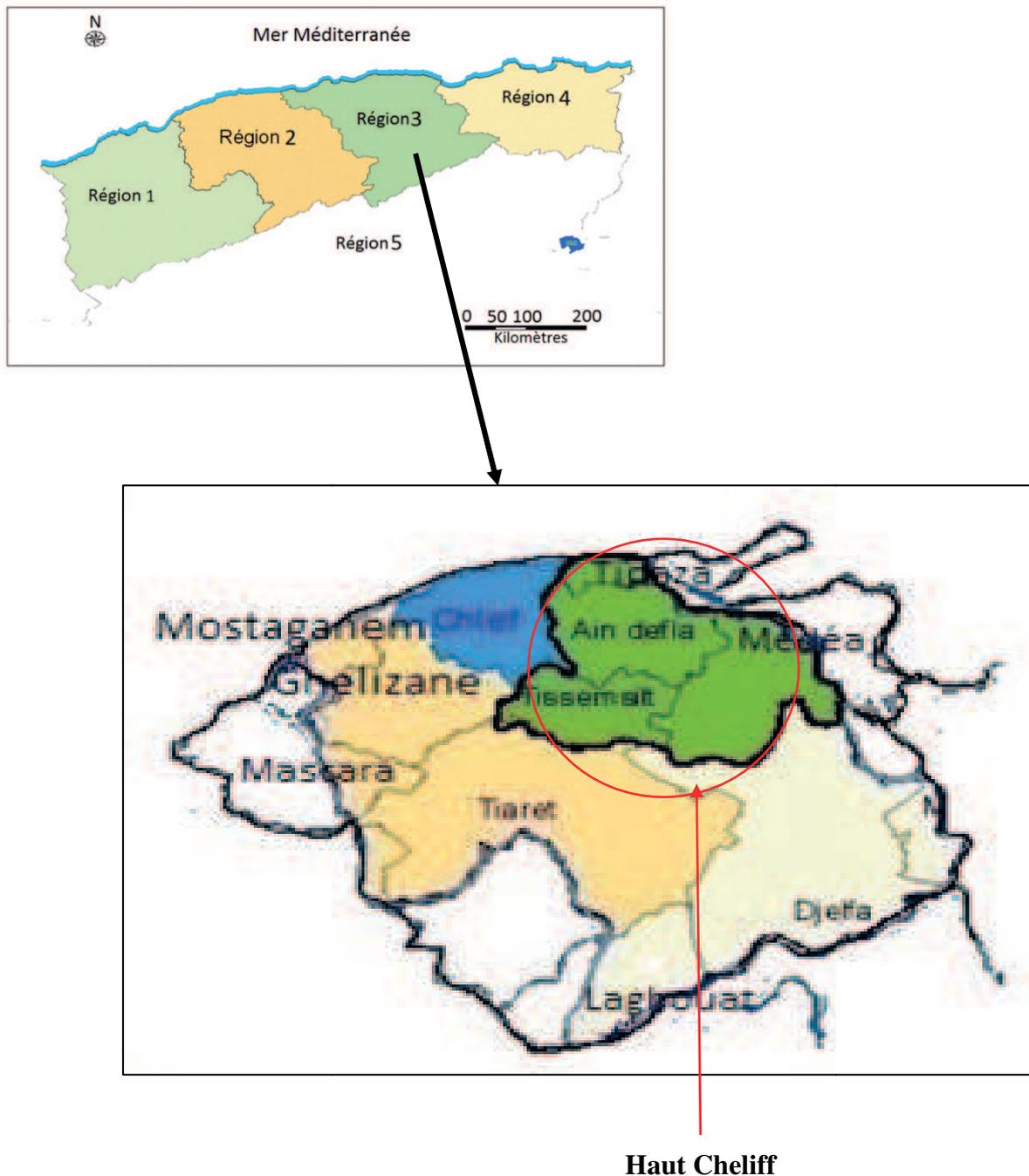


Figure 2 - Bassin hydrographique du Haut Cheliff

La plaine alluviale du Haut-Cheliff appelée aussi plaine d'El-Khemis est située à 120 km au sud-ouest d'Alger (Fig. 2). Elle a une superficie de 21.035 km² (MEDDI et MEDDI, 2009). Elle est limitée au nord par les monts du Zaccar, à l'ouest par le massif de Doui, au sud par les contreforts de l'Ouarsenis et à l'est par Djebel Gountas. Elle possède une pente de 15 %. Elle est bordée au nord par des cônes de déjection qui constituent la zone de transition entre la vallée et la montagne (MEDDI et MEDDI, 2009).

1.4. – Géomorphologie

La vallée du Chélif est constituée par une succession de bassins de sédimentation d'allure synclinale (ABH-CZ, 2004a, b). Les formations géologiques sont vigoureusement relevées au nord, alors qu'elles ne présentent qu'un léger pendage au sud (ABH-CZ, 2004a). Entre deux bassins se trouve un seuil que le Chélif a dû forcer pour passer.

Il est admis l'existence de trois unités morphologiques :

- le lit majeur du Chélif,
- les piedmonts des bordures nord et sud,
- les niveaux de terrasses.

La vallée du Chélif est caractérisée par des sols d'apport colluvial et surtout alluvial. La pédogenèse est très marquée par des phénomènes d'hydromorphie, d'halomorphie, de tirsification et de rubéfaction qui sont liés aux propriétés morphologiques.

Dans le périmètre du Haut Chélif, il est possible de distinguer trois principaux types de sols :

- les sols alluviaux sableux de la terrasse moderne du Chélif, qui sont peu évolués, profonds et perméables.
- les sols alluviaux de texture limoneuse de la terrasse récente du Cheliff, qui sont faiblement argileux.
- les sols des terrasses anciennes, qui sont rouges sur tuf ou sur croûte décalcifiée en surface.

La structure tectonique joue un rôle prépondérant dans la morphologie de cette région (Berrouaghia). A l'allochtone correspond des sommets élevés mais au relief assez mou et à l'architecture anarchique. Par contre, à l'autochtone Crétacé correspondent des reliefs orientés généralement de l'est vers l'ouest, parallèles aux axes et replis tectoniques. Cet ensemble est dominé par la terminaison occidentale des Bibans dont la masse de flysch culmine à 1.249 m. Seule la vallée de l'Oued El Akoum est orientée du nord vers le sud, constituant une excellente voie de passage pour la grande route Alger-Laghouat. A l'est de Berrouaghia, une dépression topographique correspondant aux marnes du Crétacé supérieur sépare les Bibans de la zone sud –tellienne, et facilite les communications en direction de l'est (FICHEUR, 1902; ABH-CZ, 2004a, b).

Le quaternaire est assez réduit. Outre quelques placages d'éboulis sur les pentes, il est constitué essentiellement de remplissage d'alluvions plus ou moins fins dans les lits des oueds, avec localement des restes de terrasses plus anciennes témoignant d'une reprise de

l'érosion actuelle. Le Miocène affleurant dans la partie septentrionale de la feuille, constitue la bordure méridionale du grand bassin de Médéa, qui se prolonge à l'ouest par le bassin du Cheliff et à l'est vers Bouira. Une série oligocène de même faciès que celle connue plus à l'est sur la feuille Souagui au Draâ el Mensdjel, où l'on observe sur plusieurs centaines de mètres des grès grossiers à huîtres, des marnes sableuses grises et des calcaires détritiques, attribués à l'Oligocène (FICHEUR, 1902; ABH-CZ, 2004a).

Au niveau du Sénonien autochtone, il est distingué du bas vers le haut (FICHEUR, 1902; B.R.P. *et al.*, 1959):

- une épaisse série de 460 m de marnes grés bleuté, à petites intercalations calcaires (calcaires sublithographique brun-clair et calcaire argileux gris) avec au milieu de la série, une passée de 70 m de marnes grises à boudins et miches calcaires abondants; les marnes sont ferrugineuses au-dessus de cette passée.
- une Cuesta de calcaire bien lité, gris calcaire dont l'épaisseur varie de 8 à 15 m du sud vers le nord est située au niveau des calcaires organogènes à Bryozoaires.
- gros bancs massifs de calcaires gris-clair à pâte fine, et avec à la base de rares niveaux marneux à débit schisteux.

1.5. - Climatologie

Le bassin du Haut Cheliff se caractérise par un climat méditerranéen semi-aride avec un caractère de continentalité très marquée par la présence d'une série d'étages climatiques qui va du sub-aride au fond de la vallée vers le 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. Les fluctuations thermiques sont très variées avec un écart de température de 20 °C entre les températures du mois de janvier et celles d'août. L'été, très sec, s'étend sur 5 à 6 mois environ avec des masses d'air chaud à partir du mois de mai. La pluviométrie se définit par des pluies fines très irrégulières et torrentielles (HARKAT *et al.*, 2011), pouvant atteindre une grande fréquence de 30 mm par 24 heures. La saison humide est caractérisée par des précipitations intenses de courtes durées. La pluviométrie reste variable et atteint 500 à 600 mm/an. La période sèche est caractérisée par de faibles précipitations et les oueds sont à sec. Elle s'étend du mois d'avril jusqu'en novembre. La sécheresse est récurrente, omniprésente en raison des températures élevées et d'une pluviométrie modeste et surtout très variable en région méditerranéenne (HENIA,

1993). A titre d'exemple, les précipitations moyennes enregistrées sur 74 ans d'observations dans la station de Bordj El Emir Khaled sont de $442,5 \pm 153,4$ mm/an (MEDDI et MEDDI 2009).

1.6. - Réseau hydrographique et potentialité hydriques

Les potentialités hydriques et les composantes du réseau hydrographique sont abordées en décrivant l'oued Cheliff, les barrages et les retenues collinaires. Il est question aussi de l'importance des périmètres irrigués et des besoins en irrigation ainsi que de l'envasement des barrages.

1.6.1. - Oued Cheliff

L'Oued Cheliff qui s'étend sur une distance de 725 km traverse le bassin versant le plus important du pays avec une superficie de 43.750 km^2 , un réseau hydrographique de 6.500 km et des apports totaux (bassin Cheliff Zahrez) estimés à $1\,227 \text{ Hm}^3$, où les apports aux barrages, ne dépassent guère la valeur de 870 hm^3 . Les eaux de surface ne sont pas toutes exploitables du fait de l'irrégularité interannuelle très prononcée des écoulements. Il est le seul cours d'eau algérien, qui prend sa source dans l'Atlas saharien, près d'Aflou dans les monts du djebel Amour. Deux barrages sont installés le long de cet Oued. Bougezoul tempère les crues en provenance du Haut bassin de l'Oued Cheliff et du Ghrib dont le comblement de la retenue est ralenti par la décantation des eaux du premier barrage (TOUAZI *et al.*, 2011; ABH, s.d.). Plusieurs autres ouvrages de déviation des eaux pour l'irrigation sont construits tout le long de son parcours (Djendel, Oum Drou, Boukader, Sidi-bel Attar). L'Oued Cheliff reçoit les eaux de plusieurs affluents et nappes souterraines. En période d'étiage, il n'est alimenté que par les lâchés du barrage Ghrib situé à l'amont ou par les affluents comme celui de l'Oued Mina. Le régime d'écoulement mensuel et annuel de l'Oued Cheliff est extrêmement irrégulier/ En général l'apport de l'Oued est important de septembre à mai et particulièrement déficitaire, sinon sec en période d'été. L'Oued Cheliff traverse successivement 9 zones, celles de Laghouat, de Djelfa, d'oued Touil, de Tiaret, de Tissemsilt, de Nahr Ouassel, d'oued Mina-haut) Médéa, Ain-Defla, (oued Cheliff), Chlef (oued Fodda - oued Sly), Relizane (oued Rhiou, oued Mina-bas), Mostaganem (déversement) (TOUAZI *et al.* 2011; ABH-CZ, 2010). Dans la littérature, seul l'Oued Ebda est situé sur la rive droite du

Chapitre I – Généralités sur le bassin du Haut Cheliff

Chélif et dont le bassin est entaillé dans le massif du Djebel Bou Maad et le Zaccar. Les autres oueds occupent toute la rive gauche du Chélif (Tab. 2). Pourtant d'autres oueds sont situés sur la rive droite et ne sont pas cités dans la bibliographie; il s'agit d'Oued Rihane et d'Oued Botane. Ce dernier est issu de Oued Guergour. Oued Bouzid, Oued El anasseur et Oued Sidi Sbaa prennent naissance de Djebel Zaccar de Miliana.

Les oueds qui alimentent le bassin versant du haut Cheliff sont présentés dans le tableau 2

Tableau 2 - Bassin versant du Haut Cheliff

N°	Bassin versant	Code ANRH	Superficie (km ²)
1	Oued Cheliff Ghrib (Haut Cheliff)	01 14	1378
2	Oued Cheliff Harbil (Haut Cheliff)	01 15	780
3	Oued Deurdeur (Haut Cheliff)	01 16	851
4	Oued Cheliff Harreza (Haut Cheliff)	01 17	754
5	Oued Ebda (Haut Cheliff)	01 18	660
6	Oued Rouina Zeddine (Haut Cheliff)	01 19	890
7	Oued Cheliff Tighzel (Haut Cheliff)	01 20	581

(ANRH, 2005)

Le bassin versant du Haut Cheliff reçoit les affluents des sous-bassins versants de chaque oued qui l'alimente (Tab. 2). Ces sous-bassins versants sont codés par l'agence nationale des ressources hydrauliques (ANRH). Le plus important d'entre eux en terme de surface est celui de l'Oued Cheliff Ghrib.

1.6.2. - Barrages et retenus collinaires

Les barrages hydrauliques sont des ouvrages d'art construits en travers d'un cours d'eau et destinés à réguler le débit du cours d'eau et/ou à stocker l'eau pour différents usages tels que le contrôle des crues, l'irrigation, l'industrie, l'hydroélectricité, la pisciculture et la réserve d'eau potable. A la différence des barrages, les retenues collinaires sont remplies par les eaux de surface et les eaux de ruissellement. Elles peuvent être assimilées à des micro-barrages avec les mêmes fonctions. En Algérie, la majorité des retenues d'eau artificielles sont destinées à l'approvisionnement en eau potable et à l'agriculture. Ces plans d'eau qui sont assimilés à des écosystèmes sont également exploités pour la pisciculture et la pêche

Chapitre I – Généralités sur le bassin du Haut Cheliff

continentale, car les réservoirs de barrage créent de nouveaux milieux aquatiques favorables au développement d'organismes aquatiques adaptés aux eaux dormantes (ZOUAKH et BOUHADAD, 2002 ; M.P.R.H., 2005).

En 2007, l'Algérie disposait de 120 petits et grands barrages en exploitation, d'une capacité de 7 milliards de m³ d'eau, avec un volume régularisé de 3 milliards de m³ par année. Parmi les 18 barrages qui sont en exploitation dans la région hydrographique de Cheliff-Zahrez, 5 sont localisés dans le bassin du Haut Cheliff. Il s'agit de Ghrib, Deurdeur, Harreza, Oued Mellouk et Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt). Il existe 186 retenues collinaires dans la région hydrographique de Cheliff-Zahrez. Mais 53 seulement sont en exploitation et 133 sont entièrement envasées. Les ressources en eau disponibles correspondant à la capacité des retenues en service sont de 35,1 hm³ dont 29,0 hm³ sont destinés à l'irrigation et 6,15 hm³ à l'alimentation en eau potable (A.E.P.).

1.6.3. - Périmètre irrigué

La sous-région 1 (Cheliff-Zahrez) comprend un grand périmètre d'irrigation, appelé le périmètre du haut Cheliff, créé en 1941, il est situé au pied des monts du Zaccar aux environs de Khemis-Miliana. Il couvre une superficie irriguée de 6.107,52 ha au qu'elle sera rattaché une superficie complémentaire de 8000 ha qui est en projet et qui se situe dans la région de Amra-Abadia. Actuellement ces ressources en eau sont les apports des barrages Ghrib, Deurdeur, Harreza, Smbt et Oued Mellouk (ABH, s.d.; GUEMRAOUI et CHABACA, 2005)

1.6.4. - Evolution de la demande en eau d'irrigation

L'évolution de la demande en eau des périmètres d'irrigation de la sous-région 1 est évaluée, jusqu'à l'horizon 2020, à 131 hm³/an; elle est liée aux extensions et réhabilitations des périmètres équipés (P.N.E., 1996; O.P.I., 2005).

1.6.5. - Envasement des barrages

Un cumul de vase de 1 milliard de m³ environ, s'est déposé au fond des barrages. Ces valeurs élevées ne sont que la conséquence de la dégradation de l'ensemble des bassins

versants du Nord de l'Algérie. En effet, dans ce pays, le taux d'érosion spécifique atteint les valeurs les plus importantes d'Afrique du Nord, dépassant les 2000 t./km².an et concerne la plupart des bassins versants de l'Atlas tellien (Rhiou, Sly, Fodda, Mazafran, Isser et Soummam). Il atteint 4000 t./km²/an sur la chaîne des côtières Dahra et 5000 t./km²/an sur le bassin d'Ighi-Emda (DEMMAK, 1982). Ces chiffres sont édifiants pour ce qui concerne l'ampleur du phénomène et la gravité des conséquences. Le taux de sédimentation des barrages du bassin hydrographique de Cheliff est le plus élevé de toutes les régions de l'Algérie (REMINI, 2006; MEGUENNI et REMINI, 2008).

1.7. - Biodiversité et pisciculture

Plusieurs aspects sont présentés dont la description du couvert végétal, les activités agricoles, la faune aquatique, l'activité piscicole et le plan de développement de l'aquaculture.

1.7.1. - Couvert végétal et activités agricoles

Les principaux types d'occupation du sol sont le milieu naturel (73%), où dominent le matorral et la forêt, et les activités agricoles (26 %). Le couvert végétal est dégradé ou inexistant dans les zones les plus basses de la plaine. Il est généralement peu dense sur les reliefs. Beaucoup de peuplements dégradés ne jouent d'ailleurs que très imparfaitement leurs rôle protecteur. Cet état de fait favorise l'érosion et la sédimentation (FAO, 1992). Au niveau des zones élevées, une domination des épineux et des chênes-verts accompagnés de rares chênes-lièges est présente. Sur les marnes cénomaniennes, formant la dépression de Berrouaghia, la vigne est cultivée, accompagnée de quelques parcelles de céréales. Sur les séries marneuses du Sénonien une maigre forêt de pins pousse, là où elle n'a pas été détruite par les caprins et les bovins ou par le feu. Les pins d'Alep et les genévriers couvrent la majeure partie de la zone crétacée où peu de cultures de céréales sont installées dans les clairières de la vallée du Cheliff. La plaine est caractérisée par une agriculture diversifiée notamment l'arboriculture, les cultures maraichères, et les fourrages toutes profitant d'apport considérables d'engrais à base d'azote (FAO, 2001). La végétation des bords des cours d'eau et des plans d'eau est reconnue pour son effet épurateur remarquable en particulier dans les conditions d'anaérobiose spécifique à la dénitrification (BRGM, 2004). Parmi ces plantes, les roseaux et les massettes sont les plus présentes.

1.7.2. - Faune aquatique

Plusieurs auteurs se sont intéressés, directement ou indirectement, à l'inventaire faunistique du haut Cheliff; parmi ces auteurs CHERBI *et al.*, (2008), DJEZZAR *et al.* (2008 ; 2014). De ces inventaires, il ressort que le zooplancton est dominé surtout par les copépodes, le zoobenthos par les hétéroptères et l'ichtyofaune par les cyprinidés. L'anguille (*Anguilla anguilla*) reste le seul poisson migrateur de l'oued Cheliff. Des reptiles et des batraciens existent sans pour autant faire l'objet d'études ciblées. Il est à citer l'exemple des tortues aquatiques qui peuplent les rives de l'oued Cheliff (CERP, 1992). Plusieurs espèces d'oiseaux fréquentent les points d'eau, en particulier les canards colverts, le flamant rose, les aigrettes et les cormorans qui sont capturés accidentellement dans les filets de pêche (CERP, 1992).

1.7.3. - Activité piscicole

L'historique de quelques introductions d'espèces de poissons dans les barrages de la plaine du Cheliff est présenté dans le tableau 3.

Tableau 3 - Empoisonnement des barrages du Cheliff

Années	Espèces introduites	Provenances	Lieux de déversement (Barrages)	Quantités et âges des poissons	Résultats
1937	<i>Salmo irideus</i> Walbaum, 1792	France	Oued Fodda	4500 (2 mois) 6000 (6 mois)	Bon
			Ghrib	12000 (6 à 8 mois)	Bon
1938	<i>Salmo irideus</i>	France	Ghrib	4500 (6 à 8 mois)	Bon
1939	<i>Salmo irideus</i>	France	Ghrib Et Oued Fodda	65000	Extrêmement faible
Avril 1939	<i>Salmo trutta macrostigma</i> Duméril, 1858	Maroc Station Azrou	Ghrib	2 mois	Abandonné
Juin 1939	<i>Truite macrostigma</i>	Maroc	Ghrib	2000	Abandonné
			Oued Fodda	2000	Abandonné
Sep. 1939	<i>Salmo irideus</i>	France	Ghrib	15000 - 20000	Extrêmement faible
Sep. 1939	<i>Truite macrostigma</i>	Maroc	?	600 prématurés	Abandonné
1941	<i>Truite macrostigma</i>	Maroc	Ghrib	< 2 mois < 6 mois	Sans efficacité

Chapitre I – Généralités sur le bassin du Haut Cheliff

En 1937, il fut créé la première station d'alevinage du barrage Ghrib qui a fonctionné sous la direction de l'ingénieur en chef J. Thevenin. Celui-ci a réalisé les premiers empoissonnements avec la truite *Salmo trutta macrostigma* Duméril, 1858. De 1937 à 1941, les barrages Ghrib et Oued Fodda ont fait l'objet d'empoissonnements (Tab. 3) à partir de la station de Ghrib grâce à Thévenin en 1938 et en 1948. Bien après 1937, le barrage d'Oued Fodda et celui de Ghrib ont été empoissonnés par la carpe royale (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758). L'introduction de la gambusie (*Gambusia holbrooki* Girard, 1859) est effectuée en 1924 dans le cadre de la lutte antipaludique. De 1937 à 1939, des essais d'acclimatation de la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri* Richardson, 1836) ont eu lieu dans les barrages Ghrib et Oued Fodda (Thevenin, 1948).

En 1987, la station expérimentale de Harreza (CERP Bouismail) est créée et a fonctionné sous la direction de Dr Rouabah, ichtyologiste (CERP, 1992). Celui-ci avec toute son équipe, il a pu maîtriser les techniques de reproduction des Cyprinidés, des Percidés et des Siluridés. Ceci a permis la constitution d'une banque de géniteurs dans le barrage Harreza et le repeuplement de beaucoup de plans d'eau d'Algérie. Des essais d'introduction d'alevins de *Salmo trutta fario* dans le barrage de Bouroumi (Mostakbel) à partir de la station de Harreza sans qu'il y ait de suites en raison des conditions sécuritaires dans la région (CERP, 1992).

1.7.4. - Plan de développement aquacole

Le schéma directeur du plan de développement de la pêche et de l'aquaculture, Horizon 2025, élaboré par le ministère de la pêche et des ressources halieutiques prend en considération tous les aspects qui permettent d'exploiter rationnellement et gérer la ressource aquatique (MPRH, 2014). Dans ce plan de développement, l'accent à été mis sur certains objectifs relatifs à l'identification des bioressources aquatiques exploitables, l'identification des sites aquacoles, l'évaluation de la capacité biogénique des plans d'eaux et la préservation de leurs bioressources et de leurs environnements.

Chapitre II. - Matériel et méthodes

Dans ce chapitre, les sites d'études sont présentés et les critères qui ont permis leurs choix sont définis. Une description est faite des stations d'échantillonnage et du matériel et méthodes utilisés dans l'analyse des différents paramètres hydrologiques, physico-chimiques, biologiques et de structure des communautés lacustre.

2.1. - Sites d'études

Les trois lacs de barrage Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt), sont implantés dans le bassin hydrographique du haut Cheliff (Fig. 3).

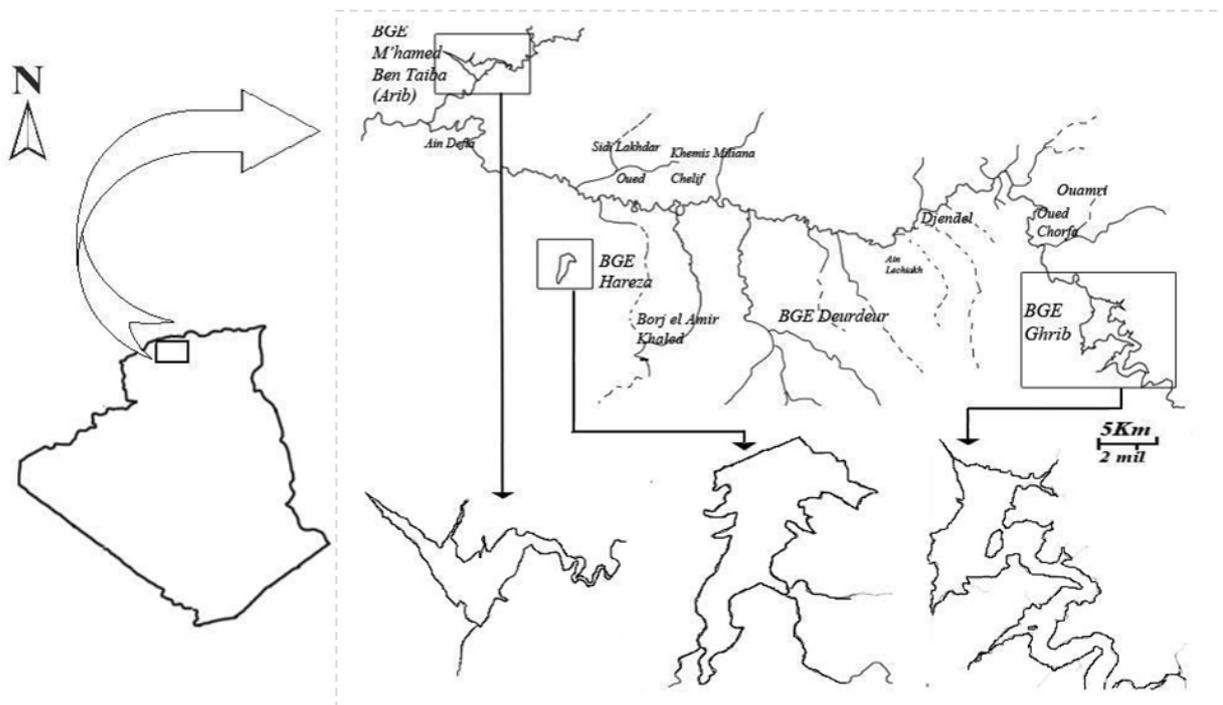


Figure 3 - Situation géographique des trois lacs de barrages (Ghrib, Harreza et Smbt) et réseau hydrographique Haut Cheliff W. Ain-Defla.

2.1.1. - Le barrage de Ghrib

Le barrage Ghrib (N36°9'55'', E2°33'23''), dont les caractéristiques Hydrotechniques, sont sur le tableau 4, est implanté sur l'oued Cheliff, à 155 km d'Alger, dans la commune d'Oued Chorfa (wilaya d'Ain Defla). C'est une importante réserve d'eau destinée à l'irrigation du périmètre du haut Cheliff, aux transferts vers le barrage Bouroumi et à l'alimentation en eau potable de la ville de Médéa, de Berrouaghia et de la commune d'oued Chorfa.

Tableau 4 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Ghrib et de son bassin versant

Date de mise en service	1939
Superficie du bassin versant	2 800 km²
Apport moyen interannuel du bassin versant	148,50 hm³ (PNE) contre 138,40 hm³ estimé par l'ABH
La capacité initiale du barrage	280 hm³
La capacité estimée (2003) du barrage	145,20 hm³
Volume régularisé	105 hm³/an
Apport réel du barrage	88,56 hm³ (période 1990 - 2001)
Taux d'envasement	48 %

PNE : Plan national de l'eau ; ABH : Agences de bassins hydrographiques

2.1.2. - Le barrage de Harreza

Le barrage Harreza (N37°59'34'', E1°57'46''), dont les caractéristiques hydrotechniques sont sur le tableau 5, est implanté sur l'oued Harreza, dans la commune de Djélida (wilaya de Ain Defla), à 120km d'Alger.

Tableau 5 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Harreza et de son bassin versant

Date de mise en service	1984
Superficie du bassin versant	143 km²
Apport moyen interannuel du bassin versant	30,8 hm³ (PNE) contre 7,79 hm³ estimé par l'ABH
La capacité initiale du barrage	70 hm³
La capacité estimée (2003) du barrage	69,20 hm³
Volume régularisé	23 hm³/an
Apport réel du barrage	3,64 hm³ (période 1990 - 2001)
Taux d'envasement	1 %

PNE : Plan national de l'eau ; ABH : Agences de bassins hydrographiques

C'est un réservoir de régulation et de compensation des eaux de l'oued Cheliff lors des épisodes pluvieux et des lâchées du barrage Ghrib. Il permet de stocker, en plus de ses apports propres, les débits dérivés de la rive gauche de l'oued Cheliff, et d'autre part, il est destiné à renforcer l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff avec un volume affecté annuellement de l'ordre de 23 hm³, dont il est rempli en majeure partie par pompage hivernal des eaux du Cheliff à partir de la station de pompage Khemis II (ANBT).

Il est important de souligner que durant la période d'étude (2007- 2010), la dérivation par pompage des eaux de l'oued Cheliff était abandonnée en raison du coût très onéreux de l'énergie électrique. Le remplissage se faisait uniquement par les eaux de Harreza. Les volumes enregistrés durant cette période ne dépassaient guère les 7 hm³.

2.1.3. - Le barrage de Sidi m'Hamed Ben Taïba (Smbt)

Le barrage de Smbt (N36°19'10'', E2°1'35'') dont les caractéristiques hydrotechniques sont sur le tableau 6, est implanté sur l'oued Ebda à 150km d'Alger dans la commune d'Arib (wilaya d'Ain Defla). Il est destiné à l'alimentation en eau potable des villes de Ain-Defla avec un volume de 35,6 hm³ et l'irrigation du périmètre d'El Amra et d'El Abbadia avec un volume de 37,5 hm³.

Tableau 6 - Caractéristiques hydrotechniques du barrage Smbt et de son bassin versant

Date de mise en service	2005
Superficie du bassin versant	194 km²
Apport moyen interannuel du bassin versant	49 hm ³ (PNE) contre 29 hm ³ estimé par l'ABH
La capacité initiale du barrage	75 hm ³
Volume régularisé	56 hm ³ /an

PNE : Plan national de l'eau ; **ABH** : Agences de bassins hydrographiques

Le barrage Smbt est implanté sur l'Oued Ebda, affluent Nord de l'Oued Cheliff, à 30 km au Nord Ouest de Khemis Miliana.

2.2. - Critères de choix des trois lacs de barrages

Les trois lacs de barrages choisis se différencient principalement par leurs caractères hydrotechniques, morphologiques et leurs âges (Tab. 7 ; 4, 5 et 6). Ces caractères sont représentatifs de toute la typologie des barrages d'Algérie. Les caractères hydrotechniques des trois barrages sont donnés sur le tableau 7.

Le barrage de Smbt le plus récent des trois barrages est moyennement étendu en surface et s'avère le plus profond avec une pente moyenne des berges de $7,4\% \pm 1,65$ (Barrage Smbt ; Tab. 6 et 7). Son hydrodynamisme est permanent, du fait que l'assèchement de l'oued Ebda qui l'alimente est peu fréquent, avec un volume régularisable de l'ordre de $56 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Tableau 7 - Caractères différentiels des 3 lacs de barrages

Désignation	Ghrib	Harreza	Smbt
Wilaya	Ain-Defla	Ain-Defla	Ain-Defla
Date de mise en service	1938	1984	2006
Capacité du réservoir $\times 1000 \text{ m}^3$	280000	70000	75000
Superficie maximale (ha)	1200	620	
Superficie moyenne (ha) (2007-2010)	(657) ha	(84)ha	320ha
Périmètre moyen en km (2007-2010)	33,42	5,46	13,80
Profondeur moyenne (2007-2010)	29- 37	7-16	42- 48
Altitude (m)	460	315	282

Le barrage de Ghrib est considéré comme le plus vieux et le plus étendu des trois barrages (Tab. 4 et 7), avec une pente moyenne des berges de $4\% \pm 0,64$ (Barrage Ghrib). Il est le plus hydrodynamique avec un volume régularisable de $105 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Le barrage Harreza est le moins étendu et le moins profond (Tab. 5 et 7) avec une pente moyenne de $2,67\% \pm 0,22$ (Barrage Harreza). Son hydrodynamisme est très faible, en rapport avec le flux hydrologique de l'oued Harreza qui l'alimente.

2.3. - Choix des stations et échantillonnages

Cinq stations d'environ 200m×100m sont mises en place dans chaque barrage de façon à couvrir toutes les zones lacustres (littorale, profonde, euphotique et aphotiques) ; deux sur chaque rive réparties entre l'amont et l'aval et une centrale en pleine eau qui correspond à la zone la plus profonde.

L'échantillonnage est effectué dans une période trois ans, du 9 octobre 2007 au 23 septembre 2010, et est spécifique à chaque paramètre a analysé.

2.4. – Hydrologie

Les données hydrologiques des trois barrages sont recueillies auprès des services d'exploitations techniques de ces derniers. Il s'agit des volumes d'eaux mensuels de chacun des trois barrages.

2.5. - Physico-chimie des eaux

Les relevés physico-chimiques ont été effectués sur les eaux de surface, sur une épaisseur de 1m, et sur la colonne d'eau pour identifier les profils thermiques et oxygéniques.

2.5.1. - Eaux de surface

Les prélèvements d'eaux de surface sont effectués au niveau de toutes les stations à une profondeur de 40cm de la surface de l'eau, à l'aide d'une bouteille en plastique de 1,5l. Ces prélèvements serviront à évaluer la variabilité spatio-temporelle de certains paramètres physicochimiques des eaux des 3 barrages. Un multiparamètre (WTW Multi 350i) et un thermomètre digital sont utilisés pour les relevés de température, de conductivité, de salinité et d'oxygène dissous). Quant aux analyses chimiques, certaines sont recueillies auprès des services de l'ANRH de Bir Mourad Raïs (Alger) alors que d'autres (NH_4^+ , NO_2 , NO_3 , PO_4^{3-}) elles sont effectuées par colorimétrie avec un Multiparametre de type visicolor ECO munie d'un photomètre PF12 avec filtres mono-faisceau commandé par microprocesseur permettant l'utilisation d'une gamme de longueurs d'onde allant de 340 à 860 nm, avec fonctions autotest et calibration automatique. Les mesures et analyses d'eaux ont été réalisés in- situ. La

vérification et l'étalonnage des instruments de mesures sont effectués au laboratoire avant chaque sortie.

2.5.2. - Colonne d'eau, profil vertical thermique et oxygénique

Les mesures effectuées sur la hauteur de la colonne d'eau permettent la réalisation de profils verticaux de température et d'oxygène dissous. Pour ces mesures nous avons utilisé un Oxymètre de marque YSI 58. L'appareil est calibré sur place et des lectures sont prises tous les mètres de la colonne d'eau.

2.6. - Relevés faunistiques

Les relevés faunistiques collectés, dans l'espace et dans le temps, à travers toutes les stations des 3 lacs de barrages, vont permettre de décrire la structure, la diversité et la dynamique des divers organismes aquatiques en particulier les invertébrés (zooplancton et zoobenthos) et vertébrés (poissons). Diverses méthodes d'échantillonnages sont utilisées et pour chaque catégorie d'échantillon, 3 prélèvements sont effectués dans chaque station.

2.6.1. – Zooplancton

Il s'agit de décrire le type d'échantillonnage et la conservation du zooplancton ainsi que les moyens d'identification et de dénombrement.

2.6.1.1. - Echantillonnage et conservation

Les organismes zooplanctoniques sont récoltés dans toutes les stations des trois barrages selon les protocoles d'échantillonnages de MAZZELLA *et al.*, (2010) et de CCME (2011). Le filet à plancton utilisé a un vide de maille de 80 μm , un cône filtrant de 112cm de longueur et un diamètre de 45cm. Des traits verticaux sont réalisés depuis 2m au-dessus du fond jusqu'en surface. Pour les traits horizontaux, le filet est maintenu par un flotteur à 1,5m de la surface avant d'être tiré sur une distance moyenne de 20m. les échantillons sont narcotisés à l'éthanol (GANNON et GANNON 1975), puis fixés au formol à 3-5%, tamponnée au borate, additionnée de saccharose afin d'éviter la libération des œufs et la

déformation des organismes et sont conservés à +4 ou +6°C (HANEY et HALL, 1973 ; PREPAS, 1978; DOWNING et RIGLER, 1984). Au laboratoire, le lendemain, les échantillons sont transférés dans une solution de préservation composée de 70% d'éthanol, de 20% de formaldéhyde et de 10% de glycérol ; celle-ci assure une meilleure conservation de la coloration des organismes et facilite les comptages de zooplancton sous le microscope ou la loupe binoculaire (VERA, 2005).

2.6.1.2. - Identification et dénombrement

L'identification et le dénombrement des organismes sont réalisés au microscope optique, muni d'une chambre claire, sur lame de comptage ou à l'aide d'une cuve de Dolfuss sous loupe binoculaire. Ils portent, selon la concentration, soit sur la totalité de l'échantillon, soit sur un sous-échantillon. Ce dernier est obtenu par fractionnement et dilutions aux 1/2 ou 1/4 de l'échantillon de départ. S'agissant d'organismes observés ; les Rotifères sont identifiés selon KOUTIKOVA (1970) et KOSTE (1978), les Cladocères selon AMOROS (1984), appuyé par SCOURFIELD et HARDING (1966), KORINEK (1999), BENZIE (2005), et les Copépodes, selon DUSSART (1969).

2.6.2. – Zoobenthos

Il s'agit de décrire le type d'échantillonnage, le traitement des échantillons de zoobenthos ainsi que les moyens d'identification et de dénombrement.

2.6.2.1. - Echantillonnage

Le zoobenthos, qui englobe l'épibenthos et l'endobenthos, est prélevé dans toutes les stations des trois barrages selon le manuel d'échantillonnage (CCME, 2011). En zones peu profondes (<1m), les échantillons sont collectés à l'aide d'un filet que nous avons conçu au laboratoire, similaire au haveneau, de forme rectangulaire constitué par une nappe de 130 µm de vide de maille et disposant d'une lame de raclage de 50cm de large (fig. 4). Les traits de filet sont effectués, selon la nature du substrat de fond, sur des longueurs de 1m ou 2m faisant en sorte d'avoir des échantillons de 0,5m² ou 1m². En zones profondes (> 1m), les

prélèvements sont effectués par une benne Eckman de 225 cm², d'une contenance de 3,5 litres.

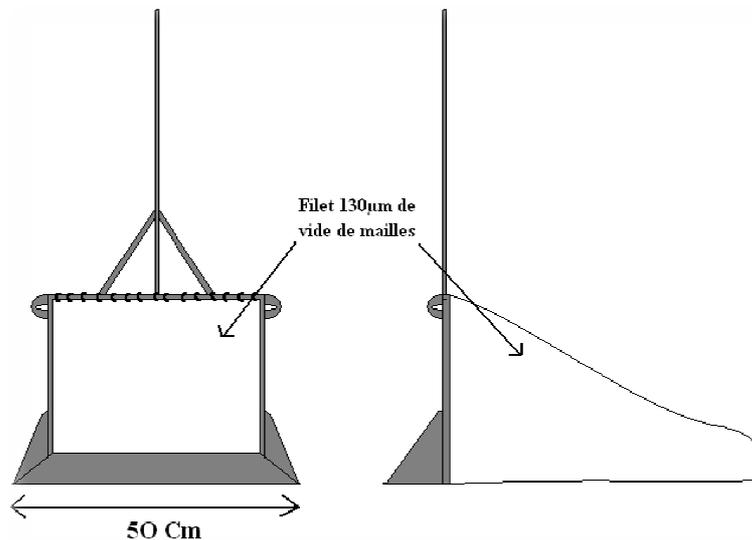


Figure 4 - Raclette à benthos (type Haveneau).

2.6.2.2. - Fixation, lavage et conditionnement

Les échantillons prélevés au filet à benthos ou à la benne Eckman sont mis dans des bouteilles en plastique à goulot large, fixés et colorés avec une solution eau /formol dilué à 4~10 %. La coloration, faite dans un objectif de différencier entre la matière organique et les débris inorganiques, est obtenue par ajout de rose de Bengale à cette solution (4 g/l dans la solution de départ de formaldéhyde à 36 % d'après ELEFTHERIOU et HOLME (1984). Le lendemain au laboratoire, les échantillons avec leurs substrats sont transférés, un par un dans une bassine, puis passés successivement et progressivement sur des tamis de maille 2mm, 1mm, 600 µm et 200µm, afin de pouvoir être lavés. Ce nettoyage, réalisé par rinçage à l'eau, permet d'éliminer les particules les plus fines. Il est également possible de retirer des éléments les plus grossiers après s'être assurés qu'ils n'abritent plus de macroinvertébrés. Les refus des tamis sont ensuite transférés dans des récipients adaptés (bocal en verre ou en plastique) conservé au formol à 5% et identifié.

2.6.2.3. – Identification et dénombrement

Les échantillons sont fractionnés en sous échantillons. Chacun de ces derniers est mis dans une cuve de Dolfuss et observé à la loupe binoculaire afin de dénombrer et d'extraire les invertébrés présents. A l'issue de cette dernière phase, les individus identifiés sont regroupés par familles en vue d'être déterminés au niveau requis (famille ou genre) ; pour cela nous sommes appuyés sur les ouvrages de SEGUY (1923), BOUVIER (1940), SCOURFIELD et HARDING (1966), DUSSART (1969), KOUTIKOVA (1970), KOSTE (1978), AMOROS (1984), KORINEK (1999), DUBUC (2007), TACHET *et al.*, (2003) et BENZIE 2005, ainsi que sur certaines clés en ligne (www.perla.ecologie.gouv.fr ; <http://crdp.ac-bordeaux.fr/cddp33/cleinvertebre/clenew.asp>).

2.6.3. - Ichtyofaune

Il s'agit de décrire les techniques d'échantillonnages des espèces ichthyiques, la collecte de données et le traitement des produits d'échantillonnages (pêches).

2.6.3.1. - Echantillonnage

Le protocole d'échantillonnage que nous avons adopté s'apparente à celui décrit par DEGIORGI (1994) et DEGIORGI *et al.*, (2001). Le dispositif adopté nécessite un effort de pêche très important et fournit des informations sur la répartition spatiale des différentes espèces de poisson puisqu'il couvre toute la colonne d'eau. L'intervention des pêcheurs professionnels a permis une meilleure gestion de celui-ci. Pour couvrir toutes les zones lacustres, les poissons sont capturés, dans toutes les stations de chaque barrage, à la nasse, à la palangrotte, manuellement à l'épuisette, au filet tramail de 36 mm de maille et aux filets maillants fixes de type monofilament de 5, 10, 17, 21, 26, 30, 43, 55 et 70mm de maille de façon à capturer à la fois des espèces de petites tailles et des juvéniles voire des adultes d'espèces plus grandes.

Pour parer à certaines difficultés liées à la manipulation des filets de pêches, des transformations sur les ralingues ont été opérées ; faisant en sorte que les nappes aient une largeur de 5m et une profondeur de 8m.

Chapitre II – Matériel et méthodes

Le virage des filets verticaux était facilité par une pose en cascade à des intervalles de 8m, de la surface jusqu'au fond. Durant le jour, le contrôle des engins de pêche est effectué par période de 2 à 6 heures. Pour des raisons pratiques aucun contrôle n'est effectué la nuit Ils sont laissés toute la nuit et les contrôles ne reprendront que la matinée. Contrairement à ça, la pose des filets de 5, 10, 17, 21, 26 et 30mm de maille est effectuée uniquement le jour afin d'éviter des massacres sur les populations jeunes.

2.6.3.2. - Fréquence d'échantillonnage

Des vingt et une campagnes de pêches expérimentales d'une durée de 6 jours chacune en raison du rythme circadien et saisonnier, réalisées en trois ans (du 9 octobre 2007 au 23 septembre 2010), nous avons retenu douze qui sont réalisées dans la période de juillet 2009 à septembre 2010, en raison des difficultés matériels et techniques rencontrées sur le terrain. Cette période d'une année correspond au temps nécessaire qui tient compte des différents cycles biologiques et hydrologiques dans ces hydrosystèmes et permet de rendre compte d'une éventuelle variabilité saisonnière des assemblages de poissons et de leurs relations trophiques.

2.6.3.3. - Collecte de données et traitement des produits de pêche

Au virage des filets, l'identification des espèces est faite visuellement suivi par un dénombrement. Certains spécimens sont conservés et le reste des produits de pêche est repris par les pêcheurs.

2.7. - Structure des communautés lacustres

Les échantillonnages décrits précédemment permettent d'établir la liste faunistique des espèces qui peuplent ces hydrosystèmes en faisant référence à un cadre spatio-temporel concret grâce aux descripteurs écologiques, richesse spécifique, abondance relative, indice de fréquence et indices de diversités, qui permettent d'examiner la structure des assemblages hydrofaunistiques (GRALL et HILY, 2003).

2.7.1. - Richesse spécifique (S)

La structure taxonomique du peuplement est mesurée par la Richesse spécifique S ou L'indice de richesse (S) qui est représenté par le nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface (BARBAULT, 1992).

S = nombre d'espèces de la zone d'étude

Cet indice permet également de distinguer :

- des variations spatiales : des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres ;
- des variations temporelles : des minima et maxima en fonction des saisons et des stations.

La richesse spécifique présente cependant l'inconvénient d'être fortement dépendant de la taille des échantillons (le nombre d'espèces échantillonnées augmentant avec la surface échantillonnée) et du type d'habitat (la richesse spécifique varie en fonction du type de substrat, de la profondeur, de la salinité...).

2.7.2. Abondance relative

L'abondance correspond à la dominance qui est égale au nombre d'individus de chaque espèce par unité de surface échantillonnée (BARBAULT, 1992).

($P_i = n_i/N$) où n_i =effectif de l'espèce de rang i , N =effectif total de chaque espèce.

2.7.3. - Indice de fréquence (IF)

L'indice de fréquence ou fréquences d'occurrences sont calculés pour toutes les espèces échantillonnées. Il est exprimé sous la forme d'un pourcentage du nombre de relevés contenant l'espèce prise en considération sur le nombre total de relevés (DAJOZ, 1971). Cet indice est intéressant puisqu'il rend compte du niveau d'inféodation des différentes espèces au système.

La fréquence d'occurrence est le rapport $IF = N_i/N_{pj} \times 100$

N_i : Nombre de fois où l'espèce i est rencontrée

N_{pj} : Nombre de prélèvements réalisés dans une zone j

L'interprétation des indices de fréquence (IF) résulte de plusieurs classifications existantes (BODENHEIMER, 1955 ; DAJOZ, 1975). Ainsi, les espèces dont l'IF est de 100% sont

Chapitre II – Matériel et méthodes

qualifiées de « Omniprésentes », celles dont l'occurrence est comprise entre 100 et 75% sont « Constantes », quand l'IF est compris entre 75 et 50% sont « Fréquentes », quand il est compris entre 50 et 25%, les espèces sont « Communes », entre 25 et 5% elles sont « Accessoires » et enfin, les espèces pour lesquelles IF est inférieur à 5%, elles sont « rares ».

2.7.4. - Indices de diversité

Les différents indices de diversité actuellement utilisés, Shannon, Piélou, Simpson et Hill, permettent d'étudier la structure des peuplements en faisant référence ou non à un cadre spatio-temporel concret et prennent en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. Toutefois, leur caractère synthétique peut s'avérer être un handicap dans la mesure où il masque une grande partie de l'information. Ces méthodes permettent, d'observer la distribution des individus parmi les espèces et de comprendre le degré d'organisation d'une biocénose. Cependant, du fait de la diversité des niveaux taxonomiques des individus échantillonnés, l'ensemble des individus sont classés par groupe taxonomique afin d'harmoniser les résultats de chaque station.

2.7.4.1. - Indice de Shannon-Wiener

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Il permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps ; ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominantes. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à $\log S$ (lorsque toutes les espèces ont même abondance) (DAGET, 1976 ; BLONDEL, 1979 ; LEGENDRE & LEGENDRE, 1979 ; BARBAULT, 1992 ; GRAY *et al*, 1992). Cet indice a pour unité le bit, sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

$$H' = - \sum ((N_i / N) * \log_2 (N_i / N))$$

(S= nombre d'espèce par station ; n_i = nombre d'individus d'une espèce ; N= nombre total d'individus par station).

N_i : nombre d'individus d'une espèce donnée, i allant de 1 à S (nombre total d'espèces).

Chapitre II – Matériel et méthodes

N : nombre total d'individus.

H' est minimal (=0) si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement.

L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces (FRONTIER, 1983).

2.7.4.2. - Indice d'équitabilité de Piélou J'

Il accompagne l'indice de Shannon, appelé également indice d'équirépartition (BLONDEL, 1979 ; GRAY *et al*, 1992) ou de régularité (FRONTIER, 1976). Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H' et de la richesse spécifique S, il s'écrit :

$$J' = H' / H \text{ max} = H' / \log_2(S)$$

$$H' \text{ max} = \log S \quad (S = \text{nombre total d'espèces})$$

Cet indice peut varier de 0 à 1, il est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement. Insensible à la richesse spécifique, il est très utile pour comparer les dominances potentielles entre stations ou entre dates d'échantillonnage.

2.7.4.3. - Indice de Simpson

L'indice de Simpson ($I_s = 1/\sum p_i^2$) nous permet de mesurer la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce (BARBAULT, 1992) :

$$D = \sum N_i (N_i - 1) / (N (N - 1))$$

N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée.

N : nombre total d'individus.

Cet indice aura une valeur de 0 pour indiquer le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs « plus intuitives », on peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, le maximum de diversité

étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0 (SCHLAEPFER et BÜTLER, 2004).

Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité.

2.7.4.4. - Indice de diversité de Hill

Il s'agit d'une mesure de l'abondance proportionnelle, permettant d'associer les indices de Shannon Wiener et de Simpson :

$$\text{Hill} = (1/D)/e^H$$

1/D : c'est l'inverse de l'indice de Simpson.

e^H : c'est l'exponentiel de l'indice de Shannon-Wiener.

L'indice de diversité de Hill permet d'obtenir une vue encore plus précise de la diversité observée. 1/D va permettre la mesure du nombre effectif d'individus très abondants. e^H va en revanche permettre de mesurer le nombre effectif d'individus abondants mais surtout des espèces rares. Plus l'indice de Hill s'approche de la valeur 1 et plus la diversité est faible. Afin de faciliter l'interprétation, il est alors possible d'utiliser l'indice 1-Hill, où la diversité maximale sera représentée par la valeur 1 et la diversité minimale par la valeur 0.

C'est l'indice de Hill qui semble le plus pertinent dans la mesure où il intègre les deux autres indices. Toutefois, il peut être utile d'utiliser les trois indices conjointement afin d'en extraire un maximum d'informations et de mieux comprendre la structure des communautés (BARBAULT, 1992).

2.8. - Dynamique des populations ichtyiques

Pour l'évaluation de la dynamique des populations ichtyiques, seul l'indice d'abondance des populations est pris en considération. Cet indice d'abondance donne une estimation des captures par unité d'effort (CPUE : Catch Per Unit Effort). Les paramètres d'abondance sont basés sur les résultats des pêches expérimentales effectuées dans les trois lacs de barrages. La CPUE est estimée par la moyenne des captures de chaque espèce durant 24 heures.

2.9. - Traitement des données

En fonction de la loi normale des tests d'hypothèses paramétriques et non paramétriques sont appliqués pour comparer les résultats d'analyses hydrobiologique avec une p-value=0,05 fixée comme limite de signification. Les tests post-hoc (à posteriori) sont utilisés dans le cas de différences significatives entre les variables testées. Une analyse multivariée a été appliquée pour visualiser les corrélations entre les paramètres hydrologiques, physico-chimiques et biologiques des trois barrages. Des graphiques de types courbes, histogrammes et boîtes à moustaches ont été utilisés pour l'observation de la variabilité des différents facteurs hydrologiques physico-chimiques et biologiques. Les calculs ont été faits à l'aide de deux logiciels : Excel et R (R Development Core Team 2010).

Chapitre III - Résultats relatifs à la biodiversité et la diagnose piscicole

Les résultats issus de cette étude portent sur l'hydrologie, la physico-chimie, la biodiversité et le fonctionnement des trois hydrosystèmes (barrages), soit le barrage de Ghrib, de Harreza et de Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt). Les irrégularités des échantillonnages, qui ont débuté en Octobre 2007, ont fait que seuls les résultats de la 2^{ème} et la 3^{ème} année (2009 et 2010) soient pris en considération.

3.1. - Régime hydrologique

Les régimes hydrologiques des trois barrages, exprimés par les fluctuations du volume d'eau au cours des deux années d'étude (fig. 5, 6 et Tab. 8 en annexe), sont significativement différents (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

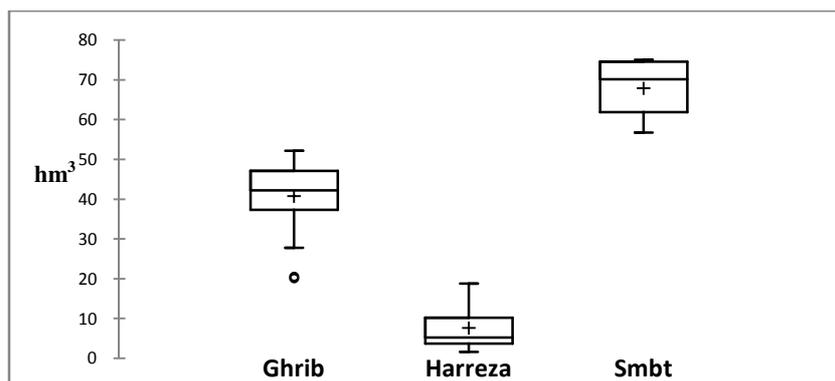


Figure 5 - Variabilité annuelle des niveaux d'eau des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

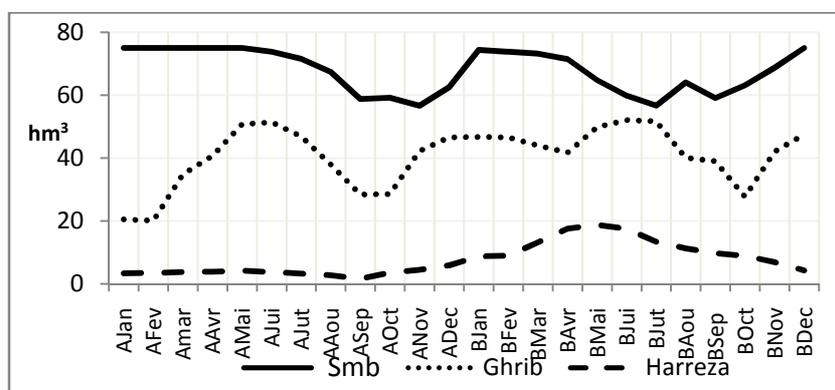


Figure 6 - Fluctuation des volumes d'eaux dans les barrages de Ghrib, de Harreza et de Smbt. AJan à ADec : Mois de l'an 2009 ; BJan à BDec : Mois de l'an 2010

Chapitre III- Résultats

Le flux hydrologique est très élevé dans le Smbt et dans le Ghrib où les fluctuations du volume d'eau vont de $56.703 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ à $75.003 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour le premier et de $20.164 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ à $17.624 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ pour le 2^{ème} (Fig. 6). Contrairement à ces deux barrages celui du Harreza se trouve plus faible avec des fluctuations allant de $1.643 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ à $18.826 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (Fig. 6).

Temporellement comme indiqué sur les figures 7a et 7b, dans les barrages Ghrib et Harreza, les quantités d'eaux apportées en deuxième année sont plus importantes et régulières que celles de la 1^{ère} année. Dans le Smbt, une constance tendant à une légère régression des apports d'eau est constatée au cours des deux années.

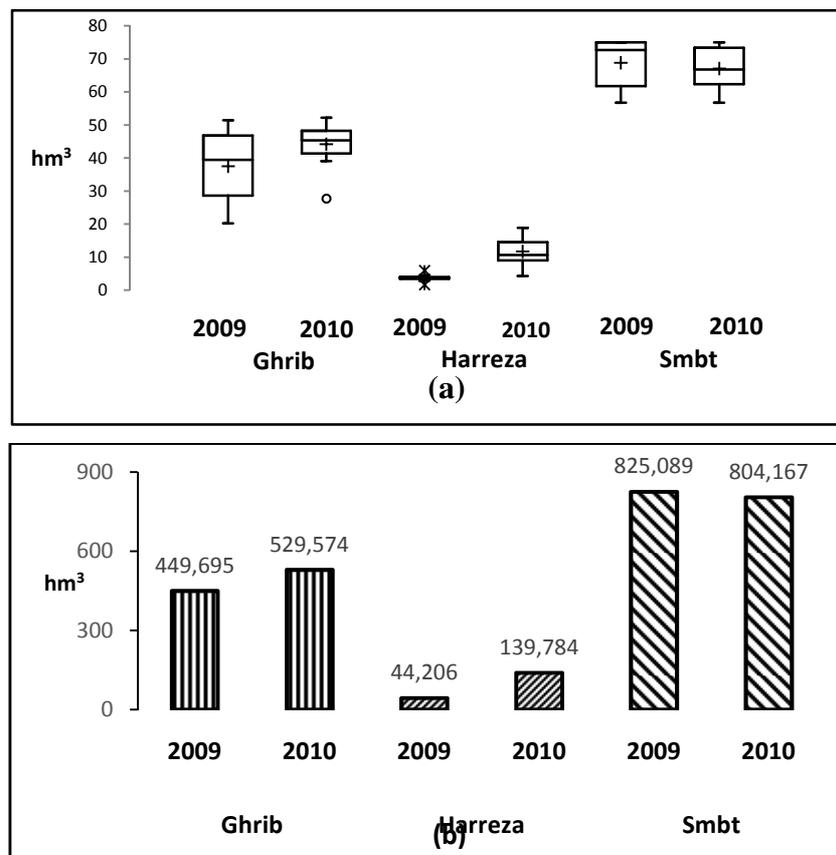


Figure 7 a, b - Variabilité annuelle des apports d'eau en hm^3 (a) et quantités annuelles cumulées en hm^3 (b) dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Cette différence du flux hydrologique entre les trois barrages est également exprimée par les cumuls des apports d'eaux annuels qui s'avèrent plus élevé dans le Smbt ($825,089 \text{ hm}^3$ et $804,167 \text{ hm}^3$) par rapport au Ghrib ($449,695 \text{ hm}^3$ et $529,574 \text{ hm}^3$) et au Harreza ($44,206 \text{ hm}^3$ et $139,784 \text{ hm}^3$) (Fig. 7b et Tab. 8 en annexe).

3.2. - Caractères physico-chimiques des eaux des trois barrages

L'identification des caractères physico-chimique des eaux des trois barrages s'est faite par la mesure de plusieurs paramètres qui concerne la température, l'oxygène dissous, le pH, la conductivité électrique, la turbidité, la demande biologique en oxygène de 5 jours (DBO5), la demande chimique en oxygène (DCO) et quelques nutriments ainsi que certains cations et anions majeurs.

3.2.1. – Température

Le régime thermique des eaux des trois barrages est identifié à travers les bilans thermiques des eaux de surface et les profils verticaux de la colonne d'eau.

3.2.1.1. - Bilan hydrothermique

Le bilan hydrothermique, effectué sur la base des relevés mensuels durant 24 mois, indique que les températures des eaux de surface (Fig. 8 ; Tab. 9 ; Tab. 10 en annexe) évoluent dans le même sens pour les trois barrages et qu'il n'existe aucune différence significative entre ces derniers (test de Kruskal, $p = 0,16$).

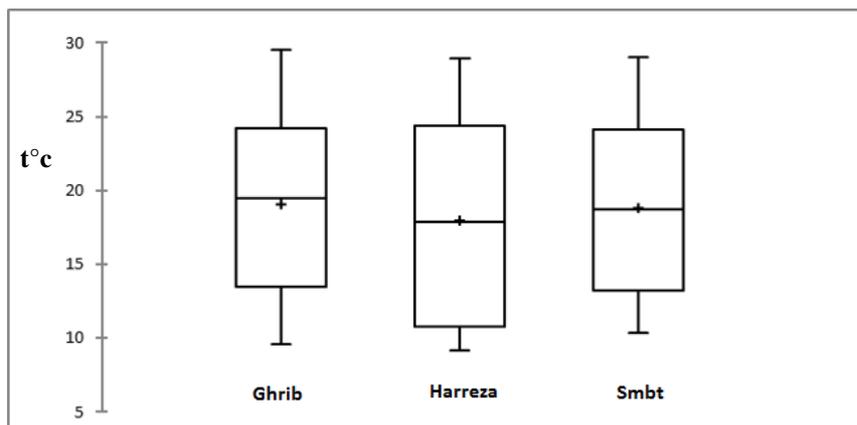


Figure 8 - Variabilité des températures des eaux de surfaces (2009 et 2010) des trois barrages, Ghib, Harreza et Smbt

Les variations hydrothermiques au cours de la 1^{ère} année (Tab. 9 dont les détails sont dans le Tab.10 en annexe) vont de $9,6 \pm 0,79^{\circ}\text{C}$ (Février) à $29,54 \pm 0,79^{\circ}\text{C}$ (Aôut) dans le Ghib, de $9,5 \pm 0,24^{\circ}\text{C}$ (Mars) à $28,56 \pm 0,49^{\circ}\text{C}$ (Aôut) dans le Harreza et de $10,32 \pm 0,53^{\circ}\text{C}$ (Février) à

Chapitre III- Résultats

29 ± 0,44°C (Aôut) dans le Smbt. Durant la 2^{ème} année, ces variations hydrothermiques vont de 9,7 ± 0,97°C, à 29,36 ± 0,55°C dans le Ghrib, 9,14 ± 0,15°C (Mars) à 28,56 ± 0,49°C (Aôut) dans le Harreza et de 10,68 ± 0,25°C (Février) à 28,82 ± 0,22°C (Aôut) dans le Smbt.

Tableau 9 - Températures mensuelles en °c (2009 et 2010), des eaux de surface des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages / Mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	10,64 ± 0,69	10,98 ± 0,34	10,12 ± 0,37	10,58 ± 0,28	11,24 ± 0,32	11,42 ± 0,22
Février	9,6 ± 0,79	9,7 ± 0,97	10,52 ± 0,3	9,54 ± 0,13	10,32 ± 0,53	10,68 ± 0,25
Mars	16,44 ± 0,65	16,04 ± 0,4	9,5 ± 0,24	9,14 ± 0,15	16,4 ± 0,28	13,52 ± 0,13
Avril	13,6 ± 0,91	14,68 ± 0,19	15,26 ± 0,33	14,72 ± 0,3	13,98 ± 0,15	14,7 ± 0,19
Mai	21,06 ± 0,15	21,36 ± 0,38	21,38 ± 0,53	21,62 ± 0,37	21,36 ± 0,18	21,02 ± 0,08
Juin	23,7 ± 0,67	23,76 ± 0,11	23 ± 0,29	23,96 ± 0,96	23,7 ± 0,44	23,48 ± 0,18
Juillet	25,48 ± 0,48	25,78 ± 0,08	25,78 ± 0,59	25,42 ± 0,6	25,74 ± 0,34	25,88 ± 0,15
Aôut	29,54 ± 0,79	29,36 ± 0,55	28,96 ± 0,8	28,56 ± 0,49	29 ± 0,44	28,82 ± 0,22
Septembre	26 ± 0,44	25,5 ± 0,25	26,46 ± 0,38	25,68 ± 0,4	26,5 ± 0,41	25,46 ± 0,29
Octobre	22,34 ± 0,85	23,18 ± 0,15	21,32 ± 0,24	20,46 ± 0,34	22,42 ± 0,39	21,42 ± 0,39
Novembre	14,72 ± 1,23	17,92 ± 0,54	11,56 ± 0,36	14,18 ± 0,24	15,58 ± 0,23	15,48 ± 0,22
Décembre	11,76 ± 1,22	13,1 ± 0,46	11,16 ± 0,43	10,86 ± 0,11	11,18 ± 0,13	12,18 ± 0,08

D'un point de vu spatio-temporel, aucune différence significative n'est constatée entre la variabilité thermique des eaux enregistrée entre les deux années (Fig. 9) dans chacun des trois barrages (test de WMW, $p > 0,59$), ou entre les stations de ces derniers (Fig. 10 ; $p > 0,05$).

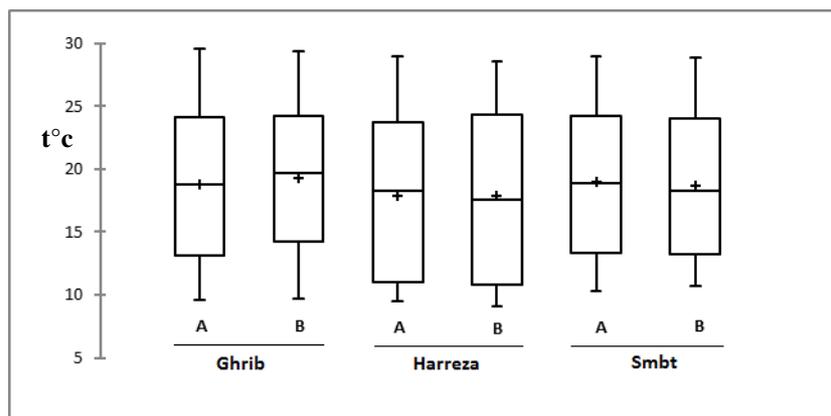


Figure 9 - Variabilité des températures annuelles des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt. A: an 2009; B: an 2010

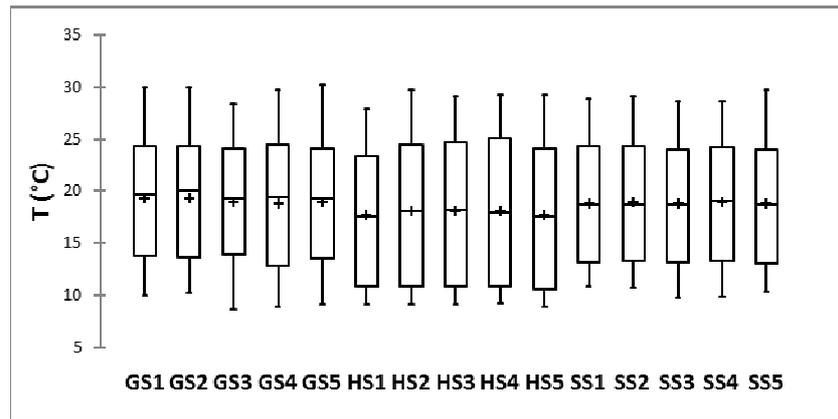


Figure 10 - Variabilité de la température dans les 5 stations des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt. S1 à S5: Stations

3.2.1.2. - Profil Hydrothermique

Sur la base des relevés de températures de la colonne d'eau (Tab. 11, 12 et 13 en annexe), en référence aux stations S5 qui se distinguent par des niveaux bathymétriques élevés, des trois barrages, nous constatons (Fig. 11), l'apparition de thermocline (saut thermique) à partir du mois de Mai dans les barrages de Smbt (Fig. 11c, courbe D) et de Harreza (Fig. 11b, courbe B) et du mois de Juin dans le barrage Ghrib (Fig. 11a. courbe D).

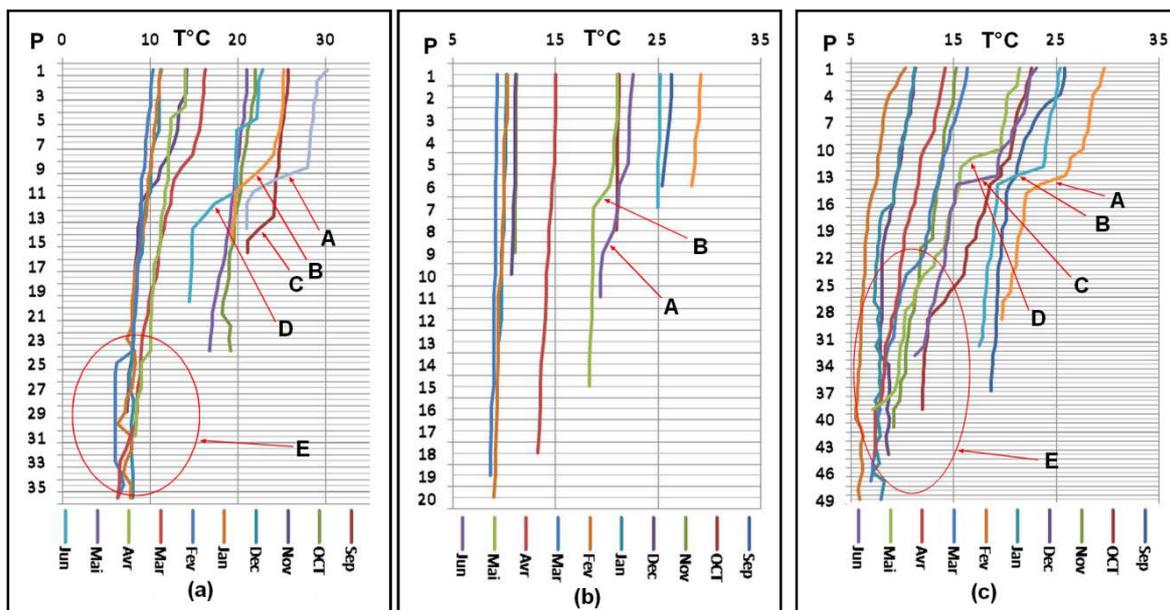


Figure 11 a, b, c - Profil hydrothermique des trois barrages : Ghrib (a), Harreza (b) et Smbt (c) ; (p= Profondeur).

Chapitre III- Résultats

L'apparition de cette thermocline s'étale sur quatre mois dans le Smbt (Fig. 11c ; courbes A, B, C, D) et le Ghrib (Fig. 11a ; courbes A, B, C, D) ; alors qu'elle n'est présente que pendant deux mois dans le Harreza (Fig. 11b ; courbes A et B).

Cette thermocline engendre l'apparition d'une stratification thermique où l'épaisseur du Metalimnion (Tab. 14) varie de 1 à 2m dans le Smbt, de 1 à 4 m dans le Harreza et de 2 à 9m dans le Ghrib. En dehors des mois où la thermocline est présente, des fluctuations importantes sont enregistrées au-delà des 22m de profondeurs, des barrages de Smbt et de Ghrib, décelables dans l'ellipse E (Fig. 11a et b). Contrairement à ces deux barrages, une homogénéité de la température est enregistrée dans les profondeurs du barrage Harreza.

Tableau 14 - Profondeur de la thermocline et épaisseur du Metalimnion dans la colonne d'eau des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Barrage/Mois		Profondeur de la colonne d'eau (m)	Profondeur de la Thermocline (m)	Epaisseur du Metalimnion (m)
Smbt (m)	V	39	]-10, -12[	2
	VI	33	]-13, -14[	1
	VII	32	]-12, -14[	2
	VIII	29	]-13, -15[	2
Harreza (m)	V	15	]-6, -7[	1
	VI	11	]-5, -9[	4
Ghrib (m)	VI	18	]-5, -6[;]-11, -14[	1+ 5
	VII	15	]-8, -11[	3
	VIII	14	]-9, -12[	3
	IX	16	]-13, -15[	2

3.2.2. - Oxygène dissous

Le niveau de l(oxygène dissous des eaux des trois barrages est identifié à travers les bilans oxygéniques des eaux de surface et les profils verticaux de la colonne d'eau.

3.2.2.1. - Bilan oxygénique

Le niveau d'oxygène dissous de l'eau, enregistré mensuellement (Fig. 12 et Tab. 15 en annexe), est significativement différent dans les trois barrages (test de Kruskal, $p=0,001$).

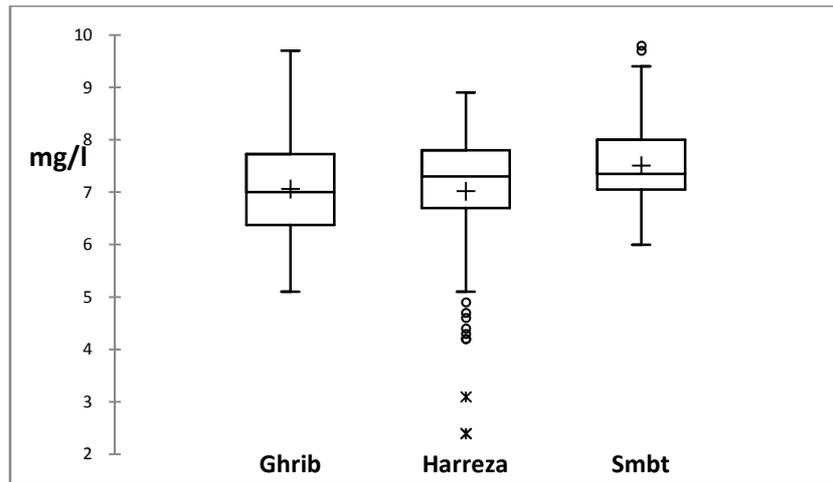


Figure 12 - Variabilité des taux d'oxygène dissous dans les trois barrages durant 24 mois : Ghrib, Harreza et Smbt.

Le test post hoc a permis de déceler deux groupes homogènes A et B (Tab. 16) qui correspondent respectivement aux barrages Ghrib (A) et Smbt (B). Ce dernier s'avère le plus oxygéné des trois barrages. Le barrage Harreza est intermédiaire (AB) en raison des taux d'oxygène dissous qui sont similaires aux deux autres barrages : Ghrib et Smbt.

Tableau 16 - Comparaisons multiples par paires (post-hoc) des taux d'oxygène dissous des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Ghrib	120	18823	156,85	A	
Harreza	120	21304	177,53	A	B
Smbt	120	24853	207,10		B

Les taux d'oxygène dissous (Fig. 13) varient de 5,1mg/l à 9,7mg/l dans le barrage Ghrib et de 6mg/l à 9,8 mg/l dans le barrage Smbt. Dans le barrage Harreza (Fig. 13), ces taux fluctuent entre 8,9 mg/l et 2,4 mg/l, révélant ainsi des valeurs qui vont en deçà du seuil critique (5mg/l) préconisé pour toutes les espèces aquatiques.

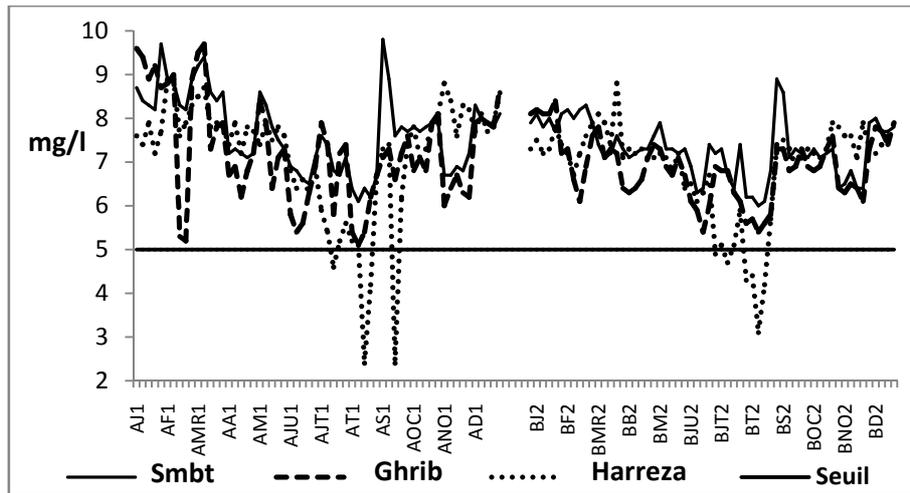


Figure 13 - Régime oxygénique annuel des eaux de surface des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt. A : 2009 ; B : 2010 ; Jà D : 12 mois de l'année ; 1à 5 : Stations de 1 à 5

Dans le temps, entre les deux ans, le bilan oxygénique pour chacun des trois barrages (Fig. 14) est significativement différent : Ghrib (test t, $p=0,04$), Harreza (test WMW, $p= 0,0001$) et Smbt (test t, $p=0,005$).

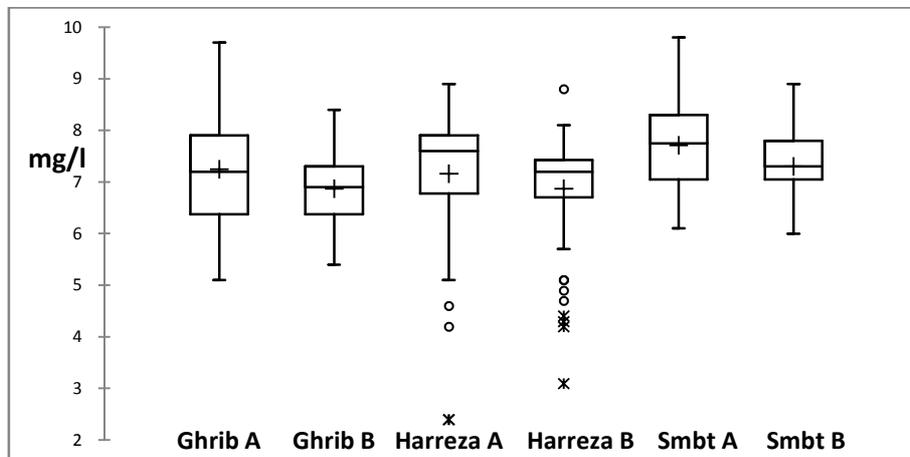


Figure 14 - Variabilité annuelle (A : 2009 ; B : 2010) des taux d'oxygène dissous dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Dans l'espace, entre les stations de chacun des trois barrages, aucune différence significative du bilan oxygénique (Fig. 15) n'est décelée durant les deux années d'observation : Ghrib (test de Kruskal, $p= 0,1$), Harreza (test de Kruskal, $p = 0,272$) et Smbt (Anova, $p = 0,164$).

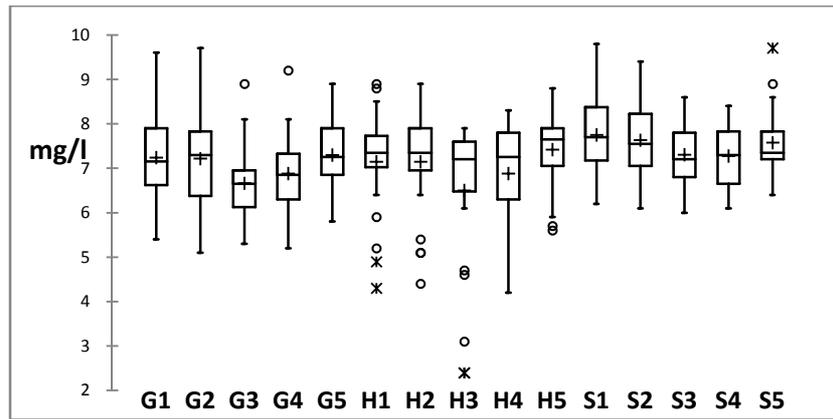


Figure 15 - Variabilité des taux d'oxygène dissous dans les 5 stations des trois barrages.
G : Ghrif ; H : Harreza ; S : Smbt ; 1 à 5 : Stations de 1 à 5

Les teneurs maximales enregistrées (Fig. 15; Tab. 15 en annexe) sont de 9,8mg/l (1^{ère} année) et 8,9mg/l (2^{ème} année) en septembre dans la station S1 du barrage Smbt, de 9,7mg/l en Mars dans la station S2 et 8,4mg/l en Janvier dans la station S5 du barrage Ghrif et de 8,9mg/l (1^{ère} année) en Février dans la station S2 et 8,8mg/l (2^{ème} année) en Mars dans la station S5 du barrage Harreza. Les teneurs minimales enregistrées (Fig. 15 ; Tab. 15 en annexe) dans le barrage Smbt sont de 6mg/l (2^{ème} année) dans la station S3 et de 6,1mg/l (1^{ère} année) dans la station S2 durant le mois d'Aôut. Dans le barrage Ghrif, elles sont de 5,1mg/l (1^{ère} année) dans la station S2 en Aôut et 5,4mg/l (2^{ème} année) dans la station S4 en juillet dans le barrage Ghrif. Dans le barrage Harreza des valeurs minimales de 2,4mg (1^{ère} année) et de 3,1mg/l (2^{ème} année) sont enregistrées dans la station S3 au mois d'Aôut. Des taux extrêmes, en dessous de 5mg/l, sont observés dans quatre stations (S1, S2, S3 et S4) du barrage Harreza (Fig.15; Tab. 15 en annexe). Les taux d'oxygène de la station S3 (Fig. 15 ; Tab. 15 en annexe) indiquent des hypoxies, taux critiques, au mois d'Aôut et Septembre de la 1^{ère} année (2,4mg/l) et en Aôut de la 2^{ème} année (3,1mg/l).

3.2.2.2. - Profil oxygénique

Les profils oxygéniques de la colonne d'eau, relevés dans les stations S5 des trois barrages (Fig. 16a, b, c) sont significativement différents (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Une limite inférieure aux taux de 5mg/l (S) est enregistrée (Fig. 16a, b, c ; Tab. 17 avec détails dans Tab. 18, 19 et 20, annexe) aux profondeurs -9m au mois de Décembre et -22m au

Chapitre III- Résultats

mois de Février dans le Ghrib, de - 4m au mois d'Aôut et de - 18m au mois de Février dans le Harreza et de -10m au mois de Mai et - 21m au mois d'Octobre dans le Smbt.

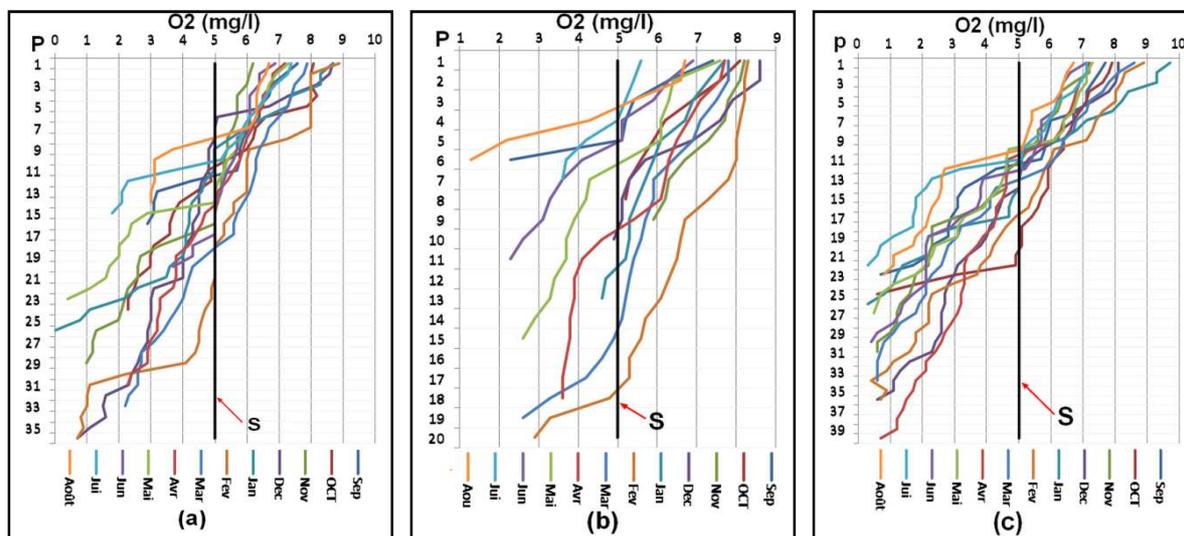


Figure 16 a, b, c - Profil oxygénique des trois barrages : Ghrib (a), Harreza (b) et Smbt (c) ; (p= Profondeur ; S= seuil critique 5mg/l, pour la vie aquatique).

Des fluctuations du niveau d'oxygène dissous sont observées sur toute la colonne d'eau des trois barrages (Fig. 16) avec apparition d'oxyclines (sauts oxygéniques) au mois de Février (]- 7m, - 9m [), Juillet (]- 10m, - 12m [) et Aôut (]- 7m, - 10m [) dans le Ghrib, au mois de Mai (]- 5m, - 7m[) et Juillet (]- 4m, - 6m[) dans le Harreza et au mois d'Aôut (]- 10m, - 12m[) dans le Smbt.

Tableau 17 - Profondeur de l'oxycline et hauteur de la colonne d'eau des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt.

Barrages/Mois		Profondeur de la colonne d'eau (m)	Profondeur de l'oxycline (m)	Zone du saut oxygénique (m)
Smbt (m)	VIII	29	]-10m, -12m [	2
Harreza (m)	V	15	]-5m, -7m [	1
	VII	7	]-4m, -6m [	4
Ghrib (m)	II	36	]-7m, -9m [	1+ 5
	VII	15	]-10m, -12m [	3
	VIII	14	]-7m, -10m [	3

Chapitre III- Résultats

Une différence hautement significative est observée entre l'évolution mensuelle de l'oxygène dissous des colonnes d'eaux des trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post hoc a permis d'identifier deux groupes homogènes (Tab. 21 en annexe). Le groupe A est constitué par deux barrages : Ghrib sur 2 mois (Novembre et Décembre) et Smbt sur 6 mois (Novembre, Mars, Avril, Juin, Juillet et Août). Le groupe B est représenté uniquement par le barrage Harreza sur 2 mois (Février et Novembre). Le groupe AB est intermédiaire entre les deux derniers et regroupe les trois barrages : Ghrib et Harreza sur 10 mois alors que Smbt sur 6 mois. Des hypoxies (taux O_2 dissous $< 5 \text{ mg/l}$) allant jusqu'à l'anoxie sont enregistrées dans les zones profondes des trois barrages (Fig. 16, Tab. 21 ; Tab. 18, 19, 20 en annexe).

Dans ces trois barrages, les profondeurs maximales (P en m) à partir de laquelle ces hypoxies sont observées (Tab. 22 ; Fig. 16), sont de -22m à Ghrib au mois de Février, de -18m à Harreza également au mois de Février et -21m à Smbt au mois d'Octobre. Cependant les profondeurs minimales sont de -8m dans le Ghrib au mois d'Août, de -4 m dans le Harreza au mois d'Août également et de -10 m dans le Smbt au mois de Mai.

Tableau 22 - Profondeur du seuil hypoxique dans la colonne d'eau des trois barrages en 2010

Mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	P (m)	O_2 (mg/l)	P (m)	O_2 (mg/l)	P (m)	O_2 (mg/l)
I	12	4,7	12	4,7	15	4,8
II	22	4,9	18	4,8	17	4,9
III	19	4,7	15	4,9	14	4,3
IV	15	4,7	10	4,6	11	4,7
V	15	2,9	7	4,3	10	4,7
VI	18	4,3	6	4,1	13	3,9
VII	11	3,7	5	4,2	12	3,2
VIII	8	4,9	4	4,3	11	3,9
IX	9	4,8	6	2,3	12	4,3
X	17	4,2	-	-	21	4,9
XI	11	4,8	-	-	12	4,7
XII	12	4,3	10	4,9	15	4,5

3.2.3. – pH

Les valeurs du pH de l'eau des trois barrages sont significativement différents (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Ils varient de 6,6 à 8,2 dans le Ghrib, de 6,8 à 8,2 dans le Harreza et de 7,6 à 8,4 dans le Smbt (Fig. 17 ; Tab. 23 en annexe). Le test post-hoc révèle l'existence de

deux groupes homogènes : le groupe A constitué par les deux barrages, Ghrib et Harreza, alors que le groupe B est constitué uniquement par le Smbt.

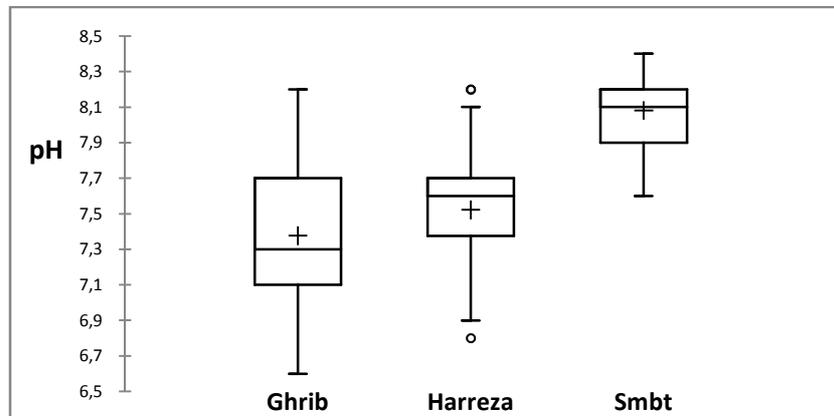


Figure 17 - Variabilité du pH dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Dans l'espace, nous constatons (Fig. 18a Tab. 23 en annexe) que les relevés du pH des eaux sont significativement différents entre les stations du barrage Ghrib (test de Kruskal, $p=0,00029$) ; Le test post-hoc montre que les stations S4 et S3 constituent la groupe A, les stations S1 et S2 constituent le groupe B alors que la station S5 chevauche entre ces deux groupes. Contrairement au barrage Ghrib, aucune différence significative du pH de l'eau des stations n'est observée dans les deux autres barrages : Smbt (test de Kruskal, $p=0,270$) et Harreza (Anova, $p=0,086$).

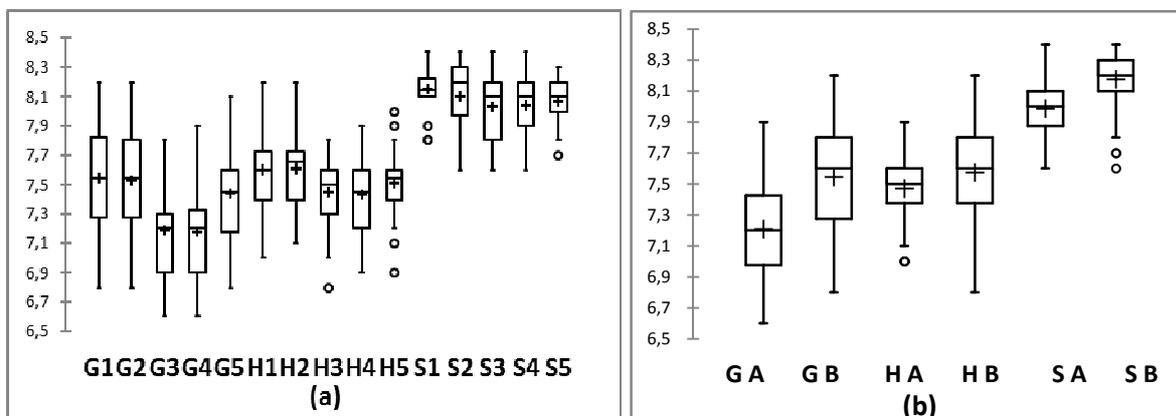


Figure 18 a, b - Variabilité du pH des eaux dans les 5 stations (a) et entre les deux années (2009 et 2010) dans les trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010; 1 à 5: Stations de 1 à 5

Chapitre III- Résultats

Dans le temps, entre les deux années, les relevés du pH de l'eau (Fig. 18b et Tab. 23 en annexe) sont significativement différents dans le Ghrib (test t, $p < 0,0001$) et dans le Smbt (test de WMW, $p < 0,0001$), alors qu'aucune différence significative n'est décelé dans le Harreza (test de WMW, $p = 0,59$).

3.2.4. - Conductivité électrique

La conductivité électrique des eaux des trois barrages (Fig. 19 ; Tab. 24 en annexe) est significativement différente (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Elle varie de 3394 à 4785 mS dans le Ghrib, de 980 à 2476 mS dans le Harreza et de 3117 à 4685mS dans le Smbt. Cette conductivité est plus élevée dans le Smbt ($3584,27 \pm 249,53$ mS), que dans le Ghrib ($3212,74 \pm 497,05$ mS) et dans le Harreza ($1581,78 \pm 534,38$ mS).

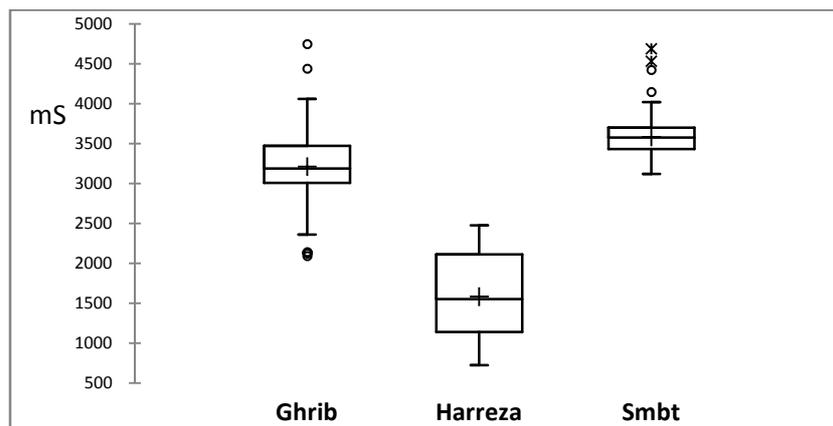


Figure 19 - Variabilité de la conductivité électrique dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Dans l'espace (Fig. 20a), aucune différence significative n'est constatée entre les cinq stations de Harreza (test de Kruskal, $p = 0,614$) et de Smbt (test de Kruskal, $p = 0,056$), alors qu'une différence significative est constatée entre les cinq stations de Ghrib (test de Kruskal, $p = 0,0041$) ; où deux groupes homogènes sont mis en évidence par le test post-hoc (Tab. 25) : le groupe A est constitué par la station S5 et le groupe B est constitué par la station S4. Les stations S1, S2 et S3 font partie d'un groupe intermédiaire AB.

Tableau 25 - Comparaisons multiples par paires de la conductivité électrique des eaux du barrage Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif (Mois)	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
S5	24	1146,50	47,77	A	
S2	24	1246,50	51,93	A	B
S1	24	1262,50	52,60	A	B
S3	24	1688	70,33	A	B
S4	24	1916,50	79,85		B

Dans le temps, entre les deux années, l'évolution de cette conductivité électrique ne présente aucune différence significative dans le Ghrib (test t, $p=0,57$) et dans le Smbt (test de WMW, $p=0,27$). Cependant, celle des eaux de Harreza est significativement différente entre les deux années (test de WMW, $p < 0,0001$).

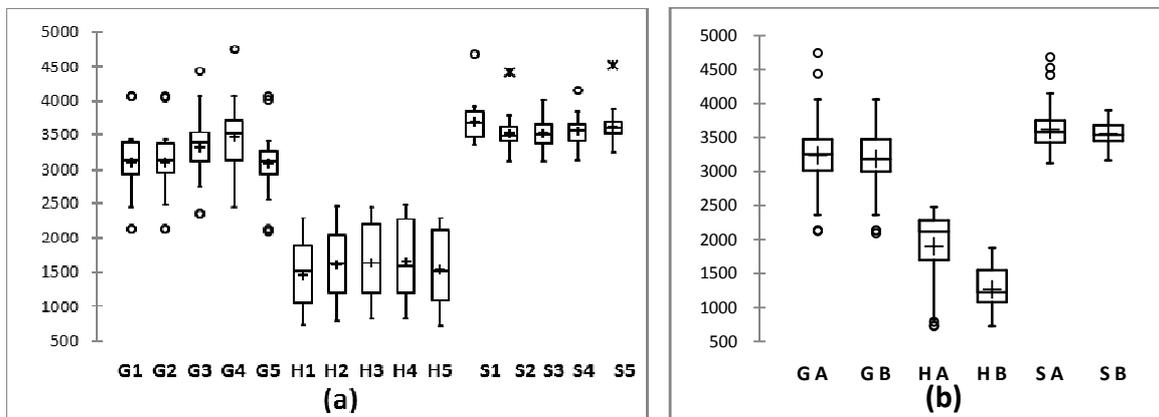


Figure 20 a, b - Variabilité de la conductivité électrique en mS dans les cinq stations (a) et entre les deux années (b) des trois barrages. : G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010 ; 1 à 5: Stations de 1 à 5

3.2.5. - Matière organique

Les taux moyens de matière organique contenue dans l'eau des trois barrages (Fig. 21 ; Tab.26 en annexe) sont de $30,23 \pm 20,40$ mg/l dans le Ghrib, de $18,65 \pm 15,99$ mg/l dans le Harreza et de $32,27 \pm 5,88$ mg/l dans le Smbt. Les taux minimaux enregistrés sont de 6mg/l

Chapitre III- Résultats

dans le Ghrib en Avril 2010, 2 mg/l dans le Harreza en Octobre 2010 et 16 mg/l dans le Smbt en Janvier 2010. Les taux maximaux sont de 83 mg/l dans le Ghrib en Août 2010, 11 mg/l dans le Harreza en Mars 2009 et 47mg/l dans le Smbt en Juin 2010.

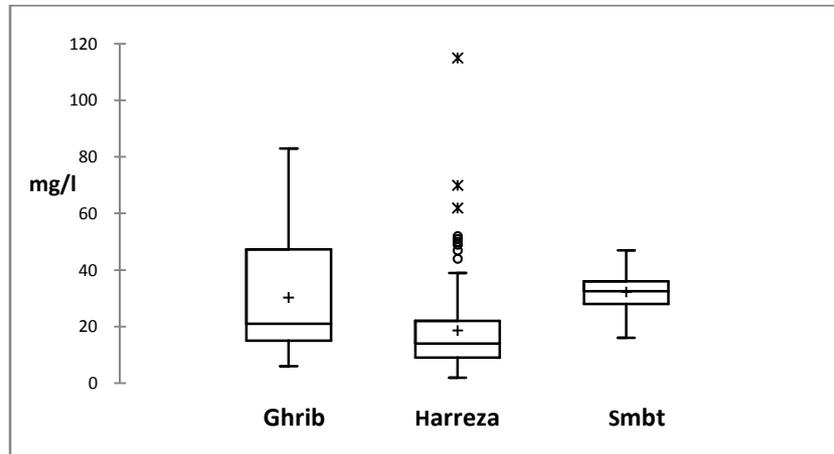


Figure 21 - Variabilité de la MO des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt

De ces variations de la MO, il ressort l'existence d'une différence hautement significative entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Trois groupes homogènes sont identifiés par le test post-hoc (Tab. 27) : dans le barrage Harreza (groupe A) les taux de MO cumulés sont les plus faibles par rapport à ceux des barrages Ghrib (groupe B) et Smbt (groupe C). Dans ce dernier, les taux de MO cumulés sont les plus élevés par rapport aux trois barrages.

Tableau 27 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
Harreza	120	13741,50	114,51	A		
Ghrib	120	22553	187,94		B	
Smbt	120	28685,50	239,04			C

Chapitre III- Résultats

Dans l'espace (Fig. 22 a), aucune différence significative n'est décelée entre les taux de MO des cinq stations du barrage Harreza (test de Kruskal, $p = 0,4$). Cependant des différences significatives sont observées entre les stations du Ghrib (test de Kruskal, $p = 0,022$) et du Smbt (Anova, $p = 0,005$).

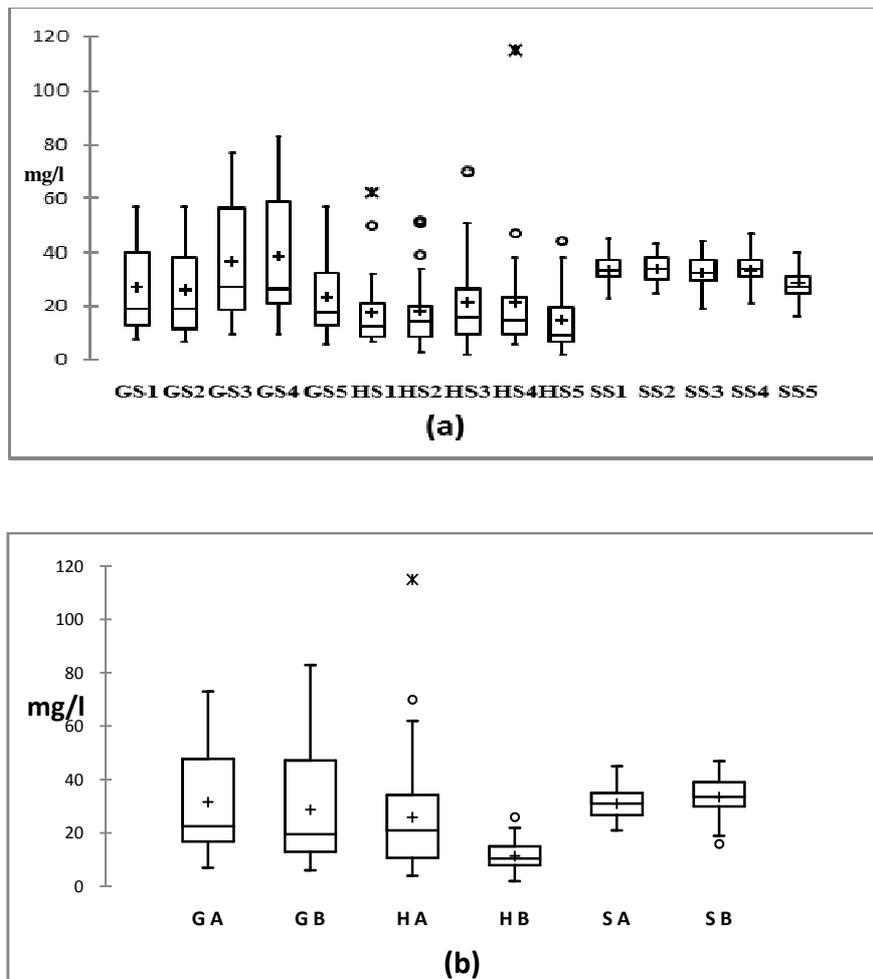


Figure 22 a, b - Variabilité de la MO dans les stations (a) et entre 2 ans (b) des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010 ; S1 à S5: Stations de 1 à 5

Le test post-hoc (Tab. 28) fait ressortir pour le barrage Ghrib trois groupes homogènes : le groupe A est constitué par les stations S5 et S2, le groupe B (AB et BC) chevauche entre le groupe A avec la station S1 et le groupe C avec la station S3. Le groupe C est représenté par la station S4.

Tableau 28 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO des stations de Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
S5	24	1208	50,33	A		
S2	24	1233,50	51,39	A		
S1	24	1289	53,70	A	B	
S3	24	1724	71,83		B	C
S4	24	1805,50	75,22			C

Dans le barrage Smbt, deux groupes homogènes sont observées (Tab. 29) : le groupe A est constitué par quatre stations, S2, S4, S1 et S3 alors que le groupe B est constitué uniquement par la station S5.

Tableau 29 - Comparaisons multiples par paires, des taux de MO des stations de Ghrib, suivant la procédure de Newman-Keuls (95%)

Stations	Moyenne estimée	Groupes	
S2	33,708	A	
S4	33,500	A	
S1	33,458	A	
S3	32,417	A	
S5	28,292		B

Dans le temps, les variations de la MO dans le barrage Ghrib (Fig. 22 b) sont comparables au cours des deux années (test de WMW, $p = 0,17$). Toute fois dans le Harreza des différences significatives sont observées au cours du temps, entre l'année 2009 et 2010, (test de WMW, $p < 0,0001$) et le Smbt (test t, $p = 0,017$).

3.2.6. - Chlorophylle a (Chl-a)

Les teneurs moyennes de Chl-a (Fig. 23, Tab. 30 en annexe) sont de $23,66 \pm 12,09$ mg/l dans le Ghrib, de $16,20 \pm 10,62$ mg/l dans le Harreza et de $151,73 \pm 44,32$ mg/l dans le

Chapitre III- Résultats

Smbt. Les taux minimaux (Fig. 23, Tab. 30 en annexe) sont de 8,54 mg/l dans le Ghrib en Janvier 2010, de 4,12 mg/l dans le Harreza en Janvier 2009 et de 81,20 mg/l dans le Smbt en mars 2010. Les taux maximaux (Fig. 23, Tab. 30) sont de 46,75 mg/l dans le Ghrib en mai 2010, de 38,24 mg/l dans le Harreza en Août 2010 et de 211,37 mg/l dans le Smbt en Mai 2010.

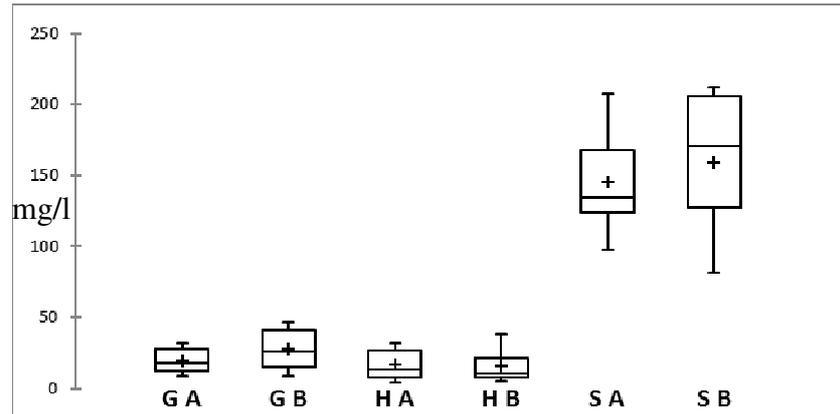


Figure 23 - Variabilité des teneurs de Chl-*a* des eaux des trois barrages dans le temps.
G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010

Les teneurs minimales de Chl-*a* du barrage Smbt (Fig. 23, Tab. 30) sont très élevées par rapport aux teneurs maximales enregistrées dans le Ghrib et le Harreza. De la comparaison de ces teneurs, une différence hautement significative est observée entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Deux groupes homogènes sont mis en évidence par le test post-hoc (Tab. 41) : le groupe A est constitué par deux barrages, Harreza et Ghrib, alors que le groupe B est constitué uniquement par le barrage Smbt.

Tableau 31 - Comparaisons multiples par paires des teneurs en Chl-*a* des barrages Ghrib, Harreza et Smbt, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Harreza	24	470	19,58	A	
Ghrib	24	706	29,41	A	
Smbt	24	1452	60,50		B

Sur le plan temporel, aucune différence significative des teneurs en Chl-*a* n'est constatée entre les deux années pour les trois barrages : Ghrib (test t, $p = 0,11$), Harreza (test WMW, $p = 0,92$) et Smbt (test WMW, $p = 0,37$).

3.2.7. – Turbidité

La turbidité de l'eau, mesurée uniquement dans les stations S5 (Tab. 32 et Fig. 24), est significativement différente entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,017$).

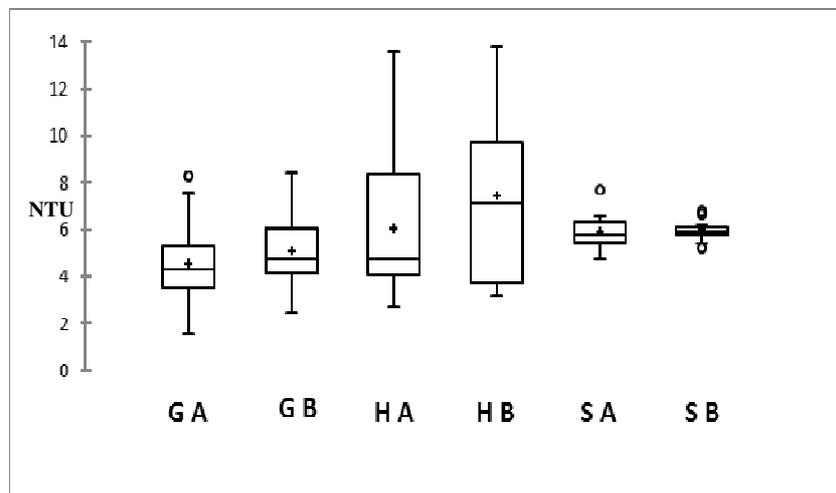


Figure 24 - Variabilité de la turbidité de l'eau au cours des deux années (2009 et 2010) dans les trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010

Les valeurs maximales (Tab. 32) sont de 8,3 NTU (Mars 2009) et 8,4 NTU (Mars 2010) dans le Ghrib, de 13,6 NTU (Novembre 2009) et de 13,8 NTU (Octobre 2010) dans le Harreza, de 7,7 NTU (Juillet 2009) et 6,8 NTU (Août 2010) dans le Smbt. Les valeurs minimales (Tab. 32) sont de 1,6 NTU (Décembre 2009) et 2,5 NTU (Décembre 2010) dans le Ghrib, de 2,7 NTU (Octobre 2009) et 3,2 NTU (Mai 2010), de 4,8 NTU (Janvier 2009) et 5,2 NTU (Novembre 2010).

Tableau 32 - Turbidité de l'eau dans les trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/ Année/Mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
I	3,5	3,9	3,9	4,4	5,2	6,2
II	4,2	4,9	4,1	3,3	4,8	5,9
III	8,3	8,4	9,1	9,7	6,3	6,1
IV	5,7	6,4	5,1	3,7	5,8	5,8
V	1,9	3,8	4,1	3,2	5,7	5,9
VI	4,2	4,7	8,2	5,1	6,2	5,7
VII	4,6	4,5	8,7	10	7,7	6,7
VIII	7,6	7,1	4,4	9,6	6,3	6,8
IX	4,5	4,9	5,1	9,2	5,6	6,1
X	3,6	4,2	2,7	13,8	5,2	5,9
XI	5,1	5,9	13,6	3,8	6,6	5,2
XII	1,6	2,5	3,8	13,6	5,8	5,4

Le test post-hoc a permis d'identifier deux groupes homogène (Fig. 24 ; Tab. 33) : le groupe A est constitué par le barrage Ghrib qui est le moins turbide, le groupe B est constitué par le barrage Smbt qui est le plus turbide. Le barrage Harreza chevauche entre ces deux derniers barrages et constitue donc le groupe AB.

Tableau 33. Comparaisons multiples par paires de la turbidité de l'eau des trois barrages, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Ghrib	24	659,500	27,479	A	
Harreza	24	8960	37,333	A	B
Smbt	24	1072,500	44,688		B

3.2.8. - DBO5

La DBO5 de l'eau (Fig. 25, Tab. 34 en annexe) évolue d'une manière comparable dans les trois barrages avec $2,14 \pm 0,75$ mg/l dans le Ghrib, $3,36 \pm 3,56$ mg/l dans le Harreza et $2,28 \pm 1,49$ mg/l dans le Smbt. Aucune différence significative n'est constatée entre la

Chapitre III- Résultats

DBO5 de l'eau des trois barrages (test de Kruskal, $p = 0,543$). Cette DBO5 passe par un minimum (Tab. 34 en annexe) de 0,8 mg/l dans le Ghrib au mois de Novembre (2009 et 2010) à la station S5, de 0,6 mg/l dans le Harreza au mois de Février (2009) à la station S1 et de 1 mg/l dans le Smbt où toutes stations peuvent être concernées au moins un mois durant les deux années (2009 et 2010).

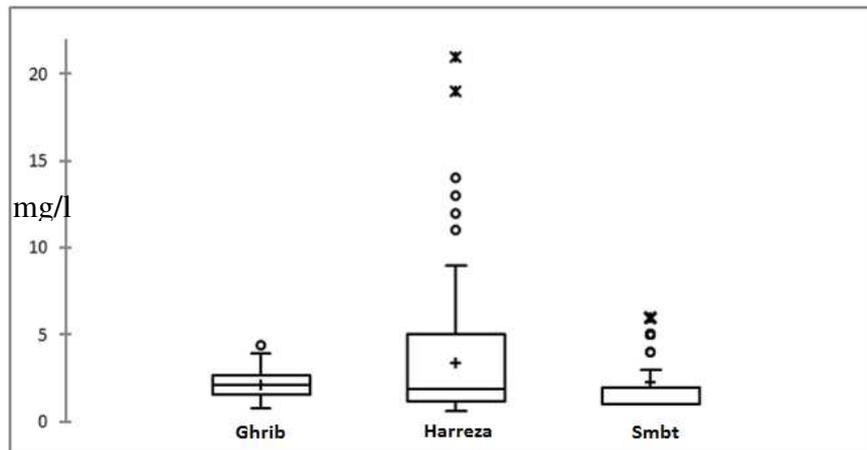


Figure 25 - Variabilité de la DBO5 des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt

Les valeurs maximales de cette DBO5 (Tab. 34 en annexe) sont de 4,4 mg/l dans le Ghrib au mois de mars (2009) à la station S4, de 21 mg/l dans le Harreza au mois d'Aôut (2009) à la station S4, et de 6 mg/l dans le Smbt aux mois de Juillet (stations S1 et S4) et Aôut 2009 (Stations S2 et S4) ainsi qu'aux mois de mars (stations S1, S2 et S4) et avril 2010 (stations, S2 et S3).

Dans l'espace (Fig. 26a, Tab. 34 en annexe), aucune différence significative n'est constatée entre les cinq stations du barrage Harreza (test de Kruskal, $p = 0,32$) ainsi que celles du barrage Smbt (test de Kruskal, $p = 0,15$). Cependant, une différence hautement significative de la DBO5 est constatée entre les stations du barrage Ghrib (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

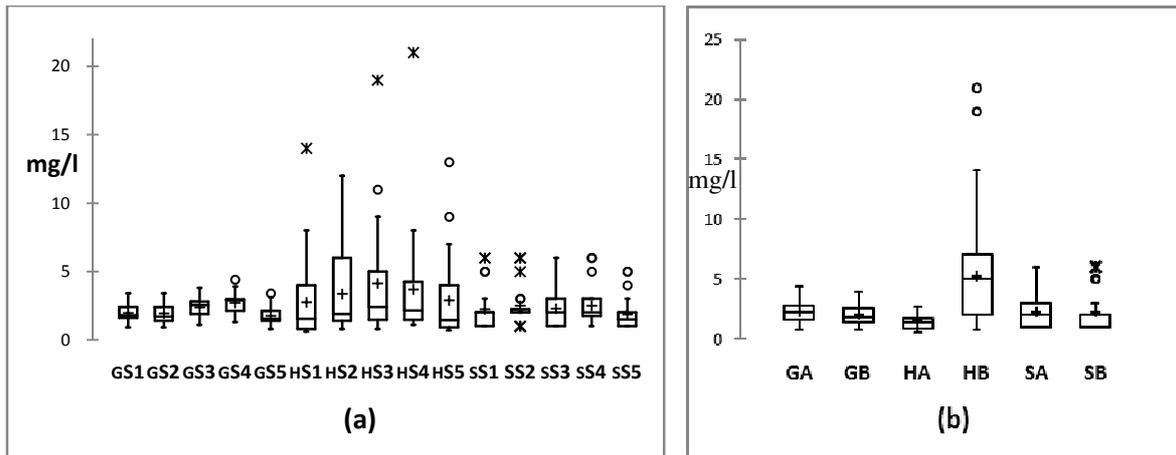


Figure 26 a, b - Variabilité spatiale (a) et temporelle (b) de la DBO5 des eaux des trois barrages durant la période 2009 et 2010. G: Ghib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009, B: An 2010; S1 à S5: Stations

Le test post-hoc, appliqué aux valeurs de la DBO5 des cinq stations du barrage Ghib, fait ressortir deux groupes homogènes (Tab. 35) ; Le groupe A, à faible DBO5, est constitué par trois stations S1, S2 et S5, alors que le groupe B, à forte DBO5, est constitué par deux stations S3 et S4.

Tableau 35 - Comparaisons multiples par paires de la DBO5 des eaux des stations du barrage Ghib, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
S5	24	981,50	40,89	A	
S2	24	1218,50	50,77	A	
S1	24	1270,50	52,93	A	
S3	24	1761	73,37		B
S4	24	2028,50	84,52		B

Dans le temps, entre les deux années (2009 et 2010), aucune différence significative n'est constatée entre les valeurs de la DBO5 (Fig. 26b, Tab. 34 en annexe) des eaux du barrage Ghib (test de WMW, $p = 0,12$) ainsi que celles du barrage Smbt (test de WMW, $p = 0,6$). Contrairement à ces deux derniers barrages, les DBO5 enregistrées dans le barrage Harreza, entre 2009 et 2010, montrent une différence hautement significative (test de WMW, $p < 0,0001$).

3.2.9. – DCO

La DCO moyenne de l'eau mesurée dans les trois barrages (Fig. 27 ; Tab. 36 en annexe) est de $46,05 \pm 23,39$ mg/l dans le Ghrib, de $27,57 \pm 17,58$ mg/l dans le Harreza et de $9,31 \pm 3,66$ mg/l dans le Smbt. Les variations de cette DCO, passent par un minimum de 7 mg/l dans le barrage Ghrib en mars 2010 à la stations S1 et en Octobre 2010 à la station S2, de 5 mg/l dans le barrage Harreza en Février 2010 à la station S3 et de 3 dans le barrage Smbt en janvier, février, avril et mai de l'année 2010 relevées dans toutes les stations à l'exception de la S1. La DCO maximale est de 89 mg/l dans le Ghrib en Janvier 2009 à la station S4, de 71mg/l dans le Harreza en janvier 2009 à la station S2 et de 18 mg/l dans le Smbt en Août 2009 aux stations S1 et S3 et en Avril 2010 aux stations S1, S2 et S5.

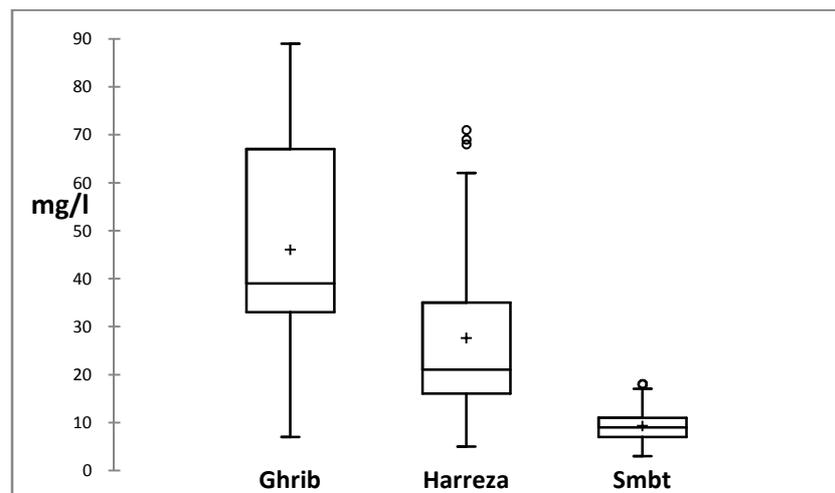


Figure 27 - Variabilité de la DCO des eaux des trois barrages (2009 et 2010) : Ghrib, Harreza et Smbt

Une différence hautement significative est observée entre les DCO de l'eau des trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post-hoc a permis d'identifier trois groupes homogènes A, B et C qui correspondent respectivement, du plus faible au plus fort, aux barrages Smbt, Harreza et Ghrib (Tab. 37).

Tableau 37 - Comparaisons multiples par paires de la DCO des eaux des trois barrages suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
Smbt	120	9834,50	81,95	A
Harreza	120	24191	201,59	B
Ghrib	120	30954,50	257,95	C

Sur le plan spatial (Fig. 28a), aucune différence significative n'est relevée entre les stations dans chacun des trois barrages Ghrib (test de Kruskal, $p = 0,24$), Harreza (test de Kruskal, $p = 0,73$) et Smbt (test de Kruskal, $p = 0,88$).

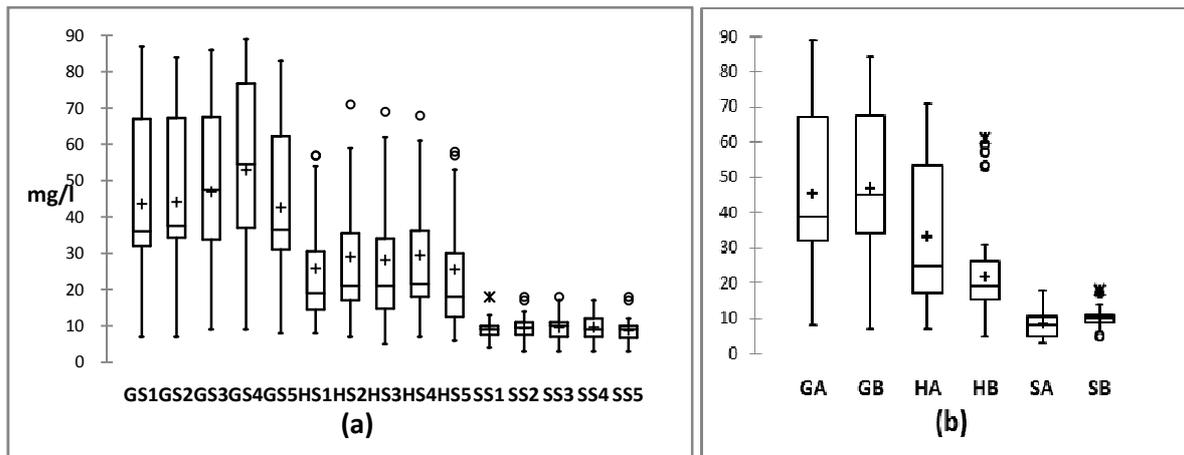


Figure 28 a, b - Variabilité spatiale (a) et temporelle (b) de la DCO des eaux des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009, B: An 2010; S1 à S5: Stations

Dans le temps, une différence significative est décelée entre la DCO des deux années pour les deux barrages, Harreza (test de WMW, $p = 0,01$) et Smbt (test de WMW, $p = 0,0004$). Toutefois, dans le barrage Ghrib, aucune différence significative n'est constatée entre ces deux années (test de WMW, $p = 0,69$).

3.2.10. – Nutriments

Les principaux nutriments concernés sont les composés azotés et phosphatés.

3.2.10.1. - Ion ammonium (NH_4^+)

Les concentrations moyennes de NH_4^+ dans les trois barrages (Fig. 29) sont de $0,185 \pm 0,23$ mg/l dans le Ghrib, $0,067 \pm 0,083$ mg/l dans le Harreza et de $0,232 \pm 0,291$ mg/l dans le Smbt.

Les taux minimaux (Tab. 38 en annexe, Fig. 29) sont de 0,003 mg/l au mois d'Aôut 2009 dans le Ghrib, de 0mg/l aux mois de Septembre, Octobre, Décembre 2009 ainsi qu'au mois de Mai 2010 dans le Harreza et de 0,091mg/l au mois de Mai 2010 dans le Smbt. Les taux maximaux (Tab. 38 en annexe, Fig. 29) sont de 0,91mg/l au mois de Mars 2010 dans le Ghrib, de 0,288mg/l au mois de janvier dans le Harreza et de 0,99mg/l au mois de Novembre dans le Smbt.

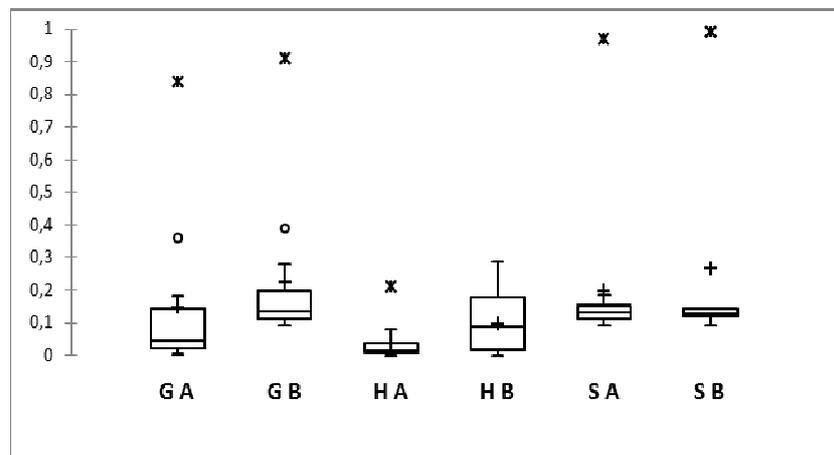


Figure 29 - Variabilité temporelle des taux en mg/l de NH_4^+ dans les trois barrages :
G :Ghrib ; H: Harreza; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : An 2010

De ces taux de NH_4^+ , nous constatons qu'il existe une différence hautement significative entre les trois barrages (test de Kruskal, $p = 0,00034$). Le test post-hoc a permis d'identifier deux groupes homogènes (Tab. 39) : le barrage Harreza est représenté par le groupe A avec des taux plus faible que celles du groupe B, constitué par les barrages Ghrib et Smbt (Tab.39).

Tableau 39 - Comparaisons multiples par paires des taux de NH_4^+ suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Harreza	24	561	23,37	A	
Ghrib	24	937	39,04		B
Smbt	24	1130	47,08		B

Dans le temps, l'évolution des taux de NH_4^+ (Tab. 38 en annexe) dans le barrage Ghrib montre une différence significative entre 2009 et 2010 (test de WMW, $p = 0,034$) alors qu'aucune différence significative n'est décelée dans les barrages Harreza et Smbt (test de WMW, $p \geq 0,052$).

3.2.10.2. - Nitrites (NO_2)

Les taux de nitrites relevés dans les eaux des trois barrages (Tab. 40 en annexe ; Fig. 30) sont de l'ordre de $0,264 \pm 0,15\text{mg/l}$ dans le Ghrib, de $0,071 \pm 0,08\text{mg/l}$ dans le Harreza et de $0,029 \pm 0,018\text{mg/l}$ dans le Smbt. Des concentrations nulles (Tab. 40 en annexe ; Fig. 30) sont enregistrées au mois de Janvier 2009 dans le Ghrib et aux mois de Juin, Novembre, Décembre 2009 ainsi qu'aux mois d'Avril, Août, Septembre et Octobre 2010 dans le Harreza. Une concentration minimale, de $0,010\text{mg/l}$, est relevée au mois de Septembre 2009 dans le Smbt. Les concentrations maximales (Tab. 40 en annexe ; Fig. 30) sont de $0,53\text{ mg/l}$ au mois de Novembre 2010 dans le Ghrib, de $0,27\text{ mg/l}$ au mois de Juillet 2009 dans le Harreza et de $0,093\text{ mg/l}$ au mois d' Août 2009 dans le Smbt.

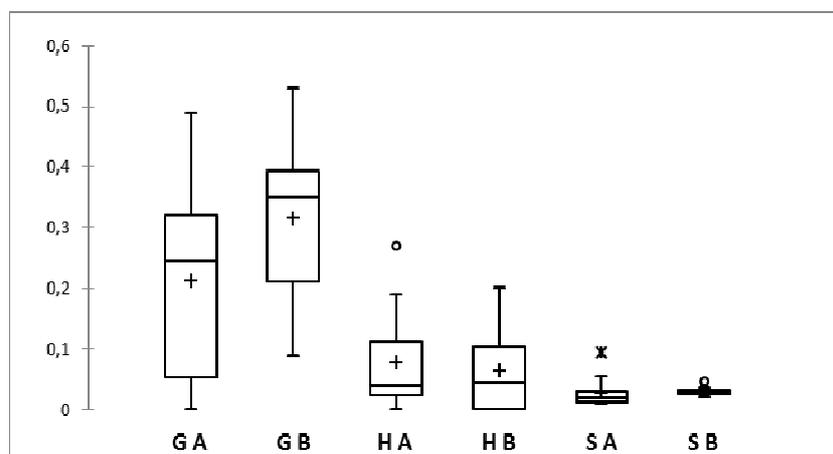


Figure 30 - Variabilité temporelle des taux de NO_2 (en mg/l) dans les trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: An 2010

Chapitre III- Résultats

De l'évolution des taux de NO₂, une différence hautement significative apparaît entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post-hoc (Tab. 41) révèle deux groupes homogènes : le groupe A, regroupe les barrages Smbt et Harreza où les taux de NO₂ sont les plus faibles et le groupe B, avec des taux de NO₂ élevés, est représenté par le barrage Ghrib.

Tableau 41 - Comparaisons multiples par paires des taux de NO₂, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Smbt	24	580,50	24,18	A	
Harreza	24	712	29,66	A	
Ghrib	24	1335,50	55,64		B

Dans le temps, aucune différence significative des taux de NO₂ (Tab. 40 en annexe) n'est décelée entre les deux années (2009 et 2010) dans les barrages Ghrib (test t, $p = 0,094$) et Harreza (test de WMW, $p = 0,72$). Toute fois une différence hautement significative est observée entre ces deux années dans le barrage Smbt (test de WMW, $p < 0,0001$).

3.2.10.3. - Nitrates (NO₃)

Les concentrations moyennes de nitrates des eaux des trois barrages (Fig. 31) sont de $5,1 \pm 2,5$ mg/l dans le Ghrib, de $3,14 \pm 3,64$ mg/l dans le Harreza et de $2,66 \pm 0,6$ mg/l dans le Smbt. Les concentrations minimales (Tab. 42 en annexe, Fig. 31) sont de 0,5mg/l au mois de Février 2009 dans le Ghrib, de 0mg/l au mois de Novembre 2009 ainsi qu'au mois de Septembre 2010 dans le Harreza et de 1,3mg/l au mois de Février 2009 dans le Smbt.

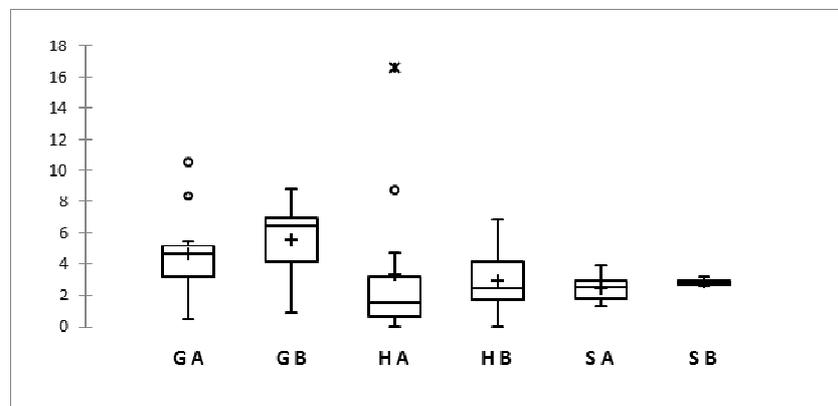


Figure 31 - Variabilité temporelle des taux en mg/l de NO₃ dans les trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt

Chapitre III- Résultats

Les concentrations maximales sont de 10,5mg/l en Mars 2009 dans le Ghrib, de 16,6 mg/l en Juin 2009 dans le Harreza et 3,9 mg/l en Décembre 2009 dans le Smbt (Tab. 42 en annexe, Fig. 31).

Une différence hautement significative est observée entre les taux de NO₃ des trois barrages (test de Kruskal, p = 0,0002). Le test post-hoc révèle l'existence de deux groupes (Tab. 43) : le groupe A regroupe les barrages Harreza et Smbt avec des taux de NO₃ faibles par rapport au barrage Ghrib qui constitue le groupe B.

Tableau 43 - Comparaisons multiples par paires des taux de NO₃, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Harreza	24	679,50	28,31	A	
Smbt	24	730,50	30,43	A	
Ghrib	24	1218	50,75		B

En comparant les taux de NO₃ entre les deux années pour chaque barrage, nous constatons qu'il n'existe aucune différence significative : Ghrib (test t, p= 0,37), Harreza (test de WMW, p=0,86), Smbt (test t, p=0,14).

3.2.10.4. - Phosphates (PO₄)

Les concentrations moyennes de PO₄ (Fig. 32 et Tab. 44 en annexe) sont de 0,29 ± 0,29 mg/l dans le barrage Ghrib, de 0,32 ± 0,35 mg/l dans le barrage Harreza et de 0,10 ± 0,11mg/l dans le barrage Smbt. Des concentrations nulles (0 mg/l) sont enregistrées (Tab. 44 en annexe, Fig. 32) en Août et Septembre 2009 dans le Ghrib ainsi qu'en Août 2009-2010 et en janvier, Mars, Mai 2010 dans le Harreza. Dans le Smbt une concentration de 0,029 mg/l est enregistrée en Janvier 2009 (Tab. 44 en annexe, Fig. 32). Les concentrations maximales (Tab. 44 en annexe, Fig. 32) sont de 1,070 mg/l en Mai 2009 dans le Ghrib, de 1,360 mg/l en Mai 2009 dans le Harreza et 0,520 mg/l en Juillet 2010 dans le Smbt.

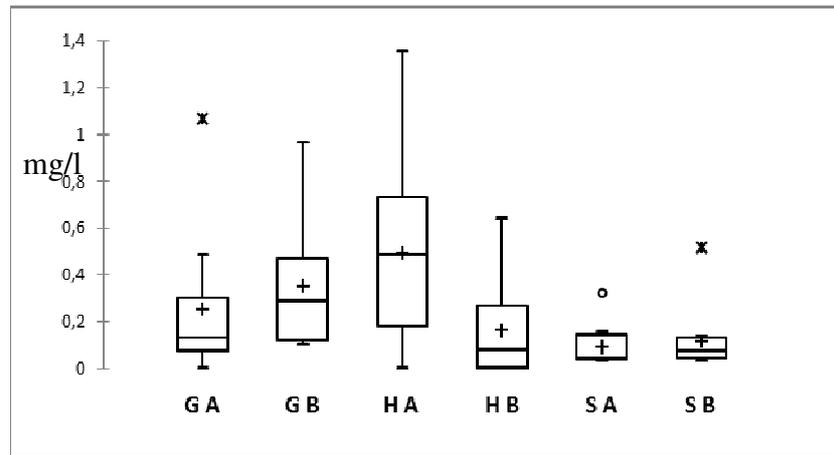


Figure 32 - Variabilité temporelle des taux de PO₄ dans les trois barrages. G : Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt

La comparaison des taux de PO₄ des trois barrages indique qu’il existe une différence significative (test de Kruskal, $p = 0,037$). Le test post-hoc (Tab. 45) fait ressortir deux groupes homogènes : le groupe A, concerne le barrage Smbt avec des taux de PO₄ faibles par rapport au groupe B qui concerne le barrage Ghrib. Le barrage Harreza est intermédiaire entre les deux barrages (groupe AB).

Tableau 45 - Comparaisons multiples par paires, des taux de PO₄ dans les trois barrages, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Smbt	24	662,50	27,60	A	
Harreza	24	941	39,20	A	B
Ghrib	24	1024,50	42,68		B

La comparaison des taux de PO₄ entre les deux années (Tab. 44 en annexe) pour chaque barrage, nous constatons qu’il n’existe aucune différence significative dans le Ghrib (test de WMW, $p = 0,23$) et le Smbt (test de WMW, $p = 0,53$) alors qu’une différence significative est observée dans le Harreza (test de WMW, $p = 0,034$).

3.2.11. – Cations et anions

Les principaux cations et anions qui sont abordés dans ce chapitre sont les : sulfates, hydrocarbonates, silicates, Na, K, Mg, Ca et Cl.

3.2.11.1. - Sulfates (SO₄)

Les taux moyens de sulfates (Tab. 46 en annexe, Fig. 33) sont de $732,91 \pm 168,46$ mg/l dans le Ghrib, de $297,29 \pm 107,56$ mg/l dans le Harreza et de $22,95 \pm 4,51$ mg/l dans le Smbt. Les taux minimaux (Tab. 46 en annexe, Fig. 33) sont de 382 mg/l en Juillet 2009 dans le Ghrib, de 147 mg/l en janvier dans le Harreza et de 16mg/l en Février 2010 dans le Smbt. Les taux maximaux (Tab. 36 en annexe, Fig. 33) sont de 982 mg/l en Octobre 2010 dans le Ghrib, de 482mg/l en Juin 2009 dans le Harreza et 33mg/l en Mars 2010 dans le Smbt.

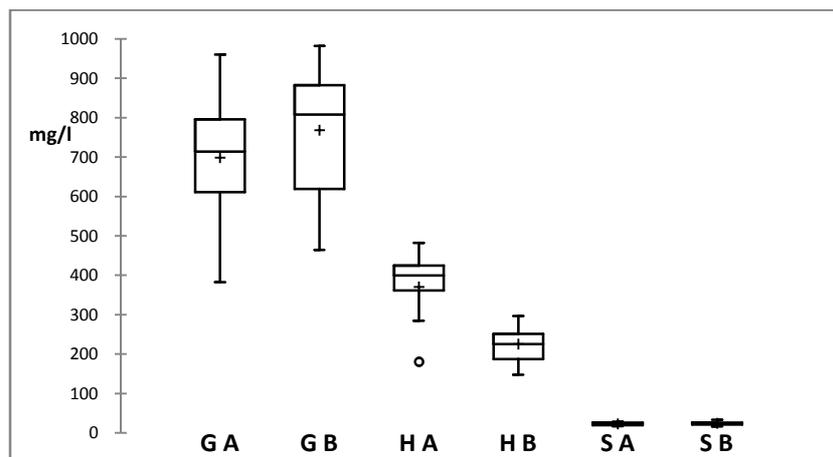


Figure 33 - Variabilité temporelle des taux de SO₄ dans les trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010

La comparaison des taux de SO₄ des trois barrages indique une différence hautement significative (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post-hoc révèle l'existence de trois groupes homogènes (Tab. 47) : des taux les plus faibles aux taux les plus forts nous avons le Smbt (groupe A), le Harreza (groupe B) et le Ghrib (groupe C).

Tableau 47 - Comparaisons multiples par paires, des taux de SO₄, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
Smbt	24	300	12,50	A		
Harreza	24	889	37,04		B	
Ghrib	24	1439	59,95			C

Dans le temps, aucune différence significative n'existe entre les taux de SO₄ enregistrés au cours des deux années que ce soit dans le Ghrib (test t, p = 0,32) ou dans le Smbt (test t, p = 0,40). Contrairement à ces deux derniers une différence significative est décelée dans le Harreza (test de WMW, p = 0,003).

3.2.11.2. - Hydrocarbonates (HCO₃)

Les taux moyens d'HCO₃ (Tab. 48 en annexe, Fig. 34) sont de 184,95 ± 59,50 mg/l dans le Ghrib, de 169,04 ± 29,52 mg/l dans le Harreza et de 172,08 ± 10,61 mg/l dans le Smbt. En rapport avec ces derniers, les taux minimaux (Tab. 48 en annexe, Fig. 34) sont de 122 mg/l en Janvier 2009 dans le Ghrib, de 115mg/l en Octobre 2009 dans le Harreza et de 149 mg/l en Janvier 2010 dans le Smbt. Les taux maximaux (Tab. 48 en annexe, Fig. 34) sont de 326 mg/l en Novembre 2009 dans le Ghrib, de 266 mg/l en Octobre 2010 dans le Harreza et de 198 mg/l en Novembre 2010 dans le Smbt.

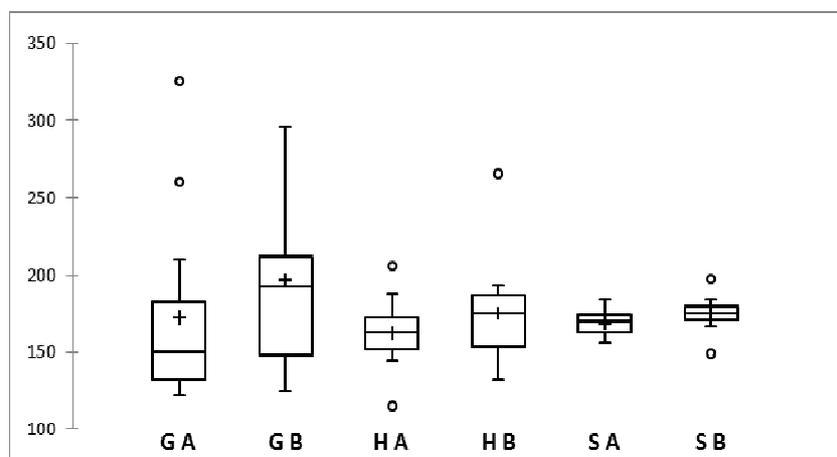


Figure 34 - Variabilité temporelle des taux en mg/l de HCO₃ dans les trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010

Chapitre III- Résultats

De la comparaison des taux d'HCO₃ des trois barrages, il ne ressort aucune différence significative (test de Kruskal, p=0,69).

Dans le temps, les taux d'HCO₃ dans le barrage Ghrib sont significativement différents entre les deux années. Toutefois, aucune différence significative n'est décelée entre les deux années dans le Harreza (test t, p = 0,31) et le Smbt (test t, p = 0,21).

3.2.11.3. - Silice (SiO₂)

Les taux moyens de SiO₂ des eaux des trois barrages (Fig. 35, Tab. 49 en annexe) sont de $5,45 \pm 1,91$ mg/l dans le Ghrib, de $5,01 \pm 2,63$ mg/l dans le Harreza et de $6,20 \pm 1,95$ mg/l dans le Smbt.

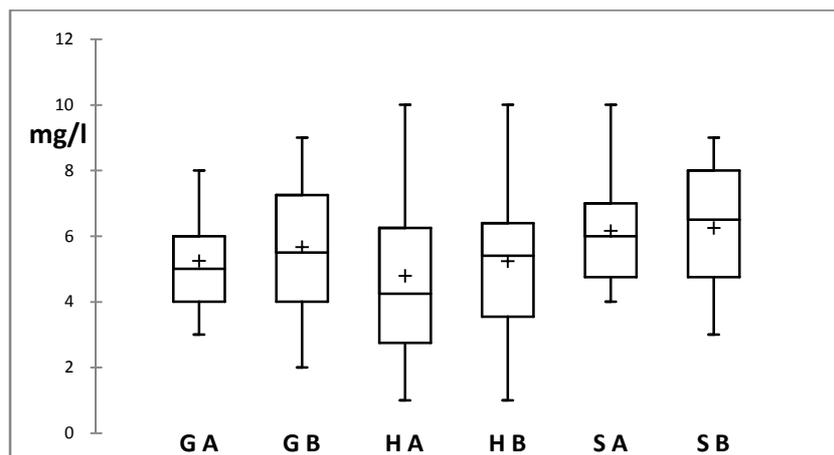


Figure 35 - Variabilité des teneurs des taux de SiO₂ des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010

Les taux minimaux (Fig. 35, Tab. 49 en annexe) sont de 2 mg/l dans le Ghrib en Février 2010, de 1mg/l dans le Harreza en Février 2009-2010 et de 3 mg/l dans le Smbt en Août 2010. Les taux maximaux (Fig. 35, Tab. 49 en annexe) sont de 9 mg/l dans le Ghrib en Avril 2010, de 10 mg/l dans le Harreza en Mai et Juillet 2009 comme en janvier 2010 ainsi que dans le Smbt en Novembre 2009.

Sur le plan temporel, aucune différence significative n'est observée entre les deux années pour les trois barrages (test t, p \geq 0,604).

3.2.11.4. - Sodium (Na)

Les teneurs moyennes en sodium (Fig. 36, Tab. 50 en annexe) sont de 275,04 ± 69,19 mg/l dans le Ghrib, de 100,54±48,61 mg/l dans le Harreza et de 81,95 ± 25,17 mg/l dans le Smbt.

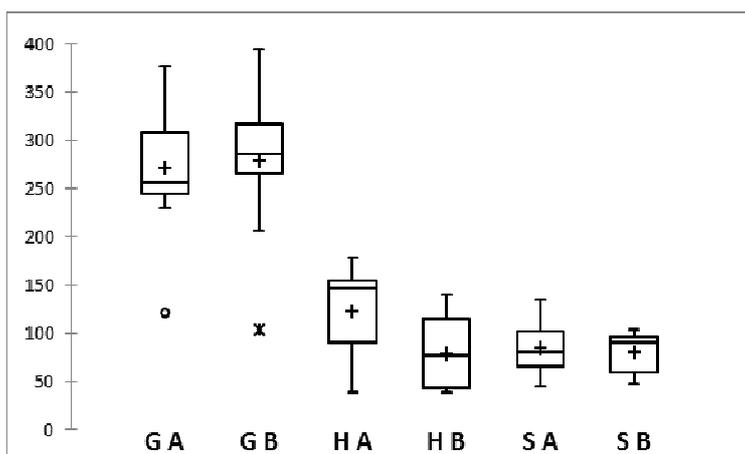


Figure 36 - Variabilité des teneurs des taux en mg/l de Na des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010

En comparant les trois barrages, nous constatons qu'il existe une différence hautement significative entre eux (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post-hoc a permis de distinguer deux groupes homogènes (Tab. 51) : le groupe A constitué par deux barrages, Smbt et Harreza, et le groupe B constitué par le barrage Ghrib où les concentrations en Na sont plus élevées.

Tableau 51 - Comparaisons multiples par paires des teneurs de Na dans les trois barrages suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Smbt	24	544,50	22,68	A	
Harreza	24	656,50	27,35	A	
Ghrib	24	1427	59,45		B

Chapitre III- Résultats

Les teneurs minimales (Fig. 36, Tab. 50 en annexe) sont de 104 mg/l dans le Ghrib en Janvier 2010, de 39 mg/l dans le Harreza en Novembre 2009 et 45 mg/l dans le Smbt en Février-Mars 2009. Les teneurs maximales (Fig. 36, Tab. 50 en annexe) sont de 396 mg/l dans le Ghrib en Août 2010, de 179 mg/l dans le Harreza en Août 2009 et 134 mg/l dans le Smbt en Août 2009.

Sur le plan temporel (Fig. 36), entre les deux années, aucune différence significative n'est constaté dans le Ghrib (test t, $p=0,82$) et dans le Smbt (test WMW, $p=0,8$). Cependant, dans le Harreza les teneurs en Na sont plus élevés en 2009 qu'en 2010 (test WMW, $p= 0,015$).

3.2.11.5. - Potassium (K)

Les taux moyens de K dosés dans les eaux des trois barrages (Fig. 37, Tab. 52 en annexe) sont de $4,75 \pm 2,88$ mg/l dans le Ghrib, de $0,71 \pm 1,33$ mg/l dans le Harreza et de $1,69 \pm 0,69$ mg/l dans le Smbt. Une différence hautement significative est observée entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

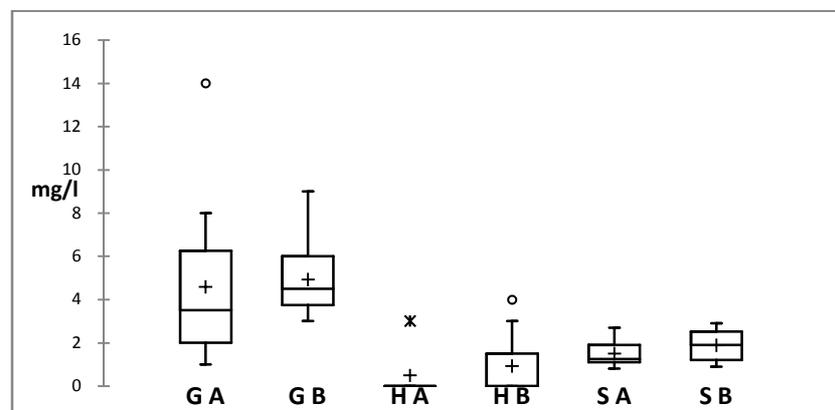


Figure 37 - Variabilité des teneurs des taux de K des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010

Le test post-hoc indique l'existence de trois groupes homogènes (Tab. 53): le groupe A est représenté par le barrage Harreza, où les taux de K sont les plus faibles, majoritairement nulles, et varient de 0 à 4 mg/l, le groupe B est représenté par le Smbt, avec des taux de K qui varient de 0,8 à 2,9 mg/l et le groupe C qui est représenté par le Ghrib où les taux de K sont les plus élevés des trois barrages et varient de 1 à 14 mg/l.

Tableau 53 - Comparaisons multiples par paires des taux de K, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
Harreza	24	462,50	19,27	A		
Smbt	24	810	33,75		B	
Ghrib	24	1355,50	56,48			C

Dans le temps, entre les deux années, il n'existe aucune différence significative des taux de K dans chaque barrage : Ghrib (test de WMW, $p = 0,3$), Harreza (test de WMW, $p = 0,51$) et Smbt (test t, $p = 0,7$).

3.2.11.6. - Magnésium (Mg)

Les teneurs moyennes de Mg mesurées dans les eaux des trois barrages (Fig. 38, Tab. 54 en annexe) sont de $77,16 \pm 15,91$ mg/l dans le Ghrib, de $51,95 \pm 17,48$ mg/l dans le Harreza et de $24,87 \pm 6,10$ mg/l dans le Smbt. Une différence hautement significative est observée entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

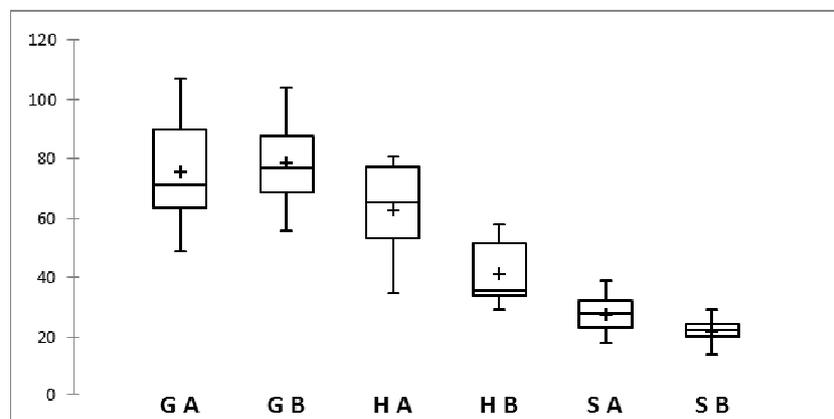


Figure 38 - Variabilité des teneurs des taux mg/l de K des eaux des trois barrages. G: Ghrib; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010

Le test post-hoc indique l'existence de trois groupes homogènes (Tab. 55) : dans le groupe A, représenté par le barrage Smbt, les taux de Mg sont les plus faibles et varient de 14 à 39 mg/l. Dans le groupe B, représenté par le Harreza, les taux varient de 29 à 81 mg/l, alors que dans le

Chapitre III- Résultats

groupe C, représenté par le Ghrib, les taux de Mg sont les plus élevés des trois barrages et varient de 49 à 107 mg/l.

Tableau 55 - Comparaisons multiples par paires des taux de K, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
Smbt	24	321,50	13,39	A		
Harreza	24	947	39,45		B	
Ghrib	24	1359,50	56,64			C

Dans le temps, entre les deux années, il existe une différence hautement significative des taux de Mg dans le Ghrib (test t, $p < 0,0001$), dans le Harreza (test de MWM, $p = 0,001$) et dans le Smbt (test t, $p < 0,0001$).

3.2.11.7. - Calcium (Ca)

Les teneurs moyennes en Ca des eaux des trois barrages (Fig. 39, Tab. 56 en annexe) sont de $247,54 \pm 22,94$ mg/l dans le Ghrib, de $117,58 \pm 25,72$ mg/l dans le Harreza et de $95,87 \pm 14,39$ mg/l dans le Smbt. Une différence hautement significative est observée entre les trois barrages (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

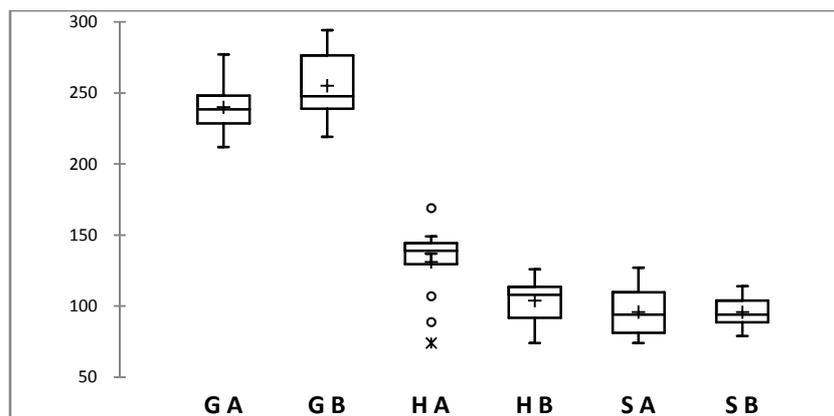


Figure 39 - Variabilité des teneurs des taux de Ca des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H: Harreza; S: Smbt; A: An 2009; B: 2010

Chapitre III- Résultats

Le test post-hoc indique l'existence de deux groupes homogènes (Tab.57) : le groupe A, regroupe les barrages Smbt et Harreza alors que le groupe B est représenté uniquement par le barrage Ghrib.

Tableau 57 - Comparaisons multiples par paires des taux de Ca, suivant la procédure de Dunn

Barrages	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes
Smbt	24	443	18,45	A
Harreza	24	733	30,54	A
Ghrib	24	1452	60,50	B

Les taux de Ca dans le groupe A sont les plus faibles par rapport au groupe B (Tab. 57 ; Tab. 56 en annexe) ; ils varient de 74 à 127 mg/l dans le Smbt et de 74 à 169 mg/l dans le Harreza. Dans le Ghrib (groupe B), ils varient de 212 à 294mg/l.

Dans le temps, entre les deux années, il n'existe aucune différence significative dans le Ghrib (test t, $p=0,11$) et dans le Smbt (test t, $p=0,98$) alors que dans le Harreza les deux années sont différentes (test de WMW, $p=0,010$).

3.2.11.8. - Chlore (Cl)

Les taux moyens de Cl des eaux des trois barrages (Fig. 40, Tab. 58 en annexe) sont de $412,12 \pm 106,85$ mg/l dans le Ghrib, de $198,41 \pm 73,31$ mg/l dans le Harreza et de $100,91 \pm 10,58$ mg/l dans le Smbt. Une différence hautement significative est observée entre les trois barrages (Anova, $p < 0,0001$).

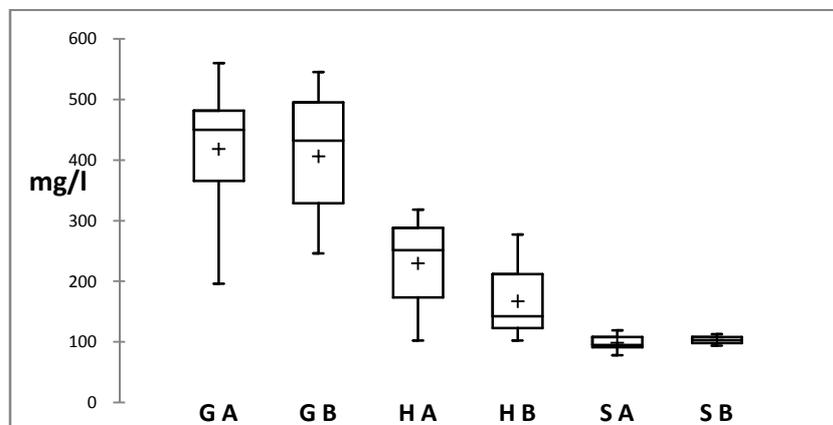


Figure 40 - Variabilité des teneurs des taux de Cl des eaux des trois barrages. G: Ghrib ; H : Harreza ; S : Smbt ; A : An 2009 ; B : 2010

Chapitre III- Résultats

Le test post-hoc indique l'existence de trois groupes homogènes (Tab.59) : le groupe A, représenté par le Ghrib où les taux de Cl sont les plus élevés des trois barrages et varient de 196 à 560 mg/l, le groupe B, représenté par le Harreza avec des taux qui varient de 102 à 318 mg/l et le groupe C, représenté par le Smbt avec des taux les plus faibles et varient de 78 à 119 mg/l.

Dans le temps, entre les deux années, aucune différence significative n'est enregistrée dans le Ghrib et dans le Smbt (test t, $p \geq 0,783$) alors que dans le Harreza une différence significative est observée (test t, $p = 0,032$).

Tableau 59 - Comparaisons multiples par paires des taux de Ca, suivant la procédure de Newman-Keuls (SNK), avec Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

Barrages	Moyenne estimée	Groupes		
Ghrib	412,12	A		
Harreza	198,41		B	
Smbt	100,91			C

3.3. - Biodiversité des trois barrages

Il s'agit des identifications et des analyses des peuplements lacustres des trois barrages.

3.3.1. - Composition taxonomique des peuplements lacustres

La liste globale des peuplements récoltés dans les trois barrages lors des différentes campagnes évoquées au Chapitre II est donnée dans les tableaux 60, 61 et 62.

Au total, 110 taxons entre Invertébrés et Vertébrés aquatiques ont été recensés dans les trois barrages et sont composés de 41 espèces zooplanctoniques appartenant à 18 familles et 29 genres, de 59 espèces zoobenthiques appartenant à 36 familles et 54 genres, de 10 espèces ichtyiques appartenant à 4 familles et 9 genres (Tab. 60, 61 et 62).

Chapitre III- Résultats

Tableau 60 - Peuplements zooplanctoniques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt.
(+ : Présence ; - : Absence)

Code	Espèces zooplanctoniques	Barrage		
		Ghrib	Harreza	Smbt
Cladocères				
Z3	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> O.F. Müller, 1785	+	+	+
Z4	<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894	+	+	
Z5	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> Jurine, 1820	+	+	+
Z6	<i>Chydorus</i> sp.	+	+	+
Z7	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Liévin, 1848	+	+	+
Z8	<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1785	+	+	+
Z9	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	+	+	
Z10	<i>Daphnia longispina</i> O.F. Müller, 1776	-	-	+
Copépodes				
Z11	<i>Neolovenula alluaudi</i> Guerne et Richard, 1890	-	+	-
Z12	<i>Diaptomus cyaneus</i> Gurney, 1909	+	+	
Z13	<i>Diaptomus castaneti major</i> Dussart, 1957	+	+	-
Z14	<i>Copidodiaptomus numidicus</i> Gurney, 1909	-	-	+
Z15	<i>Cyclops strenuus strenuus</i> Fischer, 1851	+	+	
Z16	<i>Acanthocyclops trajani</i> Mirabdullayev et Defaye, 2004	-	+	+
Z17	<i>Eucyclops macruroides</i> Lilljeborg, 1901	+	+	-
Z18	<i>Megacyclops viridis viridis</i> Jurine, 1820	+	+	-
Z19	<i>Metacyclops minutus</i> Claus, 1863	+	+	-
Z20	<i>Metacyclops planus</i> Gurney, 1909	+	+	-
Z21	<i>Paracyclops affinis</i> Sars, 1863	+	+	-
Z22	<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer, 1853	+	+	-
Z23	<i>Tropocyclops prasinus</i> Fischer, 1860	+	+	-
Z24	<i>Cyclops furcifer</i> Claus, 1857	+	-	-
Z25	<i>Ectocyclops phaleratus</i> Koch, 1838	+	-	-
Rotifères				
Z26	<i>Asplanchna girodi</i> De guerne, 1888	+	+	-
Z27	<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse, 1850	-	-	+
Z28	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1776	+	+	-
Z29	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	+	+	-
Z30	<i>Brachionus</i> sp.	+	-	-
Z31	<i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1834	-	+	-
Z32	<i>Keratella quadrata</i> Müller, 1786	+	+	-
Z33	<i>Keratella cochlearis</i> Gosse, 1851	+	-	-
Z34	<i>Rotaria rotatoria</i> Pallas, 1766	-	+	-
Z35	<i>Epiphanes senta</i> O.F. Müller, 1773	+	+	-
Z36	<i>Filinia</i> sp.	+	-	-
Z37	<i>Lecane luna</i> Müller, 1776	+	-	-
Z38	<i>Lepadella</i> sp.	+	-	-
Z39	<i>Mytilina ventralis</i> Ehrenberg, 1832	+	-	-
Z40	<i>Eosphora najas</i> Ehrenberg, 1830	+	-	-
Z41	<i>Ascomorpha</i> sp.	-	-	+
Z1	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	-	+	+
Z2	<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896	-	-	+

Chapitre III- Résultats

Les espèces zooplanctoniques communes aux trois barrages sont au nombre de 5 et appartiennent à 5 familles alors que les espèces zoobenthiques sont au nombre de 12 et appartiennent à 12 familles. Pour les espèces ichthyiques, seul le *Barbus callensis* (Cyprinidae) est commun aux trois barrages (Tab. 60, 61 et 62).

Tableau 61 - Peuplements zoobenthiques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
(+ : Présence ; - : Absence)

Code	Espèces zoobenthiques	Barrage		
		Ghrib	Harreza	Smbt
Rotifères (Monogononata)				
E1	<i>Cephalodella catellina</i> Müller, 1786	+	+	+
E2	<i>Cephalodella</i> sp.	+	+	+
Gastéropodes (Pulmonata)				
E3	<i>Physella acuta</i> Draparnaud, 1805	+	+	-
Bivalves (Eulamellibranchia)				
E4	<i>Anodonta cygnea</i> Linnaeus, 1758	+	+	-
Annélides (Oligochaeta ; Haplotaxida)				
E5	<i>Tubifex tubifex</i> Müller, 1774	+	+	-
E6	<i>Lumbriculus</i> sp.	+	+	+
Cladocères				
E7	<i>Simocephalus vetulus</i> O.F. Müller, 1776	+	+	+
E8	<i>Eurycercus lamellatus</i> O.F. Müller, 1776	+	-	-
E9	<i>Acroperus harpae</i> Baird, 1836	+	+	-
E10	<i>Ilyocryptus sordidus</i> Liévin, 1848	-	-	+
Ostracodes				
E11	<i>Cypridopsis aculeata</i> Costa, 1847	+	+	-
E12	<i>Potamocypris arcuata</i> Sars, 1903	-	-	+
E13	<i>Herpetocypris reptans</i> (Baird, 1835)	+	+	-
E14	<i>Eucypris</i> sp.	+	-	+
E15	<i>Darwinula stevensoni</i> Brady et Robertson, 1870	+	+	-
Copépodes				
E16	<i>Acanthocyclops</i> sp.	+	+	-
E17	<i>Cyclops strenuus</i> Fischer, 1851	+	-	-
E18	<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer, 1853	+	+	-
E19	<i>Eucyclops serrulatus</i> Fischer, 1851	+	+	+
E20	<i>Macrocyclus fuscus</i> Jurine, 1820	+	-	-
E21	<i>Eudiaptomus</i> sp.	+	+	+
E22	<i>Diaptomus</i> sp.	+	+	-
Décapodes				
E23	<i>Atyaephyra desmarestii</i> Millet, 1831	+	+	-
E24	<i>Potamon algeriense</i> Bott, 1967	+	-	-
Arachnides (Hydracarina)				
E25	<i>Hydrachna</i> sp.	+	+	+

Chapitre III- Résultats

Insectes				
Ephemeroptera				
E26	<i>Baetis</i> sp.	-	-	+
E27	<i>Caenis</i> sp.	+	+	+
E28	<i>Potamanthus</i> sp.	-	-	+
Odonata				
E29	<i>Oxygastra</i> sp.	+	+	-
E30	<i>Gomphus</i> sp.	-	-	+
E31	<i>Cordulegaster</i> sp.	+	+	-
Plecoptera				
E32	<i>Capnioneura</i> sp.	+	+	-
E33	<i>Brachyptera</i> sp.	+	+	-
E34	<i>Nemoura lacustris</i> Pictet, 1865	-	+	-
Heteroptera				
E35	<i>Corixa punctata</i> Illiger, 1807	+	+	+
E36	<i>Micronecta poweri</i> Douglas et Scott, 1869	+	+	-
E37	<i>Notonecta glauca</i> Linnaeus, 1758	+	-	+
Trichoptera				
E38	<i>Hydropsyche</i> sp.	+	+	-
E39	<i>Polycentropus</i> sp.	+	-	-
E40	<i>Ithytrichia</i> sp.	+	+	-
Diptera				
E41	<i>Chironomus</i> sp.	+	+	+
E42	<i>Aedes</i> sp.	-	+	+
E43	<i>Culex pipiens</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
E44	<i>Culex hortensis</i> Ficalbi 1889	-	-	+
E45	<i>Culex theileri</i> Theobald, 1903	-	-	+
E46	<i>Culiseta longiareolata</i> Macquart, 1838	+	+	-
E47	<i>Ochlerotatus caspius</i> Pallas 1771	+	+	-
E48	<i>Culiseta subochrea</i> Edwards 1921	+	-	-
E49	<i>Tanytarsus</i> sp.	+	+	-
E50	<i>Simulium</i> sp.	+	-	-
E51	<i>Nephrotoma appendiculata</i> Pierre, 1919	+	-	-
E52	<i>Trichosia</i> sp.	+	-	-
E53	<i>Sepsis</i> sp.	+	+	-
Coleoptera				
E54	<i>Gyrinus</i> sp.	-	-	+
E55	<i>Gyrinus substriatus</i> Stephens, 1829	+	-	-
E56	<i>Ilybius chalconatus</i> Panzer, 1796	+	+	-
E57	<i>Hydroporus memnonius</i> Nicolai, 1822	-	-	+
E58	<i>Dysticus</i> sp.	+	-	+
Nematoda				
E59	<i>Nematoda</i> sp.	+	+	+

Tableau 62 - Peuplements ichtyiques des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt
(+ : Présence ; - : Absence)

Code	Espèces ichtyiques	Barrage		
		Ghrib	Harreza	Smbt
	Poeciliidés			
P1	<i>Gambusia affinis</i> Baird et Girard, 1853	+	-	-
	Cyprinidés			
P2	<i>Barbus callensis</i> Valenciennes, 1842	+	+	+
P3	<i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758		+	-
P4	<i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1758	+	-	-
P5	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
P6	<i>Cyprinus carpio carpio</i> Linnaeus 1758	-	-	-
P7	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844	-	+	-
P8	<i>Aristichtys nobilis</i>	-	+	-
	Mugilidés			
P9	<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758	-	+	-
	Percidés			
	<i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1758	+	+	-

3.3.2. - Structure d'assemblages faunistiques

L'analyse des assemblages faunistiques lacustres (zooplancton, zoobenthos, ichtyofaune) des trois barrages repose sur l'usage de la richesse spécifique S, de l'abondance et de la fréquence d'occurrence ainsi que sur les indices de diversité : Shannon-Wiener H', Simpson D, Hill et l'équitabilité de Piélou J'. Cette analyse permettra une meilleure vision de la dynamique faunistique des trois barrages.

3.3.2.1. – Zooplancton

Les assemblages zooplanctoniques sont analysés par l'utilisation des indices de structure et par l'observation de leur évolution spatio-temporelle dans les trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt.

3.3.2.1.1. - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique (Tab. 63) des peuplements zooplanctoniques est plus élevée dans le barrage Ghrib (An1 :73,17% ; An2 : 63,41%) que dans les barrages, Harreza (An1 :63,41% ; An2 : 58,54%) et Smbt (An1 :29,7% ; An2 : 26,83%). Dans les trois barrages, une régression de cette richesse spécifique est constatée dans le temps (Tab. 60).

L'abondance totale observée (Tab. 63) au cours de la 1^{ère} année est plus élevée dans le barrage Harreza que dans les 2 autres barrages. Au cours de la 2^{ème} année, c'est plutôt dans le Ghrib que l'abondance est élevée (Tab. 63). Les populations zooplanctoniques du Smbt restent les moins abondantes des trois barrages.

Temporellement, dans le barrage Ghrib, l'abondance totale se trouve proportionnellement inversée à la richesse spécifique alors qu'elle régresse dans le Harreza et le Smbt au même titre que la richesse spécifique (Tab. 63).

Tableau 63 - Richesse spécifique et abondance totale cumulée des espèces zooplanctoniques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt

Année	Richesse spécifique			Abondance totale		
	Ghrib	Harreza	Smbt	Ghrib	Harreza	Smbt
1 ^{er} année	73,17	63,41	29,27	3308	4011	1470
2 ^{ème} année	63,41	58,54	26,83	3920	3873	1151

3.3.2.1.2. - Analyse indicielle

L'analyse indicielle de la diversité spécifique qui repose principalement sur la richesse et l'abondance des espèces montre à travers l'indice de Shannon-Wiener H' (Tab. 64) que le Harreza est le plus diversifié (4,33 ; 4,29) des trois barrages et est suivi par le Ghrib (4,26 ; 4,11) et en fin par le Smbt (3 ; 3,01). Les variations de l'indice de Simpson (1-D) (Tab. 64), qui donne plus d'importance à la taille de l'échantillon, en considérant beaucoup plus les espèces les plus abondantes, sont comparables aux variations de l'indice de diversité de Shannon H' qui donne, quant à lui, plus d'importances aux espèces rares.

Tableau 64 - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Indices	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Shannon (H')	4,26	4,11	4,33	4,29	3	3,01
Simpson (1-D)	0,93	0,93	0,94	0,94	0,84	0,85
Hill	0,79	0,78	0,78	0,77	0,68	0,67
Piélou (J)	0,87	0,87	0,92	0,93	0,84	0,87

A travers l'indice de Hill qui permet d'obtenir une vue plus précise de la diversité observée (Tab. 64), et dans lequel la sensibilité aux espèces rares et aux espèces abondantes est considérée, il ressort que le Ghrib (An1 : 0,79 ; An2 : 0,78), (An1 : 0,78 ; An2 : 0,77), est de 1% (Hill : 0,01) plus diversifié que le Harreza. Cependant, par rapport à ces observations, le Smbt reste le moins diversifié des trois barrages (An1 : 0,68 ; An2 : 0,67). Dans le temps, une atténuation de 1% (Hill : 0,01) de la diversité globale est perceptible dans les trois barrages (Tab. 64). Toutefois, grâce à l'indice de Piélou, une bonne répartition des espèces zooplanctoniques est observée dans les trois barrages (Tab. 64) : cette régularité des espèces est meilleure dans le Harreza (0,92 ; 0,93), par rapport au Ghrib (0,87) et au Smbt (0,84 ; 0,87).

3.3.2.1.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques

L'analyse de l'évolution spatiotemporelle est effectuée dans chacun des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt, par l'analyse de la richesse spécifique, de l'abondance, de la fréquence d'occurrence, de la dominance et par les indices de diversité des peuplements zooplanctoniques

3.3.2.1.3.1. – Barrage Ghrib

3.3.2.1.3.1.1. – Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique (S) a régressé au cours des deux années d'étude (Tab. 65) ; elle est passée de 30 (1^{ère} année) à 26 (2^{ème} année). De l'analyse temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Ghrib nous avons constaté, lors de la 2^{ème} année (2010), l'absence de 5 espèces par rapport aux prélèvements de

Chapitre III- Résultats

la 1^{er} année (2009) (Tab. 60 ; Tab. 66 et 67 en annexe), il s'agit de : *Chydorus* sp., *Moina micrura*, *Cyclops furcifer*, *Ectocyclops phaleratus*, *Lepadella* sp.. Cependant un rotifère du genre *Brachionus* (*Brachionus* sp.) est apparu au cours de la 2^{ème} année (Tab. 66 et 67 en annexe).

D'un point de vu spatial cette richesse spécifique des populations zooplanctoniques (Tab. 65) est similaire pour toutes les stations (S=30) excepté pour la station S2 (S=29), marquée par l'absence du rotifère *Lecane luna*. Au cours de la 2^{ème} année cette richesse régresse, mais elle reste identique pour toutes les stations (S=26).

Tableau 65 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques dans les stations du barrage Ghrib

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/l)	
	1 ^{er} année	2 ^{ème} année	1 ^{er} année	2 ^{ème} année
S1	30	26	29,67 ± 15,69	31,67 ± 15,58
S2	29	26	39,50 ± 18,81	49,42 ± 25,47
S3	30	26	73,08 ± 31,88	83,33 ± 38,55
S4	30	26	65,83 ± 28,29	80,92 ± 37,29
S5	30	26	67,58 ± 26,28	81,33 ± 36,49

La comparaison de l'abondance moyenne annuelle du zooplancton, exprimée également par la dominance des espèces (Tab. 66 en annexe), ne montre aucune différence significative entre les deux années (test WMW, $p = 0,29$). Toute fois, une différence significative est observée entre les celles des 5 stations (Tab. 65 ; Anova, $p = 0,006$). Le test post-hoc de Newman-Keuls révèle 2 groupes homogènes : le groupe A est constitué par les stations S5, S4 et S3 alors que le groupe B est constitué par les stations S2 et S1. Effectivement, cette abondance est maximale dans la station S3 (An1 : 73,08 ± 31,88 ind/l ; An2 : 83,33 ± 38,55 ind/l), suivie des stations S5 (An1 : 67,58 ± 26,28 Ind/l ; An2 : 81,33 ± 36,49 Ind/l) et S4 (An1 : 65,83 ± 28,29 Ind/l ; An2 : 80,92 ± 37,29 Ind/l). Celles des stations S1 (An1 : 29,67 ± 15,69 Ind/l, An2 : 31,67 ± 15,58 Ind/l) et S2 (An1 : 39,50 ± 18,81 An2 Ind/l: 49,42 ± 25,47 Ind/l) sont les plus faibles.

3.3.2.1.3.1.2. – Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence (Tab. 67 en annexe) a permis de classer les espèces du peuplement zooplanctonique récoltées, dans les cinq stations du barrage Ghrib, en cinq niveaux de constance.

- Le premier niveau est constitué de 4 espèces omniprésentes, rencontrées dans 100% des prélèvements, il s'agit de : *B. longirostris*, *P. affinis*, *T. prasinus*, *D. castaneti major*.
- Le deuxième niveau renferme 7 espèces constantes présentes dans 75 à 100% des prélèvements, il s'agit de : *B. longirostris*, *P. affinis*, *T. prasinus*, *D. castaneti major*, *C. reticulata*, *M. planus* et *C. quadrangula*.
- Le troisième niveau est formé de 10 espèces fréquentes présentes dans 50 à 75% des prélèvements, il s'agit de : *D. castaneti major*, *M. planus*, *C. quadrangula*, *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *C. strenuus strenuus*, *B. calyciflorus*, *D. cyaneus* et *P. fimbriatus*.
- Le quatrième niveau est constitué de 11 espèces communes rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, il s'agit de : *C. quadrangula*, *C. strenuus strenuus*, *B. calyciflorus*, *D. cyaneus*, *P. fimbriatus*, *Filinia* sp., *C. dubia*, *A. girodi*, *B. quadridentatus*, *D. brachyurum* et *Chydorus* sp..
- Le cinquième niveau, représenté par les espèces accessoires, est formé de 19 espèces, il s'agit de : *D. cyaneus*, *P. fimbriatus*, *C. dubia*, *A. girodi*, *B. quadridentatus*, *D. brachyurum*, *Chydorus* sp., *M. viridis viridis*, *M. minutus*, *E. macruroides*, *E. senta*, *M. ventralis*, *E. najas*, *M. micrura*, *C. furcifer*, *E. phaleratus*, *Brachionus* sp., *L. luna* et *Lepadella* sp..

En considérant l'abondance de chaque niveau de constance faite sur la base des classes de fréquences d'occurrences (Fig. 41 a, b ; Tab. 66 et 67 en annexe), nous relevons que les espèces omniprésentes suivies des espèces constantes sont les plus réduites en abondance alors que les espèces accessoires représentent l'effectif le plus élevé de la population. Cette répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques est influencée par le caractère opportuniste lié à l'espèce zooplanctonique qui peut, dans des conditions spatiales et temporelles supposées distincts, adhérer à des niveaux de constances différents.

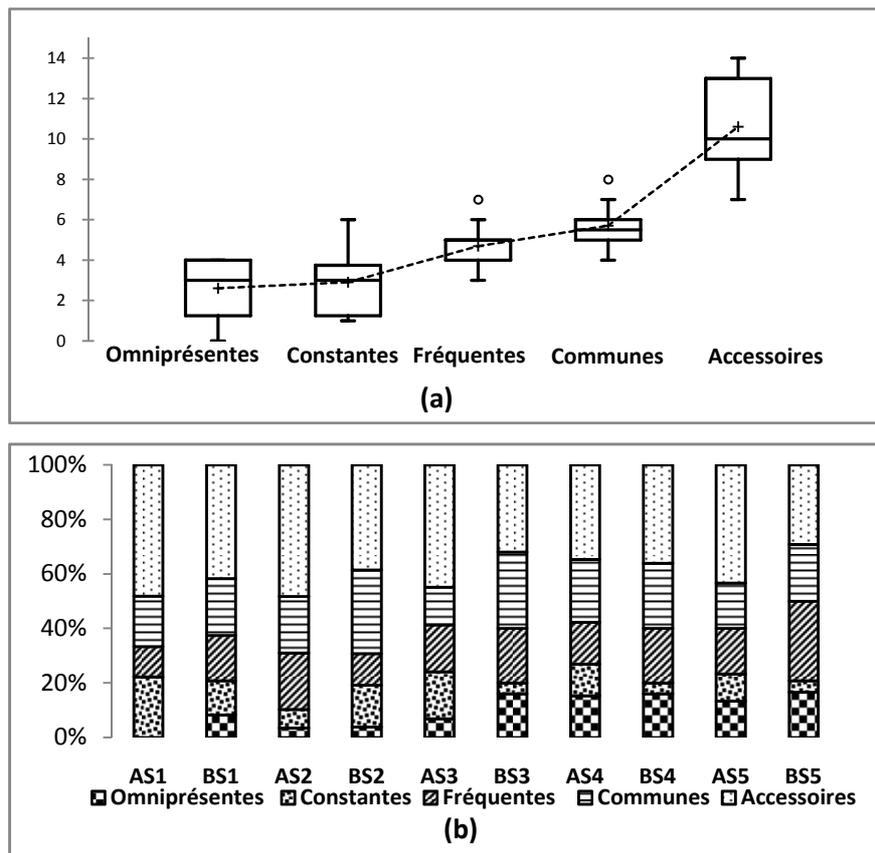


Figure 41 a, b - Variabilité de la constance des espèces zooplanctoniques (a) et leur répartition spatio-temporelle dans le barrage Ghrib (b). A : An 2009 ; B : An 2010; S1 à S5: Stations

Cette variabilité de la constance des peuplements zooplanctoniques induit une hétérogénéité de la répartition des espèces entre les stations.

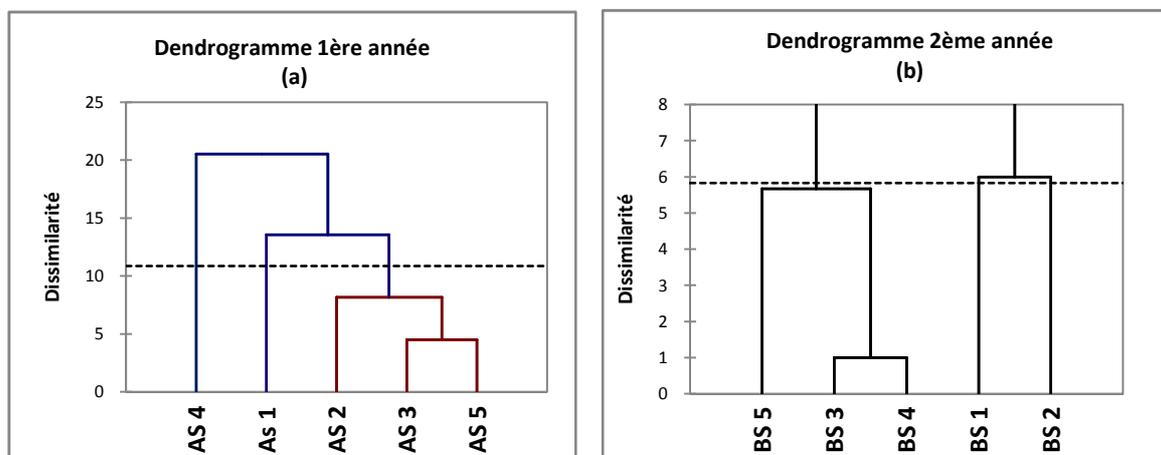


Figure 42 a, b - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Ghrib, par la classification hiérarchique ascendante (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. A: An 2009; B: An 2010; S1 à S5: Stations

De là, trois groupes distincts sont mis en évidence par les dendrogrammes de dissimilarité issues de la classification ascendante hiérarchiques (CAH) (Fig. 42 a, b). En 1^{er} année, les stations S4 et S1 constituent deux groupes différents alors que les stations S2, S3 et S5 constituent à eux seules un groupe commun. Pour la 2^{ème} année, les stations S1 et S2 constituent deux groupes distincts tandis que les stations S3, S4 et S5 forment un seul groupe. Dans ce schéma de regroupement par la CAH, nous constatons que seule la régularité des populations zooplanctoniques des stations S2 et S4 changent dans le temps.

Cette constance des espèces zooplanctonique n'est pas liée à leurs abondances (Fig. 41 a, b ; Tab. 66 et 67 en annexe) ; une différence hautement significative de cette dernière est constatée entre les deux années ($p < 0,0001$). Dans les prélèvements de la 1^{ère} année (Tab. 66), *B. longirostris* est dominante dans les stations S1 (13,48%), S2 (11,39%), S3 (10,60%), S4 (11,27%) et S5 (10,23%), alors que les espèces suivantes sont les moins dominantes : *E. macruoides* (S3: 0,23% et S5: 0,49%), *M. viridis viridis* (S1: 0,28% et S4: 0,38%), *C. furcifer* (S1: 0,28%), *M. ventralis* (S1: 0,28%) et *E. najas* (S1: 0,28% ; S2: 0,21% et S5: 0,49%). En 2^{ème} année (Tab. 66), excepté *C. reticulata* qui est dominante dans la station S2 (14,50%), *B. longirostris* reste le plus dominant dans les peuplements zooplanctoniques des stations S1 (16,05%), S3 (11,40%), S4 (11,53%) et S5 (11,27%). Cependant, *E. macruoides* (S1 : 0,26% et S4 :0,41%), *C. furcifer* (S1 :0,26%), *Brachionus* sp. (S2 :0,34% et S5 :0,72%) et *E. najas* (S2 :0,34% et S3 :0,30%), sont des espèces à faible dominance.

3.3.2.1.3.1.3. – Indice de biodiversité

L'analyse indicielle des peuplements zooplanctoniques du barrage Ghrib, montre que la diversité spécifique, exprimée par l'indice de Shannon (Tab. 68), est homogène dans les cinq stations au cours des deux années (Anova, $p = 0,94$). En 1^{ère} année, l'indice de Shannon révèle une diversité zooplanctonique maximale dans la S5 (4,28 bit) et minimale dans la S1 (4,05 bit). En 2^{ème} année, cet indice de diversité régresse au même titre que la richesse spécifique ; il est maximal dans la S1 (4,22 bit) et minimal dans la S2 (4,04 bit). Une bonne diversité spatio-temporelle est exprimée par l'indice de Simpson (1-D) (Tab. 68). Ce dernier, qui est influencé beaucoup plus par les espèces abondantes, a une variabilité peu prononcée, ne montrant aucune différence significative entre les stations (test de Kruskal, $p = 0,302$) ; il est minimal dans la station S1 (0,92) et maximal (0,94) dans les stations S2, S3 et S5. Au cours de la 2^{ème} année on assiste à un recul de cet

Chapitre III- Résultats

indice ; il est minimal dans la station S1 (0,90) et maximal (0,93) dans les stations S3, S4 et S5.

L'indice de Hill (Tab. 68) permet d'avoir une meilleure observation de la diversité spatio-temporelle en considérant à la fois les espèces abondantes et les espèces rares ; de ce fait, les observations issues de la 1^{ère} année de prélèvement ont permis de constater une homogénéité de la diversité zooplanctonique dans toutes les stations (1-Hill : 078), alors qu'en 2^{ème} année des variations sont constatées entre la station S1 (0,86) et les stations S2, S3, S4 (0,77) et S5 (0,78). Cependant, ces variations de l'indice de Hill n'induisent pas de différences significatives entre les 5 stations (test de Kruskal, $p = 0,436$).

Tableau 68 - Indices de diversité des espèces planctoniques du barrage Ghrib par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	4,05	4,22	4,27	4,04	4,27	4,14	4,25	4,07	4,28	4,16
Simpson (D)	0,08	0,10	0,06	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07
Simpson (1-D)	0,92	0,9	0,94	0,92	0,94	0,93	0,93	0,93	0,94	0,93
Hill	0,22	0,14	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22	0,23	0,22	0,22
1-Hill	0,78	0,86	0,78	0,77	0,78	0,77	0,78	0,77	0,78	0,78
Piélou (J)	0,83	0,91	0,87	0,86	0,87	0,88	0,87	0,86	0,87	0,89

Les indices de Piélou qui tendent vers 1 (Tab.68) indiquent que les peuplements zooplanctoniques ont une bonne équirépartition entre les cinq stations du barrage Ghrib. Bien qu'il n'existe aucune différence significative entre les stations (Anova, $p=0,969$), nous relevons que l'équirépartition en 1^{ère} année est meilleure dans les Stations S2, S3, S4 et S5 (0,87) que dans la station S1 (0,83). A l'inverse de la 1^{ère} année, une meilleure régularité des espèces zooplanctonique est observée en 2^{ème} année dans la station S1 (0,91), alors que de légères distinctions sont observées entre les stations S2 et S4 (0,86), S3 (0,88) et S5 (0,89).

3.3.2.1.3.2. – Barrage Harreza

3.3.2.1.3.2.1. – Richesse spécifique et abondance

Les prélèvements zooplanctoniques effectués en 1^{ère} année (2009) ont permis d'enregistrer une richesse spécifique (Tab.69) de 26 espèces (S : 26) alors qu'en 2^{ème} année (2010) elle est de 24 espèces (S : 24).

Tableau 69 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques des stations du barrage Harreza

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/l)	
	1 ^{er} année	2 ^{ème} année	1 ^{er} année	2 ^{ème} année
S1	26	24	50,17 ± 30,6	48 ± 31,3
S2	26	24	57,17 ± 35,07	54,33 ± 35,79
S3	26	24	69,33 ± 38,79	68,67 ± 46,95
S4	26	24	75,83 ± 42,71	73,83 ± 49,14
S5	26	24	81,75 ± 43,2	77,92 ± 48,62

D'un point de vu temporelle et par rapport aux espèces zooplanctoniques recensées en 1^{ère} année, trois étaient absentes des prélèvements effectués en 2^{ème} année (Tab. 60 ; Tab. 70 et 71 en annexe) : il s'agit de *Chydorus* sp., de *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 et de *Neolovenula alluaudi* Guerne et Richard, 1890. Toutefois, une espèce non inventoriée en 1^{ère} année est apparue dans les prélèvements de 2^{ème} année (Tab. 70 et 71 en annexe) : il s'agit du rotifère *Epiphanes senta* O.F. Müller, 1773.

Sur le plan spatial, la richesse spécifique des populations zooplanctoniques (Tab. 69) de la 1^{ère} année est similaire dans toutes les stations (S=26). En 2^{ème} année cette richesse régresse (S=24) mais reste identique pour toutes les stations.

La comparaison de l'abondance des peuplements zooplanctoniques récoltés durant les deux années (Tab. 69) ne montre aucune différence significative (test t, p=0,78). Cependant, une différence hautement significative (Anova, P< 0,0001) existe entre l'abondance annuelle moyenne des 5 stations (Tab. 70 en annexe). Le test post hoc de Newman-Keuls fait ressortir 5 groupes homogènes dont chacun est spécifique à chaque station ; ce qui signifie qu'il

n'existe aucune similarité entre ces dernières. L'abondance est maximale dans la station S5, suivie des stations S4, S3, S2 et S1 (Tab.69).

3.3.2.1.3.2.2. – Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence des espèces échantillonnées dans les 5 stations a permis de les classer en 5 niveaux de constance (Tab. 71 en annexe).

- Le premier niveau est constitué de 2 espèces omniprésentes rencontrées dans 100% des prélèvements effectués durant les deux années : le cladocère *B. longirostris* est rencontré dans les stations S5 et S3 alors que le copépode *D. castaneti major* est retrouvé uniquement dans la station S5.
- Le deuxième niveau renferme 7 espèces constantes, présentes dans 75 à 100% des prélèvements : il s'agit des cladocères représentés par *C. quadrangula*, *C. reticulata*, *B. longirostris* et des copépodes représentés par *D. castaneti major*, *C. strenuus strenuus*, *P. affinis*, *T. prasinus*. Parmi les copépodes échantillonnés, *A. trajani* n'est constante que la 1^{ère} année alors que *C. strenuus strenuus* ne l'est que durant la 2^{ème} année.
- Le troisième niveau, qui concerne les espèces fréquentes présentes dans 50 à 75% des prélèvements, est formé de 13 espèces dont, 8 se rencontrent dans tous les prélèvements effectués au cours des deux années, il s'agit du cladocère *C. quadrangula*, des copépodes représentés par, *C. strenuus strenuus*, *A. trajani*, *M. planus*, *T. prasinus* et des rotifères représentés par *B. quadridentatus*, *K. quadrata*, *R. rotatoria*. En 1^{ère} année il n'y a que 3 espèces fréquentes, il s'agit de *C. dubia*, *N. alluaudi* et *D. cyaneus*. Cependant 2 espèces, *C. reticulata* et *P. affinis*, ne sont fréquentes qu'en 2^{ème} année.
- Le quatrième niveau qui concerne les espèces communes rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, est constitué par 18 espèces dont 9 sont retrouvées au cours des deux années et sont représentées par *C. dubia*, *D. brachyurum*, *D. cyaneus*, *E. macruroides*, *P. fimbriatus*, *A. girodi*, *B. calyciflorus*, *K. valga* et *R. rotatoria*. Sept espèces sont retrouvées en 1^{ère} année et sont représentées par, *Chydorus sp.*, *M. micrura*, *N. alluaudi*, *M. viridis viridis*, *M. minutus*, *P. dolichoptera*, *B. quadridentatus*. Par contre 2 espèces uniquement sont rencontrées en 2^{ème} année et sont représentées par *K. quadrata* et *E. senta*.
- Le cinquième et dernier niveau qui concerne les espèces accessoires rencontrées dans 5 à 25% des prélèvements, est constitué de 9 espèces dont 5 sont retrouvées au cours des deux

Chapitre III- Résultats

années il s'agit de *M. micrura*, *M. viridis viridis*, *M. minutus*, *P. fimbriatus* et *A. girodi*. Cependant 3 espèces accessoires sont rencontrées en 1^{ère} année il s'agit de *Chydorus sp.*, *E. macruroides*, *P. dolichoptera* alors qu'en 2^{ème} année seule *E. senta* est présente dans nos prélèvements.

Par rapport à la constance et l'abondance des espèces zooplanctoniques (Fig. 43 a, b ; Tab. 69 ; Tab. 70 et 71 en annexe), nous relevons que les espèces omniprésentes sont les plus réduites en abondance alors que les espèces communes représentent l'effectif le plus élevé de la population. Cette répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques est influencée par le caractère opportuniste lié à l'espèce zooplanctonique qui peut, dans des conditions spatiales et temporelles supposées distincts, adhérer à des niveaux de constances différents.

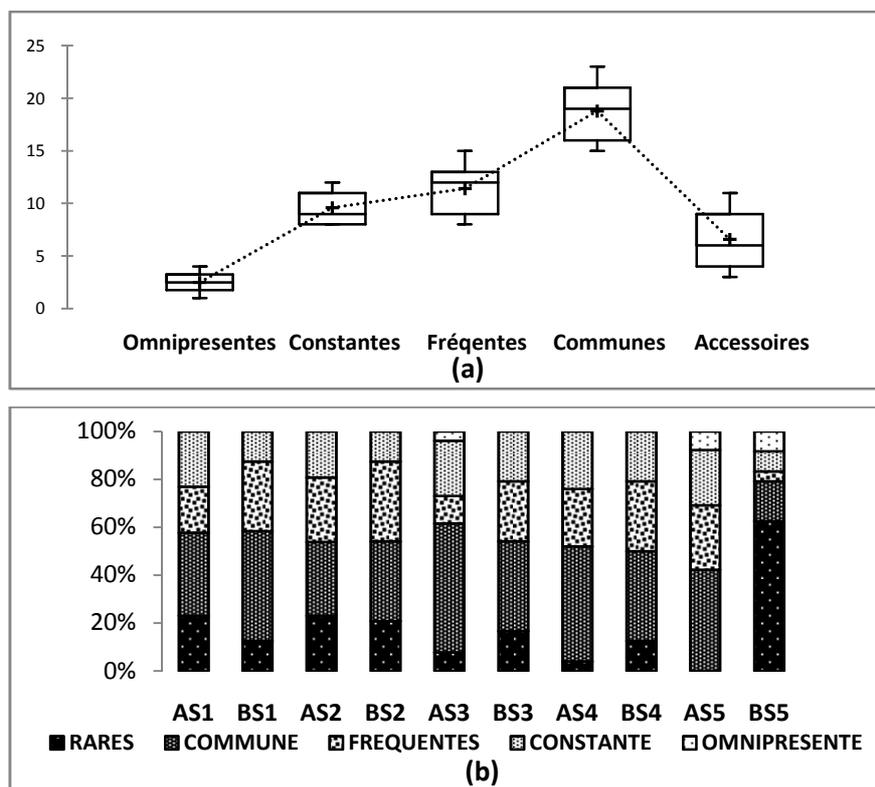


Figure 43 a, b - Niveau de constance des espèces zooplanctoniques (a) et variabilité de leurs abondances (b). AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010

Cette variabilité de la constance des peuplements zooplanctoniques induit une hétérogénéité de la répartition des espèces entre les stations. Trois groupes distincts sont mis en évidence par les dendrogrammes de dissimilarité issues de la classification ascendante hiérarchiques

Chapitre III- Résultats

(CAH) (Fig.44 a, b). En 1^{er} année, les stations S1 et S3 constituent deux groupes différents alors que les stations S2, S4 et S5 constituent à eux seules un groupe commun. En 2^{ème} année, la station S1 constitue un groupe à elle seule, puis S2 et S3, S4 et S5 forment deux groupes distincts. Dans cette répartition des stations, par rapport à l'abondance et à la constance des espèces zooplanctonique faite par la CAH, nous constatons que seule la régularité des populations zooplanctoniques de la station S2 influence l'ordre de classement hiérarchique des cinq stations entre les deux années.

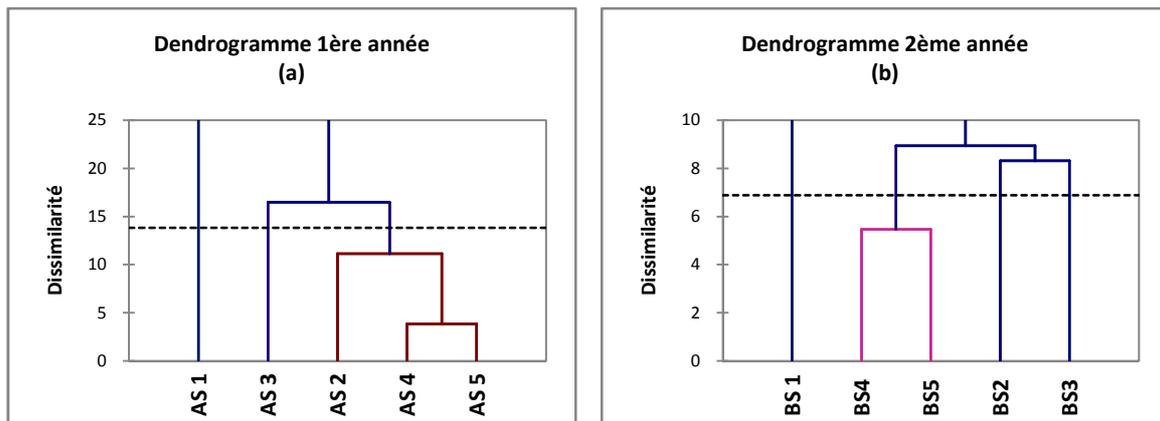


Figure 44a, b - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Harreza, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010

Cette constance des espèces zooplanctonique n'est pas liée à leur abondance (Fig. 44 et Tab.70 et 71 en annexe) puisqu'il existe une différence hautement significative de cette dernière entre les deux années (1^{er} et 2^{ème} année, test t : $p < 0,0001$). Dans les prélèvements de la 1^{ère} année (Tab. 70 en annexe), *D. castaneti major* est dominant dans la stations S1(12,13%), alors que c'est *C. reticulata* qui l'est dans les stations S2 (9,04%), S3 (10,70%) et S5 (9,28%) et *B. longirostis* qui est dominante dans la station S4 (9,78%). Les espèces suivantes sont les moins dominantes (Tab. 70 en annexe): *M. minutus* (S1 :0,17%), *M. viridis viridis* (S2 :0,29% ; S3 :0,24%) et *E. lilljborgi* (S4 : 0,33% ; S5 : 0,71%). En 2^{ème} année, excepté *C. reticulata* qui est dominante dans la station S2 (11,04%), *B. longirostis* domine toujours les peuplements zooplanctoniques des stations S1 (10,24%), S3 (12,62%), S4 (11,17%) et S5 (10,48%). Cependant, *M. viridis viridis* (S1 : 0,69%), *M. micrura* (S2 :0,92% ; S3 : 0,85% ; S4 : 0,79 ; S5 : 0,75) et *M. minutus* (S4 :0,79%) sont des espèces à faible dominance.

3.3.2.1.3.2.3. – Indices de biodiversité

La structure des peuplements zooplanctoniques mise en évidence par l'indice de Shannon-Wiener H' (Tab. 72), qui donne plus de considération aux espèces rares, ne montre aucune différence significative dans l'espace et dans le temps (test WMW, $p = 0,098$), mais s'avère plus diversifiés en 1^{ère} année (4,15 à 4,38 bit) qu'en 2^{ème} année (4,25 à 4,3 bit). Cependant si on se réfère à l'indice de Simpson (1-D ; Tab. 72), qui donne plus d'importance aux espèces abondantes, on s'aperçoit que la structure des peuplements zooplanctoniques est similaire dans les deux années où la majorité des stations sont à 1-D = 0,94 (1-D : de 0,93 à 0,95).

Tableau 72 - Indices de diversité des espèces zooplanctoniques du barrage Harreza par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	4,15	4,26	4,32	4,29	4,33	4,25	4,33	4,28	4,38	4,3
Simpson (D)	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,06
Simpson (1-D)	0,93	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,95	0,94
Hill	0,23	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,24
1-Hill	0,77	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,76
Piélou (J)	0,85	0,87	0,88	0,87	0,88	0,87	0,88	0,87	0,89	0,88

De ce fait, le calcul de l'indice de Hill (1-Hill), qui permet d'obtenir une vue plus précise de la diversité observée car sensibles à la fois aux espèces rares et aux espèces abondantes (Tab. 72), ne montre aucune différence significative (test de Kruskal, $p=1$) et indique une bonne diversité qui varie de 0,78 en 1^{ère} année à 0,77 en 2^{ème} année. L'indice de Piélou (Tab. 72) qui est de 0,92 en 1^{ère} année et de 0,93 en 2^{ème} année (test WMW, $p = 0,572$) exprime une bonne répartition des peuplements zooplanctoniques dans les deux années.

La richesse spécifique (S) annuelle est identique dans les 5 stations du barrage Harreza (Tab. 69) : 26 en 1^{ère} année et 24 en 2^{ème} année.

L'abondance moyenne annuelle du zooplancton, exprimée également par la dominance des espèces (Tab.69 ; Tab. 70 en annexe), est significativement différente entre les 5 stations (Anova, $p < 0,0001$). Le test post-hoc de Newman-Keuls, avec un intervalle de confiance de 95%, révèle 5 groupes homogènes au cours des deux années : chaque groupe est spécifique à

Chapitre III- Résultats

une station. Cette abondance varie de $48 \pm 31,3$ ind/l à $81,75 \pm 43,2$ ind/l. Elle est maximale dans la station S5 avec $81,75 \pm 43,2$ ind/l en 1^{ère} année et $77,92 \pm 48,62$ ind/l en 2^{ème} année, alors qu'elle est minimale dans la station S1 avec $50,17 \pm 30,6$ ind/l en 1^{ère} année et $48 \pm 31,3$ ind/l en 2^{ème} année.

Aucune différence significative n'est observée pour les indices de Shannon (Anova, $p = 0,267$) et de Simpson (test de Kruskal, $p = 0,343$) des 5 stations. L'indice de Hill, qui est sensible aux espèces rares et aux espèces abondantes, révèle que la diversité zooplanctonique est similaire dans les 5 stations (test de Kruskal, $p = 0,40$). S'agissant d'équirépartition des espèces zooplanctonique, déterminée par l'indice de Piéluou (J), aucune différence significative n'est relevée entre les 5 stations ((Anova, $p = 0,41$).

3.3.2.1.3.3. – Barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt)

3.3.2.1.3.3.1. – Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique des populations zooplanctoniques enregistrée dans le barrage de Smbt (Tab. 73) est de 11 espèces (S : 11) au cours des deux années (2009 et 2010).

Dans le temps, bien que cette richesse spécifique soit identique au cours des deux années, il a été constaté (Tab. 60 ; Tab. 74 et 75 en annexe) qu'un cladocère, *Ceriodaphnia quadrangula* O.F. Müller (1785), répertoriée dans les prélèvements de la 1^{ère} année, a disparu des échantillons de la 2^{ème} année et au cours de cette dernière, un autre cladocère, *Daphnia longispina* O.F. Müller (1776), est apparu.

Tableau 73 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zooplanctoniques des stations du barrage Smbt

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/l)	
	1 ^{er} année	2 ^{ème} année	1 ^{er} année	2 ^{ème} année
S1	10	11	$14,33 \pm 8,76$	$9,67 \pm 5,16$
S2	10	11	$12,33 \pm 9,08$	$10,08 \pm 5,35$
S3	11	11	$26,67 \pm 9,61$	$20,50 \pm 8,66$
S4	11	11	$25,08 \pm 11,78$	$20,50 \pm 7,26$
S5	10	11	$28 \pm 11,23$	$22,08 \pm 7,12$

Sur le plan spatial, cette richesse spécifique des populations zooplanctoniques (Tab. 73) est identique pour toutes les stations (S=11) exceptées pour les stations S1, S2 et S5 dans lesquelles, 10 espèces sont répertoriées (S= 10) durant la 1^{ère} année.

Aucune différence significative de l'abondance (Tab. 73 ; Tab. 74 en annexe) n'est observée dans le temps, entre les deux années (test WMW, $p = 0,059$) et dans l'espace, entre les stations (test de Kruskal, $p = 0,91$).

3.3.2.1.3.3.2. – Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence des espèces échantillonnées dans les 5 stations a permis de les classer en 5 niveaux de constance (Tab. 75 en annexe).

- Le premier niveau est constitué d'une espèce omniprésente rencontrée dans 100% des prélèvements effectués durant les deux années ; il s'agit du copépode *A. trajani* qui est rencontré dans les stations S3, S4 et S5.
- Le deuxième niveau renferme 5 espèces constantes, présentes dans 75 à 100% des prélèvements : il s'agit des cladocères représentés par *C. quadrangula*, *C. reticulata*, *B. longirostris* et des copépodes représentés par *C. numidicus* et *A. trajani*. Parmi ces espèces *C. quadrangula* n'est constante que la 1^{ère} année alors que *C. numidicus* ne l'est que pendant la 2^{ème} année.
- Le troisième niveau, qui concerne les espèces fréquentes présentes dans 50 à 75% des prélèvements, est formé de 7 espèces dont, 5 se rencontrent dans tous les prélèvements effectués au cours des deux années, il s'agit des cladocères *C. reticulata*, *D. brachyurum* et *B. longirostris* et des copépodes *C. numidicus* et *A. trajani*. En 1^{ère} année il n'y a que *C. quadrangula* qui est fréquente alors que *D. longispina* ne l'est que pendant la 2^{ème} année c'est plutôt qui l'est.
- Le quatrième niveau qui concerne les espèces communes rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, est constitué par 6 espèces dont 4 sont retrouvées au cours des deux années et sont représentées par le cladocère *D. brachyurum*, et les rotifères *P. dolichopter*, *P. remata* et *Ascomorpha* sp., le copépode *C. numidicus* n'est considéré comme espèce commune qu'en 1^{ère} année alors que *D. longispina* ne l'est qu'en 2^{ème} année.
- Le cinquième et dernier niveau qui concerne les espèces accessoires rencontrées dans 5 à 25% des prélèvements, est constitué de 6 espèces dont 3 sont retrouvées au cours des deux

Chapitre III- Résultats

années, il s'agit du cladocère *Chydorus* sp., et des rotifères *P. dolichoptera* et *A. priodonta*. Cependant les 3 autres espèces accessoires ne sont rencontrées qu'en 1^{ère} année il s'agit du copépode *C. numidicus* et des rotifères *P. remata* et *Ascomorpha* sp..

Par rapport à la constance et l'abondance des espèces zooplanctoniques, nous relevons (Fig. 45 a, b ; Tab. 74 et 75 en annexe), que les espèces omniprésentes sont les plus réduites en abondance alors que les espèces communes suivies des espèces fréquentes représentent l'effectif le plus élevé de la population ; en sachant que, d'une station à une autre, une même espèce peut avoir des niveaux de constance différents.

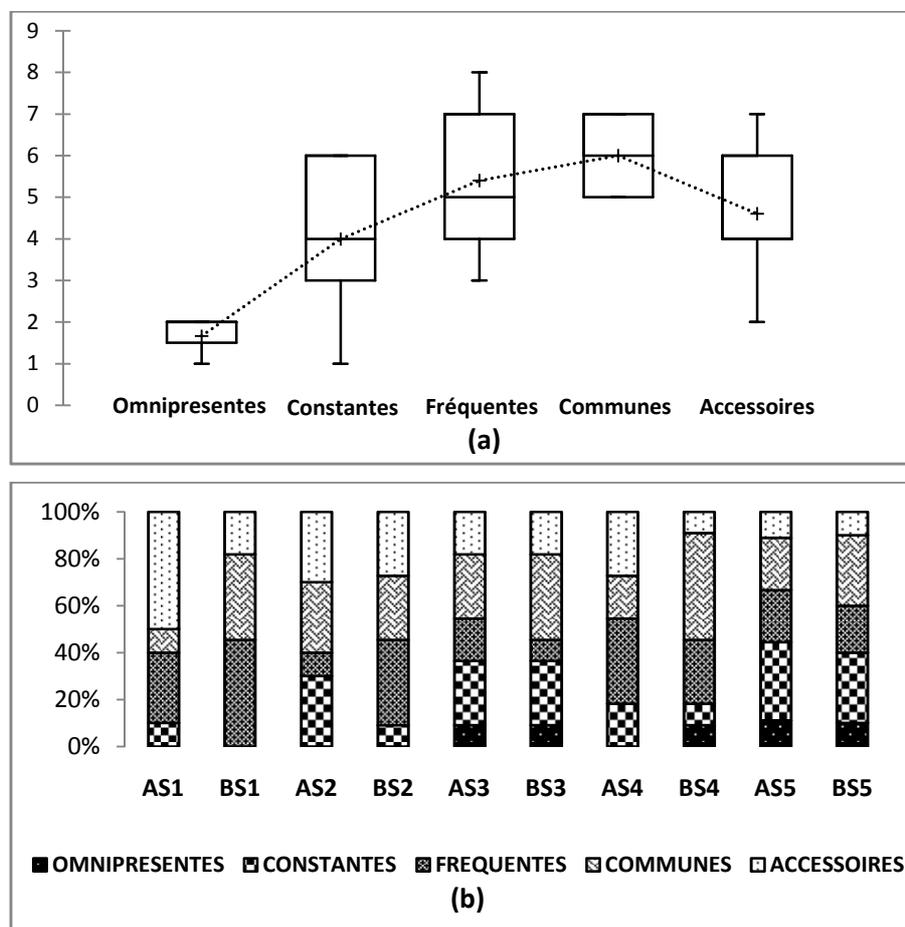


Figure 45 a, b - Niveau de constance des espèces zooplanctoniques (a) et variabilité de leurs abondances (b). AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010

Cette variabilité de la constance des peuplements zooplanctoniques induit une hétérogénéité de la répartition des espèces entre les stations. Trois groupes distincts sont mis en évidence

par les dendrogrammes de dissimilarité issues de la classification ascendante hiérarchiques (CAH) (Fig. 46 a, b).

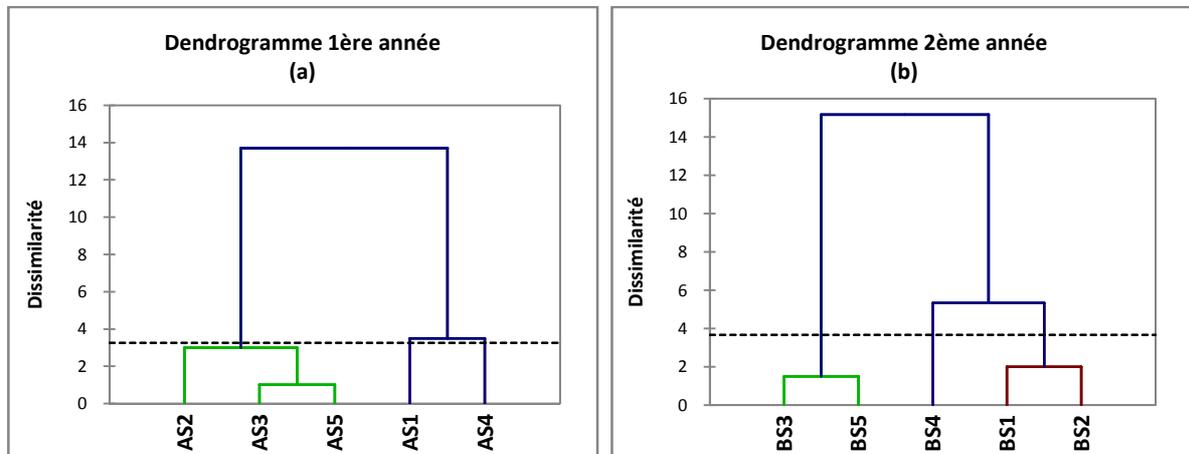


Figure 46 a, b - Répartition spatio-temporelle des peuplements zooplanctoniques du barrage Smbt, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010

En 1^{er} année, les stations S1 et S4 constituent deux groupes différents alors que les stations S2, S3 et S5 constituent à eux seules un groupe commun. En 2^{ème} année, la station S4 constitue un groupe à elle seule, puis S1 et S2, S3 et S5 forment deux groupes distincts. Dans cette répartition des stations, par rapport à l'abondance et à la constance des espèces zooplanctonique faite par la CAH, nous constatons que seule la régularité des populations zooplanctoniques de la station S2 influence l'ordre de classement hiérarchique des cinq stations entre les deux années.

De cette répartition, il se trouve que dans les prélèvements des deux années (Tab. 74 en annexe) c'est *B. longirostis* qui est dominante dans les 5 stations, alors que les espèces suivantes sont les moins dominantes : En 1^{ère} année *Chydorus* sp. (S1 : 0,58% ; S3 : 0,94% ; S4 : 1% ; S5 : 0,60), *P. remata* (S2 : 1,35%). En 2^{ème} année, *Chydorus* sp. (S1 : 0,75%) ; *P. dolichoptera* (S2 : 1,48%) ; *A. priodonta* (S3 : 0,68% ; S4 : 1,41% ; S5 : 0,33%).

3.3.2.1.3.3.3. – Indices de biodiversité

La diversité zooplanctonique du barrage Smbt (Tab. 76), mise en évidence par l'indice de Shannon-Wiener, est similaire durant les deux années (1^{ère} année : $H' = 3 \text{ bit}$; 2^{ème} année : $H' = 3,01 \text{ bit}$). Bien qu'aucune différence

Chapitre III- Résultats

significative dans le temps entre les indices de Shannon-Wiener des cinq stations n'est marquée (test de Kruskal, $p=0,43$), ceux de la 2^{ème} année restent légèrement supérieurs à ceux de la 1^{ère} année (Tab. 76). À travers l'indice de Simpson (1-D ; Tab.76), qui donne plus d'importance aux espèces abondantes, on s'aperçoit qu'en 1^{ère} année les stations S1 et S2 sont légèrement plus diversifiées que les autres stations (Tab. 76). L'indice de Hill (1-Hill), qui permet d'obtenir une vue plus précise de la diversité observée car sensibles à la fois aux espèces rares et aux espèces abondantes (Tab. 73), ne montre aucune différence significative (test de Kruskal, $p=0,43$) et indique une bonne diversité zooplanctonique (Tab. 76). L'indice de Piélou (Tab.76) qui varie de 0,75 à 0,87 exprime une bonne répartition des peuplements zooplanctoniques entre les stations au cours des deux années.

Tableau 76 - Indices de diversité des espèces zooplanctoniques du barrage Harreza par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	2,50	2,86	2,52	3,02	2,93	3	2,86	3,01	2,84	2,98
Simpson (D)	0,24	0,18	0,24	0,14	0,16	0,15	0,18	0,15	0,17	0,15
Simpson (1-D)	0,93	0,82	0,94	0,86	0,84	0,85	0,82	0,85	0,83	0,85
Hill	0,34	0,31	0,34	0,34	0,33	0,34	0,33	0,33	0,35	0,34
1-Hill	0,77	0,69	0,76	0,66	0,67	0,66	0,67	0,67	0,65	0,66
Piélou (J)	0,75	0,83	0,79	0,87	0,85	0,87	0,83	0,87	0,85	0,86

3.3.2.2. - Zoobenthos

Le peuplement zoobenthique (Tab. 61) est constitué par 59 espèces appartenant à 36 familles et 54 genres. Les espèces communes aux trois barrages sont au nombre de 12 et appartiennent à 12 familles. D'autres sont typiques et ne se rencontrent que dans l'un des trois barrages, parmi elles nous avons :

- 10 espèces appartenant à 8 familles dans le barrage Ghrib, il s'agit du Cladocère *Eurycercus lamellatus*, des Copépodes *cyclops strenuus* et *Macrocyclops fuscus*, du Décapode (Potamidae) *Potamon algeriense* qui est une espèce menacée de disparition, du Trichoptère *polycentropus* sp. et des Diptères *Culiseta (Theobaldia) subochrea*, *Simulium* sp., *Tipulidae* sp., *Nephrotoma appendiculata* et *Sepsis* sp..

Chapitre III- Résultats

- 01 espèce d'Ephéméroptère *Nemoura lacustris* de la famille des Nemouridae est rencontrée dans le barrage Harreza.
- 09 espèces appartenant à 7 familles sont présentes dans le barrage Smbt, il s'agit des Cladocères *Ilyocryptus sordidus*, *Potamocypris arcuata*, des éphéméroptères *Baetis* sp., *Potamanthus* sp., *Gomphus* sp. et des Diptères *Culex (Neoculex) hortensis*, *Culex theileri*, *Trichosia* sp. et *Gyrinus substriatus*.

La structure du zoobenthos des trois barrages est décrite par le niveau de la richesse spécifique et l'abondance des taxons échantillonnés ainsi que par une analyse indicielle.

En raison des difficultés liées à l'identification de certaines espèces pendant leurs phases larvaires, seuls les ordres auxquelles elles appartiennent ont été considérés dans le dénombrement et le calcul des indices. Il s'agit des Ephéméroptères, des Odonates, des Plécoptères, des Trichoptères, des Diptères et des Coléoptères.

3.3.2.2.1. - Richesse spécifique et abondance

Dans les trois barrages la richesse spécifique (Tab. 77) des peuplements zoobenthiques est plus élevée dans le Ghrib (An1 :91,42% ; An2 : 88,57%) que dans les barrages, Harreza (An1 :77,14% ; An2 : 74,28%) et Smbt (An1= An2 : 54,28%). Dans le temps, entre les deux années, une régression de cette richesse est constatée dans le Ghrib et le Harreza alors que dans le Smbt elle reste similaire.

L'abondance totale cumulée du zoobenthos pour chacune des deux années année (Tab. 77) est plus élevée dans le Harreza (An1 : 10397ind/m² ; An2 : 9719 ind/m²) que dans le Ghrib (An1 : 6039ind/m² ; An2 : 5478 ind/m²) et dans le Smbt (An1 : 2509 ind/m² ; An2 : 2407 ind/m²). Au cours de la 1^{ère} année cette abondance est supérieure que celle de la 2^{ème} année.

Tableau 77 - Richesse spécifique et abondance totale cumulée des espèces zoobenthiques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt

Année	Richesse spécifique (%)			Abondance totale (ind/m ²)		
	Ghrib	Harreza	Smbt	Ghrib	Harreza	Smbt
1 ^{er} année	91,42	77,14	54,28	6039	10397	2509
2 ^{ème} année	88,57	74,28	54,28	5478	9719	2407

3.3.2.2.2. - Analyse indicielle

A travers l'indice de Shannon-Wiener H' (Tab. 78), nous constatons que le zoobenthos du Ghrib est plus diversifié (An1 :4,10 bit ; An2 : 4,12 bit) que celui de Smbt (An1 :3,50 bit ; An2 : 3,59 bit) et de Harreza (An1 :2,76 bit ; An2 : 2,73 bit). A l'inverse du barrage Harreza où le H' de la 1^{ère} année est supérieur à celui de la 2^{ème} année, dans les barrages Ghrib et Smbt le H' de la 2^{ème} année est supérieur à celui de la 1^{ère} année. Sur la base de l'indice de Simpson (1-D) (Tab. 78), qui donne plus d'importance aux espèces les plus abondantes, nous constatons que celui du barrage Ghrib (An1= An2 : 0,91) est le plus élevé des trois barrages, suivi par Smbt (An1= An2 : 0,88) puis par Harreza (An1= An2 : 0,65). Aucune variation de cet indice n'est constatée entre les deux années.

Tableau 78 - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Indices	Ghrib		Harreza		Smbt	
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année
Shannon (H')	4,10	4,12	2,76	2,73	3,50	3,59
Simpson (1-D)	0,91	0,91	0,65	0,65	0,88	0,88
Hill (1-H)	0,82	0,81	0,82	0,81	0,75	0,76
Piélou (J)	0,82	0,83	0,58	0,58	0,82	0,84

A partir de l'indice de Hill (Tab.78), connu pour sa sensibilité aux espèces rares et aux espèces abondantes, il ressort que la diversité zoobenthique des barrages Ghrib et Harreza est similaire (An1 :0,82 ; An2 : 0,81) et plus élevée par rapport à celle de Smbt qui reste la plus faible (An1 :0,75 ; An2 :0,76) des trois barrages. Cependant, à travers l'indice de Piélou (Tab. 78) un déséquilibre entre les taxons est constaté dans le barrage Harreza (J = 0,58) en comparaison avec Ghrib (An1: 0,82 ; An2 : 0,83) et Smbt (An1: 0,82 ; An2 : 0,84).

3.3.2.2.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques

L'évolution spatiotemporelle des peuplements zoobenthiques de chacun des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt, est effectué par l'analyse de la richesse

spécifique, de l'abondance, de la fréquence d'occurrence, de la dominance et par les indices de diversité.

3.3.2.2.3.1. - Barrage Ghrib

3.3.2.2.3.1.1. - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique S (Tab.79) a régressé au cours des 2 années d'étude ; elle est passée de 32 (1^{ère} année) à 31 (2^{ème} année). A partir de l'analyse temporelle (Dominances et fréquences) des peuplements zoobenthique du barrage Ghrib (Tab. 80 et 81 en annexe) nous avons constaté, lors de la 2^{ème} année (2010), l'absence de du Copépode *Macrocylops fuscus* par rapport aux prélèvements de la 1^{er} année (2009). La comparaison de l'abondance du zoobenthos récoltés en 2009 et en 2010 ne montre aucune différence significative (test de W.M.W ; $p = 0,7$).

Tableau 79 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib durant la période d'étude

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/m ²)	
	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année	1 ^{ère} année	2 ^{ème} année
S1	28	29	115,5 ± 46,47	108,33 ± 42,69
S2	30	30	132,17 ± 42,72	131 ± 39,74
S3	32	31	445,33 ± 148,22	395,17 ± 125,47
S4	30	31	313,50 ± 89,43	278,50 ± 84,22
S5	0	0	0	0

Dans l'espace, entre les stations, cette richesse spécifique est variable d'une station à une autre (Tab. 79). Elle est maximale dans les stations S3 (S = 32 en 2009 et S = 31 en 2010) et S4 (S = 31 en 2010) et minimale dans la station S1 (S = 28 en 2009, S = 29 en 2010). Dans la station S5, le zoobenthos est absent des prélèvements effectués.

La comparaison entre l'abondance du zoobenthos des cinq stations fait apparaître une différence hautement significative (Anova, $P < 0,0001$). Quatre groupes homogènes sont identifiés par l'intermédiaire du test post-hoc REGWQ (Tab. 80) : le groupe A est constitué par la station S3 dans laquelle l'abondance est maximale, suivi du groupe B qui représente la station S4, puis par le groupe C qui englobe les stations S2 et S1, qui sont les stations les

Chapitre III- Résultats

moins abondantes en zoobenthos. Le groupe D représente la station S5 dans laquelle le zoobenthos est absent.

Tableau 80 - Comparaisons multiples par paires de l'abondance du zoobenthos des 5 stations du barrage Ghrib, suivant la procédure de REGW, avec Analyse des différences entre les modalités avec un intervalle de confiance à 95%

Stations	Moyenne estimée	Groupes			
S3	2521,50	A			
S4	1776		B		
S2	789,50			C	
S1	671,50			C	
S5	0				D

3.3.2.2.3.1.2. - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence (Tab. 81 en annexe) a permis de classer les espèces du peuplement zoobenthiques récoltées dans les cinq stations du barrage Ghrib en cinq niveaux de constance. Il est à noter que, dans le temps et dans l'espace, une même espèce peut occuper un niveau de constance différent.

- Le premier niveau est constitué de 24 espèces omniprésentes, rencontrées dans 100% des prélèvements. Parmi ces espèces 6 sont omniprésentes dans toutes les stations pendant les deux années, il s'agit de : *P. acuta*, *C. aculeata*, *Diatomus* sp., *M. poweri*, *Diptera*, *Coleoptera*. Les autres espèces sont omniprésentes spatialement au maximum dans 3 stations ou temporellement pendant uniquement une année (Tab. 81), Il s'agit de : *A. cygnea*, *T. tubifex*, *Lumbriculus* sp., *S. vetulus*, *P. arcuata*, *C. strenuus*, *P. fimbriatus*, *E. serrulatus*, *Eudiaptomus* sp., *A. desmarestii*, *P. algeriense*, *Hydrachna* sp., *Odonata*, *Ephemeroptera*, *N. glauca*, *Trichoptera*, *Nematoda*.

- Le deuxième niveau renferme 14 espèces constantes présentes dans 75 à 100% des prélèvements. Ces espèces sont rencontrées à la limite dans 3 stations au maximum, il s'agit de : *T. tubifex*, *Lumbriculus* sp., *S. vetulus*, *Eucypris* sp., *D. stevensoni*, *C. strenuus*, *P. fimbriatus*, *Eudiaptomus* sp., *P. algeriense*, *Ephemeroptera*, *Odonata*, *Plecoptera*, *N. glauca*, *Trichoptera*.

- Le troisième niveau est formé de 17 espèces fréquentes présentes dans 50 à 75% des prélèvements, il s'agit de : *C. catellina*, *Cephalodella* sp., *Lumbriculus* sp., *S. vetulus*, *A.*

Chapitre III- Résultats

harpae, *P. arcuata*, *Eucypris* sp., *D. stvensoni*, *Acanthocyclops* sp., *E. serrulatus*, *Eudiaptomus* sp., *Hydrachna* sp., *Odonata*, *Plecoptera*, *N. glauca*, *Trichoptera*, *Nematoda*.

- Le quatrième niveau est constitué de 5 espèces communes rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, il s'agit de : *E. lamellatus*, *A. harpae*, *Eucypris* sp., *Acanthocyclops* sp., *M. fuscus*.

- Le cinquième niveau, représenté par les espèces accessoires, est formé de 19 espèces, il s'agit de : *E. lamellatus*, *A. harpae*, *Acanthocyclops* sp., *M. fuscus*.

A travers l'histogramme de la figure 47 (a : 1^{ère} année ; b : 2^{ème} année), nous pouvons constater le niveau de constance de chaque espèce zoobenthique.

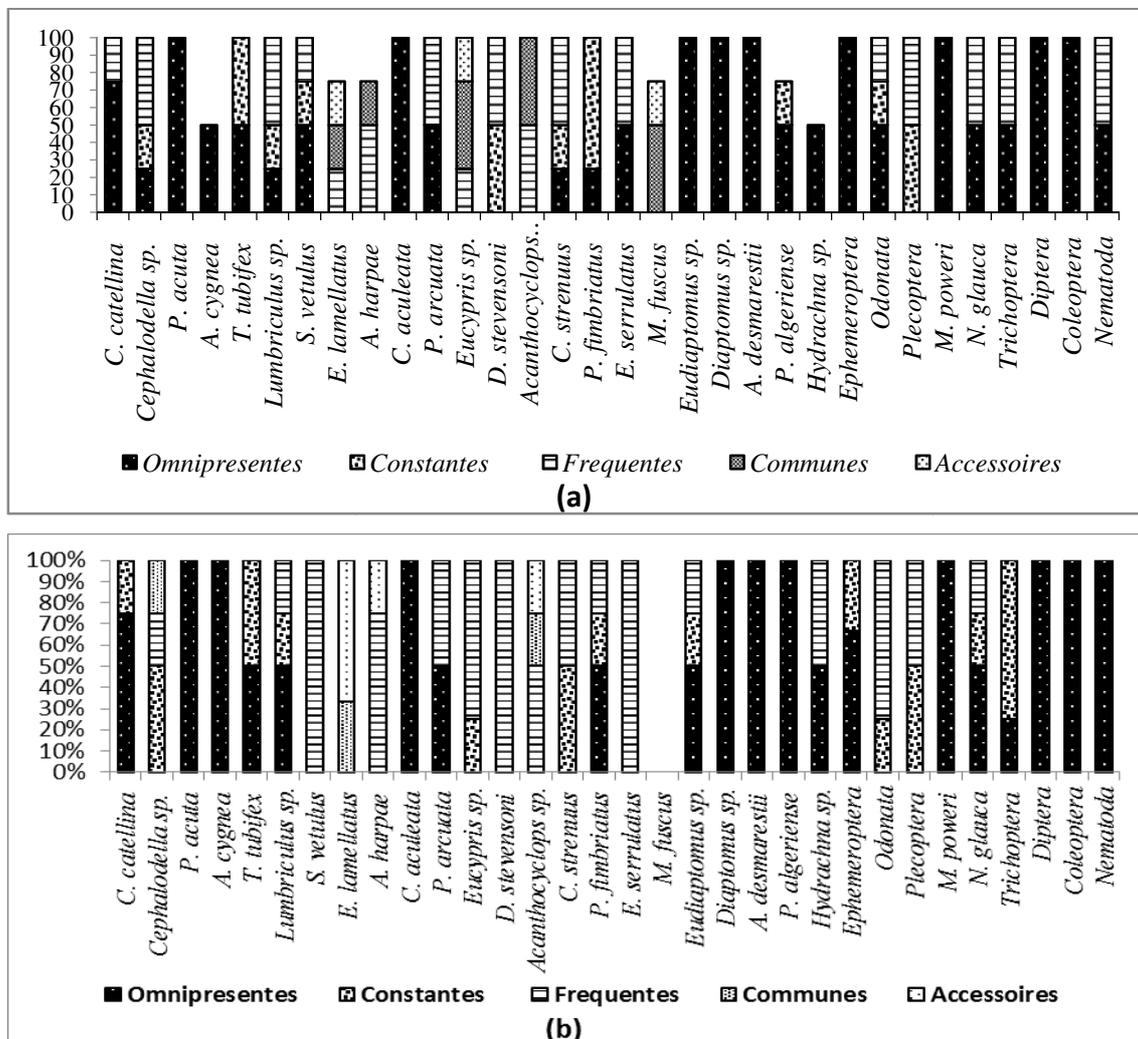


Figure 47 a, b - Niveau de constance des espèces zoobenthiques du barrage Ghrib (a : 1^{ère} année ; b : 2^{ème} année)

Chapitre III- Résultats

Pendant ces deux années 10 espèces sont totalement omniprésentes ; or, en 2^{ème} année, parmi ces espèces nous notons un changement de niveau de constance du Copépeode *Eudiaptomus* sp., de la crevette Décapode *A. desmarestii* et des espèces d'*Ephemeroptera* qui ont perdues leurs statuts d'Omniprésentes alors que d'autres espèces l'ont acquis pendant cette année, comme c'est le cas du crabe Décapode *P. algeriense*. Pendant cette 2^{ème} année, nous constatons également que certaines espèces sont devenues totalement fréquentes, il s'agit du Cladocère *S. vetulus*, de l'Ostracode *D. stevensoni* et du Copépeode *E. serrulatus*. Cependant, si la dominance de chaque niveau de constance, faite sur la base des classes de fréquences d'occurrences est considérée (Fig. 48a, b ; Tab.81 et 82 en annexe), nous relevons que les espèces omniprésentes sont les plus dominantes alors que les espèces accessoires représentent l'effectif le plus réduit de la population.

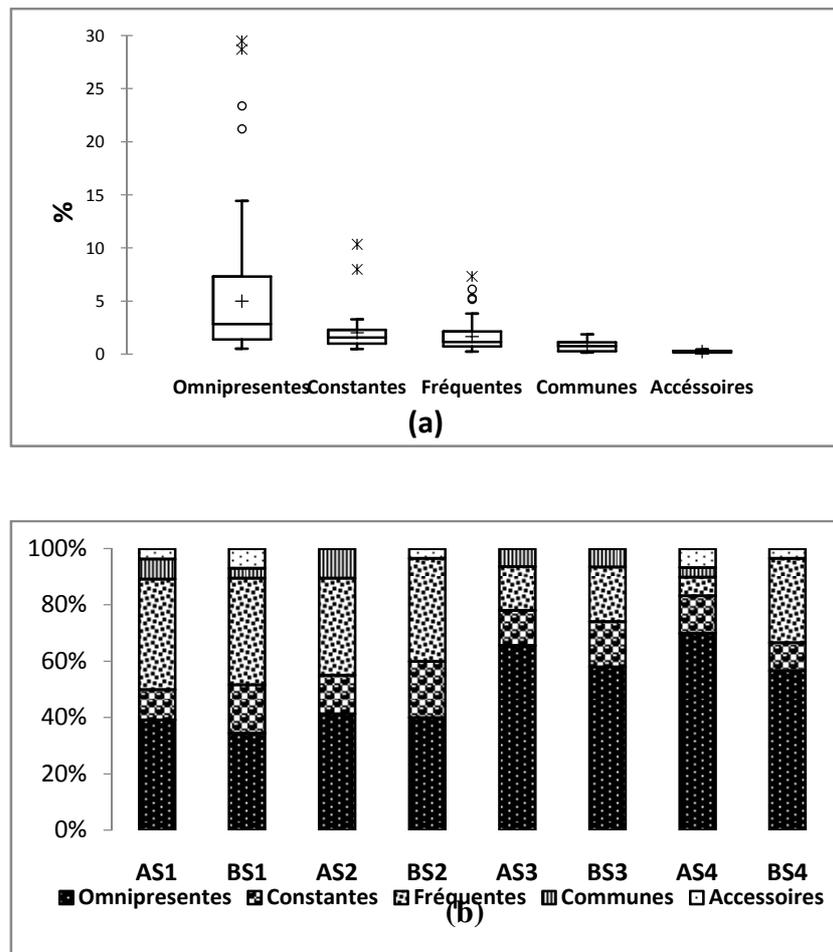


Figure 48 a, b - Variabilité de la constance des espèces zoobenthiques (a) et leur répartition spatio-temporelle (b), dans le barrage Ghrib. A : An 2009 ; B : 2010 ; S1 à S5 : Stations

Cette variabilité de la constance des peuplements zoobenthiques induit une hétérogénéité de la répartition des espèces entre les stations (Fig. 49).

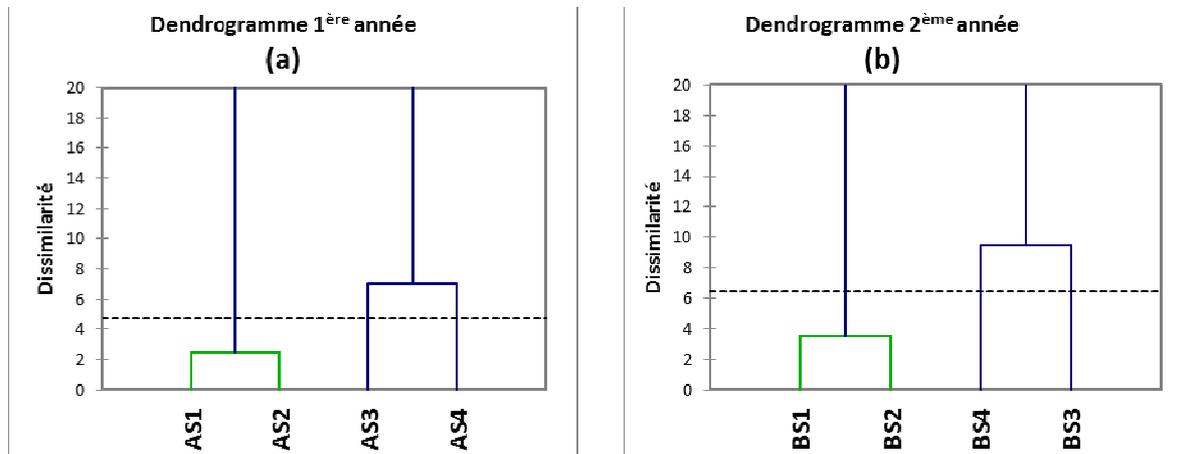


Figure 49 a, b - Répartition spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques du barrage Ghrib, par la classification hiérarchique ascendante CAH (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année. A : An 2009 ; B : 2010 ; S1 à S5 : Stations

De là, trois groupes distincts sont mis en évidence par les dendrogrammes de dissimilarité issues de la classification ascendante hiérarchiques (CAH) (Fig.49a, b). En 1^{er} année et en 2^{ème} année, les stations S4 et S3 constituent deux groupes différents alors que les stations S2 et S1 constituent à eux seules un groupe commun. Dans ce schéma de regroupement par la CAH, nous constatons que dans le temps, par rapport au niveau de constance du zoobenthos présent pendant les deux années, les stations gardent le même niveau de répartition, en rappelant que dans la station S5 le zoobenthos est absent.

En ce qui concerne la dominance des espèces zoobenthiques, une différence est observée entre les espèces dans le temps et dans l'espace (Tab. 82). En 1^{ère} année, les espèces dominantes sont l'Ostracode *C. aculeata* dans les stations S1 (14,43%) et S2 (14,25%) ainsi que le Cladocère *S. vetulus* dans les stations S3 (29,49%) et S4 (23,39%). En 2^{ème} année, c'est le crabe Décapode *P. algeriense* dans les stations S1 (13,85%) et S2 (12,85%), ainsi que l'Oligochète *Lumbriculus* sp. dans les stations S3 (28,72%) et S4 (21,4%). Les espèces les moins dominantes en 1^{ère} année sont le Copépode *M. fuscus* dans les stations S1 (0,29%) et S3 (0,15%), ainsi que *Lumbriculus* sp. dans la station S2 (0,5%) et le Cladocère *E. lamellatus*

Chapitre III- Résultats

dans la station S4 (0,05%). En 2^{ème} année c'est le Cladocère *A. harpae* dans la station S1 (0,31%), ainsi que *E. lamellatus* dans les stations S2 (0,25%), S3 (0,21) et S4 (0,06%).

3.3.2.2.3.1.3. - Indice de biodiversité

L'analyse indicelle des peuplements zoobenthique du barrage Ghrib (Tab. 83), montre que la diversité spécifique, exprimée par l'indice de Shannon, (Tab. 83), varie en 1^{ère} année de 3,92 bit dans la station S3 à 4,21 bit dans la station S1. En 2^{ème} année cet indice varie de 3,89 bit dans la station S3 à 4,36 bit dans la station S2. Aucune différence significative n'est observée entre les variations de l'indice H' de la 1^{ère} année et de la 2^{ème} année (test t, p = 0,54).

Tableau 83 - Indices de diversité des espèces zoobenthiques du barrage Ghrib par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)							
	S1		S2		S3		S4	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	4,21	4,24	4,13	4,36	3,92	3,89	3,96	4,02
Simpson (D)	0,07	0,07	0,07	0,06	0,12	0,12	0,10	0,09
Simpson (1-D)	0,93	0,93	0,93	0,94	0,88	0,88	0,90	0,91
Hill	0,20	0,20	0,24	0,20	0,16	0,17	0,19	0,20
1-Hill	0,80	0,80	0,76	0,80	0,84	0,83	0,81	0,80
Piélou (J)	0,87	0,87	0,84	0,89	0,78	0,79	0,81	0,82

L'indice de Simpson 1-D (Tab. 83) qui est influencé par les espèces abondantes, en 1^{ère} année, il varie de 0,88 dans la station S3 à 0,93 dans les stations S1 et S2. En 2^{ème} année cet indice varie de 0,88 dans la station S3 à 0,94 dans la station S4. Aucune différence significative de l'indice D n'est observée entre les deux années (test t, p=0,86). Avec l'indice de Hill (Tab. 83), où les espèces abondantes et les espèces rares sont prises en considération, nous constatons que la diversité varie en 1^{ère} année de 0,76 dans la station S2 à 0,84 dans la station S4. En 2^{ème} année cet indice varie de 0,80 dans les stations S1, S2 et S3 à 0,83 dans la station

Chapitre III- Résultats

S3. L'indice de Piélou J, en 1^{ère} année, il varie de 0,78 dans la station S3 à 0,87 dans la station S1. En 2^{ème} année, il varie de 0,79 dans la station S3 à 0,89 dans la station S2. Cet indice indique une meilleure répartition des espèces zoobenthiques dans les stations S1 et S2 que dans les stations S3 et S4.

3.3.2.2.3.2. - Barrage Harreza

3.3.2.2.3.2.1. - Richesse spécifique et abondance

Les prélèvements zoobenthiques de la 1^{ère} année (2009) ont permis d'enregistrer une richesse spécifique S (Tab. 84) de 27 espèces, alors qu'en 2^{ème} année (2010) elle est de 26 espèces .

Tableau 84 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques des stations du barrage Harreza au cours de la période d'étude

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/m ²)	
	1 ^{er} année	2 ^{ème} année	1 ^{er} année	2 ^{ème} année
S1	27	26	400,50 ± 167,25	347,83 ± 136,29
S2	27	26	345 ± 135,93	320,33 ± 116,65
S3	27	26	391,33 ± 119,27	378,67 ± 125,41
S4	27	26	592,67 ± 127,72	570,17 ± 87,75
S5	1	2	3,33 ± 2,94	2,83 ± 2,32

Dans le temps, par rapport aux espèces recensées en 1^{ère} année, une espèce zoobenthique est absente des prélèvements effectués en 2^{ème} année : il s'agit du Copépode *Acantocyclops* sp..

Sur le plan spatial (Tab. 84 et Tab. 86 en annexe), la richesse spécifique est similaire dans toutes les stations, excepté dans la station S5 où en 1^{ère} année, cette richesse S est de 1 (S=1), constituée uniquement par le Copépode *Eudiaptomus* sp., alors qu'en 2^{ème} année, elle passe à 2 (S=2), constituée par ce même Copépode *Eudiaptomus* sp. et par un Rotifère *C. incila*.

La comparaison de l'abondance des peuplements zoobenthiques récoltés durant les deux années (Tab. 84) ne montre aucune différence significative (test t, p = 0,86).

Dans l'espace, la comparaison de l'abondance des espèces zoobenthiques fait apparaître une différence hautement significative entre les 5 stations (ANOVA, $P < 0,0001$). Le test post hoc de REGWQ fait ressortir 3 groupes homogènes (Tab. 85) : le groupe A est représenté par la station 4 où l'abondance est maximale, suivi par le groupe B dans lequel sont réunies les stations S3, S1 et S2, puis par le groupe C qui est représenté uniquement par la station S5 où l'abondance est la plus faible avec une richesse S maximale de 2.

Tableau 85 - Analyse des différences entre les stations du barrage Harreza par le test REGWQ, avec un intervalle de confiance à 95%

Stations	Moyenne estimée	Groupes		
S4	3488,50	A		
S3	2310		B	
S1	2245		B	
S2	1996		B	
S5	18,50			C

3.3.2.2.3.2.2. - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence des espèces zoobenthiques échantillonnées dans les 5 stations du barrage Harreza a permis de les classer en 5 niveaux de constance (Fig. 50 ; Tab. 86 en annexe). Il est important de noter qu'une même espèce peut avoir un niveau de constance différent dans l'espace et dans le temps. Pour chaque espèce le niveau de constance, par rapport à l'espace et au temps, est spécifié dans la figure 50.

- Le premier niveau est constitué de 19 espèces omniprésentes rencontrées dans 100% des prélèvements (Tab. 86 en annexe et Fig. 50). Parmi ces 19 espèces, 6 sont retrouvées constamment dans 4 stations S1, S2, S3 et S4 et durant les deux années (Fig. 50 ; Tab. 86 en annexe), il s'agit de 2 Ostracodes *P. arcuata* et *C. aculeata*, du Copépode *E. serrulatus*, de l'Hétéroptère *M. poweri* de Diptères et de Nématodes. Les 13 autres espèces omniprésentes ne sont rencontrées qu'au maximum dans 3 stations durant deux années ou dans 4 stations

Chapitre III- Résultats

pendant une année seulement (Tab. 86 en annexe), il s'agit des Rotifères *C. catellina* et *C. incila* (A2 : S4), du Bivalve *A. cygnea*, des Oligochètes *T. tubifex* et *Lumbriculus* sp., de l'ostracode *D. stvensoni*, des Copépodes *Eudiaptomus* sp. et *Diaptomus* sp., de la crevette Décapode *A. desmarestii*, de l'Arachnide hydracarien *Hydrachna* sp., des Ephemeroptera, des Trichoptera et des Coleoptera.

- Le deuxième niveau renferme 12 espèces constantes, présentes dans 75 à 100% des prélèvements (Fig. 50 et Tab. 86 en annexe) : il s'agit des Rotifères *C. catellina* et *C. incila*, des Oligochètes *T. tubifex* et *Lumbriculus* sp., des Copépodes *Eudiaptomus* sp. et *Diaptomus* sp., de l'Arachnide *Hydrachna* sp., des Ephemeroptera des Plecoptera, de l'Hétéroptère *Notonecta* sp., des Trichoptera et des Coleoptera.

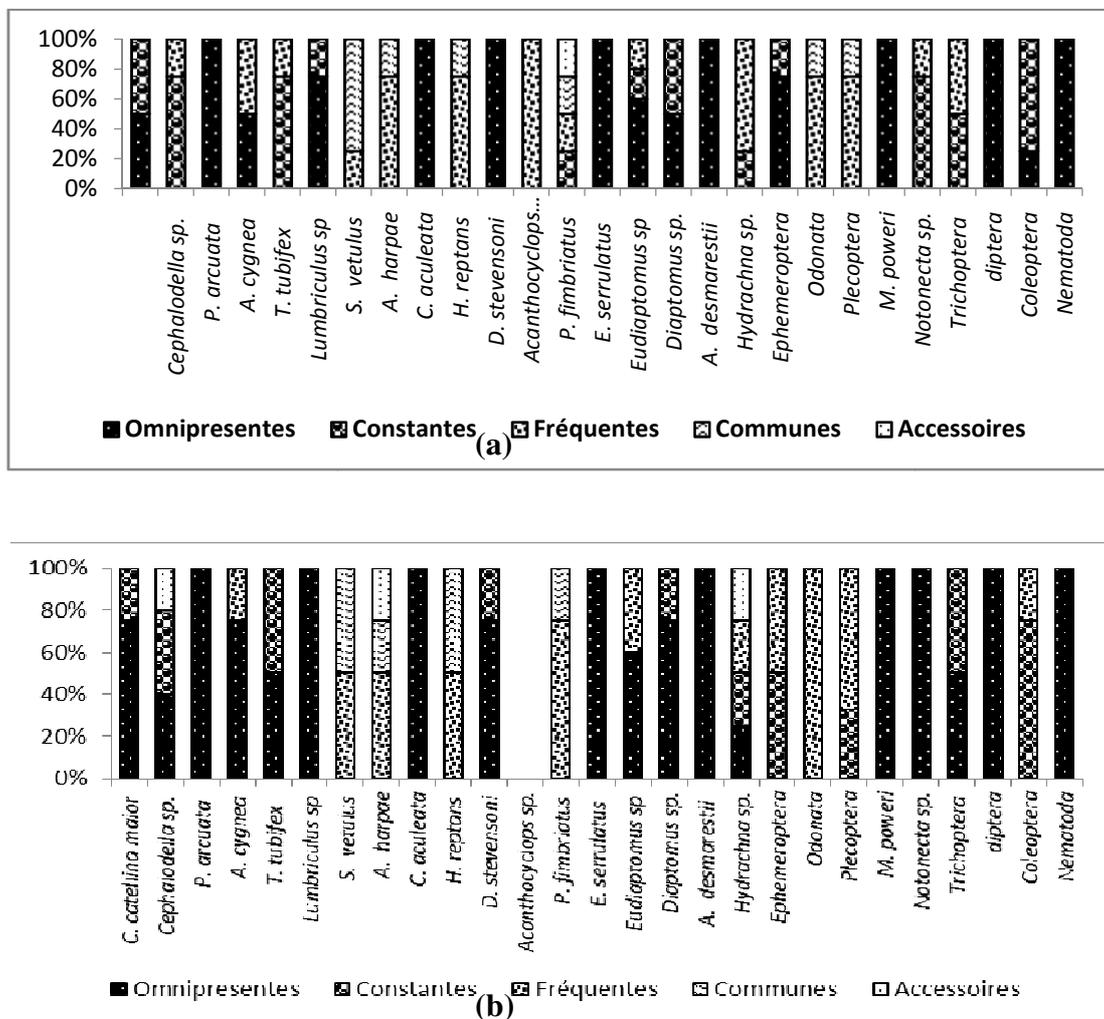


Figure 50 a, b - Niveaux de constances des espèces zoobenthiques du barrage Harreza : (a) année 2009 ; (b) année 2010

- Le troisième niveau, qui concerne les espèces fréquentes présentes dans 50 à 75% des prélèvements, est formé de 15 espèces, il s'agit du Rotifère *C. incila*, du Bivalve *A. cygnea*, de l'Oligochète *T. tubifex*, des Cladocères *S. vetulus* et *A. harpae*, de l'ostracode *H. reptans* et des Copépodes *Acanthocyclops* sp. , *P. fimbriatus*, *E. serrulatus* et *Eudiaptomus* sp., de l'Arachnide *Hydrachna* sp., des *Ephemeroptera*, des *Plecoptera*, de l'Hétéroptère *Notonecta* sp. et des *Coleoptera*.
- Le quatrième niveau qui concerne les espèces communes rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, est constitué par 6 espèces, il s'agit du Rotifère *C. incila*, des Cladocères *S. vetulus* et *A. harpae*, de l'Ostracode *H. reptans*, du Copépode *P. fimbriatus*, et des *Coleoptera*.
- Le cinquième et dernier niveau qui concerne les espèces accessoires rencontrées dans 5 à 25% des prélèvements, est constitué de 4 espèces, il s'agit du Rotifère *C. incila*, du Cladocère *A. harpae*, du Copépode *P. fimbriatus* et de l'Arachnide *Hydrachna* sp..

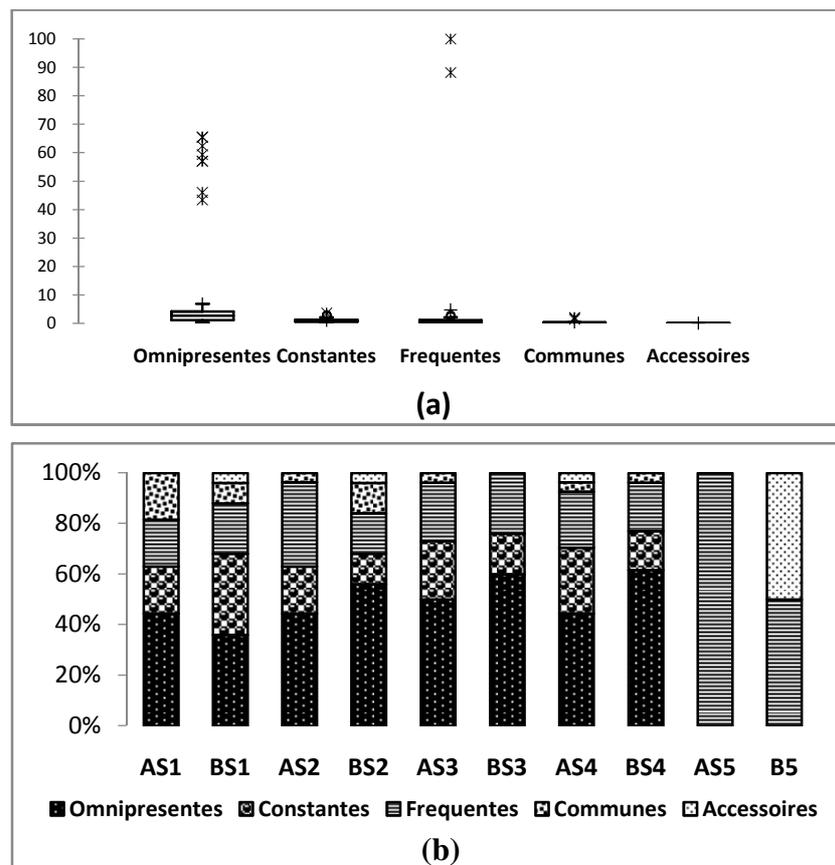


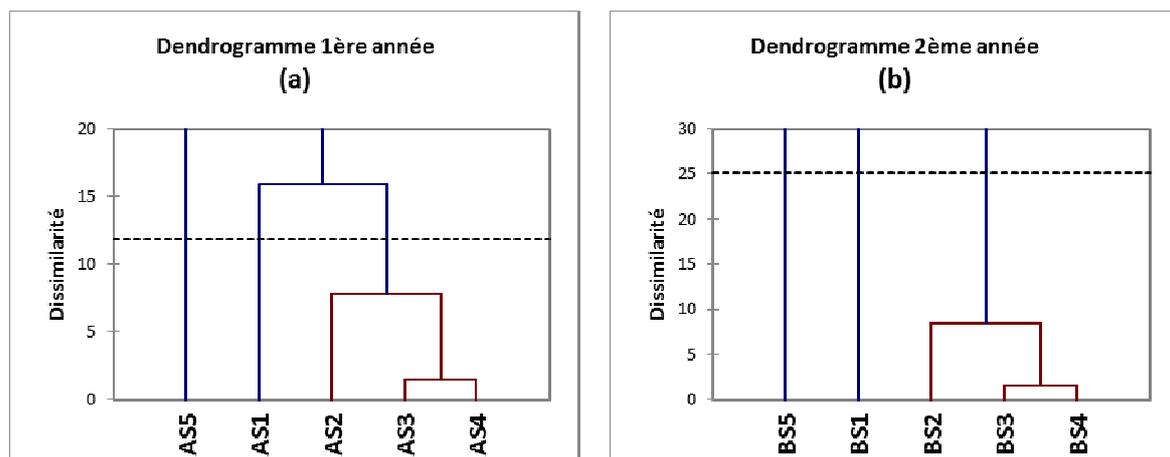
Figure 51 a, b - Variabilité de l'abondance (a) des niveaux de constance spatio-temporel (b), des espèces zoobenthiques du barrage Harreza. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010.

Par rapport à la constance et l'abondance des espèces zoobenthiques, nous relevons (Fig. 51 a, b et Tab. 86, 87 en annexe), que les espèces omniprésentes sont les plus dominantes alors que les espèces accessoires sont les moins dominantes.

D'un point de vu dominance (Tab. 87 en annexe ; Fig. 51), l'Hétéroptère *M. poweri* , qui est une espèce omniprésente, est la plus dominante dans les stations S1, S2, S3 et S4 ($\geq 43,44\%$) durant les deux années alors que les espèces les moins dominantes sont des espèces accessoires, parmi elles nous avons le Copépode *P. fimbriatus* (0,11%) en 1^{ère} année dans la station S4 et l'Arachnide *Hydracna* sp. (0,10%) en 2^{ème} année dans la station S2.

Il est important de noter que la station S5 est peuplée uniquement par une espèce fréquente durant les deux années, le Copépode *Eudiaptomus* sp. ; ajoutée à cela, en 2^{ème} année, par le Rotifère *C. incila*.

Cette variabilité de la constance des peuplements zoobenthique fait ressortir, à travers la classification hiérarchique ascendante par dissimilarité (CAH), une hétérogénéité de leur répartition entre les stations ; où trois groupes distincts et identiques entre les deux années sont mis en évidence (Fig. 52. A, b). Un 1^{er} groupe homogène est constitué par 3 stations S4, S3 et S2. Le 2^{ème} groupe est constitué uniquement par la station S1 alors que le 3^{ème} groupe est constitué par la station S5.



3.3.2.2.3.2.3. - Indices de biodiversité

La structure des peuplements zoobenthiques mise en évidence par l'indice de Shannon-Weaver H' (Tab.88), qui donne plus de considération aux espèces rares, ne montre aucune différence significative dans le temps (test t, $p=0,9$). Dans l'espace, bien que la station S3 s'avère plus diversifiée ($H'=3,39$ bit et 3,24 bit) par rapport aux autres, une différence est observée entre les stations (test de Kruskal, $p=0,043$), en raison des peuplements réduits de la station S5 ($H'=0,00$ bit et 0,52 bit). Si on se réfère à l'indice de Simpson (1-D ; Tab.88), qui donne plus d'importance aux espèces abondantes, on s'aperçoit que la structure des peuplements zoobenthiques est comparable entre les deux années (test t, $p = 0,91$). Entre les stations, une différence significative est observée (test de Kruskal, $p = 0,044$) où la comparaison multiple paire par paire, selon la procédure de Duncan, a permis de déceler deux groupes homogènes : le groupe A est constitué par la station AS3 ayant un indice de Simpson (1-D) le plus élevé des 5 stations et le groupe B qui est constitué par la station AS5 qui a un indice 1-D nul en raison de la présence d'une seule espèce. Les autres stations constituent un groupe intermédiaire AB qui chevauche entre la diversité de la station S3 et S5. Le calcul de l'indice de Hill (1-Hill), qui est sensible à la fois aux espèces rares et aux espèces abondantes (Tab. 87), indique une bonne diversité dans la station S3 (0,83 et 0,84) qui avoisine celles des autres stations qui varie de 0,78 à 0,82. Ceci n'est pas valable pour la station S5 où la diversité est très faible et varie de 0 à 0,24. L'indice de Pielou J indique une bonne répartition des peuplements zoobenthiques dans la station S3 ($J = 0,71 ; 0,68$) par rapport aux autres stations S1, S2 et S4. La station S5 n'est pas prise en considération.

Tableau 88 - Indices de diversité des espèces zoobenthiques du barrage Harreza par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	2,53	2,64	2,83	2,76	3,39	3,24	2,36	2,34	0	0,52
Simpson (D)	0,40	0,36	0,34	0,34	0,21	0,23	0,44	0,44	1	0,78
Simpson (1-D)	0,60	0,64	0,66	0,66	0,79	0,77	0,56	0,56	0	0,22
Hill	0,20	0,20	0,18	0,19	0,16	0,17	0,22	0,22	1	0,76
1-Hill	0,80	0,80	0,82	0,81	0,84	0,83	0,78	0,78	0	0,24
Pielou (J)	0,53	0,55	0,59	0,58	0,71	0,68	0,50	0,49	0	0,11

3.3.2.2.3.3. - Barrage Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt)

3.3.2.2.3.3.1. - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique des populations zoobenthiques enregistrée dans le barrage de Smbt (Tab. 89) est globalement de 19 espèces (S : 19) au cours des deux années (2009 et 2010).

Tableau 89 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations zoobenthiques des stations du barrage de Smbt au cours des deux années

Stations	Richesse spécifique S		Abondance P (Ind/m ²)	
	1 ^{er} année	2 ^{ème} année	1 ^{er} année	2 ^{ème} année
S1	16	18	84,50 ± 28,84	80,17 ± 28,45
S2	19	19	99,83 ± 28,53	95,50 ± 28,63
S3	19	19	136,67 ± 41,28	128,33 ± 33,97
S4	19	18	97,17 ± 31,48	96,50 ± 25,65
S5	0	0	0	0

Dans le temps, la richesse spécifique (Tab. 89 et Tab. 90 en annexe) de la station S1 passe de 16 à 18, où en 2^{ème} année 3 espèces zoobenthiques sont apparues, il s'agit du Cladocère *S. vetulus*, du Copépode *Eudiaptomus sp.* et des *Trichoptera*, alors qu'au cours de cette même année, une espèce a disparue : *Eucypris sp.*. Dans les stations S2 et S3 la richesse est stable (S=19) dans le temps contrairement à celle de la station S4 qui régresse et passe de 19 à 18 par la disparition des *Odonata*. Durant la 1^{ère} année, la richesse spécifique est plus faible dans la station S1 (S=16) par rapport aux stations S2, S3 et S4 (S=19). En 2^{ème} année la richesse des stations S1 et S4 (S=18) est inférieure à celle des stations S2 et S3 (S=19). Il est à noter que dans les relevés effectués dans la station S5, il n'y avait aucune espèce zoobenthique.

En terme d'abondance et dominance (Tab. 91 en annexe), aucune différence significative n'est observée dans le temps, entre les deux années (test de WMW, p=0,84). Cependant, dans l'espace, une différence significative est observée entre les 4 stations (test de kruskal, p=0,04). Le test post-hoc (Tab. 92), par comparaison multiple suivant la procédure de Duncan, a révélé 2 groupes homogènes : le groupe A, constitué par la station S1 où l'abondance est considérée comme la plus basse et le groupe B, constitué par la station S3 où

Chapitre III- Résultats

l'abondance est la plus élevée des autres stations. Le groupe AB, constitué par les stations S4 et S2, est intermédiaire et chevauche avec les stations S1 et S2.

Tableau 92 - Comparaisons multiples par paires des peuplements zoobenthiques des stations du barrage Smbt, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
S1	38	2434	64,05	A	
S4	38	2810	73,94	A	B
S2	38	2864,50	75,38	A	B
S3	38	3519,50	92,61		B

3.3.2.2.3.3.2. - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence des espèces échantillonnées dans les 5 stations a permis de les classer en 5 niveaux de constance (Tab. 90 en annexe ; Fig. 53). Il faut noter qu'une même espèce zoobenthique, dans l'espace et dans le temps, peut occuper un niveau de constance différent.

- Le premier niveau est constitué de 16 espèces zoobenthique. Parmi ces dernières, 3 espèces sont omniprésentes dans toutes les stations, durant les deux années, il s'agit de l'Ostracode *P. arcuata*, des diptera et des *Coleoptera*. Les autres espèces sont omniprésentes au maximum dans 3 stations sur deux ans ou dans 4 stations sur une année, il s'agit des Rotifères *C. catellina* et *Cephalodella* sp., de l'Oligochète *Lumbriculus* sp., des Cladocères *S. vetulus* et *I. sordidus*, des Copépodes *E. serrulatus* et *Eudiaptomus* sp., de l'Arachnide *Hydrachna* sp., des *Ephemeroptera*, des *Plecoptera*, des Hétéroptères *Notonecta* sp. et *N. glauca* et des *Nematoda*.

- Le deuxième niveau renferme 11 espèces constantes (Tab. 90 en annexe ; Fig. 53), présentes dans 75 à 100% des prélèvements, il s'agit du Rotifère du *Cephalodella* sp., de l'Oligochète *Lumbriculus* sp., du Cladocère *S. vetulus*, de l'Ostracode *Eucypris* sp., du Copépode *E. serrulatus*, de l'Arachnide *Hydrachna* sp., des *Ephemeroptera*, des *Plecoptera*, des hétéroptères *Notonecta* sp. et *N. glauca* et des *Nematoda*.

- Le troisième niveau, qui concerne les espèces fréquentes (Tab. 90 en annexe, Fig. 53) présentes dans 50 à 75% des prélèvements, est formé de 14 espèces, il s'agit des Rotifères *C. catellina* et *Cephalodella* sp., de l'Oligochète *Lumbriculus* sp., des Cladocère *S. vetulus* et *I.*

Chapitre III- Résultats

sordidus, des ostracodes *P. arcuata* et *Eucypris* sp., des Copépodes *E. serrulatus* et *Eudiaptomus* sp. de l'Arachnide *Hydrachna* sp., des *Ephemeroptera*, des *Odonata*, des *Plecoptera*, de l'Hétéroptère *Notonecta* sp., des *Trichoptera*, et des *Nematoda*.

- Le quatrième niveau qui concerne les espèces communes (Tab. 90 en annexe, Fig. 53), rencontrées dans 25 à 50% des prélèvements, est constitué par 9 espèces, il s'agit de l'Oligochète *Lumbriculus* sp., de l'ostracode *Eucypris* sp., des Copépodes *E. serrulatus* et *Eudiaptomus* sp., des *Odonata*, des *Plecoptera*, des Hétéroptères *Notonecta* sp. et *N. glauca* et des *Nematoda*.

- Le cinquième et dernier niveau concerne les espèces accessoires (Tab. 90 en annexe, Fig. 53) rencontrées dans 5 à 25% des prélèvements, est constitué de 6 espèces, il s'agit de l'ostracode *Eucypris* sp., du Copépode *E. serrulatus*, des *Odonata* des Hétéroptères *Notonecta* sp. et *N. glauca* et des *Trichoptera*.

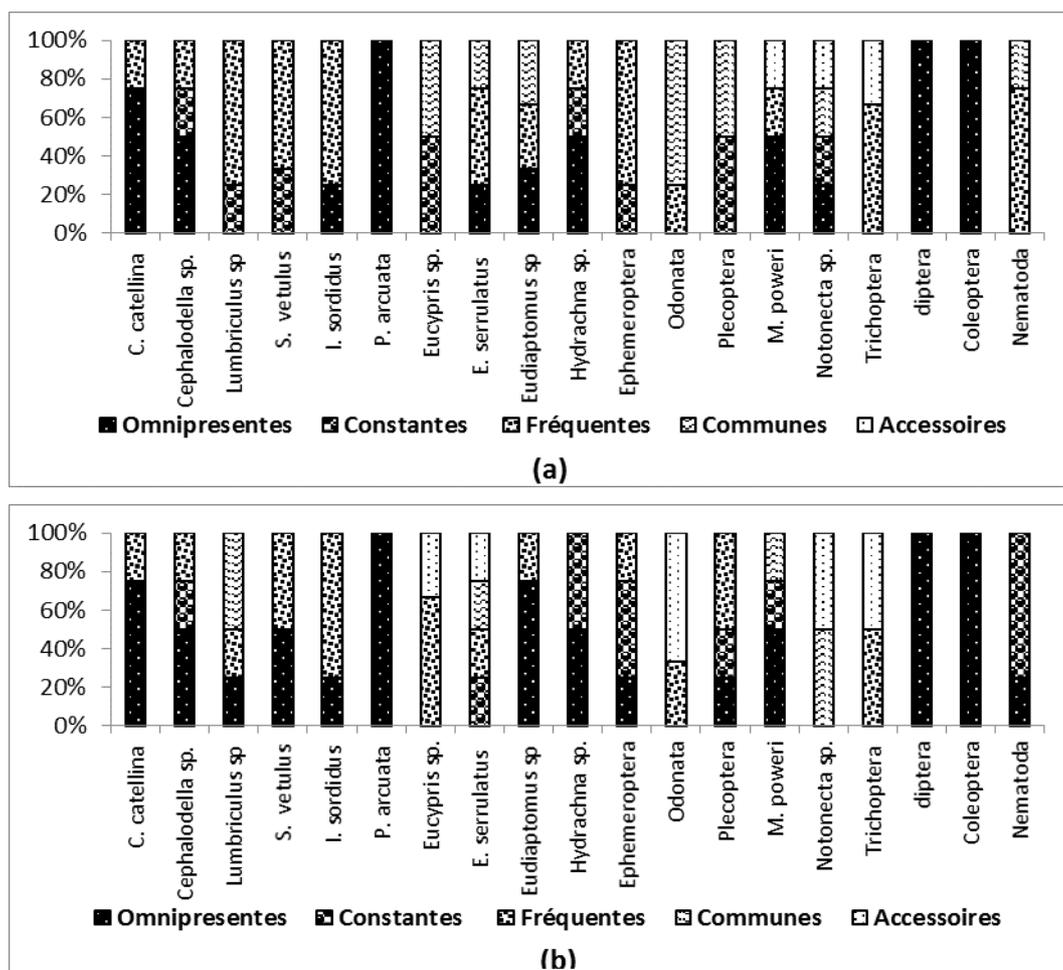


Figure 53 a, b - Niveaux de constances des espèces zoobenthiques du barrage Smbt. (a) : année 2009 ; (b) année 2010

Chapitre III- Résultats

Par rapport à la constance et l'abondance des espèces zoobenthiques (Fig. 54 a, b et Tab. 91 en annexe), nous relevons que les espèces omniprésentes sont les plus dominantes alors que les espèces accessoires sont les moins dominantes des peuplements zoobenthiques. Ceci dit que ces espèces qui occupent les cinq niveaux de constances sont en majorité des espèces omniprésentes.

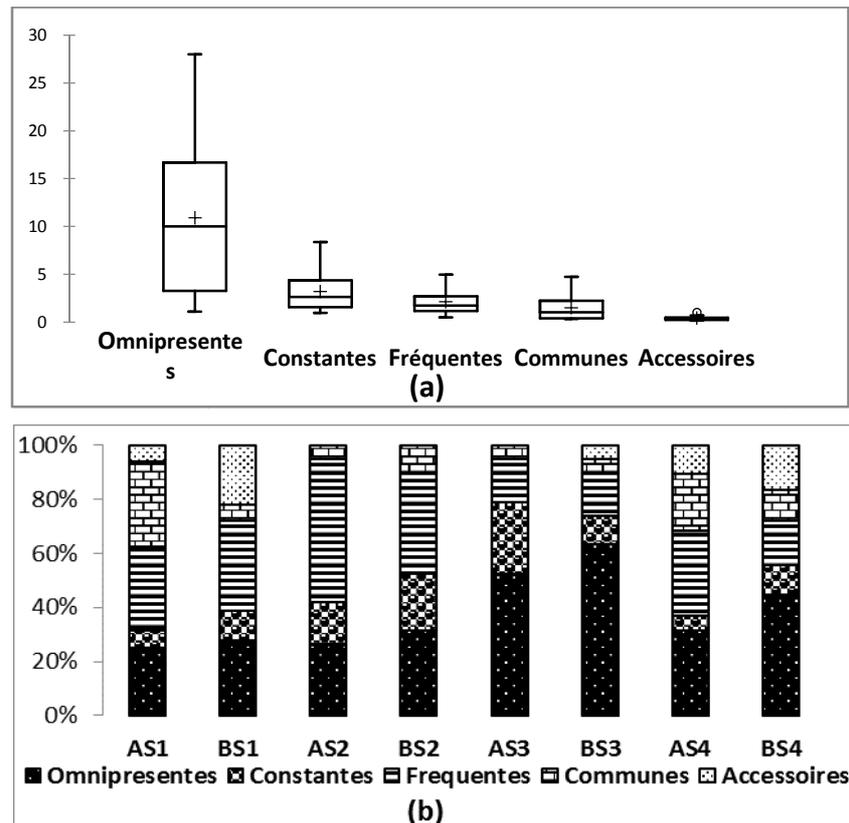


Figure 54 a, b - variabilité de l'abondance (a) des Niveaux de constance spatio-temporel (b) des espèces zoobenthiques du barrage Smbt. AS : stations de 1 à 5 en 2009 ; BS : stations de 1 à 5 en 2010.

De cette abondance, il ressort que (Tab. 91 en annexe), l'Ostracode *P. arcuata* est l'espèce zoobenthique la plus dominante du barrage Smbt (18,15% à 28,01%), suivie des Diptera (14,51% à 24,21%) alors que les Trichoptera sont les moins dominantes (0,17% à 1,4%).

Cette variabilité de la constance des peuplements zoobenthique induit une hétérogénéité de la répartition des espèces entre les stations. Trois groupes distincts sont mis en évidence par les dendrogrammes de dissimilarité issues de la classification ascendante hiérarchiques (CAH) (Fig. 55a, b). Durant les deux années, le 1^{er} groupe est constitué par les stations S4 et S1, alors que la station S2 constitue le 2^{ème} groupe et la station S3 constitue le 3^{ème} groupe.

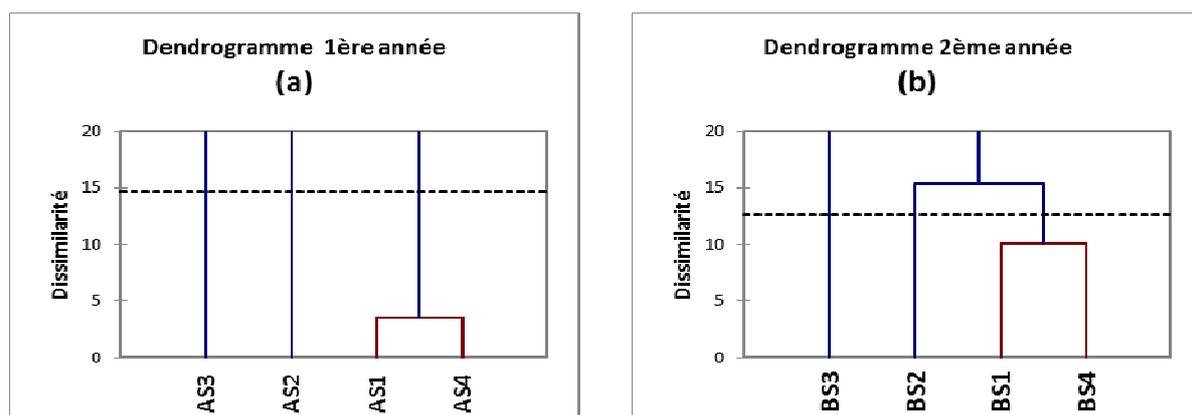


Figure 55 a, b - Répartition spatio-temporelle des peuplements zoobenthiques du barrage Smbt par une CAH, (a) : 1^{er} année ; (b) : 2^{ème} année.

3.3.2.2.3.3.3. - Indices de biodiversité

La diversité zoobenthique du barrage Smbt (Tab. 93), mise en évidence par l'indice de Shannon-Wiener H' , est comparable dans les 4 stations, elle varie de 3,17 bit à 3,57bit. Une bonne diversité est également exprimée par l'indice de Simpson 1-D qui varie de 0,84 à 0,88. L'indice de Hill 1-H qui permet d'obtenir une vue plus précise, car il considère à la fois les espèces rares et abondantes, exprime une bonne diversité puisqu'il varie de 0,72 à 0,75.

Bien qu'il n'existe aucune différence significative de cette diversité zoobenthique dans le temps (test t, $p \geq 0,05$) et dans l'espace (test de Kruskal, $p \geq 0,05$) il ressort que la station S3 reste la plus diversifiée (Tab. 93) et que les espèces zoobenthiques de cette station sont bien réparties (0,84 et 0,86) par rapport aux autres stations (0,76 à 0,83).

Tableau 93 - Indices de diversité des espèces zoobenthiques du barrage Smbt par station et par année

Indices	Stations (S1 à S5) / 1 ^{ère} année (An1) ; 2 ^{ème} année (An2)							
	S1		S2		S3		S4	
	An1	An2	An1	An2	An1	An2	An1	An2
Shannon (H') (Bit)	3,17	3,19	3,35	3,42	3,53	3,57	3,38	3,37
Simpson (D)	0,16	0,15	0,14	0,13	0,12	0,11	0,13	0,13
Simpson (1-D)	0,84	0,85	0,86	0,87	0,88	0,89	0,87	0,87
Hill	0,27	0,28	0,25	0,26	0,25	0,25	0,27	0,26
1-Hill	0,73	0,72	0,75	0,74	0,75	0,75	0,73	0,74
Pielou (J)	0,78	0,76	0,82	0,81	0,86	0,84	0,83	0,81

3.3.2.3. - Ichtyofaune

Les peuplements ichtyiques recensé dans les 3 barrages sont constitués par 10 espèces appartenant à 4 familles (Tab. 94 et 62). Parmi ces espèces, seul le Barbeau *Barbus callensis* est une espèce autochtone. Les autres espèces (Tab. 93) ont été introduites dans le cadre des programmes de repeuplement des plans d’eaux. Il s’agit de la Carpe commune *Cyprinus carpio*, la Carpe royale *Cyprinus carpio carpio*, la Carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix*, la Carpe grande bouche *Aristichtys nobilis*, le Gardon *Rutilus rutilus*, la Brème *Abramis brama*, le Mulet *Mugil cephalus*, la Gambuse *Gambusia affinis*, le Sandre *Sander lucioperca*.

Tableau 94 - Ichtyofaune des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Espèces ichtyiques	Famille	Barrages		
		Ghrib	Harreza	Smbt
<i>Gambusia affinis</i> Baird & Girard, 1853	Poeciliidae	+	-	-
<i>Barbus callensis</i> Valenciennes, 1842	Cyprinidae	+	+	+
<i>Abramis brama</i> Linnaeus, 1758		-	+	-
<i>Rutilus rutilus</i> Linnaeus, 1758		+	-	-
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758		+	+	+
<i>Cyprinus carpio carpio</i> Linnaeus 1758		-	-	-
<i>Aristichtys nobilis</i> Richardson, 1845		-	+	-
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> Valenciennes, 1844		-	+	-
<i>Mugil cephalus</i> Linnaeus, 1758		Mugilidae	-	+
<i>Sander lucioperca</i> Linnaeus, 1758	Percidae	+	+	-

La structure de l’ichtyofaune des trois barrages est décrite par le niveau de la richesse spécifique et l’abondance des espèces échantillonnées ainsi que par une analyse indicielle. En raison des difficultés liées aux irrégularités de l’échantillonnage, seule une année où les pêches étaient régulières a été prise en considération.

3.3.2.3.1. - Richesse spécifique et abondance

Dans les trois barrages la richesse spécifique (Tab. 95) des peuplements ichtyiques est plus élevée dans le Harreza (71,42%) que dans les barrages Ghrib (57,14%) et Smbt (28,57%). Il faut noter que dans le barrage Harreza seules 5 espèces ont été prises en considération du fait que la pêche intensive a éradiqué les deux espèces pélagique

Chapitre III- Résultats

en l'occurrence la carpe argentée *Hypophthalmichthys molitrix* et la Carpe grande bouche *Aristichthys nobilis*. Dans le barrage Ghrib, seules 4 espèces sont prise en considération du fait que le Gardon *Rutilus rutilus* n'a jamais été échantillonné par les engins de pêche et n'a été retrouvé, pour la 1^{ère} fois, que dans les contenus stomacaux du Sandre *Sander lucioperca*.

Tableau 95 - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des espèces Ichtyiques des trois barrages Ghrib, Harreza et Smbt

Richesse spécifique (%)			Abondance moyenne mensuelle (CPUE : Ind/filet)		
Ghrib	Harreza	Smbt	Ghrib	Harreza	Smbt
57,14	71,42	28,57	223,75 ± 110,79	74 ± 74,68	27,08 ± 5,40

Contrairement à la richesse spécifique, l'abondance de l'ichtyofaune (Tab. 95) est plus élevée dans le Ghrib que dans le Harreza et dans le Smbt. Il faut noter que ce dernier barrage est le plus pauvre en matière de diversité et d'abondance de l'ichtyofaune.

3.3.2.3.2. - Analyse indicielle

A travers l'indice de Shannon-Wiener H' (Tab. 96), nous constatons que le peuplement ichtyique de Harreza est plus diversifié (1,85 bit) que celui de Ghrib (1,06 bit) et de Smbt (0,75 bit). L'indice de Simpson (1-D) (Tab. 96), qui donne plus d'importance aux espèces les plus abondantes, fait ressortir que le Harreza est bien diversifié (0,67) par rapport à Ghrib (0,37) et Smbt (0,34).

Tableau 96 - Indices de diversité de Shannon (H'), de Simpson (D), de Hill et de Piélou (J) de l'ichtyofaune des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt

Indices	Ghrib	Harreza	Smbt
Shannon (H')	1,06	1,85	0,75
Simpson (1-D)	0,37	0,67	0,34
Hill (1-H)	0,45	0,52	0,29
Piélou (J)	0,53	0,8	0,75

Sur la base de l'indice de Hill (Tab. 96), dans lequel les espèces rares et abondantes sont prises en considération, il ressort que l'ichtyofaune de Harreza est la plus diversifiée des trois

barrages. A travers l'indice de Piélou nous constatons que les espèces sont bien réparties dans les barrages Harreza et Smbt que dans le barrage Ghrib.

3.3.2.3.3. - Evolution spatio-temporelle des peuplements Ichtyiques

L'analyse de l'évolution spatiotemporelle des peuplements ichtyiques se fait pour chacun des trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt, par l'évaluation de la richesse spécifique, de l'abondance, de la fréquence d'occurrence, de la dominance et par les indices de diversité.

3.3.2.3.3.1. - Barrage Ghrib

3.3.2.3.3.1.1 - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique S (Tab. 97) est réduite à S=3 dans les stations S1 et S2 et à S = 1 dans la station S5. Cependant, en rapport avec le nombre d'espèces échantillonnées dans ce barrage, la richesse spécifique est maximale S= 4 dans les stations S3 et S4.

Tableau 97 - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des populations ichtyiques dans les stations du barrage Ghrib

Stations	Richesse spécifique (S)	Abondance (CPUE)
S1	3	42,67 ± 43,83
S2	3	40,08 ± 41,02
S3	4	94,25 ± 56,23
S4	4	35,67 ± 40,42
S5	1	11,08 ± 25,80

D'un point de vue spatiale, la comparaison de l'abondance de l'ichtyofaune du barrage Ghrib durant 12 mois d'observations a permis de constater qu'il existe une différence hautement significative de la répartition de l'ichtyofaune entre les stations (test de Kruskal, $p < 0,0001$). Le test post hoc (Tab. 98), par l'utilisation de la comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn, a permis de constater l'existence de 3 groupes homogènes : le groupe A

Chapitre III- Résultats

est constitué par la station S5 où l'abondance des espèces ichthyiques est la plus réduite en nombre par rapport au groupe C, constitué par la station S3, où l'abondance est maximale dans ce barrage. Le groupe B, caractérisé par une abondance intermédiaire entre les groupes A et B, est constitué par les stations S2, S4 et S1.

Tableau 98 - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Ghrib, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
				A	B	C
S5	12	148,50	12,37	A		
S2	12	349,50	29,12		B	
S4	12	370	30,83		B	
S1	12	385	32,08		B	
S3	12	577	48,08			C

3.3.2.3.3.1.2 - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence et de la dominance des espèces ichthyiques du barrage Ghrib a fait ressortir que (Tab. 99) :

Tableau 99 - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichthyiques dans les stations du barrage Ghrib

Espèces	Fréquences/ Stations					Dominances/ Stations				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
<i>C. carpio</i>	83	91	100	100	50	91	80,6	74,19	62,8	100
<i>B. callensis</i>	100	83	75	66	0	7,6	11,4	2,9	28,7	0
<i>S. lucioperca</i>	0	0	100	33	0	0	0	4,1	67,7	0
<i>G. affinis</i>	8	25	41	16	0	1,3	79	17,9	16,3	0

- La Carpe commune *C. carpio* est une espèce omniprésente, rencontrée dans 100% des prélèvements effectués dans les stations S3 et S4, Constante, car présente dans 75 à 100% des prélèvements effectués dans les stations S1 et S2 et fréquente car elle se trouve dans 50 à 75 des prélèvements réalisés dans la station S5.

Chapitre III- Résultats

- Le Barbeau *B. callensis* est une espèce omniprésente uniquement dans la station S1. Dans les stations S2 et S3, cette espèce est constante alors que dans la station S4, elle est fréquente.
- Le Sandre *S. lucioperca* est une espèce omniprésente dans la station S3 et commune dans la station S4. Cependant cette espèce se distingue par son absence de 3 stations S1, S2 et S5.
- La Gambuse *G. affinis* est une espèce commune dans la station S3 et accessoire dans les stations S1, S2 et S4.

Il est à noter que dans la station S5 seule la Carpe commune *C. carpio* est présente.

La classification hiérarchique ascendante (CAH) des 5 stations (Fig. 56 a) par rapport à la fréquence des espèces a permis de répartir les stations en 3 groupes. Les stations S2, S1 et S4 constitue un seul groupe. Les stations S3 et S4 sont considérés comme 2 groupes indépendants.

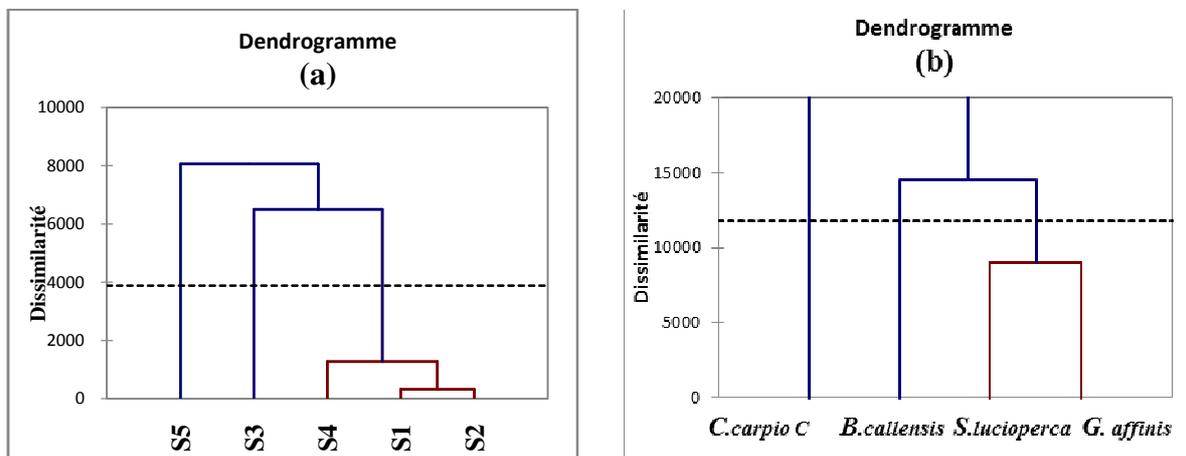


Figure 56 a, b - Répartition spatiale des peuplements ichtyiques du barrage Ghrib par une CAH de la fréquence (a) et de l'abondance (b). S1 à S5 : Stations

D'un point de vue dominance (Tab. 99), nous constatons que la carpe commune *C. carpio* domine les peuplements ichtyiques de toutes les stations, excepté pour la station S4 où une dominance du Sandre *S. lucioperca* est observée (67,7%). Dans la station S2, la dominance de *G. affinis* (79%) avoisine celle de *C. carpio*. La classification hiérarchique ascendante (CAH) de l'abondance des espèces ichtyiques (Fig. 56 b), regroupe le Sandre *S. lucioperca* avec la Gambuse *G. affinis* alors que la carpe commune *C. carpio* et le barbeau *B. callensis* en 2 groupes indépendants.

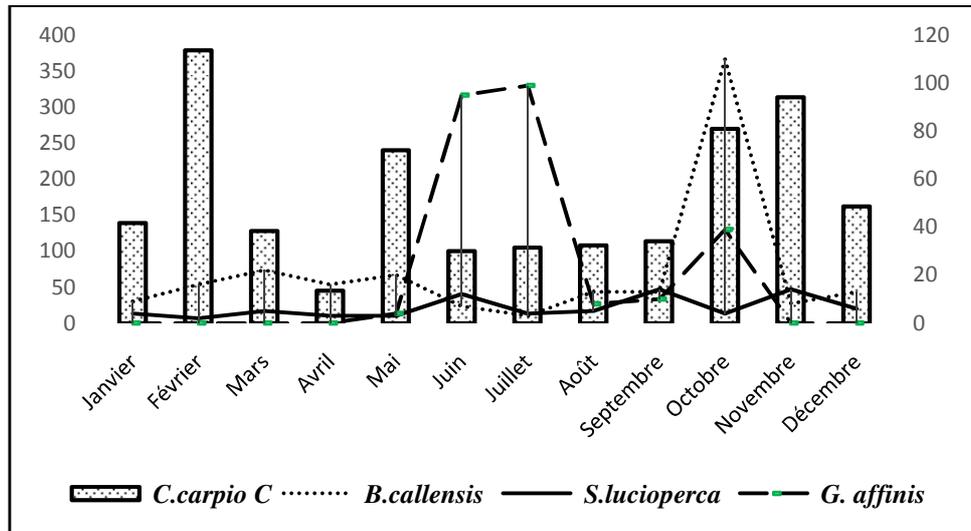


Figure 57 - Taux de capture mensuels des espèces ichthyiques du barrage Ghrib

Dans le temps, mensuellement, cette répartition s'avère différente pour les 4 espèces (Fig. 57, Tab. 100 en annexe). Les captures sont à leur maximum aux mois de février pour la Carpe commune *C. carpio*, Octobre pour le Barbeau *B. callensis*, Septembre et Novembre pour le Sandre *S. lucioperca* et juillet pour la Gambuse *G. affinis*.

3.3.2.3.3.1.3 - Indice de biodiversité

L'analyse indiciaire des peuplements ichthyiques du barrage Ghrib (Tab. 101), montre à travers l'indice de Shannon-Wiener (H') et Simpson (1-D) que la station S4 est la plus diversifiée or si on se fie à l'indice de Hill (1-Hill), dans lequel les aspects rareté et abondance des espèces sont pris en considération, c'est plutôt la station S3 qui est mis en avant. Toute fois les espèces ichthyiques s'avèrent mieux réparties dans la station S4 (Tab. 101 ; $J : 0,82$) que dans la S3 ($J : 0,69$).

Par rapport au niveau de diversité des 5 stations, tous les indices (Tab. 101) indiquent que la station S5 est la plus pauvre, même nulle, suivie par les stations S1 et S2.

Tableau 101 : Indices de diversité des espèces ichtyiques des stations du barrage Ghrib

Indices	Stations (S1 à S5)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Shannon (H') (Bit)	0,49	0,90	1,10	1,30	0
Simpson (D)	0,83	0,67	0,60	0,48	1
Simpson (1-D)	0,17	0,33	0,40	0,52	0
Hill	0,73	0,61	0,56	0,57	1
1-Hill	0,27	0,39	0,44	0,43	0
Piélou (J)	0,31	0,57	0,69	0,82	0

3.3.2.3.3.2. - Barrage Harreza

3.3.2.3.3.2.1 - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique de l'ichtyofaune (Tab. 102) est de $S = 4$ dans les stations S1, S2, S3 et S4. Dans la station S5 cette richesse spécifique est de $S = 3$. Au final, une réduction de la richesse spécifique est constatée dans toutes les stations du barrage Harreza par rapport à la richesse globale de ce barrage qui est de $S = 5$.

D'un point de vue spatiale, la comparaison de l'abondance de l'ichtyofaune du barrage Harreza (Tab. 102) sur une période de 12 mois a permis de constater qu'il existe une différence hautement significative de la répartition de l'ichtyofaune entre les stations (test de Kruskal, $p < 0,0001$).

Tableau 102 - Richesse spécifique et abondance moyenne mensuelle des populations ichtyiques dans les stations du barrage Harreza

Stations	Richesse spécifique (S)	Abondance (CPUE)
S1	4	4,42 ± 1,44
S2	4	8,92 ± 5,63
S3	4	37 ± 81,80
S4	4	15,17 ± 7,47
S5	3	8,50 ± 3,66

Le test post hoc (Tab. 103), par l'utilisation de la comparaisons multiples par paires suivant la procédure de Dunn, a permis de constater l'existence de 3 groupes homogènes : le groupe A est constitué par la station S1 où l'abondance des espèces ichthyiques est la plus réduite ($4,42 \pm 1,44$) en nombre par rapport au groupe C, constitué par la station S4, où l'abondance est maximale dans ce barrage ($15,17 \pm 7,47$). Le groupe B, est constitué par les stations S2 et S5 où l'abondance est également faible ($8,92 \pm 5,63$; $8,50 \pm 3,66$) par rapport au groupe C et au groupe AB qui est constitué par la station S3 ($37 \pm 81,80$) qui chevauche beaucoup plus avec la station S4 que les stations S2 et S5.

Tableau 103 - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Harreza, suivant la procédure de Dunn

Stations	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes		
S1	12	158,50	13,20	A		
S2	12	334	27,83		B	
S5	12	334,50	27,87		B	
S3	12	497,50	41,45		B	C
S4	12	505,50	42,12			C

3.3.2.3.3.2.2 - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence et de la dominance des espèces ichthyiques du barrage Harreza a fait ressortir que (Tab. 104) :

Tableau 104 - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichthyiques dans les stations du barrage Harreza

Espèces	Fréquences/ Stations					Dominances/ Stations				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
<i>C. carpio c.</i>	33,33	100	83,33	91,67	100	28,30	57,01	27,70	40,66	83,33
<i>B. callensis</i>	75	66,67	16,67	25	8,33	20,75	22,43	7,43	7,69	0,98
<i>A. brama</i>	0	0	91,67	83,33	0	0	0	58,11	45,60	0
<i>S. lucioperca</i>	41,67	41,67	50	50	91,67	11,32	6,54	6,76	6,04	15,69
<i>M. cephalus</i>	66,67	58,33	0	0	0	39,62	14,02	0	0	0

- La Carpe royale *C. carpio carpio* est une espèce omniprésente, rencontrée dans 100% des prélèvements effectués dans les stations S2 et S5, Constante, car rencontrée dans 75 à 100% des prélèvements effectués dans les stations S3 et S4 et commune car elle est présente dans 25 à 50% des prélèvements réalisés dans la station S1.
- Le Barbeau *B. callensis* est une espèce constante dans la station S1, fréquente dans la station S2, commune dans la station S4 et accessoire dans la station S3 car présente dans 5 à 25% des prélèvements.
- La Brème *A. brama* capturé pour la 1^{ère} fois dans ce barrage, d'origine accidentelle, est une espèce uniquement constante dans les stations S3 et S4. Elle se distingue par son absence dans les autres stations S1, S2 et S5.
- Le Sandre *S. lucioperca* est une espèce constante dans la station S5 mais fréquente dans les stations S3 et S4, alors que dans les stations S1 et S2, est une espèce commune.
- Le Mulet *M. cephalus*, introduit pour la première fois dans ce barrage, est une espèce fréquente rencontrée uniquement dans les stations S1 et S2. Cette espèce se distingue par son absence des stations S3, S4 et S5.

La classification hiérarchique ascendante (CAH) des 5 stations (Fig. 58 a) par rapport à la fréquence des espèces a permis de répartir les stations en 3 groupes. Les stations S1 et S2 constitue un seul groupe. Les stations S3 et S4 sont considérés également comme un seul groupe, alors que la station S5 constitue à elle seule un groupe indépendant.

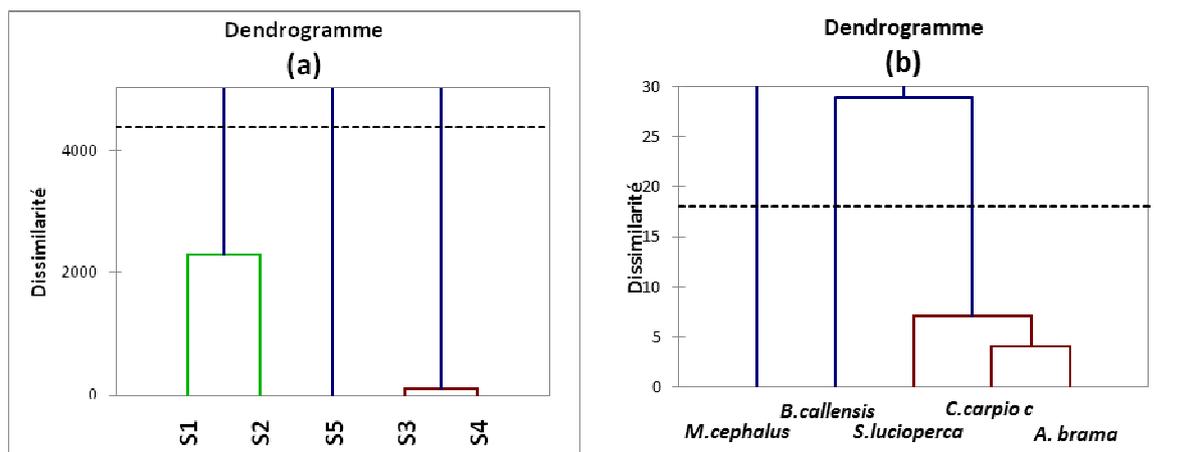


Figure 58 a, b - Répartition spatiale des peuplements ichthyiques du barrage Harreza par une CAH de la fréquence (a) et de l'abondance (b). S1 à S5 : Stations

Chapitre III- Résultats

D'un point de vu dominance (Tab. 104), celle de la Carpe royale *C. carpio carpio* varie de 27,70% à 83,33%, celle du Barbeau *B. callensis* varie de 0,98% à 22,43, celle de la Brème *A. brama* varie de 45,6% à 58,11%, celle du Sandre *S. lucioperca* varie de 6,04% à 15,69% et celle du Mulet *M. cephalus* varie de 14,02% à 39,62%. La classification hiérarchique ascendante (CAH) de l'abondance des espèces ichthyiques (Fig. 58 b), regroupe le Sandre *S. lucioperca* avec la Carpe royale *C. carpio carpio* et la brème *A. brama*, alors que le Barbeau *B. callensis* et le Mulet *M. cephalus* en 2 groupes indépendants.

Dans le temps, mensuellement, cette répartition s'avère différente pour les 4 espèces (Fig. 59, Tab. 105 en annexe). Les captures sont à leur maximum aux mois de Août pour la Carpe commune *C. carpio*, le Barbeau *B. callensis*, la Brème *A. brama* et le Sandre *S. lucioperca*. Les captures maximales du Mulet *M. cephalus* sont enregistrées aux mois de Février, Mai et Novembre.

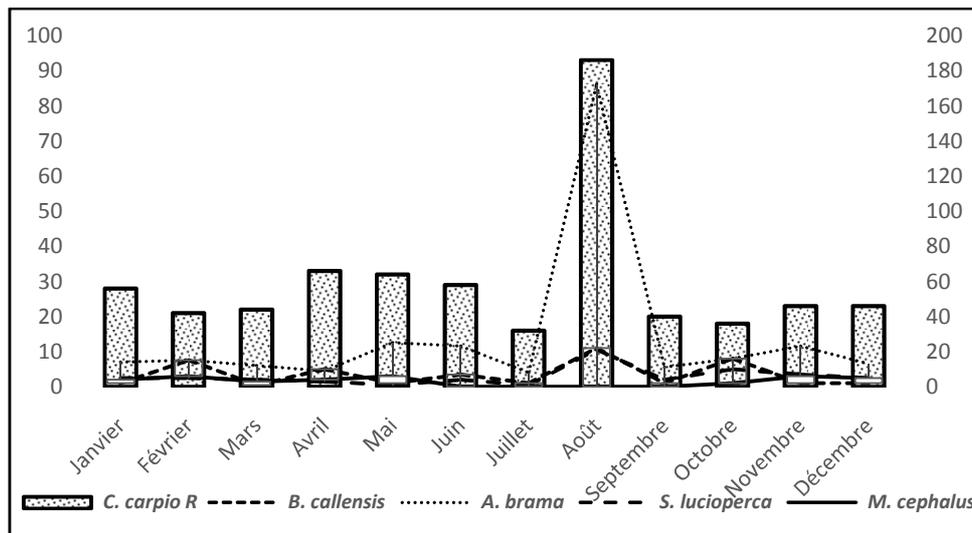


Figure 59 - Taux de captures mensuels des espèces ichthyiques du barrage Harreza

3.3.2.3.3.2.3 - Indice de biodiversité

L'analyse indicielle des peuplements ichthyiques du barrage Ghrib (Tab. 106), montre à travers l'indice de Shannon-Wiener (H') et de Simpson (1-D) que la station S1 est la plus diversifiée (1,87 bit ; 0,72). Contrairement à ces deux indices,

Chapitre III- Résultats

celui de Hill (1-Hill) indique que c'est la station S2 qui l'est (0,49), suivi de la station S3 (0,48) et enfin par les stations S1 et S4 (0,45). La station S5 reste la moins diversifiée (0,31). Cependant les espèces ichtyiques sont mieux réparties dans la station S1 suivi des stations S2, S4, S3 et S5.

Tableau 106 - Indices de diversité des espèces ichtyiques des stations du barrage Harreza

Indices	Stations (S1 à S5)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Shannon (H') (Bit)	1,87	1,60	1,51	1,57	0,70
Simpson (D)	0,28	0,39	0,42	0,38	0,72
Simpson (1-D)	0,72	0,61	0,58	0,62	0,28
Hill	0,55	0,51	0,52	0,55	0,69
1-Hill	0,45	0,49	0,48	0,45	0,31
Pielou (J)	0,94	0,80	0,75	0,79	0,44

3.3.2.3.3.3. - Barrage Smbt

3.3.2.3.3.3.1 - Richesse spécifique et abondance

La richesse spécifique S (Tab. 107) est de $S=2$ dans les 5 stations du barrage Smbt. D'un point de vue spatiale, la comparaison de l'abondance de l'ichtyofaune du barrage Smbt a permis de constater qu'il existe une différence hautement significative de la répartition de l'ichtyofaune entre les stations (ANOVA, $p < 0,0001$).

Tableau 107 - Richesse spécifique et abondance moyenne annuelle des populations ichtyiques des stations du barrage Smbt

Stations	Richesse spécifique (S)	Abondance (CPUE)
S1	2	$7,75 \pm 2,09$
S2	2	$4,83 \pm 1,47$
S3	2	$6,33 \pm 3,20$
S4	2	$7 \pm 2,98$
S5	2	$1,17 \pm 2,62$

Chapitre III- Résultats

Le test post hoc (Tab. 108), par l'utilisation de la comparaisons multiples par paires suivant la procédure de REGWQ, a permis de constater l'existence de 3 groupes homogènes :

Tableau 108 - Comparaisons multiples par paires de l'ichtyofaune des 5 stations du barrage Smbt, suivant la procédure de REGWQ

Stations	Moyenne estimée	Groupes		
S1	7,75	A		
S4	7	A	B	
S3	6,33	A	B	
S2	4,83		B	
S5	1,16			C

le groupe A est constitué par la station S1 où l'abondance des espèces ichthyiques est la plus élevée en nombre par rapport au groupe B, constitué par la station S2, et au groupe C constitué par la station S5 dans laquelle l'abondance est très réduite. Le groupe AB est intermédiaire, constitué par les stations S4 et S3, où l'abondance avoisine celle du groupe A.

3.3.2.3.3.2 - Fréquences d'occurrences et dominances

L'analyse de la fréquence d'occurrence et de la dominance des espèces ichthyiques du barrage Smbt a fait ressortir que (Tab. 109) :

Tableau 109 - Fréquences d'occurrences et dominances des espèces ichthyiques dans les stations du barrage Smbt

Espèces	Fréquences/ Stations					Dominances/ Stations				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
<i>C. carpio c.</i>	66,67	58,33	66,67	91,67	16,67	25,81	18,97	17,11	22,62	14,29
<i>B. callensis</i>	100	91,67	100	91,67	16,67	74,19	81,03	82,89	77,38	85,71

- Le Barbeau *B. callensis* est la seule espèce omniprésente dans les stations S1 et S3 du barrage Smbt. Elle est constante dans les stations S2 et S4, alors qu'elle est accessoire dans la station S5.

- La Carpe royale *C. carpio carpio* est constante uniquement dans la station S4, alors qu'elle est fréquente dans les stations S1, S2 et S3. Dans la station S5 cette espèce est accessoire.

Il est à noter que les 2 espèces, *B. callensis* et *C. carpio carpio*, sont accessoires dans la station S5.

La classification hiérarchique ascendante (CAH) des 5 stations (Fig. 60) par rapport à la fréquence des espèces a permis de répartir les stations en 3 groupes. Les stations S2, S1 et S3 constitue un seul groupe. Les stations S4 et S5 constituent 2 groupes indépendants. Pour rappel, les deux espèces sont constantes dans la station S4 et accessoires dans la station S5.

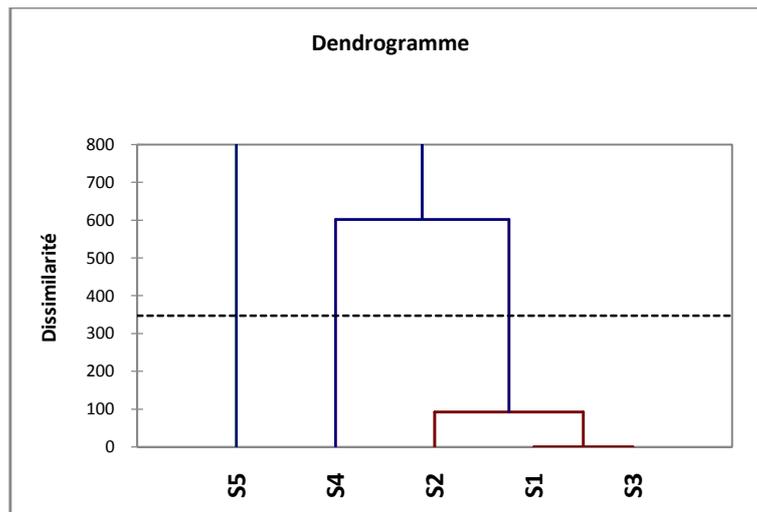


Figure 60 - Répartition spatiale des peuplements ichtyiques du barrage Smbt par une CAH de la fréquence. S1 à S5 : Stations

D'un point de vue dominance (Tab. 109), nous constatons que le Barbeau *B. callensis* est dominant dans toutes stations.

Dans le temps, la répartition des captures mensuelles qui exprime l'abondance des espèces (CPUE) (Fig. 61, Tab. 110 en annexe), est maximale au mois de Juin pour la Carpe royale *C. carpio carpio* et au mois d'Octobre pour le Barbeau *B. callensis*. Les captures minimales sont enregistrées au mois d'Avril pour *C. carpio carpio* et au mois de Septembre pour *B. barbus*.

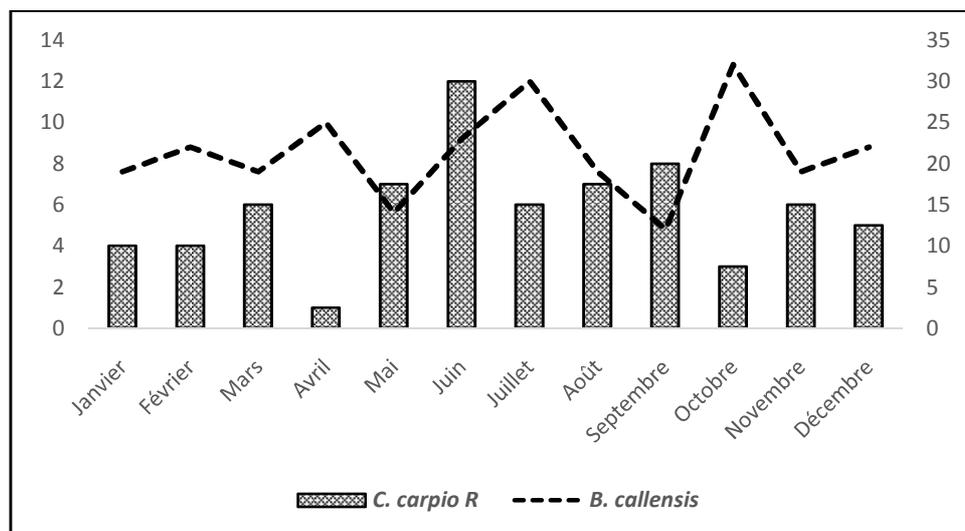


Figure 61 - Taux de captures mensuels des espèces ichthyiques du barrage Smbt

3.3.2.3.3.3 - Indice de biodiversité

L'analyse indicielle des peuplements ichthyiques du barrage Smbt (Tab. 111), montre à travers l'indice de Shannon-Wiener (H') et Simpson (1-D) que la station S1 est la plus diversifiée or l'indice de Hill (1-Hill) indiquent une même diversité dans les stations S1, S2 et S3. L'indice de Piélou indique, quant à lui, une meilleure répartition des 2 espèces dans la station S1. La station S5 est la moins diversifiée des 5 stations.

Tableau 111 - Indices de diversité des espèces ichthyiques des stations du barrage Smbt

Indices	Stations (S1 à S5)				
	S1	S2	S3	S4	S5
Shannon (H') (Bit)	0,82	0,70	0,66	0,77	0,59
Simpson (D)	0,61	0,69	0,71	0,65	0,74
Simpson (1-D)	0,39	0,31	0,29	0,35	0,26
Hill	0,72	0,72	0,73	0,72	0,75
1-Hill	0,28	0,28	0,27	0,28	0,25
Piélou (J)	0,82	0,70	0,66	0,77	0,59

3.4. - Fonctionnement des écosystèmes aquatiques et réseaux trophiques

Le fonctionnement des écosystèmes aquatiques est appréhendé par les analyses en composantes principales (ACP), à travers lesquelles nous nous sommes intéressés aux trois facteurs clefs qui régissent les hydrosystèmes, l'hydrologie, la température et l'oxygène, afin d'identifier les interactions qui existent entre les facteurs physico-chimiques et biologiques des trois barrages.

3.4.1. - Physico-chimie

A travers l'ACP des trois barrages (Fig. 62 A, B, C), où les axes F1 et F2 sont respectivement corrélés, dans le Ghrib à 22,26% et 17,51% en 1^{ère} année et 23,51% et 18,92% en 2^{ème} année, dans le Harreza à 29,78% et 17,03% en 1^{ère} année et 40,16% et 12,85%, dans le Smbt à 33,75% et 22,94% en 1^{ère} année et 32,90% et 21,09% en 2^{ème} année, il ressort que l'hydrologie n'influence pas directement les facteurs physico-chimiques excepté pour les phosphates, les hydrocarbonates et la DCO du barrage Ghrib (Fig. 62 A1, A2), ainsi que l'oxygène dissous des barrages Harreza en 1^{ère} année et Smbt en 2^{ème} année qui sont liés aux baisses des niveaux d'eau (Fig. 62 B1, B2 ; Fig. C1, C2). Concernant la température, nous constatons qu'elle est liée directement à la production primaire des trois barrages, exprimée par le taux de chlorophylle-*a* (Chl-*a*), et au cycle de l'azote pendant la phase de nitrification (NO₃) relative à la 1^{ère} année du barrage Ghrib (Fig. 62 A1) et la phase de nitritation (NO₂) en 2^{ème} année du barrage Ghrib (Fig. 62 A2), ainsi que la 1^{ère} année des barrages Harreza (Fig. 62 B1) et Smbt (Fig. 62 C1). Pour l'oxygène dissous nous constatons que dans le barrage Ghrib, exceptionnellement, une interaction directe est observée avec le Mg (Fig. 62 A1, A2) où, effectivement, les taux de cet élément sont les plus élevés des trois barrages (77,16 ± 15,91 mg). En 2^{ème} année dans le barrage Harreza les taux d'oxygène dissous sont affectés directement par la Nitrification (Fig. 62B2), puisque des taux très critiques sont enregistrés pendant cette période (de 8,9 mg/l à 2,4 mg/l). Nous constatons également que la turbidité des trois barrages n'est pas liée à l'hydrologie et à quelques facteurs observés dans le barrage Ghrib comme la Matière organique, la DBO5 et la conductivité, le PO₄ et l'HCO₃ dans le Harreza, et le SO₄, la MO et la DBO5 dans le Smbt.

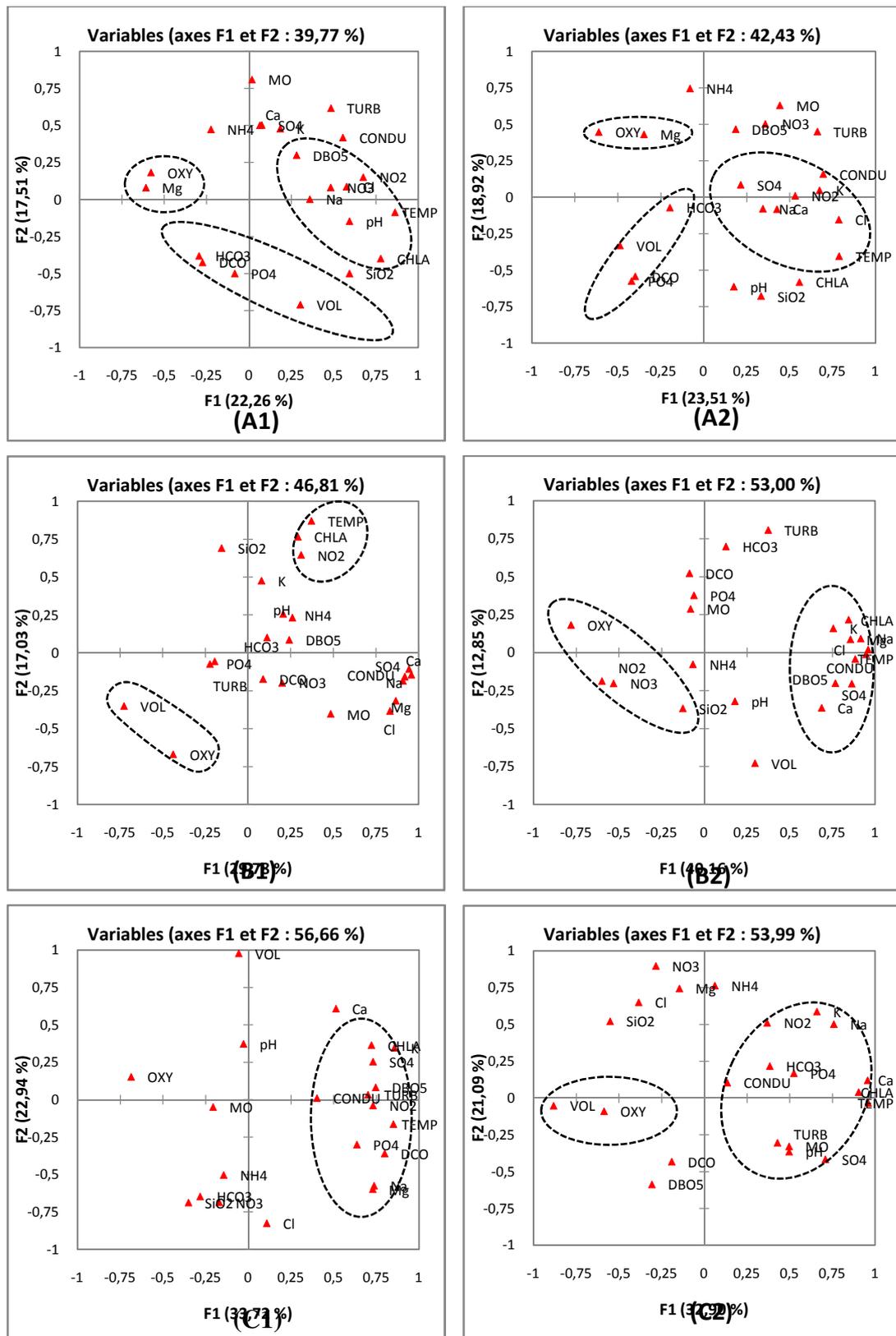


Figure 62 A, B, C – Interactions des facteurs physico-chimiques par l’ACP dans les trois barrages : Ghrib (A1 : 1^{ère} année, A2 : 2^{ème} année), Harreza (B1 : 1^{ère} année, B2 : 2^{ème} année) et Smbt (C1 : 1^{ère} année, C2 : 2^{ème} année)

3.4.2. – Biodiversité et répartition spatiale de l'ichtyofaune

A travers l'analyse en composante principale effectuée sur les peuplements faunistiques et les facteurs physico-chimiques (Fig. 63 A, B, C) limitée à une période d'une année (2010) relativement aux données ichtyologiques des trois barrages, nous constatons que les axes F1 et F2 sont respectivement corrélés dans le Ghrib à 26,64% et 19,99%, dans le Harreza à 29,16% et 18,85%, dans le Smbt à 22,10% et 16,81%. Dans le barrage Ghrib (Fig. 63 A), le zooplancton qui est reparti à tous les niveaux est bien corrélé à l'axe F1, en rapprochement avec l'oxygène dissous, la turbidité et d'une manière moindre avec le Mg. Le zoobenthos et quelques espèces zooplanctoniques ainsi que toutes les espèces ichtyiques sont corrélés avec l'axe F2 et les stations S3 et S4 dans lesquelles ressort clairement l'influence de la production primaire (Chl-*a*) et de la minéralisation qui est exprimée par la conductivité. La corrélation des espèces ichtyiques dans les stations S3 et S4 est probablement liée à la présence de certaines espèces zooplanctoniques et zoobenthiques. Dans le barrage Harreza (Fig. 63 B), les espèces zooplanctoniques sont plus corrélées à l'axe F1 que l'axe F2 et sont liées au processus de nitrification qui, à son tour, est corrélé négativement à la production primaire et la turbidité. Le zoobenthos, quelques espèces zooplanctoniques et 2 espèces ichtyiques, *Rutilus rutilus* et *Barbus callensis*, sont corrélés à l'axe F2 en rapprochement avec les stations S3 et S4. Pour les populations ichtyiques, à la différence de *R. rutilus* et *B. callensis* qui sont corrélés avec les stations S3 et S4 et les espèces majoritairement zoobenthiques, nous constatons que *Cyprinus carpio carpio* et *Mugil cephalus* ne sont pas influencés par les stations mais beaucoup plus par les populations zoobenthiques. En ce qui concerne *Sander lucioperca*, espèce carnassière par excellence, nous constatons une corrélation avec la station S5 et l'oxygène dissous qui, effectivement, s'explique par les exigences de cette espèce en matière de qualité des eaux et les seuils critiques de l'oxygène dissous dans les autres stations. Dans le barrage Smbt, en majorité, toutes les espèces zooplanctoniques, zoobenthiques et ichtyiques sont corrélées avec l'axe F2 (Fig. 63 C). Certaines espèces zooplanctoniques sont influencées par l'hydrologie alors que d'autres beaucoup plus par la température et la production primaire. Pour les espèces zoobenthiques, au même titre que pour les 2 espèces ichtyiques, c'est plutôt un rapprochement qui est observé entre les stations S3 et S4, les matières organiques et la DCO.

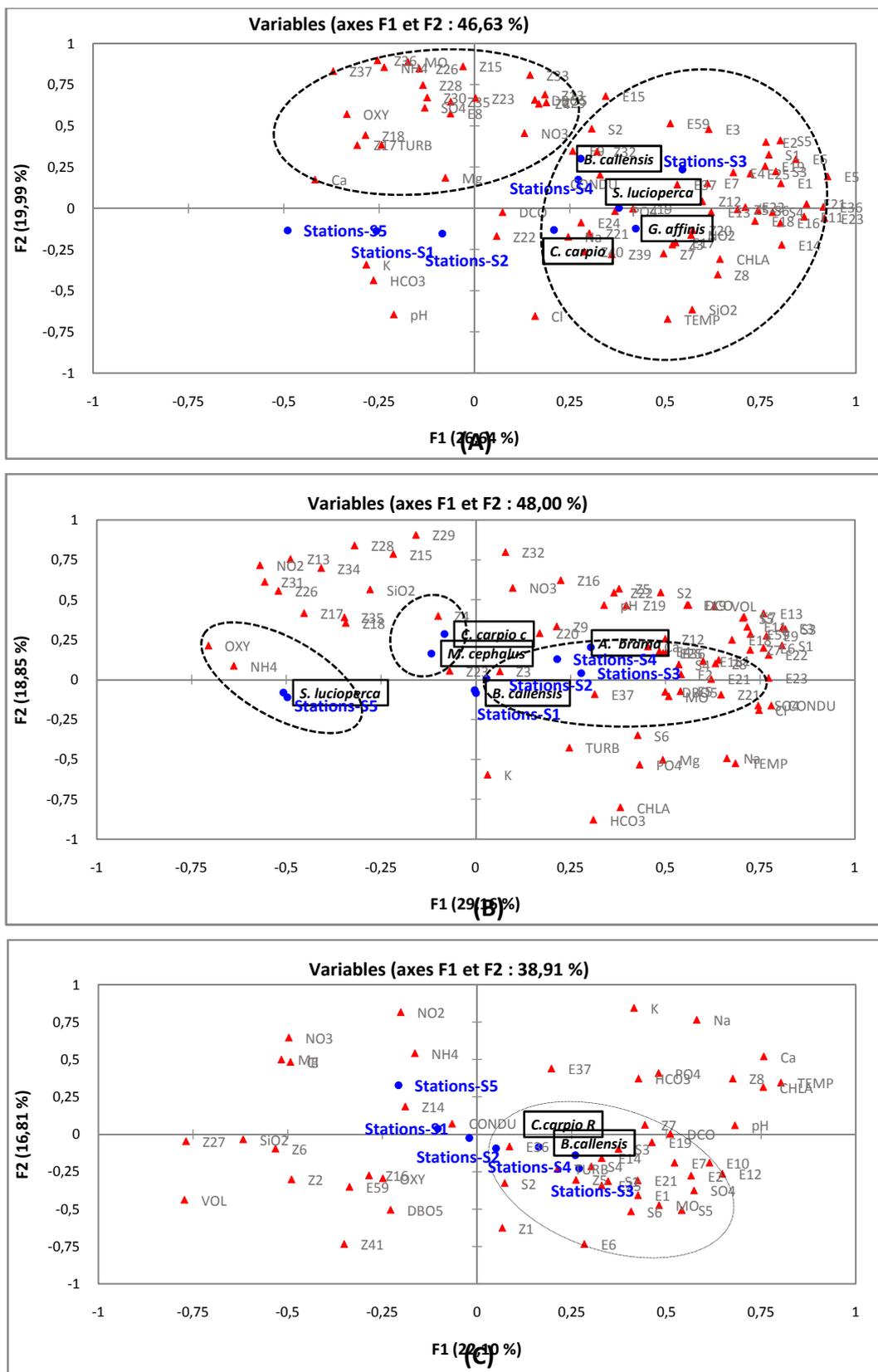


Figure 63 A, B, C - Interactions entre la biodiversité et les facteurs physico-chimiques par l'ACP dans les trois barrages : Ghib (A), Harreza (B) et Smbt (C)

Chapitre IV - Discussion

Les trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt sont caractérisés par des facteurs hydrologiques, physico-chimiques et biologiques qui leurs sont propres et surtout liés à leurs environnements. Ces facteurs interagissent d'une manière directe ou indirecte, par synergie ou par antagonisme, rendent particuliers leurs fonctionnements et sont surtout liés à d'autres facteurs internes ou externes.

4.1. – Discussion sur l'hydrologie

La différence du régime hydrologique des trois lacs de barrages, où chacun se particularise par des fluctuations du niveau de l'eau qui lui est typique, est liée particulièrement à la pluviométrie, aux crues, aux volumes affectés à l'irrigation et à l'alimentation en eau potable. Le régime hydrologique de ces hydrosystèmes peut influencer directement ou indirectement la qualité des eaux. Les baisses de niveau d'eau, sont connues pour les perturbations et le déséquilibre de la qualité physico-chimique et biologique qu'ils provoquent dans les écosystèmes aquatiques (AL FAIDY *et al.*, 1999; ROJO *et al.*, 2000; SADANI *et al.*, 2004). Le barrage Smbt, le plus récent des trois barrages datant de 2006 est le plus stable hydrauliquement avec un niveau d'eau qui fluctue entre 56.703 hm³ à 75.003 hm³. Il se caractérise par un volume régularisable de 56 hm³/an (ABH, s.d.). Cette stabilité est liée à l'importance du coefficient d'écoulement et de la régularité des apports interannuels de l'oued Ebda qui sont de l'ordre de 51,1 hm³/an, même en saison sèche (MEDDI, 1999 ; ABH-CZ, 2010); de ce fait les marnages sont réduits.

Le barrage Ghrib, le plus vaste et le plus vieux des trois barrages datant de 1938, se caractérise par des fluctuations du niveau d'eau entre 17.624 hm³ et 20.164 hm³. L'apport annuel de 101,4 hm³ prévu avec un volume régularisable de 105,0 hm³/an est revu à la baisse au cours de ces dernières années avec un volume moyen de 33 hm³/an affecté, entre 1987 et 2003, à l'irrigation du périmètre du Haut Cheliff et une cessation d'approvisionnement en eau potable de certaines localités de la région de Médéa et d'Ain-Defla. Cette baisse du volume est liée à la sécheresse et à la réduction des précipitations d'une part qui sont passées de 555mm à 442,5mm (MEDDI et MEDDI ,2007; MEDJBER, 2011) et d'autre part à la réduction de la capacité du barrage due à l'envasement qui est de l'ordre de 48 % (ABH, sd;

MEDJBER, 2011). Les marnages dans le barrage Ghrib sont importants et induisent souvent l'assèchement des berges. Des cas similaires, induisant une altération des réserves en eau, sont observés dans la majorité des barrages algériens (ANRH, 2001 ; MEDDI ET MEDDI, 2009 ; REMINI *et al.*, 2009 ; OULD ROUIS, 2012) .

Le barrage Harreza dont l'activité a commencé en 1984 se particularise par de faibles niveaux d'eaux, qui varient entre 1.643 hm³ à 18.826 hm³, liés surtout à l'absence de pompes qui constituent sa plus importante source d'approvisionnement en eau, lesquels sont abandonnés depuis 2007 à cause du coût très onéreux de l'énergie électrique (ABH, s.d.). La dénivellation entre les volumes maximaux et minimaux engendre une réduction de la surface du barrage et l'assèchement des rives. Il est à rappeler que les reliefs des trois barrages présentent des pentes moyennes des berges égales à $7,4 \pm 1,65 \%$ pour le Smbt, à $4 \pm 0,64 \%$ pour le barrage Ghrib et de $2,67 \pm 0,22 \%$ pour le barrage Harreza (Ch. II). Il se trouve que la surface d'assèchement des zones littorales est plus importante dans le Harreza et le Ghrib que dans le Smbt. De façon générale, la composition des secteurs à faible pente a plus de chance d'être affectée par l'abaissement du niveau de l'eau que les secteurs à pente plus abrupte car de plus grandes surfaces sont exposées (ZOHARY et OSTROVSKY, 2011). Ces marnages induits par les baisses importantes du niveau d'eau, comme observés dans les barrages Ghrib et Harreza s'avèrent plus accentués que dans le Smbt, affectant la disponibilité des habitats littoraux (ZOHARY et OSTROVSKY, 2011) où de fortes perturbations des zones rivulaires sont observées par un dessèchement des sédiments et des sols qui engendre des modifications de la spéciation du phosphore dans le sens des formes les plus labiles, c'est-à-dire les plus facilement utilisables par les algues ou les végétaux supérieurs (GREGOIRE, 1987; GELWICK et MATTHEWS 1990); ce constat conjointement fait dans le barrage Ghrib permet de voir l'existence d'une corrélation entre le niveau d'eau et les phosphates (PO₄) (Fig. 62 A1, A2). Une telle corrélation peut agir selon GREGOIRE (1987) et GELWICK et MATTHEWS (1990) sur leur solubilisation par la durée et l'intensité de la remise en suspension du sédiment pendant la baisse des eaux et leur remontée. Cet état sera d'autant plus favorisé que si la retenue sera de faible profondeur, comme dans le cas des barrages Ghrib et surtout Harreza, et donc subira, par rapport au volume évacué, une émergence importante. La fréquence et la période auxquelles ces épisodes ont lieu seront également très déterminantes ; La charge nutritive issue du bassin versant, apportée par les crues, joue un rôle déterminant, dans le temps, dans l'architecture des niveaux trophiques de ces écosystèmes qui influence la disponibilité des ressources potentielles et a pour conséquences

une modification des relations proies-prédateurs au sein des communautés aquatiques (GREGOIRE, 1987 ; WANG *et al.*, 2011).

4.2. - Physico-chimie des eaux

Les facteurs les plus importants qui influencent le fonctionnement des écosystèmes aquatiques sont la température, l'oxygène, les nutriments, les cations et les anions. Ces facteurs jouent un rôle déterminant dans la biogénèse aquatique. Les corrélations entre ces facteurs, particulièrement entre l'hydrologie, la température et l'oxygène, mis en évidence par les analyses multivariées, ont permis de mieux définir les influences qui les régissent.

4.3. - Régime thermique

La température est un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant ainsi l'ensemble des processus biologiques liés à un environnement donné (AMINOT, 1983). Cette température est également considérée comme un facteur limitant par son influence sur la solubilité des gaz, en particulier de l'oxygène, les vitesses de réactions chimiques et biochimiques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants (ARRIGNON, 1976 ; RAMADE, 1984). Etant soumis aux mêmes conditions climatiques, les températures des eaux de surface des trois barrages évoluent d'une manière analogue. Elles varient entre $9,6 \pm 0,79$ °C et $29,54 \pm 0,79$ °C dans le Ghrib, entre $9,14 \pm 0,15$ °C et $28,56 \pm 0,49$ °C dans le Harreza et entre $10,32 \pm 0,53$ °C et $29 \pm 0,44$ °C (août) dans le Smbt. Les mois les plus froids sont février-mars alors qu'en août les températures sont les plus élevées. Ces températures sont tolérées par la majorité des espèces aquatiques mais les plus basses peuvent limiter l'activité biologique alors que les plus élevées favoriseraient un développement intense de cyanobactéries et du phytoplancton (REYNOLDS *et al.*, 1998), ce qui pourrait nuire au bon fonctionnement de ces écosystèmes.

Dans les trois barrages, sur le plan horizontal, aucune différence significative de la température n'est enregistrée entre les stations. Cette homogénéité est liée surtout aux températures de l'air et aux transferts radiatifs reçus du soleil et de l'atmosphère (RODIER 1990; WESTHOFF *et al.*, 2007). Cette observation signifie que les masses d'eau des trois barrages sont soumises aux mêmes conditions thermiques de surface. Sur le plan vertical, les

relevés des températures des colonnes d'eau effectués dans les stations S5 des trois barrages, montrent à travers les profils thermiques une stratification thermique qui s'installe à partir du mois de mai dans les barrages Smbt et Harreza et du mois de juin dans le barrage Ghrib (Fig. 11 a, b, c) comme c'est le cas pour la plupart des lacs de réservoirs algériens (CHERBI *et al.*, 2008 ;). Cette différence de la durée de la stratification qui est de 4 mois dans les barrages Ghrib et Smbt et de 2 mois dans le barrage Harreza est due entre autres à la profondeur et aux variations du niveau d'eau qui influence la thermocline et la période de mise en place de celle-ci (LEIRA et CANTONATI 2008). Au cours de cette période de stratification, l'épaisseur de l'épilimnion est plus réduite dans le barrage Harreza (5 à 9 m) que dans les barrages Ghrib (5 à 15 m) et Smbt (10 à 13 m). Il semble que cette stratification thermique qui se met en place stabilise la couche superficielle du lac et favorise le développement d'algues (GROGA, 2012). Cette situation est visible dans les trois barrages par les corrélations étroites entre le taux de Chl-*a* et la température. Le développement d'algues, exprimé par le taux de Chl-*a*, est stimulé par les fortes chaleurs, l'intensité de la lumière, la photopériode et surtout la disponibilité de sels nutritifs dans les 3 barrages (Fig. 62 A, B, C), Cependant si ces conditions persistent, des sursaturations en O₂ induites par la photosynthèse peuvent persister dans l'épilimnion (VINÇON-LEITE, 1991). Or à travers les fluctuations de l'oxygène dissous constatées en profondeur, en particulier dans les barrages Ghrib et Smbt, il faut en déduire l'existence de brassages des masses d'eau qui ne pourraient être dus qu'aux seiches provoquées par le vent. Sur la base d'observations personnelles faites dans les barrages Ghrib et Smbt qui se caractérisent par des digues courtes, les brassages génèrent des ressacs qui créent des vagues curvilignes dans le sens aval-amont; ce phénomène rendrait ainsi possible le passage d'une onde interne qui crée des instabilités de type Kelvin-Helmholtz (KALFF, 2002), qui redistribuent verticalement les solutés et les particules. Il a été démontré que le passage d'une seiche interne a un impact sur les concentrations en solutés de l'hypolimnion par la resuspension des sédiments (EVANS 1994 ; PIERSON et WEYHENMEYER 1994). Le brassage des sédiments va augmenter la quantité de particules en suspension, tel qu'il est démontré par PIERSON et WEYHENMEYER (1994), ce qui affecterait les teneurs en oxygène dissous comme dans le cas du barrage Harreza qui se caractérise par l'absence de turbulences thermiques le long de la colonne d'eau. Ces brassages peuvent être également induits par les apports d'eau des affluents, ayant une température ou une conductivité plus élevées que celles des eaux du lac (GROGA, 2012).

4.4. - Régime oxygénique

L'oxygène dissous est indispensable au maintien de la vie aquatique. Il constitue normalement 35 % du volume des gaz dissous dans l'eau (ARRIGNON, 1976). L'évolution des teneurs en oxygène dissous diffère entre les 3 barrages. Elle varie entre 5,1 mg/l et 9,7 mg/l dans le barrage Ghrib, entre 6mg/l et 9,8 mg/l dans le barrage Smbt et entre 8,9 mg/l et 2,4 mg/l dans le barrage Harreza (Fig. 13). Cette différence de l'évolution du régime oxygénique entre les 3 barrages n'est pas lié au régime thermique, puisque celui-ci est considéré comme analogue dans les 3 barrages, mais beaucoup plus au régime hydrologique, à la géomorphologie, au vent qui favorise les échanges air-eau par le brassage, à la lumière et à la production primaire (ARRIGNON, 1976, 1998 ; RODIER, 1984 ; BOURNET, 1996 ; CCME, 1999 ; DJEZZAR *et al.*, 2014). Cette différence est également liée à l'importance des processus chimiques et biologiques de chaque barrage (MOSS, 1998 ; HADE, 2003 ; VIBOUD, 2003 ; YON, 2004). De ce fait, l'appréciation des teneurs en oxygène dissous est très importante et renseigne sur les activités métaboliques du milieu (DOVONOU *et al.*, 2011). Hormis les faibles concentrations de l'oxygène dissous enregistrées dans le barrage Harreza, celles de toutes les stations des 2 autres barrages sont supérieures à 4mg/l, concentration considérée comme une limite inférieure pour la survie et la protection de l'ensemble des organismes vivants (LAPOINTE, 1977 ; LEGARE, 1998). Pour l'ichtyofaune, une concentration de 3 mg/l constitue le seuil requis pour une eau cyprinicole (MARCEL, 1996) et 5mg/l pour les eaux salmonicoles. Cependant, il faut noter qu'au-delà de ce préférendum oxygénique des ces espèces pisciaires, d'autres facteurs physico-chimiques et hydro-morphologiques s'imposent pour prédire la nature piscicole des eaux des 3 barrages. Les faibles teneurs en oxygène dissous enregistrées dans le barrage Harreza, 2,4 mg/l, sont liées (Fig. 62 B1, B2) au régime hydrologique d'une part (DJEZZAR *et al.*, 2014) qui se caractérise par des niveaux d'eau très bas et d'autre part par une activité biologique intense liée particulièrement au NO₃ et au NO₂, qui paraissent bien corrélés avec l'axe F2 (Fig. 62 B2) et qui sont synonymes de nitrification ou de dénitrification favorisée par l'hypoxie des espèces piscicoles. A titre d'information pour éviter des situations d'asphyxie, ces faibles taux sont signalés à la direction des pêches d'Ain-Defla afin d'aérer le plan d'eau ou de réduire les stocks de poissons ; hélas! rien n'a été fait et des mortalités massives sont observées. Ce type de situation intervient, généralement, dans les milieux aquatiques où la diminution des teneurs en oxygène dissous est en rapport avec l'oxydation des matières biodégradables issues de la

biomasse phytoplanctonique ou apportées par lessivage du bassin versant pendant les épisodes pluvieux (ROCHE INTERNATIONAL, 2000 ; DOVONOU *et al.*, 2011). Sur le plan vertical, les régimes oxygéniques sont analogues uniquement entre les barrages Ghrib et Smbt et sont différents du profil oxygénique de Harreza. Cette différence, comme nous le constatons, n'est pas relative à l'importance de la profondeur, mais elle est liée à au seuil d'hypoxie, comme constaté dans le barrage Harreza, qui est peu profond. Ces seuils qui frôlent l'anoxie sont perceptibles à une faible profondeur (4m en Août 2010 ; Tab. 22). En effet, selon DUSSART (1992), en période de stratification thermique, la turbulence des eaux est partielle, n'agissant que sur les couches superficielles, isolant ainsi une zone trophogène où la production d'oxygène est élevée suite à un important phénomène de photosynthèse, alors qu'au niveau des couches profondes, seuls les processus de respiration et de décomposition persistent dans le milieu. Ceci explique certainement les très faibles teneurs en oxygène observées vers le fond. Des oxyclines, qui correspondent dans le cas présent aux zones d'hypoxie, sont observés dans les 3 barrages (Tab. 17 ; Fig. 16a, b, c), en juillet, août et février dans le barrage Ghrib, en mai et en juillet dans le Harreza et en août dans le Smbt. Le monimolimnion, qui se trouve en dessous de l'oxycline pourrait être chargé, comme il a été signalé ailleurs, en nutriments, qui réalimentera les zones supérieures appauvries lors des mélanges saisonniers (COULTER, 1991; VIOLLIER *et al.*, 1997). Ce qui est à noter, c'est que le métalimnion et l'hypolimnion sont hypoxique voir même anoxique et favoriserait le développement de l'anaérobiose et permettraient entre autres la mise en solution de métaux réduits (manganèse, fer, métaux lourds), la production d'hydrogène sulfuré (H₂S) et de méthane (CH₄) (LABROUE *et al.*, 1995; LACAZE, 1996). Ces conséquences peuvent avoir des effets défavorables sur le fonctionnement biologique des écosystèmes et affecter toutes les autres composantes physico-chimiques et biologiques de l'écosystème (BOSTRÖM *et al.*, 1988; DE MONTIGNY et PRAIRIE, 1993; HUPFER et LEWANDOWSKI 2008).

4.5. - Composantes physico-chimiques et biologiques diverses

Il s'agit des nutriments, des cations et anions, de la matière organique et de la production primaire qui interviennent directement ou indirectement dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Parmi ces composantes, la production primaire est appréciée par les taux de chlorophylle *a* (Chl-*a*), pigment permettant la photosynthèse, présent chez toutes les espèces du phytoplancton. Chl-*a* est communément utilisée comme un proxy fiable de la

biomasse totale phytoplanctonique (DEVAUX ET LAIR, 1976 ; GREGOR ET MARSALEK, 2004). Par rapport au taux de $50 \mu\text{g L}^{-1}$ de ce pigment qui sont considérés comme préoccupants (LANEZ, 2005), les teneurs moyennes de Chl-*a* (Fig. 23, Tab. 30 en annexe) des barrages Ghrib et Harreza ($23,66 \pm 12,09 \text{ mg/l}$ et $16,20 \pm 10,62 \text{ mg/l}$) sont acceptables contrairement à ceux du barrage Smbt qui sont excessifs ($151,73 \pm 44,32 \text{ mg/l}$). Dans ces 3 barrages, des corrélations sont observées entre les taux de Chl-*a*, composés azotés, température, conductivité et pH, qui sans doute ont un lien avec la minéralisation locale (Fig. 62 A, B, C). Dans le cas contraire des fertilisants pourraient être à l'origine de ce développement (VALLOTTON, 2008). Les taux de Chl-*a*, considérés comme excessifs sont liés aux importants apports d'eau permanents puisque ce barrage se caractérise par un volume régularisable de $56 \text{ hm}^3/\text{an}$.

Par ailleurs, toutes les corrélations observées dans les 3 barrages (Fig. 62) entre les composés azotés phosphatés, matière organique, conductivité, pH et Chl-*a* ne sont pas liés à l'hydrologie, mis à part quelques cas de figures où il n'y a aucune corrélation directe avec le volume d'eau (Fig. 62). Mais elles sont beaucoup plus une conséquence de la stratification thermique qui entraîne une zonation chimique affectant notamment l'oxygène dissous, qui décroît fortement avec la profondeur comme ce fait est constaté. Cette diminution de l'oxygène favorise la réduction et le relargage d'éléments chimiques (phosphore, manganèse, azote ammoniacal, fer) contenus dans les sédiments déposés (TAOUFIK et DAFIR, 2002 ; BILLEN et GARNIER, 2009). De plus, l'apport externe de l'ensemble des intrants polluants contribue à augmenter de manière significative les concentrations en substances nutritives, notamment en azote inorganique sous forme principalement de nitrate (NO_3^-) mais aussi d'ammonium (NH_4^+), de phosphore sous forme de phosphate (PO_4^{3-}) et de silice dissoute. Les retenues se comportent véritablement comme des pièges à nutriments. L'enrichissement excessif du milieu en éléments nutritifs est directement à l'origine des phénomènes d'eutrophisation, qui se caractérisent par une efflorescence algale ou "*bloom*" et une prolifération de cyanobactéries à l'origine d'une dégradation globale de la qualité des eaux (TAOUFIK et DAFIR, 2002 ; BILLEN et GARNIER, 2009). En Algérie, comme partout dans le monde, les bassins versants reçoivent tous les écoulements urbains, agricoles et industriels, dont les principaux constituants vont être emprisonnés dans les sédiments lacustres. Les composés azotés sont, pour ce qui est des nitrates, essentiellement issus de l'emploi excessif d'engrais agricoles et de l'élevage tandis que les phosphates introduits dans les eaux, tout comme l'ammonium, proviennent avant tout des rejets urbains et industriels (MEYBECK *et*

al., 1998). Dans ce sens, des pics de nitrates sont constatés dans le barrage Harreza dont les alentours sont connus pour leurs activités agricoles. L'absence ou la rareté des écoulements en période estivale, particularité commune aux 3 barrages, contribue à amplifier la forte dégradation de la qualité de l'eau. Si les charges polluantes sont faibles, les retenues et leur effet de rétention de la charge polluante ont un effet positif et particulièrement efficace en matière de dénitrification (VAN OOSTROM 1995 ; GARNIER *et al.*, 1999; KREILING *et al.*, 2011). En effet, l'augmentation du temps de résidence, la diminution du taux d'oxygène dissous, la présence de la matière organique ainsi que des conditions thermiques optimales sont extrêmement favorables à la prolifération des bactéries dénitrifiantes. Bien que dans le barrage Harreza les taux de matières organiques sont les plus faibles par rapport aux 2 autres barrages, il est à constater une forte DBO5 qui favorise le déclin vers l'hypoxie et l'anoxie. La surabondance des matières organiques peut contribuer à déstructurer des habitats préexistants en entraînant la disparition d'espèces piscicoles associées à ces habitats (POWER *et al.*, 1996). L'origine de l'excès de ces apports peut être endogène due à une forte production primaire. La désoxygénation des eaux se manifestera alors en profondeur, où le phytoplancton sédimente et où la lumière est insuffisante pour que la production primaire contribue à la réoxygénation des eaux. Une augmentation importante de la mortalité de la faune la plus sensible est alors observée (POURIOT et MEYBECK, 1995). A plus longue échéance un apport exogène accru de nutriments et de matière organique non dégradée, associé aux matières particulaires qui sédimentent, comblent progressivement la "cuvette" des plans d'eau. Le processus d'envasement des plans d'eau, comme dans le cas du barrage Ghrib où l'envasement est de 48 % du volume total, connaît une accélération par l'apport d'éléments nutritifs au niveau des bassins versants. Ainsi, la dégradation de la qualité de l'eau apparaît parfois dès la mise en eau de certains réservoirs selon le type et la densité des activités humaines sur le bassin versant (POURIOT et MEYBECK, 1995 ; TYMEN, 1997). La détermination des facteurs qui influencent la production primaire et la composition des communautés phytoplanctoniques est un sujet inépuisable de l'écologie du plancton (REYNOLDS, 1984). Toutefois, les substances chimiques qui interviennent sont surtout l'azote, le phosphore et la silice dissoute dans le cas des diatomées (RYDING et RAST, 1994). Une corrélation est observée dans le barrage Ghrib et d'une manière moins marquée dans le barrage Harreza entre la silice (SiO₄) et la chlorophylle Chl-*a*, l'acide carbonique HCO₃, l'ammonium NH₄⁺ et les nitrates NO₃ dans le Harreza et le Smbt. La présence de ces

anions et cations avec la disponibilité de taux de magnésium élevés dans le barrage Ghrib favoriserait le développement des Euchlorophycées (ATANLE *et al.*, 2012).

4.6. – Biodiversité

La diversité animale qui peuple les trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt est constituée par le zooplancton, le zoobenthos et l'ichtyofaune.

4.6.1. – Zooplancton

Le zooplancton joue un rôle clé dans le fonctionnement et la dynamique des écosystèmes aquatiques, en contribuant dans le transfert de l'énergie fixée par les autotrophes vers les niveaux trophiques supérieurs (HABERMAN, 1998). Ils représentent également la plus importante source de protéine pour les poissons et les Invertébrés prédateurs (BALVAY, 1990 ; NOGRADY *et al.*, 1995; PIASECKI *et al.*, 2004; BRASSARD, 2009). Les trois barrages sont constitués de 41 espèces zooplanctoniques appartenant à 18 familles et 29 genres. La richesse spécifique est plus élevée dans les barrages Ghrib et Harreza que dans le barrage Smbt. ce dernier est le moins diversifié. Il est possible que cette différence ne soit pas liée uniquement à la production primaire comme le rapportent plusieurs auteurs (TUZIN et MASON, 1996 ; PAERL et HUISMAN, 2008, GROGA, 2012) mais au temps d'incubation ou de développement favorisé par la stagnation de l'eau. Effectivement le taux de Chl-*a* dans le barrage Smbt est plus élevé que dans le Ghrib. Par contre l'hydrodynamique est permanente dans le Smbt avec un volume régularisable de 56 hm³/an alors que dans le Ghrib elle est inférieure à 33 Hm³/an. Cette hypothèse est confirmée par la situation du barrage Harreza puisque l'activité hydraulique est pratiquement inexistante et pourtant la diversité de son zooplancton est analogue au barrage Ghrib malgré la faiblesse des taux de Chl-*a*. En effet, dans le barrage Harreza, l'influence du régime hydrologique est mise en évidence par la disparition de 3 espèces zooplanctoniques lors d'importants apports d'eau. En revanche, ces derniers ont favorisé l'installation d'une nouvelle espèce (DJEZZAR *et al.*, 2014). Selon d'autres auteurs, la composition et la structure de la communauté zooplanctonique est déterminé par la nature de la nourriture présente d'une part et la pression de la prédation d'autre part. La succession et le succès compétitif de la population zooplanctonique peuvent être matériellement influencés par la prédation (WETZEL, 1975). De telles interactions

apparaissent dans les 3 barrages où des corrélations (Fig. 63 A, B, C) entre certaines espèces zooplanctoniques, zoobenthiques et ichtyiques sont observées et laissent prédire que le niveau de la richesse spécifique en est lié. Globalement la diversité zooplanctonique, considérée par l'indice de Hill où espèces rares et abondantes sont comptabilisées, est comparable dans les 5 stations de chaque barrage. Cette homogénéité est probablement liée à la dynamique de l'eau, ou aux interactions biotiques (WETZEL, 2001 ; FERNANDEZ-ROSADO et LUCENA, 2001).

4.6.2. – Zoobenthos

Toute la communauté zoobenthique constituée par la meiofaune et la macrofaune liées au substrat qui constitue le fond des trois barrages, est prise en considération, sans distinction aucune. 59 espèces peuplent les 3 barrages. Par rapport à l'indice de Hill seul, en raison de l'importance qui est donnée aux espèces rares et abondantes, Ghrib et Harreza sont les plus diversifiés des trois barrages alors que le barrage Smbt est le moins diversifié. Cette différence de la richesse de la diversité zoobenthique entre les 3 barrages est liée aux aspects géomorphologique, climatiques et surtout hydrologiques relatives aux longues périodes d'assecs des zones littorales provoquées par les irrégularités des apports d'eau. A ces facteurs, s'ajoutent ceux liés à la prédation, l'habitat et la nourriture (REYS-MARCHANT *et al.*, 1994; FERNANDEZ-ROSADO et LUCENA, 2001; WETZEL, 2001; KOPACEK *et al.*, 2000; FQIH-BERRADA *et al.*, 2000). Les différences de répartition de la diversité zoobenthique qui s'avèrent plus importantes dans les stations S3 du barrage Ghrib, S4 du barrage Harreza et S2 du barrage Smbt sont liées d'une part à la nature du substrat qui est riche en matières organiques. Dans le même sens dans le présent travail, il est constaté une fréquentation importante du bétail dans ces zones qui sont enclavées par rapport aux autres stations et qui abritent également une végétation dense. En dehors de ces observations, le vent et la turbidité, qui caractérisent les autres stations, sont identifiés en tant que facteurs critiques dans l'évolution saisonnière de la faune aquatique (DEJEN *et al.*, 2004). Cette richesse de la diversité est également liée à la nature du substrat (AMBERS, 2007), à l'importance de la pente de la zone littorale, qui apparaît plus raide dans le barrage de Smbt, ce qui implique une réduction de la surface de cette zone censée être favorable au développement du zoobenthos. Le barrage Harreza le plus plat des trois barrages est indiqué pour abriter une diversité plus abondante, or les conditions abiotiques déjà abordées en particulier les hypoxies des zones

profondes ne permettent pas le développement du zoobenthos ; d'ailleurs exceptionnellement dans ce barrage, dans la station S5, 2 espèces sont échantillonnées, le copépode *Eudiaptomus* sp. et le rotifère *Cephalodella* sp., caractéristiques des milieux pauvres et eutrophisés (ONANA *et al.*, 2014). Les communautés zoobenthiques des trois barrages sont toutes corrélées sur l'axe F2 (Fig. 63) particulièrement avec la Chl-*a*, la matière organique et la conductivité. En effet, les 2 espèces d'oligochètes omniprésentes *Tubifex tubifex* et *Lumbriculus* sp., indiquent une disponibilité de la matière organique (BARBOUR *et al.*, 1999; BODE *et al.*, 2002). Quant aux nématodes Nematoda indéterminés, ils sont fréquents durant toute l'année et sont connus pour leurs sensibilités à la qualité du milieu (AÏSSA, 1992 ; MAHMOUDI *et al.*, 2002) et jouent un rôle dans l'aération du substrat, ainsi que dans la minéralisation de la matière organique (HEIP *et al.*, 1985). Par rapport à la biodiversité zoobenthique qui caractérise les 3 barrages, la présence du crabe Décapode *Potamon algeriense* dans le barrage Ghrib, la dominance de l'Hétéroptère *Micronecta poweri* dans le Harreza et de l'Ostracode *Potamocypris arcuata* dans le Smbt sont à mentionner. Deux autres espèces ont également attiré l'attention et s'ajoutent à ces dernières. Ce sont la crevette *Atyaephyra desmaresti* (Millet, 1831) et le bivalve *Anodonta cygnea* remarquables dans les barrages Ghrib et Harreza. Le crabe *Potamon algeriense* fréquente les oueds et les cours d'eau d'Afrique du Nord qui se déversent dans la mer Méditerranée. Sa distribution comprend trois pays: le Maroc (Kenitra, Province de Fès), l'Algérie (Alger, Médéa, Bejaia), et la Tunisie (Jendouba, Béja, Kairouan, Gafsa) (CAPOLONGO et CILIA 1990). Le crabe *P. algeriense*, dont le régime alimentaire est mal connu jusque-là, figure dans la liste rouge de l'IUCN (CUMBERILDGE, 2008). Malgré la large répartition de cette espèce, ses populations sont discontinues et très fragmentées, car sur la base de sa large distribution, les populations de *P. algeriense* peuvent néanmoins être menacées en raison des changements qui affectent leur habitat, comme c'est le cas dans le barrage Ghrib. Le bivalve *Anodonta cygnea* est une espèce indigène d'Europe qui préfère les eaux calmes et s'enfouie dans les sédiments riches en matières organiques (CUCHERAT, 2003). Des difficultés d'identification de cette espèce ont été rencontrées. Comme pour de très nombreux groupes d'invertébrés, il convient très souvent de réunir de nombreux spécimens pour en observer la variabilité et pouvoir préciser l'appartenance d'une population à une espèce. Il est important de noter que par rapport aux observations effectuées bien avant cette thèse, en 1990, 3 espèces de bivalves existaient dans le barrage Ghrib. Hélas ! actuellement il n'en reste qu'une seule, *Anodonta cygnea*. Le statut d'*Anodonta cygnea* n'est pas préoccupant car cette espèce est choisie dans la surveillance des

pollutions des écosystèmes aquatiques par les métaux. Et elle est utilisée dans les études de toxicité pour le suivi des contaminants, métaux et pesticides (KEGLEY *et al.*, 2009). La mise en cage est possible et a été réalisée dans plusieurs études, notamment en France (ROBILLARD *et al.*, 2003). En Finlande, *Anodonta cygnea* est transplantée dans les sédiments de nouveaux sites pour permettre la surveillance des pollutions qui affectent la colonne d'eau (HERVE *et al.*, 2002).

La crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* est une espèce euryécologique, à large répartition circumméditerranéenne, abondante dans plusieurs hydrosystèmes lacustres dulçaquicoles ou saumâtres. Sa régulation osmotique est du type hyper-iso-osmotique (DHAOUADI *et al.*, 2004). Elle peut tolérer de larges variations de salinité et de température. La biologie de reproduction de cette espèce a fait l'objet de plusieurs études approfondies en Europe, surtout en France (DESCOUTURELLE, 1980), en Belgique (DETOLLENEARE *et al.*, 1985), au Portugal (GHALHANO, 1979) et en Allemagne (VORSTMAN, 1955). Tous ces auteurs se sont mis d'accord sur le fait que c'est une espèce à fécondité importante et à courte durée de vie. En Tunisie, plusieurs travaux de recherche, concernant les milieux limniques, ont révélé la présence d'*Atyaephyra desmaresti* (DE KERVILLE, 1886 ; SEURAT, 1921 ; GAUTHIER, 1928 ; SOLLAUDE, 1939 ; BOUMAÏZA et REZIG, 1992), mais aucune étude ne s'est intéressée à la biologie de cette salicoque d'eau douce. En Algérie, il n'y a pas eu de travaux sur cette espèce, excepté celui de ABDENNOUR *et al.*, (2000). Les derniers auteurs cités se sont intéressés à l'aspect éco-toxicologique de cette espèce où ils ont montré que *A. desmaresti* accumule plus de Pb et de Cd que d'autres décapodes marins. Dans le cadre de la présente étude, il est mis l'accent sur le fait que cette espèce constitue une proie de choix pour le percidé *Sander lucioperca* (DJEZZAR, publication sous presse). *Micronecta poweri* (Heteroptera) vit en essaims (GOGALA, 2009). Leur nourriture n'est pas connue (JANSSON, 1986). C'est une espèce qui est sensible aux manques d'eau, à l'oxygène et à la pollution. Lors du présent travail, il est constaté que cet insecte, malgré sa densité très élevée, n'est pas apprécié par les poissons, probablement en raison de ses glandes odorifiques qui peuvent émettre des phéromones répulsives.

Pour ce qui concerne l'ostracode *Potamocypris arcuata*, peu d'informations sont trouvées sur cette espèce, excepté qu'elle est mentionnée comme très rare en Europe et qu'elle fréquente l'Afrique du nord, en particulier les zones sub-steppiques (GAUTHIER, 1928 ; MEISCH, 1988). Il semble qu'elle n'est présente qu'en hiver et qu'elle ne tolère pas des teneurs en chlorures supérieures à 5 g/l (RAMDANI, 1982).

4.6.3. - Ichtyofaune et diagnose piscicole

L'ichtyofaune des eaux continentales d'Algérie se caractérise par une prédominance de Cyprinidés (ELVIRA, 1990 ; BIANCO, 1995 ; AZEROUAL *et al.*, 2000; ZOUAKH et BOUHADAD., 2002 ; KARA, 2012). Les peuplements pisciaires des 3 barrages, Ghrib, Harreza et Smbt, sont composés de 10 espèces parmi lesquelles 7 Cyprinidés sont inventoriés, *Barbus callensis* Valenciennes, 1842, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, *Cyprinus carpio carpio* (L., 1758), *Abramis brama* (L., 1758), *Rutilus rutilus* (L., 1758), *Aristichtys nobilis* (Richardson, 1845) et *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844). Une espèce de Mugilidés est notée avec *Mugil cephalus* (L., 1758), ainsi qu'une espèce de Poeciliidés *Gambusia affinis* (Baird & Girard, 1853) et une espèce de Percidae *Sander lucioperca* (L., 1758). Parmi ces 10 espèces, 7 sont prises en considération dans cette étude du fait de l'éradication d'*Aristichtys nobilis* et de *Hypophthalmichthys molitrix*, suite à une surexploitation et à une mortalité massive qui a eu lieu à la fin de l'an 2007 dans le barrage Harreza. Le gardon *Rutilus rutilus* n'est pas pris également en considération dans cette étude du fait qu'il est retrouvé pour la première fois, en 2010, dans les contenus digestifs du sandre *Sander lucioperca* du barrage Ghrib; les pêches antérieures effectuées préalablement au présent travail, depuis 1987 dans ce barrage n'ont jamais fait état de la présence de cette espèce. De toutes ces espèces qui peuplent ces 3 barrages, seul le Cyprinidés *Barbus callensis* est autochtone et également endémique à la partie nord-africaine (PELLEGRIN, 1939 ; ALMAÇA, 1972 ; BACHA et AMARA, 2007 ; OULD ROUIS *et al.*, 2012). Les autres espèces ont été introduites dans le cadre du développement de la pêche et de l'aquaculture (KARA, 2012) exceptés la brème *Abramis brama* et le gardon *Rutilus rutilus* qui sont considérés comme des espèces accidentelles dont l'origine de leurs introductions reste méconnue. L'ichtyofaune du barrage Harreza est plus diversifiée que les 2 autres plans d'eau (Smbt et Ghrib) et elle est constituée du barbeau *Barbus callensis*, de la carpe royale *Cyprinus carpio carpio*, du brème *Abramis brama*, de mulot *Mugil cephalus* et du Sandre *Sander lucioperca*.

Celle du barrage Ghrib est composée par le barbeau *B. callensis*, la carpe commune *C. carpio*, la gambuse *Gambusia affinis* et le sandre *S. lucioperca*. Le barrage Smbt est peuplé uniquement par 2 espèces *B. callensis* et *C. carpio carpio*. Le barrage Harreza est plus diversifié, non pas en raison des multiples ensemencements pour lequel il a fait l'objet, mais

beaucoup plus, comme il est mis en évidence, à l'importance de la biogénèse zooplanctonique et zoobenthique qui est accessible et favorisée par la morphométrie plate et non accidentée de ce réservoir dont la pente de la zone littorale est de $2,67 \% \pm 0,22$ (Ch. II). Les lacs peu profonds fournissent support, abri et nourriture à de nombreux Invertébrés et constituent des biotopes préférentiels pour certaines espèces de poissons ou des alevins et sont reconnus comme très productifs par rapport aux lacs profonds (CARMOUZE *et al.*, 1972; WETZEL, 1979; LEVEQUE et QUENSIERE, 1988). Le barrage Ghrib a fait l'objet de plusieurs introductions d'espèces de poissons (MPRH, 2006 ; KARA, 2012) qui ont disparues pour différentes raisons. Celles à retenir dans la présente étude sont la morphométrie, l'hydrodynamique et surtout la compétition entre les espèces. Ce sont les principales causes d'effacement de certaines de ces espèces. Par rapport aux abondances de ces espèces, elles sont très élevées dans le barrage Ghrib par rapport aux autres plans d'eau (Harreza et Smbt); Il est possible que ceci soit relatif à la surface du barrage. L'abondance la plus élevée dans chaque barrage ne concerne pas le barbeau *B. callensis*, espèce autochtone, mais c'est la carpe commune *C. carpio* qui occupe le premier rang dans le Ghrib. Cette première position revient à la carpe royale *C. carpio carpio* dans le barrage Harreza. Le barbeau *B. callensis* vient en premier dans le barrage Smbt. Il est à noter que, par rapport à certaines hypothèses émises par quelques auteurs quant aux introductions de nouvelles espèces de poissons dans les lacs de barrages d'Algérie qui permettent aux espèces autochtone de vivre en harmonie avec d'autres cyprins allochtones représentés par *Cyprinus carpio* et *Hypophthalmichthys molitrix* (OULD ROUIS *et al.*, 2012), et par rapport aux observations faites dans le cadre du présent travail, ainsi que lors de certaines pêches effectuées de 1987 à 1992 dans les barrages Ghrib et Harreza, relatives aux inventaires effectués dans le cadre des programme de recherche de la station Harreza (CERP Bouismail), la quantité de barbeau pêché en moins de 2 heures avec un filet trémail de 50 m × 1 m dépasse 2 quintaux dans lesquelles il y avait des spécimens de 7 kg de poids vif. Actuellement les pêches sont dominées par les carpes, en revanche, le poids moyen des barbeaux pêchés ne dépasse guère 1kg. Il serait donc intéressant de se pencher sur cette problématique à travers la dynamique du barbeau du barrage de Smbt dans lequel en 2014, le black bass (Centrarchidae) *Micropterus salmoides* est introduit. Plusieurs auteurs s'accordent sur le fait que ces poissons introduits, deviennent souvent localement non-désirés car ils entraînent, soit par prédation ou compétition alimentaire, la réduction ou tout simplement la disparition des populations de poissons indigènes et que la disparition de ces derniers s'avère souvent très grave, compte tenu de leur importance écologique et économique

(NIJSEN et DE GROOT, 1974 ; LINFIELD, 1984 ; ZOUAKH *et al.*, 2004). Dans ce contexte de la compétition entre espèces, il est à remarquer que certaines espèces comme le mullet *M. cephalus* et les carpes chinoises *A. nobilis* et *H. molitrix*, ont un impact moindre sur la dynamique des peuplements piscicoles vu leurs impossibilités de se reproduire naturellement et que leurs stocks demeurent réduits dans le temps. Pour comprendre le fonctionnement des écosystèmes de façon générale il est nécessaire de comprendre la distribution spatiale des espèces pour évaluer plus spécifiquement le rôle joué par les fluctuations environnementales (ROSENZWEIG 1991 ; HAYES *et al.*, 1996; KALIKHMAN *et al.*, 2003). L'analyse de la répartition spatiale, en particulier horizontale, laisse penser que les espèces ichthyiques côtoient certaines zones en dépit d'autres. En dehors de certaines espèces qui font exception, les stations S3 des barrages Ghrib et Harreza sont sollicitées par la majeure partie des espèces avec des CPUE respectives de $94,25 \pm 56,23$ ind/filet et $37,00 \pm 81,80$ ind/filet et la station S1 du barrage Smbt avec $7,75 \pm 2,09$ ind/filet (Tab. 96, 101, 106). A travers les ACP des corrélations apparaissent entre les espèces ichthyiques du barrage Ghrib, les stations S3 et S4, la conductivité, les espèces zoobenthiques et quelques espèces zooplanctoniques (Fig. 63 A, B, C). Dans le barrage Harreza le barbeau est corrélé avec la station S1 et la brème avec les stations S3 et S4. La carpe royale et le mullet sont intermédiaires entre les 5 stations. Quant au sandre, il est corrélé avec la station S5 et l'oxygène dissous. Ces corrélations reflètent en partie la répartition des espèces qui n'est pas aléatoire dans l'espace, mais qui suit des patrons particuliers, en fonction de l'échelle d'observation (LEVIN 1992 ; CHAVE 2013). Ces corrélations sont liées à certaines conditions déjà abordés tels que les facteurs physico-chimiques et biologiques, qui régissent le comportement de cette ichthyofaune. Cette attractivité des zones littorales pour l'ichthyofaune est surtout liée à l'abondance des proies (SCHIEMER *et al.*, 1995; SCHMIEDER 2004; LEWIN *et al.*, 2014; ROY, 2014). De même au niveau de ces zones, lors de la remontée du niveau de l'eau, après marnage, la végétation qui se développe sur les berges à nu se retrouve disponible, elle fournit alors protection et abris pour les juvéniles de poissons (ROZAS et ODUM, 1988 ; SAVINO et STEIN, 1989 ; GELWICK et MATTHEWS, 1990 ; EKLÖV, 1997 ; DEMBSKI *et al.*, 2008 ; MIDWOOD et CHOW-FRASER, 2012; ROY, 2014). Ces plantes peuvent également constituer des sites de reproduction (GAFNY et GASITH 2000). Il est acquis que les zones littorales, comme celles qui forment les stations S1, S2, S3 et S4 des 3 barrages, sont cruciales pour les communautés piscicoles des retenues (LAFFAILLE *et al.*, 2001; BROSSSE *et al.*, 2007). Les poissons trouvent également dans ces zones d'importantes

ressources trophiques (PIERCE *et al.*, 1993) et les abondances des espèces sont généralement plus grandes que dans les autres zones (KEAST et HARKER, 1977; WERNER *et al.*, 1977). Il est clair que la répartition du sandre *S. lucioperca* dans la station S5 du barrage Harreza est influencée par les taux d'oxygène dissous élevés qui sont très faibles dans les autres stations. Pour certaines espèces, le mouvement est l'une des principales options disponibles pour les poissons pour répondre aux changements des conditions environnementales. Comme le cas de la carpe commune (*Cyprinus carpio*) qui s'avère dominante dans la station S5. Or cette dominance est strictement liée aux pêches effectuées au moment d'un phénomène inédit en Algérie ou ailleurs qu'il faut signaler ici et qui concerne l'avalaison de cette espèce. Il s'agit d'un déplacement grégaire de cette espèce vers la digue lors d'une période particulière de l'année, soit en janvier-février) qui a d'ailleurs créé une polémique faisant croire qu'il s'agissait d'un problème lié à la pollution. Là, c'est un argument de plus pour mettre en évidence les facteurs extrinsèques liés au milieu et intrinsèques liés à l'espèce qui régissent la dynamique des populations.

Conclusion

Conclusion

L'étude sur la biodiversité et la diagnose piscicole de trois barrages du haut Cheliff, Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Ben Taïba (Smbt) qui portent sur l'hydrologie, la physico-chimie et la biodiversité met en évidence plusieurs aspects:

- Les trois barrages sont différents sur le plan hydrologique. Le barrage Smbt est le plus stable des trois barrages avec des apports annuels permanents. Par contre le Ghrib apparaît avec un volume atténué en raison de son fort taux d'envasement qui est de l'ordre de 48% et du déficit pluviométrique. Quant au barrage Harreza, il est le moins profond et le moins stable parmi les trois barrages à cause de son remplissage irrégulier qui se fait par les rares pompages des eaux de l'oued Cheliff.
- Des différences particulières et des similitudes de certains facteurs physico-chimiques caractérisent les trois barrages, à travers lesquelles il est à constater que :
 - Le bilan hydrothermique est analogue pour les trois barrages et il est favorable pour le développement des processus physico-chimiques et biologiques. Les trois barrages subissent tous une stratification thermique entre mai et septembre.
 - Les bilans oxygéniques des barrages Ghrib et Smbt qui sont plus profonds sont similaires mais différent de celui de Harreza qui est moins profond. Dans les trois barrages, l'oxygène dissous est favorable à l'activité biochimique et biologique excepté pour le barrage Harreza qui se caractérise, en période de fortes chaleurs, par des hypoxies et des anoxies. Le régime hydrologique influence les teneurs en oxygène dissous. La stratification oxygénique en période de fortes chaleurs et au-delà d'une certaine profondeur, n'est pas en faveur d'une activité aérobie.
 - Certains paramètres particularisent les trois barrages. Le pH des eaux du barrage Smbt est plus alcalin que celui des barrages Ghrib et Harreza. La conductivité des eaux du barrage Harreza est faible par rapport à celle des barrages Ghrib et Smbt et exprime une forte minéralisation dans ces derniers. Les taux de chlorophylle Chl-*a* sont très élevés dans le barrage Smbt par rapport aux deux autres barrages au même titre que la matière organique et la turbidité qui indiquent que ce barrage, très récent et très profond par rapport aux barrages Ghrib et Harreza, est soumis à une forte production primaire au risque d'une forte sédimentation et un envasement accéléré.

Conclusion

- D'autres paramètres sont spécifiques au barrage Ghrib. Les nitrites (NO_2^-) sont très élevés dans ce barrage. Par contre, ils sont faibles mais similaires dans le Smbt et le Harreza. La DCO, les phosphates (PO_4^{3-}), les sulfates (SO_4^{2-}), le sodium (Na), le potassium (K), le magnésium (mg), le calcium (Ca) et le chlore (Cl) sont à des taux plus élevée dans le barrage Ghrib que dans les barrages Harreza et Smbt.
- Certains paramètres évoluent pareillement dans les trois barrages comme l'ion ammonium (NH_4^+), les nitrates (NO_3^-), la silice (SiO_2) (constituant important de certaines algues), les hydrocarbonates (HCO_3^-) et la DBO5.
- L'activité microbienne exprimée par la DBO5 est hétérogène dans le barrage Ghrib. Elle est plus élevée dans les stations de l'amont S4 et S5.
- La biodiversité animale aquatique des trois barrages est composée de 110 taxons entre Invertébrés et Vertébrés. Les trois peuplements qui constituent cette biodiversité sont le zooplancton qui est composé de 41 espèces appartenant à 18 familles et à 29 genres, le zoobenthos qui est constitué de 59 espèces qui font partie de 36 familles et de 54 genres et l'ichtyofaune qui est composée de 10 espèces réparties entre 4 familles et 9 genres. Les trois composantes de cette biodiversité, zooplancton, zoobenthos et ichtyofaune sont formés par des espèces communes et des espèces spécifiques propres à chaque barrage et sont conditionnées par différents facteurs environnementaux qui induisent leurs structurations. Le zooplancton et le zoobenthos sont beaucoup plus diversifiés dans le barrage Ghrib que dans celui de Harreza. Le barrage Smbt est le moins diversifié.
- Les Invertébrés communs aux trois barrages sont au nombre de 5 espèces pour le zooplancton et de 12 espèces pour le zoobenthos.
- Les facteurs hydrologiques conditionnent la diversité zooplanctonique et zoobenthique. Les baisses du niveau d'eau affectent la diversité mais l'abondance en est régulée.
- La morphométrie, relative à la profondeur et l'importance de la pente de la zone littorale influence l'abondance des peuplements zooplanctoniques et zoobenthiques. Le zooplancton et le zoobenthos sont dominants dans les stations d'amont des barrages, S3 de Ghrib, S4 de Harreza et S2 de Smbt.
- En profondeur, dans les fosses des trois barrages, les peuplements zoobenthiques et zooplanctoniques sont absents à l'exception de Harreza qui est plat et moins profond.
- Les eaux des trois barrages sont de type Cyprinicole.

Conclusion

- L'ichtyofaune est plus diversifié dans le barrage Harreza. Le barrage Smbt est le moins diversifié. Le Barbeau *Barbus callensis* est la seule espèce autochtone. Les autres espèces ont été introduites.
- Les barrages plats, comme Harreza, sont favorables à la diversité pisciaires. Les barrages profonds, comme Smbt, sont moins favorables à une diversité piscicole.
- Les hypoxies limite la profondeur de l'habitat relatif à l'ichtyofaune.

Etant donné que les priorités de ces ouvrages hydrauliques, barrages et retenues collinaires, qui sont conçus pour répondre aux besoins des villes et de l'agriculture en régulant les apports hydrologiques par le stockage et les lâchers d'eau, il serait judicieux de s'intéresser à la biologie des espèces ichtyiques, indigènes et introduites, dans un contexte global faisant intervenir tous les facteurs qui concourent dans le fonctionnement de ces hydrosystèmes comme l'hydraulique, l'hydrologie, la climatologie et l'hydrobiologie. Pour ce qui est de l'introduction des poissons, cette étude comme beaucoup de travaux antérieurs laisse comprendre à travers les données physico-chimiques et la structure des peuplements zooplanctoniques et zoobenthiques qu'il est possible d'envisager de travailler sur de nouvelles introductions d'espèces pisciaires qui seront avantageuses d'un point de vue écologique et halieutique comme le polyodon *Polyodon spathula* (Walbaum, 1792; Polyodontidés), l'esturgeon et plus particulièrement le belouga *Huso huso* (Linnaeus, 1758; Acipenséridés), le silure *Silurus glanis* (Linné 1766; Siluridés) et la perchaude (*Perca flavescens* (Mitchill, 1814; percidés). Sur la base des données disponibles, une modélisation des réseaux trophique des lacs de barrages d'Algérie est nécessaire et s'impose dans leurs gestions afin de définir leurs capacités biogéniques et leurs niveaux d'exploitation.

Références bibliographiques

- 1 - ABDENNOUR C., SMITH B.D., BOULAKOUD M.S., SAMRAOUI B. and RAINBOW P.S., 2000 - Trace metals in marine, brackish and freshwater prawns (Crustacea, Decapoda) from northeast Algeria, *Hydrobiologia*, 432, 217 – 227.
- 2 - ABH, s. d. – *Données hydrotechniques sur les barrages, consultés en ligne sur le site officiel du ministère des ressources en eau (Algérie)*, Ed. Agence du bassin hydrographique, Alger, s.p.
- 3 - ABH-CH, s.d. – Atlas de bassin hydrographique Cheliff-Zahrez, sous-région 1, pdf en ligne, http://www.abh-cz.com.dz/pdf/atlas_1_1.Alger, 51 p.
- 4 - ABH-CZ, 2004a - *Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff-Aval du barrage de Boughezoul*, 1ère partie : Haut et moyen Cheliff, Agence du bassin hydrographique, Alger, 62p.
- 5 - ABH-CZ, 2004b - *Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Cheliff-Aval du barrage de Boughezoul*, 2ème partie : bas Cheliff et la Mina Cheliff. Agence du bassin hydrographique, Alger, 52 p.
- 6 - ABH-CZ, 2010 - Plan directeur d'aménagement des ressources en eaux, rapport de synthèse abrégé, Agence du Bassin Hydrographique Cheliff Zahrez. Agence du bassin hydrographique, Alger 52 p.
- 7 - AISSA P., 1992 - Importance des nématodes libres dans le milieu aquatique, *Rev. Fac. Sci. Tunis*, : 115 - 128.
- 8 - AL FAIDY B., FAHDE A. et DEVAUX J., 1999 - Contribution à l'étude du phénomène d'eutrophisation d'une retenue sous climat semi-aride (réservoir Daourat), Maroc. *Actualité sci. sécheresse*, 10 (3): 213 – 220.
- 9 - ALMAÇA C., 1972 - Sur la systématique des barbeaux (genre et sous genre Barbus) de la péninsule Ibérique et de l'Afrique du nord, *Arch. Mus. Boc.*, 2 (3): 319 - 346.
- 10 - AMBERS R.K.R., 2007 - Effects of a Small, Century-old Dam on a Second-order Stream in the Virginia Piedmont, *Southeastern Geographer*, 47, 2, 181-201.
- 11 - AMINOT A., 1983 - Manuel des analyses chimiques en milieu marin. Caractéristiques physicochimiques. *Centre National de l'exploitation des océans*, 39-75.
- 12 - AMOROS C., 1984 - Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises, Crustacés Cladocères, *Bulletin de la société Linnéenne de Lyon*, pp 53, 3,72-107; 53, 4, 120-144.
- 13 - ANBT, 2008 - *Agence Nationale des Barrages et Transferts. Réconfortement du barrage de Bouhanifia, document interne*. Agence nationale Barrages Transfert, Alger, 20 p.
- 14 - ANRH, 2001 - *Note technique sur l'événement pluvieux du 9 au 10 novembre 2001*. Ed. Ministère Ressources eau, Alger, 11 p.

- 15 - ANRH, 2005 - *Note relative a la remontée des eaux dans Oued Righ*. Ed. Agence nationale ressources hydriques, Ouargla, 27 p
- 16 - ARRIGNON J., 1976 - *Aménagement écologiques et piscicoles des eaux douces*. Ed. Gauthier Villars, Paris, 340 p.
- 17 - ARRIGNON J., 1998 - *Aménagement piscicole des eaux douces*. Ed. Lavoisier, Paris, 589 p.
- 18 - ATANLE K., BAWA M.L., KOKOU K. et DJANEYE-BOUNDJOU G., 2012 - Caractérisation physico-chimique et diversité phytoplanctonique des eaux du lac de Zowla (Lac Boko), Togo, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 6, 1, 543 - 558.
- 19 - AZEROUAL A., CRIVELLI A.J., YAHYAOUI A. et DAKK M., 2000 - L'ichtyofaune des eaux continentales du Maroc. *Cybium*, 24: 17 - 22.
- 20 - BACHA M. et AMARA R., 2007 - Les poissons des eaux continentales d'Algérie, Etude de l'ichtyofaune de la Soummam, *Cybium* 2007, 31, 3, 351 - 358.
- 21- BALVAY G., 1990 - Long-term changes in zooplankton abundance and water transparency in Lake Geneva. *Arch. Hydrobiology*, 207: 31 - 36.
- 22 - BARBAULT T. R., 1992 - *Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution*. Ed. Masson, Paris, 273.
- 23 - BARBOUR M.T., GERRITSEN J., SNYDER B.D. and STRIBLING J.B., 1999 - *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. Ed. EPA/841-B-99-002. U.S. EPA, Office Water, Washington, D.C., 197 p.
- 24 - BENZIE J.A.H., 2005 - *Cladocera: The genus Daphnia (including Daphniosis). Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world*, 21. Ed. Kenobi Productions, Ghent, 376 p.
- 25 - BIANCO P.G., 1995 - Mediterranean endemic freshwater fishes of Italy. *Biol. Conserv.*, (72): 159 - 170.
- 26 - BILLEN G. et GARNIER J., 2009 - *Eutrophisation des cours d'eau du bassin de la Seine*. Ed. Piren Seine, Paris, 6, Aesn, 44 p.
- 27 - BLONDEL J., 1979 – *Biogéographie et écologie*. Ed. Masson, Paris, 173 p.
- 28 - BODE, R.W., NOVAK, M.A., ABELE, L.E., HEITZMAN, D.L. and SMITH, A.J., 2002 - *Quality Assurance Work Plan for Biological Stream Monitoring in New York State*. NYS Department of Environmental Conservation, Albany, NY., 115p.
- 29 - BODENHEIMER F., 1955 - *Précis d'écologie animale*. Payot, Paris, 315 p.
- 30 - BOSTRÖM B., ANDERSEN J.M., FLEISHER S. and JANSSON M., 1988 - Exchange of phosphorus across the sediment-water interface. *Hydrobiologia*, 170: 229 - 244.

- 31** - BOUCHEDJA A., 2012 - La politique nationale de l'eau en Algérie, ministère des ressources en eau agence de bassin hydrographique constantinois-Seybousse-Mellegue. 10^{ème} Conférence internationale, Euro-riob 2012, 17 au 19 octobre 2012, Istanbul.
- 32** - BOUDJADJA, A., MESSAHEL, M. et PAUC, H., 2003 - Ressources hydriques en Algérie du Nord. *Rev. Sci. eau*, 16: 285 - 304.
- 33** - BOUMAÏZA M. et REZIG M., 1992 - Les Crustacés des cours d'eau de Tunisie : I. Inventaire faunistique, répartition et écologie. *Rev. Fac. sci. Tunis, T. 5, D*, 63 - 78.
- 34** - BOURNET P. E., 1996 - *Contribution à l'étude hydrodynamique et thermique du lac du Bourget, courants de densité et ondes internes*. Thèse Doctorat, Engref, Cereve, 335 p.
- 35** - BOUVIER E. L., 1940 - *Faune de France: 37, Décapodes Marcheurs*. Ed. Fédération franç. soc. sci. natu., Off. Centr. faunistique, Paris, 404 p.
- 36** - BRASSARD D., 2009 - *Variabilité à long terme des cladocères dans des lacs de la forêt boréale soumis à des perturbations naturelles et anthropiques*. Mémoire Maîtrise, Univ. Québec, Chicoutimi, 42 p.
- 37** - BRGM, 2004 - *Protection des eaux souterraines, guide méthodologique pour la recherche de la pollution dans les eaux souterraines* – par Koch-Mathian J.Y. avec la collaboration de Callier L. et Chartier R., BRGM/RP-53011-FR, 45 p.
- 38** - BRIND'AMOUR A., BOISCLAIR D. and LEGENDRE P., 2005 - Multiscale spatial distribution of a littoral fish community in relation to environmental variables. *Limnology Oceanography*, 50, 465 - 479.
- 39** - BROSSE, S., G. D. GROSSMAN and LEK S., 2007 - "Fish assemblage patterns in the littoral zone of a European reservoir." *Freshwater Biology*, 52, (3): 448 - 458.
- 40** - B.R.P., C.E.P., C.F.P.A., C.P.A., C.R.E.P.S., I.F.P., S.E.R.E.P.T. et REPAL S.N., 1959 - Contribution à l'étude du Cambrien et de l'Ordovicien du Sahara. *C.R. Som. Soc. géol. France*, 194 p.
- 41** - CAPOLONGO D. and CILIA J.L., 1990 - Potamon fluviatile lanfrancoi, a new subspecies of a Mediterranean freshwater crab from the Maltese Islands (Crustacea, Decapoda, Potamidae) *Ann. Naturhist. Mus. Wien*, 91, (B), 215 - 224.
- 42** - CARMOUZE J.P., DEJOUX J.R., GRAS R., ITLIS A., LAUZANNE L., LEMOALLE J., LEVÊ-QUE C., LOUBENS G. et SAINT JEAN L., 1972 - Grandes Zones écologiques du lac Tchad. *Cah. Orstom, sér. Hydrobiol.*, 6, (2): 103 - 169.
- 43** - CCME, 1999 - *Conseil canadien des ministres de l'environnement, Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique-oxygène dissous (eau douce)*. Recommandations canadien. Qualité 'environnement, Winnipeg, le Conseil, 5 p.
- 44** - CCME, 2011 - *Manuel des protocoles d'échantillonnage pour l'analyse de la Qualité de l'eau au Canada*. Recommandations canadien. Qualité 'environnement, Winnipeg, le Conseil PN 1462, ISBN 978-1-896997-79-7, 219 p.

- 45 - CERP, 1992 - *Bilan d'activité, projets de recherche*. Station Harreza Bou-Ismaïl, 2 réf. 92, 52 p (Document inédit).
- 46 - CHALABI A., 2005 - L'aquaculture en Algérie dans son contexte maghrébin. *Pub. Atelier Aquaculture durable en Algérie, 25 - 27 Juin 2005, Sidi Fredj (Alger):* 1 - 39.
- 47 - CHAVE J., 2013 - "The problem of pattern and scale in ecology: what have we learned in 20 years ?". *Ecology Letters*, 16: 4 - 16.
- 48 - CHERBI M., LEK-ANG S., LEK S. et ARAB A., 2008 - Distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen, *C. R. Biologies*, 331, 692 – 702.
- 49 - CHIPPS S.R., BENNETT D.H. and DRESSER J.R., T.J., 1997 - Patterns of fish abundance associated with a dredge disposal island: implications for fish habitat enhancement in a large reservoir. *North American Journal Fisheries Management*, 17: 378 - 386
- 50 - COULTER G.W., 1991 - *Lake Tanganyika and its Life*. Oxford University Press, Oxford. 354 p.
- 51 - CUCHERAT X., (2003). *Etude préliminaire a la mise au point d'une méthodologie de suivi des plans d'eau du bassin Artois-Picardie à l'aide des peuplements de mollusques aquatiques*. Rapport de Dess, Agence de l'eau Artois-Picardie, Douai, 56 p.
- 52 - CUMBERILDGE N., 2008 - *Potamon algeriense*. The Iucn Red List of Threatened Species, Version 2014, 3, Downloaded on 15 Dec. 2015.
- 53 - DAGET J., 1976 - *Les modèles mathématiques en écologie*. Ed. Masson, Paris, 172 p.
- 54 - DAJOZ R., 1971 - *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 p.
- 55 - DAJOZ R., 1975 - *Précis d'Ecologie*. Ed. Dnod, Paris, 549 p.
- 56 - DEGIORGI F., 1994 - *Etude de l'organisation spatiale de l'ichtyofaune lacustre - prospection rnultisaisonnière de 6 plans d'eau de l'Est de la France à l'aide de filets verticaux*. Thèse doctorat, Univ. Fr. Comtê, Besançon, 207 p.
- 57 - DEGIORGI F., GRANDMOTTET J.-P. RAYMOND J.-C et RIVIER B., 2001 - *Echantillonnage de l'ichtyofaune lacustre : engins passifs et protocole de prospection - exemple des filets maillant et emmêlant in GERDEAUX D., Gestion piscicole des grands plans d'eau*. Ed. INRA, Paris, 151 - 181.
- 58 - DEJEN E., VIJVERBERG J., NAGELKERKE L.A.J., and SIBBING F.A., 2004 - Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia*, 513: 39 – 49.
- 59 - DE KERVILLE H., 1886 - *Voyage zoologique en Kroumerie (Tunisie)*. Ed. Baillièrre et fils, Paris, 316 p.

- 60** - DEMBSKI S., MASSON G., WAGNER P. and PIHAN J.C., 2008 - Habitat use by Yoy in the littoral zone of an artificially heated reservoir. *International Rev. Hydrobiol.*, 93 (2): 243 - 255.
- 61** - DE MERONA B., 2005 - *Le fleuve, le barrage et les poissons. Le Sinnamary et le barrage de Petit-Saut en Guyane française*, Ed. IRD, Paris, 135 p.
- 62** - DE MERONA B., HECHT T. et MOREAU J., 1988 - Croissance des poissons d'eau douce africains, in *Biologie et écologie des poissons d'eau douce africains* (Lévêque, C., Bruton, M. N., Ssentongo, G.W. eds). *Collection Travaux et Documents, O.r.s.t.o.m. (Paris)*, 216: 191 - 219.
- 63** - DEMMAK A., 1982 - *Contribution à l'étude de l'érosion et des transports solides en Algérie septentrionale*. Thèse Docteur-Ingénieur, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 323 p.
- 64** - DE MONTIGNY C. and PRAIRIE Y.T., 1993 - The relative importance of biological and chemical processes in the release of phosphorus from a highly organic sediment. *Hydrobiologia*, 253: 141 - 150.
- 65** - DESCOUTURELLE G., 1980 - *Contribution à l'étude du contrôle de l'évolution sexuelle, de la croissance, de la mue et de leurs interactions chez la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti desmaresti* (Millet, 1831)*. Thèse Doctorat d'état, Sci., Univ. Nancy I, u. e. r. phys., chim., biol., 513 p.
- 66** - DETOLLENEARE A., GENIN M., DONATTI O. et MICHA J.C., 1985 - Caractéristiques biologiques de la crevette d'eau douce *Atyaephyra desmaresti* Millet dans la Meuse. *Annls Limnol.*, 21(2): 127 - 140.
- 67** - DEVAUX J. et LAIR N., 1976 - Production primaire et biomasse des populations algales dans un petit lac oligotrophe du massif central français, *Hydrobiologia*, 50: 209 - 220.
- 68** - DHAOUADI-HASSEN S., TRILLES J.P., HARMANTIER G. C et BOUMAÏZA M., 2004 - Ecophysiologie d'une crevette d'eau douce, *Atyaephyra desmarestii* (Millet, 1831) (Crustacea, Decapoda) dans trois barrages tunisiens : résultats préliminaires. *Zool. baetica*, 15: 175 - 183.
- 69** - DJEZZAR M. et DOUMANDJI S. E., 2008 - Diversité des cladocères et diagnose piscicole dans trois lacs de barrage dans la wilaya d'Ain-Defla (Ghrib, Harreza et Sidi m' Hamed Bentaiba). *Con. Int. sur la diversité biologique des invertébrés en milieux agricoles et forestiers, Inst. ati. agro. El Harrach, Alger*, 227-235
- 70** - DJEZZAR M., RYBARCZYK H., MEZIANE T. and DOUMANDJI S.E., 2014 - Influence of hydrologic regime on zooplanktonic diversity of Harreza dam (Haut-Cheliff) Ain Defla Algeria. *International Journal Zoology Research (IJZR)*, 2278 - 8824, 4 (4): 35 - 48.
- 71** - DOVONOU F., AINA M., BOUKARI M. et ALASSANE A., 2011 - Pollution physico-chimique et bactériologique d'un écosystème aquatique et ses risques écotoxicologiques : cas du lac Nokoue au Sud Benin, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 5 (4): 1590 - 1602.

- 72** - DOWNING J.A. and RIGLER F.H. (Eds.), 1984 - *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 500 p.
- 73** - DUBUC, Y. 2007. *Les insectes du Québec*. Broquet Inc. 456 p.
- 74** - DUFOUR E., 2000 - *Utilisation de toxines produites par le mycète B-89 comme moyen de contrôle d'espèces de poissons non-désirés*. Mémoire Univ. Québec, Trois-Rivières, 90 p.
- 75** - DUSSART B., 1969 - *Les Copépodes des eaux continentales*, 2. Ed. Boubée et C^{ie}, Paris, 292 p.
- 76** - DUSSART B., 1992 - *Limnologie. L'étude des eaux continentales*. Ed. Paris : Gauthier-Villars, Collection "faunes et flores actuelles", 680 p.
- 77** - EKLÖV P. 1997 - Effects of habitat complexity and prey abundance on the spatial and temporal distribution of perch (*Perca fluviatilis*) and pike (*Esox lucius*). *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sci.*, 54: 1520 - 1531.
- 78** - ELEFThERIOU A. and HOLME N.A., 1984 - Macrofauna techniques. In: Holme, N.A., McIntyre, A. D. (eds.) *Methods for the study of marine benthos*, 2nd edn. IBP handbook. 16. *Blackwell Scientific public., Oxford*,: 140 - 216.
- 79** - ELVIRA B., 1990 - Conservation status of endemic freshwater fish in Spain. *Biol. Conserv.*, 7: 129 - 136.
- 80** - EVANS R. D., 1994 - Empirical evidence of the importance of sediment resuspension in lakes, *Hydrobiologia*, 284: 5 - 12.
- 81** - FAO., 1992 - *Algérie*. Projet d'appui à l'irrigation (Pai), Rapport d'identification, FAO Centre d'investissement, programme de coopération Fao/Banque mondiale. Rapport n° 4/92 Cp- Alg 36, Rome.
- 82** - FAO., 2001 - *Étude prospective du secteur forestier en Afrique* (Fosa), Algérie, FAO, Rome, s.p.
- 83** - FERNÁNDEZ-ROSADO M.J. and LUCENA J., 2001 - Space–time heterogeneities of the zooplankton distribution in La Concepción reservoir (Istán, Málaga; Spain), *Hydrobiologia*,: 157 – 170.
- 84** - FICHEUR E., 1902 - Les régions naturelles de l'Algérie. *Ann. Géographie*, T. 11, (60): 419 - 437.
- 85** - FQIH-BERRADA D., BERRADA R., BENZEKRI A. et FAHDE A., 2000 - Hétérogénéité horizontale des peuplements microphytoplanctoniques et zooplanctoniques en relation avec les paramètres abiotiques dans la retenue El Kansera. *Rev. Sci. Eau (Maroc)*, 213– 236.
- 86** - FRONTIER S., 1976 - Utilisation des diagrammes rang-fréquence dans l'analyse des écosystèmes. *J. Rech. Océanogr.*, 1 (3) : 35 - 48.

- 87** - FRONTIER S., 1983 - *L'échantillonnage de la diversité spécifique in Stratégie d'échantillonnage en écologie*. Ed. Frontier et Masson, Paris, "Coll. d'écologie", 494 p.
- 88** - GAFNY S. and GASITH A., 2000 - Spatial and temporal variation in the standing biomass of emergent macrophytes : effect of water level fluctuations. *Archive für Hydrobiologie Special issues Advances in Limnology*, 55: 301 - 316.
- 89** - GALHANO M.H., 1979 - Seasonal changes in *Atyaephyra desmaresti* Millet (Decapoda Natantia). *Pub. Inst. Zool. "Dr. A. Nobre"*, 145e Anais Fac. Ciências Porto, 61: 11 - 26.
- 90** - GANNON J.E. and GANNON S.A., 1975 - Observations on the narcotization of crustacean zooplankton. *Crustaceana*, 28: 220 - 224.
- 91**- GARNIER J., LEPORCQ B., SANCHEZ N. and PHILIPPON X., 1999 - Biogeochemical budgets in three large reservoirs of the Seine basin (Marne, Seine and Aube reservoirs). *Biogeochemistry*, 47, 119 – 146.
- 92** - GAUTHIER, H. (1928). Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie, Alger. Imp. Minerva. 419p.
- 93** - GELWICK F.P. and MATTHEWS W.J., 1990 - Distributional ecology of fishes of the littoral zone of Lake Texoma (Oklahoma-Texas). *Environmental Biology Fishes*, 27: 107 - 120.
- 94** - GERKING S. D., 1994 - *Feeding Ecology of Fish*. Academic Press, San Diego, 416 p.
- 95** - GOGALA A., 2009 - *Micronecta poweri* (Douglas & Scott) in Slovenia (Heteroptera: Corixidae), *Acta entomologica slovenica*, 17 (1) : 79 - 82.
- 96** - GRALL J. et HILY C., 2003 - *Traitement des données stationnelles (faune)*. Ed. Rebert, Rennes, Ifremer, 76 p.
- 97** - GRAY C M., ENGEL A.K., KOENIG P. and SINGER W., 1992 - Synchronization of oscillatory neuronal responses in cat striate cortex: temporal properties. *Vis Neurosci*, 8: 337 – 347.
- 98** - GREGOIRE A., 1987 - Caractéristiques hydrobiologiques des réservoirs français à objectifs énergétiques ; *Le naturaliste canadien*, 114: 351 - 356.
- 99** - GREGOR J. and MARSALEK B., 2004 - Fresh water phytoplankton quantification by chlorophyll a: a comparative study in vitro, in vivo and in siti methods. *Water research*, 38, 517 - 522.
- 100** - GROGA N. 2012 - *Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire)*. Thèse Doctorat Univ. Toulouse, 224 p.
- 101** - GUEMRAOUI M. et CHABACA M.N., 2005 - Gestion des grands périmètres d'irrigation : l'expérience algérienne. Mohamed Salah Bachta. Les instruments économiques et la modernisation des périmètres irrigues. *Kairouan, Tunisia, cirad-00193633, Cirad*, 14 p.
- 102** - HABERMAN J., 1998 - Zooplankton of lake Vörtsjärv. *Limnologica*, 28: 49 - 65.

- 103** - HADE A., 2003 - *Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger*. Ed. Fides, Quebec, 359 p.
- 104** - HAKANSON L., 2005 - The importance of lake morphometry for the structure and function of lakes. *International Review Hydrobiology*, 90: 433 - 461.
- 105** - HAMAIDI F., HAMAIDI M.S., GUETARNI D., SAÏDI F. et MOHAMED SAÏD R. (2008) - Rotifères de l'oued Chiffa (Algérie). *Bull. Institut Sci.Rabat, section Sci. Vie*, 30: 19 - 27.
- 106** - HAMAIDI-CHERGUI F., HAMAIDI M. S, BRAHIM ERRAHMANI M. and BENOUAKLIL F., 2013 - Studies on biodiversity of rotifera in five artificial lakes in Algeria. *Systematical zoogeographical remarks*, 03, 57: 115 - 138.
- 107** - HANEY J.F. and HALL D.J., 1973 - Sugar-coated Daphnia: a preservation technique for Cladocera. *Limnol. Oceanogr.*, 18: 331 - 333.
- 108** - HARKAT S., ARABI M. et TALEB S., 2011 - Impacts des activités anthropiques sur l'érosion hydrique et la pollution de l'eau de surface dans le bassin versant du Cheliff, Algérie. *Rev. Sci. techn. ljee*, 19: 56 - 75.
- 109** - HAYES D. B., FERRERI C. P. and TAYLOR W. W., 1996 - Linking fish habitat to their population dynamics. *Canadian Journal Fisheries Aquatic Sciences*, 53: 383 - 390.
- 110** - HEIP C., VINCX M., and VRANKEN G., 1985 - Ecology of marine nematodes. *Oceanography Mar. Biol. Ann. Rev.*, 399 - 489.
- 111** - HENIA L. 1993 – *Climat et bilan de l'eau en Tunisie, essai de régionalisation climatique par les bilans hydriques*. Ed. Publications fac. Sci. humaines sociales Tunis, 391 p.
- 112** - HERVE S., HEINONEN P. and PAASIVIRTA J., 2002 - Survey of organochlorines in Finnish watercourses by caged mussel method. *Resources, Conservation Recycling*, 35: 105 - 115.
- 113** - HAZEM Z., MEHDADI Z. et BACHIR-BOUIADJRA S.E., 2009 - L'étude de l'évaluation du peuplement zooplanctonique et physicochimique du lac Sidi M'hamed Benali de la wilaya de Sidi-Bel-Abbès. *Colloque Gestion ressources naturelles développement durable*, 2009, Sidi-Bel-Abbès, : 1 - 87.
- 114** - HOLMGREN K. and APPELBERG M., 2000 - Size structure of benthic freshwater fish communities in relation to environmental gradients. *Journal Fish Biology*, 57: 1312 - 1330.
- 115** - HUPFER M. and LEWANDOWSKI J., 2008 - Oxygen controls the phosphorus release from lake sediments - a long-lasting paradigm in limnology. *Int. Rev. Hydrobiol.*, 93: 415 - 432.
- 116** - JANSSON A., 1986 - The Corixidae (Heteroptera) of Europe and some adjacent regions. *Acta Entomol. Fennica*, 47: 1 - 94.
- 117** - KALFF J., 2002 - *Limnology*. Ed. Prentice-Hall, Inc., Upper Saddle River, NJ 07458, 592 p.

- 118** - KALIKHMAN I., YACOBI Y. Z. and GOPHEN M., 2003 - Distribution fields for aquatic ecosystem components: method of optimization of correlation zones. *Ices Journal Marine Science*, 60, 1: 1 - 10.
- 119** - KARA H.M., 2012 - Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species. *European journal wildlife res.*, 58, 243 - 253.
- 120** - KAZI J.U., KABIR N.N., FLORES-MORALES A. and RÖNNSTRAND L., 2014 - proteins in regulation of receptor tyrosine kinase signaling. *Cell Mol. Life Sci.*, 71, 17: 297 - 310.
- 121** - KEAST A. and HARKER J., 1977 - "Fish distribution and benthic invertebrate biomass relative to depth in an Ontario lake. *Environ. Biol. Fishes*, (2): 235 - 240.
- 122** - KEAST A. and FOX M.G., 1990 - Fish community structure, spatial distribution and feeding ecology in a beaver pond. *Environ. Biol. Fishes*, 27: 201 - 214.
- 123** - KEGLEY S. E., HILL B. R., ORME S. and CHOI A. H., 2009 - PAN Pesticide Database. Pesticide Action Network, North America, San Francisco, CA., s.p.
- 124** - KOPACEK J., STUHLIK E., STRASKRABOVA V. and PSENAKOVA P., 2000 - Factors governing nutrient status of mountain lakes in the Tatra Mountains. *Freshw. Biol.*, 369 – 383.
- 125** - KORÍNEK V., 1999 - *A guide to limnetic species of Cladocera of African inland waters (Crustacea, Branchiopoda)*. Occasional Publication, Geneva, internati. assoc. theoretic. Appl. Limnol., Blt, (1): 1- 57.
- 126** - KOSTE W., 1978 - *Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk begr. von Max Voigt, Uberordnung Monogononta, Gebruder Borntraeger*. Berlin and Stuttgart, Association for the Sciences of Limnology and Oceanography, Inc. V. 1, text, 673 p., V. 2, plates, 476 p.
- 127** - KREILING R. M., RICHARDSON W. B., CAVANAUGH J. C., and BARTSCH L. A., 2011 - Summer nitrate uptake and denitrification in an upper Mississippi River backwater lake: the role of rooted aquatic vegetation. *Biogeochemistry*, 104, (1-3): 309 – 324.
- 128** - KUTIKOVA L.A., 1970 - *Rotifera fauna of the USSR, Subclass Eurotatoria, Nauka*. Leningrad, Fauna SSSR Vol., 104, 744 p.
- 129** - LABROUE L., CAPBLANCQ J. et DAUTA A., 1995 - Cycle des nutriments : l'azote et le phosphore. in POURRIOT et MEYBECK. *Limnologie générale*. Ed. Masson, Paris. "Collection Ecologie", 25, 727 - 764.
- 130** - LACAZE J-C., 1996 - *L'eutrophisation des eaux marines et continentales : causes, manifestation, conséquences et moyens de lutte*. Ed. Ellipses, Paris, 180 p.
- 131** - LAFFAILLE P., BROSSE S., GABAS S. and LEK S., 2001 - Fish spatial distribution in the littoral zone of Lake Pareloup (France) during summer. *Archive Für Hydrobiologie*, 153 (1) : 129 - 144.

- 132** - LANEZ G., 2005 - *Les cyanobactéries ou algues bleues*. Ed. Eaux et rivières de Bretagne, 4 p.
- 133** - LAPOINTE R., 1977 - *Interprétation des données limnologiques*. Départ. Biol., Collège Côte-Nord, Campus Manicouagan , Quebec, s.p.
- 134** - LEGARE S., 1998 - *Étude limnologique du lac Saint-Charles 1996-1997*. Départ. Biol., Université Laval, 85 p.
- 135** - LEGENDRE L. et LEGENDRE P., 1979 - *Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques*. Ed. Masson, Paris, Presses univ. Québec, 197 p.
- 136** - LEIRA M. and CANTONATI M., 2008 - Effects of water-level fluctuations on lakes: an annotated bibliography. *Hydrobiologia*, 613: 171 - 184.
- 137** - LEVEQUE C. and QUENSIERE J., 1988 - Fish Communities in Shallow Lakes. Leveque, C., Bruton, M.N., and Ssentongo, G.W., (eds.) *Biology and Ecology of African Freshwater Fishes*. *ORSTOM Paris, France*, 216, 303-324.
- 138** - LEVIN S. A., 1992 - "The problem of pattern and scale in ecology." *Ecology*, 73, 6, 1943-1967.
- 139** - LEWIN W. C., MEHNER T., RITTERBUSCH D. and BRAEMICK U., 2014 - "The influence of anthropogenic shoreline changes on the littoral abundance of fish species in German lowland lakes varying in depth as determined by boosted regression trees." *Hydrobiologia*, 724, 1, 293-306.
- 140** - LINFIELD R.S.J., 1984 - The impact of zander (*Stizostedion lucioperca* (L.)) in the United Kingdom and the future management of affected fisheries in the Anglia region. *Eifac Technical Paper*, 42, 2, 353-362.
- 141** - M.P.R.H. 2005 – *Pêches et aquaculture en Algérie*. Ed. M.P.R.H. Alger, 83 p.
- 142** - MAHMOUDI E., BEYREM H. et AISSA P., 2002 - Réponse des nématodes libres à la qualité des eaux et des sédiments de la lagune de Ghar El Melh, *Ed. Cah. Biol. Mar.* (Tunisie), 83 - 93.
- 143** - MARCEL J., 1996 - *Production piscicole maîtrisée en plans d'eaux*. Edition ITAVIE. 73 p.
- 144** - MEDDI M., 1999 – Etude du transport solide dans le bassin versant de l'oued Ebda (Algérie), *Zeitschrift fur Geomorphologie*, 43, 167 – 183.
- 145** - Mazzella L., De Bortoli J. et Argillier C., 2010 - *Note technique : Protocole d'échantillonnage des invertébrés benthiques adapté aux plans d'eau naturels profonds*, Unité de Recherche Hydrobiologie, Equipe Ecosystèmes Lacustres, Aix en Provence, document provisoire, 9p.
- 146** - MEDDI H. et MEDDI M., 2007- Variabilité spatiale et temporelle des précipitations du Nord -Ouest de l'Algérie. *Géographia Technica*, 2, 49 - 55.

- 147** - MEDDI H. et MEDDI M., 2009 - Étude de la persistance de la sécheresse au niveau de sept plaines algériennes par utilisation des chaînes de Markov (1930-2003), *Courrier du savoir*, 9, 39 - 48.
- 148** - MEDJBER A., 2011 - Influence de la variabilité des précipitations sur le taux de sédimentation dans plusieurs barrages algériens. *Rev. Scientifique technique, Ljee*, 19, 90 - 99.
- 149** - MEGUENNI K. et REMINI B., 2008 - Evaluation du débit solide dans le bassin versant de Harreza (Algérie), *Larhyss Journal*, (7): 7 - 19.
- 150** - MEISCH C., 1988 - Ostracodes récoltés à Paris avec une clef pour la détermination des espèces européennes du genre *Ilyocypris* (Crustacea, Ostracoda), *Bull. Soc. Nat. Luxemb.*, 88, 145-163.
- 151** - MEYBECK M., DE MARSILLY G. et FUSTEC E. 1998 - *La Seine en son bassin : Fonctionnement écologique d'un système fluvial anthropisé*. Ed. Elsevier, Paris, 749 p.
- 152** - MIDWOOD J. D. and CHOW-FRASER P., 2012 - Changes in aquatic vegetation and fish communities following 5 years of sustained low water levels in coastal marshes of eastern Georgian Bay, Lake Huron. *Global Change Biology*, 18, (1): 93 - 105.
- 153** - MOKHTARI E., 2009 - *Contribution à l'étude du transport solide en suspension Bassin de l'Oued Cheliff – Ghrib*, Un. Badji Mokhtar, Annaba, 171 p.
- 154** - MOSS B., 1998 - *Ecology of freshwater: Man and medium, past to future*. Oxford: Blackwell Science, 557 p.
- 155** - MPRH, 2006 - *les statistiques des pêches 2000-2005*. M.P.R.H. ; route des quatre canons, Alger gare. Alger, 35 p.
- 156** - MPRH, 2014 - *Secteur de la pêche et de l'aquaculture, bilan (2012-2014), Prospective 2030 et projets, Aquapeche 2020*, Alger, 72 p.
- 157** - NIJSEN H. et DE GROOT S.J., 1974 - Catalogue of fish species in the Netherlands. *Beaufortia*, 21, 173-207.
- 158** - NOGRADY T., POURRIOT R., and SERGERS H., 1995 - *Rotifera. 3. The Notommatidae and the Scaridiidae. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental water of the world*, in H.J. DUMONT edit., 8, SPB Academic Publishing, La Haye, 248 p.
- 159** - OBERDORFF T., GUEGAN J.F. and HUGUENY B., 1995 - Global scale patterns of fish species richness in rivers. *Ecography*, 18, 345-352.
- 160** - ONANA F.M., ZEBAZE TOGOUET S. H., NYAMSI TCHATCHO N.L., DOMCHE TEHAM H.B. et NGASSAM P., 2014 - Distribution spatio-temporelle du zooplancton en relation avec les facteurs abiotiques dans un hydrosystème urbain : le ruisseau Kondi, Cameroun. *Journal Appl. Biosciences*, 82, 7326 – 7338.
- 161** - OPI, 2005 - *Économie de l'eau dans les Grands Périmètres d'Irrigation (GPI)*. Rapport ONID, Alger, 28 p.

- 162** - OULD ROUIS S., OULD ROUIS A., MICHA J.C. et ARAB A., 2012 - Biologie de la reproduction du Cyprinidae, *Barbus callensis* dans le lac de barrage Hamiz (Algérie), *Tropicultura*, 30, (2): 88 - 93.
- 163** - PAERL H.W. and HUISMAN J., 2008 - Climate – Blooms like it hot. *Science*, 320, 57 – 58.
- 164** - PEHLIVANOV L., 1998 - On the role of zooplankton in food of some numerous fish species in lake system Shabla-Ezerets (Northeastern Bulgaria). In: Biodiversity of Shabla lake system. Golemansky, V.G., Naidenow, W.T., Eds., "Prof. Marin Drinov". *Academic Publ. House*, 107 - 114.
- 165** - PELLEGRIN J., 1939 - Les barbeaux de l'Afrique du Nord française : description d'une espèce nouvelle. *Bull. Soc. Sci. Nat. Maroc*, 19, (1): 1 - 10.
- 166** - PIASECKI W., GOODWIN A.E., EIRAS J.C. and NOWAK B.F., 2004 - Importance of Copepoda in freshwater aquaculture. *Zoological Studies*, 43, (2): 193 - 205.
- 167** - PIERCE C. L., RASMUSSEN J. B. and LEGGETT W. C., 1993 - "Littoral fish communities in Southern Quebec lakes - Relationships with limnological and prey resource variables." *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 51, 5, 1128 - 1138.
- 168** - PIERSON D. C. and WEYHENMEYER G. A., 1994 - High resolution measurements of sediment resuspension above an accumulation bottom in a stratified lake. *Hydrobiologia*, 284, 43 - 57.
- 169** - PNE, 1996 - *Plan National de l'Eau*. Rapport Général, décembre 1996, M.R.E, Alger, s.p.
- 170** - POURRIOT R. et MEYBECK M., 1995 - *Limnologie générale*. Ed. Masson, Paris, 956 p.
- 171** - POWER M., DIETRICH W.E. and FINLAY J.C., 1996 - Dams and downstream aquatic biodiversity: potential food web consequences of hydrologic and geomorphic change. *Environmental Management*, 20, (6): 887 - 895.
- 172** - PREPAS E., 1978 - Sugar frosted Daphnia: An improved fixation technique for Cladocera, *Limnol. Oceanogr.*, 23, 557 - 559.
- 173** - RAMADE F., 1984 - *Eléments d'écologie*. Ecologie fondamentale, Mac-Graw-Hill, Paris, 397 p.
- 174** - RAMDANI M., 1982 - Les entomostraces de la Merja Sidi Boughaba, *Bull. Institut Sci., Rabat*, (6): 105 - 117.
- 175** - REMINI W. et REMINI B., 2003 - La Sedimentation dans les barrages de l'Afrique du Nord. *Larhyss Journal*, 2: 45 - 54.
- 176** - REMINI B., 2006 - *La problématique de l'eau en Algérie*, Ed. Office presse univ., Alger, 182 p.

- 177** - REMINI B., LEDUC C. et HALLOUCHE W., 2009 - Evolution des grands barrages en régions arides : quelques Exemples algériens. *Sécheresse*, 20, 1, 96 - 103.
- 178** - Reynolds C.S., 1984 – Phytoplankton periodicity: the interactions of form, function and environmental variability. *Freshwater Biol.*, 14, 111 – 142.
- 179** - REYNOLDS R W. and SMITH T M., 1998 - A High-Resolution Global Sea Surface Temperature Climatology for the 1961–90 Base Period. *J. Climate*, 11: 3320 – 3323.
- 180** - REYS-MARCHANT P., TALEB H. and LAIR N., 1994 - Relationships between predation and growth rates of fish fry (*Rutilus rutilus*) in the littoral zone of Lake Aydat, France, *Verh. Internat. Verein. Limnol.*, 25, 2153 - 2157.
- 181** - RIEMAN B.E. and MYERS D.L., 1992 - Influence of fish density and relative productivity on growth of kokanee in ten oligotrophic lakes and reservoirs in Idaho. *Transactions American Fisheries Society*, 121, 178 - 191.
- 182** - ROBILLARD S., BEAUCHAMP G. and LAULIER M., 2003 - The role of abiotic factors and pesticide levels on enzymatic activity in the freshwater mussel *Anodonta cygnea* at three different exposure sites. *Comparative Biochemistry Physiology*, 135, (C), 49 - 59.
- 183** - ROCHE INTERNATIONAL, 2000 - *Etude du Projet d'aménagement des plans d'eau du sud-Bénin ; Synthèse de l'état des lieux et cadre de développement*. Rapport final, Roche international, Quebec, 90 p.
- 184** - RODIER J., 1984 - *L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer*. Ed. Dunod, Paris, 1365 p.
- 185** - RODIER J. 1990 - *L'analyse de l'eau*. Ed. Dumond, Paris, 187 p.
- 186** - ROJO C. ORTEGA-MAYAGOITIA E., RODRIGO M.A., and ALVAREZ-COBELAS M., 2000 - Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the National Park "Las Tablas de Daimiel" (Spain)", *Arch. Hydrob.*, 148, 3, 397 - 419.
- 187** - ROSENZWEIG, M. L., 1991 - "Habitat selection and population interactions - The search for mechanism." *American Naturalist*, 137, S5 - S28.
- 188** - ROUABAH A. et GEORGES G., 1989 - *Synthèse des données biologiques dans la reproduction artificielle des cyprinidés, Station piscicole de Harreza*. Rapport d'activité. Centre d'Etudes recherches Piscicoles (CERP), Alger, document inédit, 45 p.
- 189** - ROY R., 2014 - *Distribution spatiale et activité des poissons en milieu lacustre : impacts des facteurs environnementaux à partir d'une approche multi-échelle. Application à la retenue des Bariousses*, Thèse Doctorat Univ. Aix Marseille, 224 p.
- 190** - ROZAS L.P. and ODUM W.E., 1988 - Occupation of submerged aquatic vegetation by fishes— testing the roles of food and refuge. *Oecologia*, 77, 1, 101 - 106.
- 191** - RUIZ A.R., 1998 - Fish species composition before and after construction of a reservoir on the Guadalete River (SW Spain). *Archiv für Hydrobiologie*, 142, 353 - 369.

- 192** - RYDING S.O. et RAST W., 1994 - *Le contrôle de l'eutrophisation des lacs et des réservoirs*. Ed. Masson, Paris, 1–294 p.
- 193** - SADANI M., OUAZZANI N. et MANDI L., 2004 - Impact de la sécheresse sur l'évolution de la qualité des eaux du lac Mansour Eddahbi (Ouarzazate Morocco), *Rev. Sci. eau*, 17 (1): 69 - 90.
- 194** - SAMRAOUI B., SERGERS H., MAAS S., BARIBWENGURE D. and DUMONT H.J. (1998) - Rotifera, Cladocera, Copépoda and Ostracoda from costal wet lands in northeast Algeria. *Arch. Hydrobiol.*, Vol. 386: 183 - 193.
- 195** - SAVINO J. F. and STEIN R. A., 1989 - Behavior of fish predators and their prey - habitat choice between open water and dense vegetation. *Environmental Biology Fishes*, 24, (4): 287 - 293.
- 196** - SCHIEMER F., ZALEWSKI M. and THORPE J. E., 1995 - Land and inland water ecotones – intermediate habitats critical for conservation and management. *Hydrobiologia*, 303, (1-3): 259 - 264.
- 197** - SCHLAEPFER R. et BUTLER R., 2004 – Critères et indicateurs de la gestion des ressources forestières: Prise en compte de la complexité et de l'approche écosystémique. *Rev. forestière française*, 56, 431 – 444.
- 198** - SCHMIEDER K., 2004 - European lake shores in danger - concepts for a sustainable development. *Limnologica*, 34 (1-2): 3 - 14.
- 199** - SCHULZ K.L. and YURISTA P.M., 1999 - Implications of an invertebrate predator's (Bythotrephes cederstroemi) atypical effects on a pelagic zooplankton community. *Hydrobiologia*, 380: 179 - 193.
- 200** - SCOURFIELD D.J. and HARDING J.P., 1966 - A key to the British species of freshwater Cladocera. *FBA Sci. Publ. Of the Freshwater Biological Association*, 5, 3rdedn, 1-55.
- 201** - SÉGUY E., 1923 - *Diptères Anthomyides . Faune de France*, 6. Ed. Lechevalier, Paris, 393 p.
- 202** - SEMID, 2005 - *Approvisionnement en eau et assainissement au niveau local*. Rapport par pays, Algérie, système euro- méditerranéen d'informations sur les savoir-faire dans le domaine de l'eau, 21 p.
- 203** - SEURAT L.G., 1921 - Faune des eaux continentales de la Berbérie. *Publication Univ. Fac. Sc., Alg.*, 1 - 66.
- 204** - SI YUCEF M., 2013 – Eau et sécurité alimentaire en Algérie. *Séminaire Eau et sécurité alimentaire en Méditerranée*, Montpellier.
- 205** - SOLLAUDE E., 1939 - Sur un *Paleomonetes* endémique *P. zariquieyi*, n. sp, localisée dans la plaine littorale du golfe de Valence. *Trav. Sta. Zool. Wimerreux*, 13: 635 - 645.
- 206** - TACHET H., RICHOUX P., BOURNAUD M. et USSEGLIO-POLATERA P., 2003 - *Invertébrés d'eau douce, systématique, biologie, écologie*. Ed. CNRS, Paris, 587 p.

- 207** - TAOUFIK M. et DAFIR J.E., 2002 - Comportement du phosphore dans le sédiment des barrages de la partie aval du bassin versant d'Oum Rabiaa (Maroc). *Rev. Sci. Eau*, 15 (1): 235 - 249.
- 208** - THEVENIN J., 1939 - Empoisonnement des grands barrages-réservoirs d'Algérie : introduction de truite arc-en-ciel (*Salmo irideus gibbous*) dans les lacs du Ghrib et de Oued Fodda. *Station d'aquaculture et de pêche de Castiglione*, (2): 11 - 69.
- 209** - THEVENIN J., 1948 - Empoisonnement des barrages - réservoirs de l'Algérie. *Extr. Terres et eaux, Alger*, 4, 19 - 38.
- 210** - TOUAZI M., BHIRY N., LABORDE J.P. et ACHOUR F., 2011 - Régionalisation des débits moyens mensuels en Algérie du nord, *Rev. Sciences eau, Journal Water Science*, 24, (2): 177 - 191.
- 211** - TUZIN D. et MASON, 1996 - *La clarification des eaux dans les lacs réservoirs*. In Gropa 2012, ecologie fonctionnelle, Th. Doct. Toulouse, 224 p.
- 212** - TYMEN R., 1997 - *Traitement curatifs de l'eutrophisation sur quelques retenues du bassin Loire Bretagne*. Rapport de synthèse, Agence de l'eau Loire Bretagne, Univ. Louis Pasteur Strasbourg, Inst. Géol., 56 p.
- 213** - VADAS R.L., 1990 - Comparative foraging behavior of tropical and boreal sea urchins. in HUGHES R.N. (Ed.), *Behavioural mechanisms of food selection*. Springer-Verlag, Berlin, 479 - 514.
- 214** - VADEBONCOEUR Y., VANDER ZANDEN M.J. and LODGE D.M., 2002 - Putting the lake back together: reintegrating benthic pathways into lake food web models. *Bioscience*, 52: 44 - 55.
- 215** - VADEBONCOEUR Y., JEPPESEN E., VANDER ZANDEN M.J., SCHIERUP H.H., CHRISTOFFERSEN K. and LODGE D.M., 2003 - From Greenland to green lakes: cultural eutrophication and the loss of benthic energy pathways in lakes. *Limnology Oceanography*, 48: 1408 - 1418.
- 216** - VALLOTTON N., 2008 - Rivers and Herbicides, Effects of Fluctuating Concentrations on Aquatic Organisms gwa - *Gas Wasser Abwasser*, 787 - 795.
- 217** - VAN OOSTROM F., (1995). 'De toga van Jonckbloet'. in Van Oostrom e.a. (red.), Grote lijnen. Syntheses over Middelnederlandse letterkunde. Amsterdam, Prometheus, 9 - 26.
- 218** - VERA A., 2005 - *Stratégies de développement du copépode calanoïde Mixodiaptomus laciniatus dans un lac de montagne: approche par les biomarqueurs lipidiques et pigmentaires*. Ecology, environnement, Univ. Blaise Pascal, Clermont-Ferrand II, Nnt, Clf21623, 341 p.
- 219** - VIBOUD S., 2003 - *Dynamique du carbone organique et efficacité de production du bactérioplancton dans la zone pélagique des lacs*. Thèse, Univ. Savoie et Univ. Genève, 274 p.

- 220** - VINÇON-LEITE B. 1991 - *Contribution de la modélisation mathématique à l'étude de la qualité de l'eau dans les lacs sub-alpins: le lac du Bourget (Savoie)*. Thèse, Ecole Nati. Ponts et Chaussées, 274 p.
- 221**- VIOLLIER E., MICHARD G., JEZEQUEL D., PEPE M. and SARAZIN G., 1997 - Geochemical study of a crater lake: Lake Pavin, Puy de Dôme, France. Constraints afforded by the particulate matter distribution in the element cycling within the lake. *Chem. Geol.* 142, 225 - 241.
- 222** - VORSTMAN A.G., 1955 - Investigation on the life cycle of *Atyaephyra desmaresti* (Millet). *Verh. Int. Verein., Limnol.*, 12, 469 - 477.
- 223**- WANG Y.Y., YU X.B., LI W.H., XU J., CHEN Y.W. and FAN N., 2011 - Potential influence of water level changes on energy flows in a lake food web. *Chinese Sci. Bull.*, 56: 2794 - 2802.
- 224** - WELCOMME R.L., 1979 - *Fisheries ecology of flood plain rivers*. Longman Group Limited, London, 317 p.
- 225** - WERNER E. E., HALL D. J., LAUGHLIN D. R., WAGNER D. J., WILSMANN L. A. and FUNK F. C., 1977 - Habitat partitioning in a freshwater fish community." *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 34, (3): 360 - 370.
- 226** - WESTHOFF M.C., SAVENIJE H.H.G., LUXEMBURG W.M.J., STELLING G.S., VAN DE GIESEN N.C., SELKER J.S., PFISTER L. and UHLENBROOK S., 2007 - A distributed stream temperature model using high-resolution temperature observations. *Hydrology Earth System Sci.*, 11, 1469 - 1480.
- 227** - WETZEL R.G., 1975 – *Limnology*. Saunders, Philadelphia, 743 p.
- 228** - WETZEL R.G., 1979 - The role of the littoral zone and detritus in lake metabolism. *Arch. Hydrobiol.*, 13, 145-161.
- 229** - WETZEL R.G., 2001 – *Limnology - Lake and River Ecosystems*. Third Ed. Academic Press, San Diego, 1006 p.
- 230** - WHITE I., MELVILLE M.D., SAMMUT J, WILSON B.P. and BOWMAN G.M., 1996 - Downstream impacts from acid sulfate soils in Hunter HM, Eyles AG, Rayment GE, editors. Downstream effects of land use. *Queensland: Department Natural Resources, Brisbane*,: 165 - 172.
- 231** - WHITE M. D., 1998 - Horizontal distribution of pelagic zooplankton in relation to predation gradient. *Ecography*, 21, 44 - 62.
- 232** - WOOTTON R.J., 1990 - *Ecology of teleost fishes (Fish and Fisheries series)*. Ed. Chapman, Hall, London, 404 p.
- 233** - YON V., 2004 - *Mesure en continu de l'oxygène dissous dans le lac du Bourget (Savoie), relation avec la production phytoplanctonique*. DEA, Univ. Pierre et Marie Curie, Univ. Paris-Sud, Ecole Mines de Paris et Ecole nationale Génie Rural Eaux et des Forêts, 50 p.

- 234** - ZOHARY T. and OSTROVSKY I., 2011 - Ecological impacts of excessive water level fluctuations in stratified freshwater lakes. *Inland Waters*, (1) : 47 - 59.
- 235** - ZOUAKH D.E. et BOUHADAD R., 2002 - Potentialités aquacoles des eaux continentales algériennes. *Comm. Journée mond. Aliment.*, 17 octobre 2002, Alger.
- 236** - ZOUAKH D.E., ADJOUT H., BOUROUBI H., ZEGHIMI M. L. et BOUHADAD. R., 2004 - Étude expérimentale de l'adaptation à la salinité d'un poisson d'eau douce *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae). *Congrès annuel Soc. Zool. France*, 4-6 octobre 2004, Reims.
- 237** - ZOUAKH D.E., MOULLA M., BOUHADAD R. et CHERBI M. 2005 - Ichtyofaune, macrofaune benthique et peuplements zooplanctoniques des hydrosystèmes du Hoggar et du Tassili. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 130, (I) : 55 - 80.
- 238** - ZOUAKH D.E. and MEDDOUR A., 2007 - Current situation of aquaculture in Algeria, *Aquaculture Europe 2007*, 24-27 november 2007, Istanbul.

ANNEXE

Tableau 8 - Réserves en eau enregistrées entre 2009 et 2010 dans les trois barrages, Ghrib, Harreza et Smbt.

Mois/Année	Volume des 3 barrages en hm ³ / Mois					
	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	20,572	46,783	3,415	8,781	75,003	74,354
Février	20,164	46,671	3,443	8,965	75,003	73,755
Mars	34,883	43,97	3,809	13,235	75,003	73,212
Avril	40,785	41,79	3,893	17,624	75,003	71,467
Mai	50,834	49,87	4,154	18,826	75,003	64,754
Juin	51,425	52,14	3,309	13,487	73,755	59,832
Juillet	46,916	51,69	3,736	17,525	71,531	56,703
Aout	38,079	40,18	2,782	11,348	67,454	64,108
Septembre	28,519	39,01	1,643	9,796	58,833	59,106
Octobre	28,569	27,76	3,543	8,998	59,242	63,17
Novembre	42,285	42,12	4,519	6,96	56,703	68,703
Décembre	46,664	47,59	5,96	4,239	62,556	75,003
Total	449,695	529,574	44,206	139,784	825,089	804,167
Moyenne/Mois	37,47±11,01	44,13±6,74	3,68±1,02	11,65±4,58	68,76±7,40	67,01±6,56

Tableau 10 - Températures (T°c) des eaux de surface des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages	Stations/ Année	Températures (t°c) / mois											
		Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jut	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc
Ghrib	AS1	11	10	16	14	21	24	26	30	25,6	22	16	13
	AS2	11,2	10,2	15,7	13,8	21,3	24,1	26	30	26,1	22,3	15,8	13,1
	AS3	9,7	8,6	17,3	14,2	21,1	23,2	25,2	28,3	26,7	23,8	14,6	11
	AS4	10,1	8,9	16,9	12	20,9	24,4	25	29,2	25,9	21,6	13	10,4
	AS5	11,2	10,3	16,3	14	21	22,8	25,2	30,2	25,7	22	14,2	11,3
	BS1	11,4	10,7	15,6	14,9	21	23,8	25,7	29,7	25,6	23,1	18,2	13,3
	BS2	11,3	10,8	15,6	14,8	21,2	23,9	25,9	29,6	25,3	23,2	18,7	13,4
	BS3	10,7	8,9	16,4	14,7	21,1	23,7	25,8	28,4	25,9	23,2	17,5	13,1
	BS4	10,8	8,9	16,3	14,4	21,9	23,6	25,7	29,7	25,4	23,4	17,8	13,4
	BS5	10,7	9,2	16,3	14,6	21,6	23,8	25,8	29,4	25,3	23	17,4	12,3
Harreza	AS1	10,5	10,3	9,5	15	22	23	25,5	27,6	26	21	12	11
	AS2	10,2	10,8	9,9	15,8	21,9	23,1	26	29,7	26,3	21,3	11,9	11,9
	AS3	9,5	10,3	9,3	15,2	21,1	23,4	26,7	29,1	26,9	21,5	11,3	11
	AS4	10,2	10,9	9,5	15,3	20,9	22,9	25,5	29,2	26,8	21,6	11,4	10,8
	AS5	10,2	10,3	9,3	15	21	22,6	25,2	29,2	26,3	21,2	11,2	11,1
	BS1	10,8	9,6	9,1	14,3	21,9	22,4	24,6	27,9	25,2	20,2	14,3	10,8
	BS2	10,7	9,7	9,2	14,6	21,9	24,3	25,3	28,4	25,4	20,3	14,1	10,9
	BS3	10,6	9,4	9,2	15,1	21,7	24,4	26,1	29	25,7	21	14,3	11
	BS4	10,7	9,6	9,3	14,9	21,6	24,9	25,9	29,1	26,2	20,6	14,4	10,9
	BS5	10,1	9,4	8,9	14,7	21	23,8	25,2	28,4	25,9	20,2	13,8	10,7

Smbt	AS1	11	10,8	16,3	13,8	21,6	24,1	26,2	28,9	26,7	22	15,6	11,3
	AS2	11,4	10,9	16,2	13,9	21,4	24,1	26	29,1	26,5	22	15,8	11,1
	AS3	11,7	9,7	16,3	14	21,1	23,4	25,6	28,7	26,7	22,8	15,6	11
	AS4	10,9	9,9	16,9	14	21,3	23,8	25,5	28,6	26,8	22,7	15,7	11,2
	AS5	11,2	10,3	16,3	14,2	21,4	23,1	25,4	29,7	25,8	22,6	15,2	11,3
	BS1	11,6	10,9	13,5	14,9	20,9	23,3	25,9	28,7	25,2	21	15,3	12,2
	BS2	11,5	10,7	13,7	14,9	21	23,3	26,1	29	25,3	21	15,4	12,1
	BS3	11,6	10,6	13,4	14,6	21,1	23,5	25,8	28,7	25,6	21,6	15,8	12,3
	BS4	11,3	10,9	13,6	14,5	21,1	23,7	25,9	28,6	25,9	21,8	15,6	12,2
	BS5	11,1	10,3	13,4	14,6	21	23,6	25,7	29,1	25,3	21,7	15,3	12,1

Tableau 11 - Profile hydrothermique (station S5) du barrage Ghrib en 2010

Profondeur Barrage Ghrib (m)	Températures (°c)/ mois											
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1	25,7	22	14,2	11,3	11,2	10,3	16,3	14	21	22,8	25,2	30,2
2	25,7	22	14,1	11	11	10,1	16,1	14	21	22,3	25,1	29
3	25,6	22	14,1	11	11	10	16,1	14	21	22,3	25,1	29
4	25,3	21,6	13,3	11	10,7	10	15,9	14	20,7	22,2	25,1	28,6
5	25,2	21,5	13,2	11	10,7	9,7	15,8	12,3	20,7	22,1	24,9	28,6
6	24,9	21,1	13,1	11	10,4	9,6	15,6	12,3	20,3	19,8	24,7	28,3
7	24,8	21	12,7	10,4	10,4	9,4	15,1	12,1	20,2	19,8	24,3	28,2
8	24,6	20,7	12,1	10,1	10,1	9,4	14,8	12	20,1	19,7	24,1	28,1
9	24,6	20,4	11,2	10	10,1	9,3	13,6	12	19,7	19,7	22,8	27,9
10	24,3	20,3	10,9	10	9,7	9	12,7	12	19,6	19,7	21,3	24,3
11	24,3	20,3	9,7	10	9,7	9	12,4	11,7	19,5	19,7	19,7	21,8
12	24,2	20	8,9	9,4	9,6	9	12,3	11,7	19,3	17,3	19,6	21
13	24,1	19,6	8,9	9,3	9,5	9	11,8	11,3	19,2	16,1	19,6	21
14	22,4	19,5	8,6	9,2	9,2	9	11,6	11,2	19	14,8	19,4	21
15	21,1	19,5	8,6	9,2	9,1	8,9	11,2	11,2	18,7	14,7	19,3	-
16	21,1	19,1	8,5	9,1	8,8	8,9	10,9	11	18,6	14,7	-	-
17	-	19	8,3	8,6	8,4	8,6	10,9	10,4	18,3	14,7	-	-
18	-	19	8,2	8,5	8,2	8,5	10,7	10,4	17,8	14,6	-	-
19	-	18,7	8,2	8,3	8,1	8,5	10,1	10,3	17,6	14,5	-	-
20	-	18,3	8,1	8,2	7,9	8,4	9,8	10,1	17,3	14,4	-	-
21	-	18,2	8,1	8	7,9	8,3	9,7	10,1	17	-	-	-
22	-	19,2	8	8	7,9	8,1	9,3	10	17	-	-	-
23	-	19	8	8	7,3	8,1	9,1	10	16,9	-	-	-

Annexes

24	-	19,2	8	7,9	8,2	8	9	10	16,8	-	-	-
25	-	-	7,8	7,9	8,3	6,2	8,9	9	-	-	-	-
26	-	-	7,5	7,6	8,1	6	8,9	9	-	-	-	-
27	-	-	7,5	7,6	7,9	6	8,6	9	-	-	-	-
28	-	-	7,4	8,1	7,2	6	8,5	8,5	-	-	-	-
29	-	-	7,3	8	7,1	6	8,5	8,4	-	-	-	-
30	-	-	-	7,8	6,3	6	8,3	8,4	-	-	-	-
31	-	-	-	7,9	7,8	6	7,7	8,3	-	-	-	-
32	-	-	-	7,8	7,9	6	7,2	-	-	-	-	-
33	-	-	-	7,9	7,2	6	6,6	-	-	-	-	-
34	-	-	-	8	6,9	6,7	6,5	-	-	-	-	-
35	-	-	-	8	7,8	6,9	6,5	-	-	-	-	-
36	-	-	-	8	7,7	6,3	6,3	-	-	-	-	-

Tableau 12 - Profile hydrothermique (station S5) du Barrage Harreza en 2010

Profondeur Barrage Harreza (m)	Températures (°c)/ mois											
	Sep	OCT	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
1	26,3	21,2	11,2	11,1	10,2	10,3	9,3	15	21	22,6	25,2	29,2
2	26,3	21,2	11,1	11	10,2	10,3	9,3	15	21	22,3	25,1	29
3	26,1	21,1	11,1	11	10,1	10,3	9,2	15	21	22,2	25,1	29
4	25,9	21	11,1	11	10,1	10	9,2	14,9	20,7	22,2	25,1	28,6
5	25,6	21	11,1	11	10,1	10	9,2	14,9	20,7	22,1	25	28,6
6	25,4	21	11,1	11	10	10	9,1	14,7	20,3	21,2	25	28,3
7	-	21	11	10,9	10	10	9,1	14,6	18,7	21,1	25	-
8	-	20,9	11	10,9	10	9,8	9,1	14,3	18,6	20,7	-	-
9	-	-	11	10,8	9,7	9,8	9,1	14,3	18,6	19,6	-	-
10	-	-	-	10,7	9,7	9,7	9,1	14,1	18,6	19,4	-	-
11	-	-	-	-	9,7	9,4	9	14,1	18,5	19,4	-	-
12	-	-	-	-	9,7	9,4	9	14	18,5	-	-	-
13	-	-	-	-	9,5	9,4	9	13,8	18,4	-	-	-
14	-	-	-	-	-	9,4	9	13,6	18,3	-	-	-
15	-	-	-	-	-	9,3	9	13,5	18,3	-	-	-
16	-	-	-	-	-	9,3	8,7	13,5	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	9,2	8,7	13,4	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	9,1	8,6	13,3	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	9,1	8,6	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-

Tableau 13 - Profile hydrothermique (station S5) du Barrage Smbt en 2010

Profondeur Barrage Smbt (m)	Températures (°c)/ mois											
	Sep	OCT	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1	25,8	22,6	15,2	11,3	11,2	10,3	16,3	14,2	21,4	23,1	25,4	29,7
2	25,8	22,4	15,1	11	11,1	9,7	16,2	14	21,3	22,4	25,1	29,4
3	25,6	22,1	15	11	11	9,4	16,1	13,8	21,2	22,3	25,1	29,3
4	25,4	22	15	11	10,8	8,7	15,8	13,7	20,3	22,2	25	28,6
5	24,1	21,5	14,9	10,8	10,7	8,4	15,6	13,5	20,1	22,1	24,9	28,4
6	23,3	21,2	14,6	10,8	10,6	8,2	15,3	13,3	20,1	21,8	24,5	28,3
7	22,8	21	14,3	10,4	10,4	8,1	15,1	13,1	19,9	21,3	24,3	28,2
8	22,5	20,9	14,1	10,3	10,3	8,1	14,7	13,1	19,7	20,7	24,2	28,1
9	21,9	20,8	14	10	10,1	7,9	14,6	12,7	19,6	20,6	24,1	27,7
10	21,7	20,6	14	10	9,7	7,8	14,3	12,1	19,6	19,7	23,9	27,6
11	21,4	20,4	13,9	9,9	9,6	7,6	13,9	11,8	16,8	19,4	23,9	26,4
12	21,2	19,6	13,7	9,7	9,6	7,6	13,9	11,7	15,7	19,3	23,7	26,3
13	21,1	19,6	13,7	9,4	9,5	7,6	13,6	11,6	15,6	19,3	21,1	25,9
14	20,4	18,5	13,5	9,2	9,3	7,4	13,4	11,5	15,6	15,3	19,3	23,4
15	20,1	18,4	13,3	9,1	9,1	7,1	13,1	11,3	15,3	15,1	19,2	22,1
16	20,1	18,1	13,3	9,1	9,1	6,8	12,9	11,2	15,1	15,1	19,2	21,9
17	20,1	18	13,1	8,8	8,1	6,7	12,7	10,8	14,7	14,7	19	21,8
18	20,1	17,5	13	8,7	7,8	6,6	12,6	10,6	14,4	14,6	18,9	21,8
19	19,7	17,2	12,9	8,4	7,7	6,6	12,6	10,3	14,3	14,5	18,9	21,6
20	19,7	17,1	12,9	8,2	7,7	6,4	12,3	10,1	14,2	14,4	18,9	21,3
21	19,6	16,2	11,8	8,1	7,6	6,3	12,3	10,1	14,1	14,2	18,7	21,2
22	19,6	16,2	11,8	8	7,6	6,3	11,9	10	13,2	14,2	18,6	21,1
23	19,4	16,1	11,7	8	7,4	6,3	11,4	9,8	13,1	14,1	18,3	21,1
24	19,3	16	11,6	8	7,4	6,3	10,4	9,7	12,1	13,7	18,2	20,7
25	19,3	15,3	11,6	8	7,3	6,2	10,1	9,7	11,6	13,4	18,2	20,6
26	19,3	14,6	11,3	8	7,3	6,2	9,8	9,6	11,2	13,3	18,1	20,5
27	19,2	14,1	11,2	8	7,2	6	9,7	9,4	11,1	13,1	18	19,8
28	19,2	13,2	11,1	8	7,8	6	9,4	9,3	10,3	12,7	18	19,8
29	19,1	12,4	10,7	8	7,6	6	9,3	8,9	10,2	12,6	18	19,7
30	19,1	12,4	10,6	7,8	7,7	5,9	9,2	8,9	10,1	12,4	17,8	-
31	19,1	12,4	10,5	7,8	7,8	5,9	9,1	8,6	10,1	12,3	17,8	-
32	19	12,3	10,4	7,8	7,4	5,9	8,6	8,3	9,8	12,1	17,5	-
33	18,8	12,1	10,3	7,8	7,9	5,8	8,4	8,3	9,7	11,2	-	-
34	18,8	12,1	10,3	8,6	7,7	5,8	8,3	8,2	9,6	-	-	-
35	18,7	12	10,3	8,6	7,8	5,7	8,2	8,2	9,6	-	-	-

Annexes

36	18,6	12	9,8	8,7	7,7	5,7	8,1	8,1	9,5	-	-	-
37	18,6	11,9	9,8	8,7	7,9	5,6	8,1	8,1	9,2	-	-	-
38	-	11,9	9,7	8,6	7,3	5,6	7,8	7,9	8,3	-	-	-
39	-	11,9	9,1	8,5	7,8	5,4	7,7	7,3	7,1	-	-	-
40	-	-	9,1	8,7	7,6	5,4	7,5	7,3	-	-	-	-
41	-	-	9,1	8,6	7,7	5,9	7,4	7,3	-	-	-	-
42	-	-	-	8,4	7,8	6,2	7,3	7,3	-	-	-	-
43	-	-	-	8,5	7,3	5,9	7,3	7,4	-	-	-	-
44	-	-	-	8,6	7,6	5,9	7,3	7,2	-	-	-	-
45	-	-	-	-	7,7	6,1	7,1	-	-	-	-	-
46	-	-	-	-	7,1	6,1	7,1	-	-	-	-	-
47	-	-	-	-	8,2	5,8	6,9	-	-	-	-	-
48	-	-	-	-	8,1	5,7	-	-	-	-	-	-
49	-	-	-	-	7,9	5,8	-	-	-	-	-	-

Tableau 15 - Taux d'oxygène dissous (mg/l) dans les eaux des trois barrages (Ghrib, Harreza et Smbt) enregistrés en 2009 et 2010

Barrages /mois		Stations/Année (A : 2009 ; B : 2010)									
		S1		S2		S3		S4		S5	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
Ghrib	Janvier	9,6	8,1	9,4	8,2	8,9	8,1	9,2	8,1	8,7	8,4
	Février	8,8	7,2	9	7,3	5,3	6,6	5,2	6,1	8,9	6,9
	Mars	9,5	7,6	9,7	7,8	7,3	7,1	7,8	7,3	7,9	7,2
	Avril	6,7	6,4	6,9	6,3	6,2	6,4	6,8	6,6	7,2	7,1
	Mai	8,4	7,4	7,9	7,3	6,4	6,9	7,1	6,7	7,3	7,1
	Juin	5,8	6,7	5,4	6,1	5,6	5,9	6,3	5,4	6,9	6
	Juillet	7,9	6,9	7,4	6,8	5,8	6,8	7,2	6,3	7,4	6,1
	Août	5,4	5,6	5,1	5,7	5,4	5,4	6,2	5,6	6,7	5,8
	Septembre	7,1	7,3	7,3	7,3	6,6	6,8	7,2	6,9	7,6	7,3
	Octobre	6,8	6,9	7,1	6,8	6,8	6,9	7,9	7,3	8,1	7,6
	Novembre	6	6,4	6,4	6,3	6,7	6,5	6,3	6,4	6,2	6,1
Décembre	7,9	7,3	8	7,8	7,9	7,7	7,8	7,4	8,7	7,9	
Harreza	Janvier	7,6	7,3	7,4	7,5	7,9	7,2	7,2	7,3	7,7	7,8
	Février	8,9	7,4	8,9	7,2	7,6	6,7	7,9	7,2	8,3	7,6
	Mars	8,5	7,9	8,7	8,1	7,8	7,9	7,9	7,4	7,8	8,8
	Avril	7,4	7,1	7,9	7,3	7,2	7,2	7,8	7,3	7,7	7,1
	Mai	7,4	7,1	7,9	7,2	7,5	7,1	7,8	6,8	7,6	7,2
	Juin	6,8	6,4	6,4	6,5	6,6	6,1	6,3	6,3	6,9	6,7

Annexes

Smbt	Juillet	5,9	4,9	5,4	5,1	4,6	4,7	5,2	5,1	5,6	5,9
	Août	5,2	4,3	5,1	4,4	2,4	3,1	4,2	4,2	6,7	5,7
	Septembre	7,3	7,4	7,4	7,5	2,4	7,3	6,2	6,9	7,4	7,1
	Octobre	7,8	7,3	7,1	7,2	7,3	7,1	7,9	7,3	8,1	7,9
	Novembre	8,8	7,8	8,4	7,6	7,6	7,6	8,3	7,1	8,2	7,9
	Décembre	7,7	7,3	8,1	7,2	7,7	7,4	7,9	7,6	8,6	7,7
	Janvier	8,7	7,9	8,4	8,1	8,3	7,8	8,2	8	9,7	7,7
	Février	8,9	8,1	8,8	8,2	8,3	8	8,2	8,2	8,9	8,3
	Mars	9,2	7,9	9,4	7,4	8,6	7,1	8,4	7,2	8,6	7,6
	Avril	7,2	7,3	7,3	7,1	7,2	7,2	7,1	7,3	7,2	7,3
	Mai	8,6	7,6	8,3	7,9	7,8	7,3	7,5	7,3	7,3	7,2
	Juin	6,9	7,3	6,8	6,9	6,6	6,3	6,5	6,4	7,1	7,4
Juillet	7,6	7,2	7,4	7,3	6,8	6,7	6,7	6,4	7,1	7,4	
Août	6,4	6,2	6,1	6,2	6,4	6	6,2	6,1	6,7	6,8	
Septembre	9,8	8,9	8,9	8,6	7,6	7,1	7,8	7,3	7,7	7,2	
Octobre	7,8	7,1	7,7	7,3	7,8	7,1	7,9	7,2	7,9	7,3	
Novembre	6,7	6,4	6,7	6,5	6,9	6,8	6,8	6,4	7,2	6,4	
Décembre	8,3	7,9	8	8	7,9	7,7	7,8	7,7	8,1	7,8	

Tableau 18 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du Barrage Ghrib en 2010

Profondeur Barrage Ghrib (m)	Oxygène dissous (mg/l)/ mois											
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1	7,6	8,1	6,2	8,7	8,7	8,9	7,9	7,2	7,3	6,9	7,4	6,7
2	7,2	8	6,1	8,6	8,3	8	7,8	6,8	6,9	6,4	7,3	6,6
3	6,8	8	6	8,2	8,3	8	7,5	6,8	6,7	6,4	6,9	6,4
4	6,7	8,2	5,7	7,3	7,4	8	7,4	6,5	6,6	6,1	6,6	6,3
5	6,4	7,9	5,7	6,7	7,3	8	7,3	6,5	6,4	6,1	6,4	6,3
6	6,4	6,6	5,7	5,1	6,6	8	7	6,3	6,1	6,1	6,1	6,3
7	6,1	6,3	5,6	5	6	8	6,7	6,2	6	6,1	5,9	6,1
8	5,9	6,2	5,4	5	5,5	7,3	6,6	6	5,8	5,7	5,8	4,9
9	5,8	6	5,4	4,8	5	6,1	6,4	5,9	5,7	5,7	5,4	3,7
10	5,8	5,4	5,3	4,8	5	6	6,3	5,8	5,4	5,6	5,2	3,1
11	5,7	4,8	5,3	4,8	5	6	6,3	5,6	5,3	5,4	3,7	3,1
12	4,3	4,9	5,2	4,6	4,7	6	6,2	5,4	5,1	5,3	2,3	3,1
13	3,2	4,4	5,2	4,5	4,6	6	6,1	5,1	5	5,2	2,1	3
14	3,1	3,9	5,1	4,5	4,3	5,6	5,9	5,1	5	5	2,1	3
15	3,1	3,7	5	4,5	4,2	5,6	5,7	4,7	2,9	5	1,8	-
16	2,9	3,6	5	4,3	4,2	5,3	5,6	4,6	2,4	5	-	-
17	-	3,6	4,2	4,3	4,1	5,3	5,6	4,4	2,3	5	-	-
18	-	3,1	3,3	4,1	4,1	5	5,1	4,2	2	4,3	-	-
19	-	3	2,7	4	4	5	4,7	3,8	2	4,3	-	-

Annexes

20	-	3	2,6	4	3,6	5	4,3	3,8	1,7	3,7	-	-
21	-	2,6	2,6	4	3,5	5	4,2	3,8	1,6	-	-	-
22	-	2,5	2,3	3,1	2,6	4,9	4,1	3,7	1,1	-	-	-
23	-	2,3	2,2	3	2,2	4,9	4	3,3	0,4	-	-	-
24	-	2,3	2,1	3	1,1	4,7	3,8	3,3	-	-	-	-
25	-	-	2	3	0,8	4,6	3,6	3,2	-	-	-	-
26	-	-	1,3	2,9	0	4,5	3,4	3,2	-	-	-	-
27	-	-	1,2	2,9	-	4,5	3,1	3	-	-	-	-
28	-	-	1,2	2,7	-	4,4	2,7	2,9	-	-	-	-
29	-	-	1	2,6	-	4,1	2,7	2,9	-	-	-	-
30	-	-	-	2,4	-	2,2	2,6	2,4	-	-	-	-
31	-	-	-	2,3	-	1,1	2,6	2,3	-	-	-	-
32	-	-	-	1,6	-	1	2,3	-	-	-	-	-
33	-	-	-	1,5	-	1	2,2	-	-	-	-	-
34	-	-	-	1,6	-	0,8	-	-	-	-	-	-
35	-	-	-	1,1	-	0,9	-	-	-	-	-	-
36	-	-	-	0,7	-	0,7	-	-	-	-	-	-

Tableau 19 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du barrage Harreza en 2010

Profondeur Barrage Harreza (m)	Oxygène dissous (mg/l)/ mois											
	Sep	OCT	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
1	7,4	8,1	8,2	8,6	7,7	8,3	7,8	7,7	7,6	6,9	5,6	6,7
2	6,3	7,6	8,1	8,6	7,3	8,2	7,8	7,6	6,4	6,3	5,4	6,6
3	5,4	6,9	7,8	7,9	6,9	8,2	7,5	7,1	6,3	5,9	5,2	5,4
4	5,2	6,2	7,7	7,6	6,7	8,1	7,1	6,8	6,1	5,1	5	4,3
5	5,1	5,9	7,3	6,9	6,1	8	6,9	6,5	6,1	5,1	4,2	2,2
6	2,3	5,6	6,7	5,7	5,9	8	6,4	6,3	5,2	4,1	3,7	1,3
7	-	5,3	6,3	5,3	5,7	7,8	5,9	6,2	4,3	3,6	3,6	-
8	-	5,2	6,2	5,1	5,5	7,3	5,9	6,1	4,2	3,3	-	-
9	-	-	5,9	5,1	5,3	6,7	5,7	5,4	3,9	3,1	-	-
10	-	-	-	4,9	5,3	6,6	5,6	4,6	3,7	2,6	-	-
11	-	-	-	-	5,2	6,5	5,4	4,1	3,7	2,3	-	-
12	-	-	-	-	4,7	6,3	5,3	3,9	3,4	-	-	-
13	-	-	-	-	4,6	6,1	5,2	3,9	3,3	-	-	-
14	-	-	-	-	-	5,7	5,1	3,8	2,9	-	-	-
15	-	-	-	-	-	5,6	4,9	3,8	2,6	-	-	-
16	-	-	-	-	-	5,3	4,6	3,7	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	5,3	4,2	3,6	-	-	-	-
18	-	-	-	-	-	4,8	3,3	3,6	-	-	-	-
19	-	-	-	-	-	3,3	2,6	-	-	-	-	-
20	-	-	-	-	-	2,9	-	-	-	-	-	-

Tableau 20 - Profile oxygénique de la colonne d'eau (station S5) du barrage Smbt en 2010

Profondeur Barrage Smbt (m)	Oxygène dissous (mg/l)/ mois											
	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Août
1	7,7	7,9	7,2	8,1	9,7	8,9	8,6	7,2	7,3	7,1	7,1	6,7
2	7,5	7,8	7,2	8,1	9,3	8,3	8,1	7,1	7,1	6,6	7,1	6,5
3	7,3	7,6	6,7	8	9,3	8,2	7,8	6,9	7,1	6,4	6,9	6,4
4	7,1	7,2	6,3	7,8	8,4	8	7,6	6,8	6,9	6,3	6,7	6,3
5	7,1	7,1	6,3	7,3	8,2	8	7,2	6,7	6,8	6,2	6,2	6,1
6	6,9	6,9	6,2	6,7	7,9	7,6	7,1	6,6	6,7	6,1	6,1	5,4
7	6	6,7	5,9	6,7	7,1	7,4	6,8	6,4	6,4	5,7	5,9	5,4
8	5,9	6,6	5,6	6,3	6,8	7,3	6,7	6,3	6,4	5,7	5,8	5,3
9	5,8	6,4	5,6	6,2	6,3	7,1	6,4	6,1	6,1	5,7	5,4	5,2
10	5,8	6,4	5,3	5,7	5,2	6,1	6,3	5,4	4,7	5,5	5,1	5,1
11	5,7	6,1	5,1	5,3	5,1	6	6,1	4,7	4,6	5,4	5,1	3,9
12	4,3	5,9	4,7	5,1	5,1	5,8	5,8	4,6	4,6	5,2	3,2	2,7
13	3,8	5,9	4,6	5	5	5,7	5,1	4,6	4,5	3,9	2,3	2,6
14	3,3	5,9	4,6	5	5	5,6	4,3	4,6	4,4	3,8	2,1	2,6
15	3,1	5,7	4,1	4,5	4,8	5,4	4,1	4,5	4,1	3,8	1,8	2,5
16	3,1	5,6	3,8	4,4	4,7	5,3	4,1	4,3	3,9	3,7	1,8	2,3
17	2,9	5,4	3,1	4,3	4,7	4,9	3,8	4,3	3,3	3,2	1,7	2,2
18	2,8	5,1	2,3	4,1	3,1	4,6	3,2	4,2	3,1	2,9	1,7	2,1
19	2,8	5,1	2,3	4	2,2	4,4	3,1	3,9	3,1	2,2	1,1	1,8
20	2,3	5,1	2,3	3,8	2,1	4,2	2,8	3,7	2,4	2,1	0,7	1,7
21	2,2	4,9	2,2	3,4	2,1	4,1	2,7	3,4	2,3	2,1	0,6	1,1
22	1,7	4,9	2,2	3,1	1,4	3,8	2,6	3,3	2,1	2,1	0,3	1,1
23	0,7	3,1	1,8	3	1,2	3,7	2,3	3,3	1,8	2,1	-	0,8
24	-	1,8	1,7	2,8	1,1	2,9	2,1	3,3	1,1	2,1	-	-
25	-	0,6	1,6	2,7	0,8	2,3	2,1	3,2	0,7	1,7	-	-
26	-	-	1,3	2,7	0,3	2,2	1,9	3,2	0,6	1,4	-	-
27	-	-	1,2	2,6	-	2,2	1,8	3,1	0,5	1,3	-	-
28	-	-	1,2	2,6	-	2,2	1,3	2,9	-	1,1	-	-
29	-	-	1	2,6	-	1,8	1,1	2,7	-	0,6	-	-
30	-	-	0,6	2,4	-	1,8	0,8	2,6	-	0,4	-	-
31	-	-	0,6	2,3	-	1,6	0,7	2,4	-	-	-	-
32	-	-	-	1,6	-	1,1	0,6	2,1	-	-	-	-
33	-	-	-	1,3	-	0,9	0,6	2,1	-	-	-	-
34	-	-	-	1,1	-	0,4	0,6	1,8	-	-	-	-
35	-	-	-	1,1	-	0,9	-	1,7	-	-	-	-
36	-	-	-	0,6	-	0,7	-	1,5	-	-	-	-
37	-	-	-	-	-	-	-	1,4	-	-	-	-
38	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
39	-	-	-	-	-	-	-	1,2	-	-	-	-
40	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-

Tableau 21 - Comparaisons multiples par paires des taux d'oxygène dissous, par rapport aux trois barrages, suivant la procédure de Dunn / Test bilatéral

Barrage/Mois	Effectif	Somme des rangs	Moyenne des rangs	Groupes	
Smbt Nov	31	9302,000	300,065	A	
Smbt Aot	23	6975,000	303,261	A	
Smbt Jun	30	9129,000	304,300	A	
Smbt Avr	40	12644,500	316,113	A	
Ghrib Dec	36	11482,500	318,958	A	
Smbt Jui	22	7173,000	326,045	A	
Ghrib Nov	29	9460,500	326,224	A	
Smbt Mars	34	11451,500	336,809	A	
Smbt Dec	36	12609,000	350,250	A	B
Smbt Mai	27	9552,500	353,796	A	B
Harreza Jun	11	4000,000	363,636	A	B
Ghrib Mai	23	8523,000	370,565	A	B
Harreza Jui	7	2654,000	379,143	A	B
Smbt Fev	36	13680,500	380,014	A	B
Harreza Aot	6	2289,000	381,500	A	B
Ghrib Jan	26	10161,000	390,808	A	B
Harreza Mai	15	5865,000	391,000	A	B
Ghrib Avr	31	12264,000	395,613	A	B
Smbt Sep	23	9128,500	396,891	A	B
Smbt Jan	26	10643,000	409,346	A	B
Ghrib Oct	24	10091,500	420,479	A	B
Ghrib Aot	14	6021,000	430,071	A	B
Ghrib Fev	36	15533,500	431,486	A	B
Ghrib Jui	15	6651,000	443,400	A	B
Ghrib Mars	33	14688,500	445,106	A	B
Harreza Avr	18	8294,000	460,778	A	B
Harreza Sep	6	2809,500	468,250	A	B
Ghrib Jun	20	9634,500	481,725	A	B
Ghrib Sep	16	7881,000	492,563	A	B
Harreza Mars	19	9575,000	503,947	A	B
Smbt Oct	25	12898,500	515,940	A	B
Harreza Jan	13	6987,500	537,500	A	B
Harreza Oct	8	4709,000	588,625	A	B
Harreza Dec	10	5950,500	595,050	A	B
Harreza Fev	20	11945,500	597,275		B
Harreza Nov	9	6143,000	682,556		B

Tableau 23 - Evolution spatiale (par station) et temporelle du pH des eaux des trois barrages (par Mois et par an): Ghrib, Harreza et Smbt

Stations/Mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
S1 Jan	6,8	8	7	7,6	8,3	7,8
S2 Jan	6,8	7,9	7,2	8	8,1	7,7
S3 Jan	6,6	7,2	7	7,7	8	7,6
S4 Jan	6,6	7,1	7	7,5	7,9	7,7
S5 Jan	6,8	7,7	7,1	7,9	8	7,8
S1 Fev	7,3	7,5	7,6	7,8	8,1	8,2
S2 Fev	7,3	7,4	7,7	7,7	8	8,2
S3 Fev	6,9	7,3	7,6	7,5	7,8	8,1
S4 Fev	6,8	7,2	7,6	7,6	8	8,2
S5 Fev	7,2	7,4	7,5	7,8	8,2	8,1
S1 Mars	7	7	7,5	7,4	8,1	8,4
S2 Mars	7	7	7,9	7,2	8,3	8,4
S3 Mars	6,8	6,8	7,6	7,3	8,1	8,3
S4 Mars	6,7	6,9	7,4	7,2	8,2	8,2
S5 Mars	7,1	7,1	7,6	7,4	8,1	8,3
S1 Avr	7,4	7,2	7,6	7,7	8,2	8,3
S2 Avr	7,3	7,2	7,7	7,5	8,1	8,3
S3 Avr	6,9	7	7,4	7,4	7,8	8,2
S4 Avr	6,9	6,9	7,5	7,1	7,9	8,3
S5 Avr	7,4	6,8	7,6	7,5	8	8,1
S1 Mai	7,5	8,1	7,7	8,2	8,1	8,1
S2 Mai	7,5	8,1	7,7	8	7,9	8,3
S3 Mai	7,2	7,4	7,4	7,8	7,8	8,2
S4 Mai	7,3	7,3	7,6	7,7	7,9	8,2
S5 Mai	7,5	8,1	7,6	7,4	8	8,2
S1 Jun	7,2	8,2	7,1	8,1	8,3	8,2
S2 Jun	7,2	8,2	7,4	8,2	8,2	8,2
S3 Jun	6,9	7,8	7,3	7,8	8,1	8,1
S4 Jun	6,9	7,9	7,2	7,9	7,9	8,3
S5 Jun	7,1	8,1	7,2	7,7	8	8,2
S1 Jui	7,6	7,7	7,4	8,1	8,4	8,4
S2 Jui	7,6	7,7	7,6	8,1	8,1	8,4
S3 Jui	7,2	7,5	7,3	7,8	8,2	8,3
S4 Jui	7,2	7,4	7,4	7,9	8	8,4
S5 Jui	7,4	7,6	7,6	8	8,1	8,3
S1 Aot	7,7	8,1	7,8	7,6	7,9	8,2
S2 Aot	7,7	8,1	7,7	7,8	7,7	8,3
S3 Aot	7,2	7,8	7,5	7,3	7,9	8,2

S4 Aot	7,3	7,6	7,6	7,4	7,8	8,2
S5 Aot	7,5	7,8	7,7	7,4	7,8	8,2
S1 Sep	7,5	7,8	7,8	7,3	8,1	8,1
S2 Sep	7,5	7,8	7,7	7,1	7,9	8,2
S3 Sep	7,2	7,3	7,6	6,8	7,7	8,2
S4 Sep	7,2	7,2	7,4	6,9	7,8	8,1
S5 Sep	7,5	7,6	7,6	6,9	7,9	8,2
S1 Oct	7,9	8	7,7	7,7	8,2	8,1
S2 Oct	7,9	7,8	7,4	7,4	8	8,2
S3 Oct	7,3	7,7	7,5	7,6	8,1	8,1
S4 Oct	7,6	7,7	7,4	7,8	8,2	8,1
S5 Oct	7,6	7,8	7,6	7,5	8,1	8,2
S1 Nov	7,3	7,7	7,6	7,3	8,1	8,2
S2 Nov	7,4	7,7	7,5	7,3	7,9	8,3
S3 Nov	7,1	7,3	7,6	7,2	7,8	8,2
S4 Nov	7,1	7,4	7,6	7,1	7,8	8,2
S5 Nov	7,3	7,6	7,4	7,3	7,9	8,1
S1 Dec	7,1	7,6	7,2	7,7	7,8	8,1
S2 Dec	7	7,7	7,3	7,5	7,6	8,2
S3 Dec	6,8	7,3	7,1	7,8	7,7	8,4
S4 Dec	6,8	7,2	7	7,6	7,6	8,1
S5 Dec	7,1	7,4	7,3	7,6	7,7	8,2

Tableau 24 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la conductivité (mS.cm^{-1}) des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Stations/mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
S1 Jan	2450	2646	2041	840	3842	3377
S2 Jan	2480	2480	2467	870	3486	3518
S3 Jan	2754	2754	2453	930	3321	3710
S4 Jan	2972	2972	2378	910	3276	3804
S5 Jan	2546	2546	2211	860	3663	3538
S1 Fev	3150	3150	2020	1020	3933	3456
S2 Fev	3159	3140	2356	1235	3422	3714
S3 Fev	3350	3470	2243	1194	3215	3454
S4 Fev	3456	3730	2278	1140	3318	3470
S5 Fev	3156	3146	2110	1110	3727	3584
S1 Mars	3391	3391	2285	1100	3870	3787
S2 Mars	3390	3387	2196	1230	3408	3487
S3 Mars	3598	3754	2274	1190	3510	3682

Annexes

S4 Mars	3742	3832	2307	1140	3426	3657
S5 Mars	3386	3262	2297	1070	3722	3694
S1 Avr	3121	3121	2185	1080	3729	3687
S2 Avr	3126	3132	2417	1130	3424	3434
S3 Avr	3463	3346	2347	1220	3488	3490
S4 Avr	3932	3578	2476	1190	3287	3160
S5 Avr	3120	3117	2109	1040	3583	3284
S1 Mai	3010	3010	1850	1180	3678	3438
S2 Mai	3010	3008	1948	1390	3486	3277
S3 Mai	3420	3230	2173	1270	3530	3250
S4 Mai	3670	3350	2140	1260	3630	3454
S5 Mai	3008	3007	2050	1210	3619	3657
S1 Jun	3108	3106	2016	1510	3688	3354
S2 Jun	3106	3108	2207	1580	3626	3497
S3 Jun	3312	3177	2198	1680	3455	3597
S4 Jun	3519	3123	2278	1590	3749	3656
S5 Jun	3114	3104	2104	1530	3554	3478
S1 Jui	3188	3188	1800	1540	3656	3889
S2 Jui	3187	3180	1990	1710	3456	3723
S3 Jui	3382	3482	2120	1670	3791	3627
S4 Jui	3498	3489	2087	1590	3590	3477
S5 Jui	3186	3184	2118	1560	3798	3897
S1 Aot	3430	3430	2120	1645	3842	3473
S2 Aot	3430	3420	2370	1715	3786	3594
S3 Aot	3639	3570	2330	1798	4019	3372
S4 Aot	3698	3690	2310	1874	4146	3721
S5 Aot	3416	3010	2298	1710	4529	3537
S1 Sep	2760	2760	1820	1220	4685	3643
S2 Sep	2772	2750	1940	1290	4422	3678
S3 Sep	2930	2790	2210	1270	3391	3647
S4 Sep	3140	2780	2280	1290	3387	3582
S5 Sep	2770	2730	2010	1230	3754	3679
S1 Oct	4059	4059	1230	1523	3832	3685
S2 Oct	4056	4059	1370	1654	3262	3632
S3 Oct	4439	4059	1340	1620	3121	3522
S4 Oct	4745	4059	1390	1580	3132	3672
S5 Oct	4012	4059	1280	1510	3346	3693
S1 Nov	3390	3390	910	739	3578	3390
S2 Nov	3394	3360	980	799	3117	3360
S3 Nov	3530	3480	1010	842	3731	3480
S4 Nov	3670	3530	1208	827	3571	3530
S5 Nov	3340	3370	1007	723	3457	3370

S1 Dec	2130	2130	737	919	3913	3391
S2 Dec	2140	2140	789	990	3468	3387
S3 Dec	2360	2360	831	1110	3322	3754
S4 Dec	2450	2470	827	1208	3644	3832
S5 Dec	2124	2090	723	1109	3557	3262

Tableau 26 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la MO des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Stations/mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
S1 Jan	33	38	29	9	25	30
S2 Jan	35	31	34	8	28	27
S3 Jan	57	49	36	12	33	31
S4 Jan	70	76	31	9	30	26
S5 Jan	33	37	21	9	29	16
S1 Fev	18	28	50	7	26	31
S2 Fev	19	20	51	5	31	29
S3 Fev	52	28	49	9	37	30
S4 Fev	51	28	47	11	38	32
S5 Fev	20	17	33	6	36	21
S1 Mars	47	47	62	12	45	39
S2 Mars	50	50	52	16	39	39
S3 Mars	73	77	70	13	32	38
S4 Mars	45	78	115	14	38	40
S5 Mars	16	36	44	13	31	29
S1 Avr	8	8	8	7	34	32
S2 Avr	7	12	12	10	30	33
S3 Avr	22	15	15	10	34	27
S4 Avr	25	21	9	14	35	34
S5 Avr	12	6	7	8	27	31
S1 Mai	13	13	9	13	23	39
S2 Mai	15	13	7	14	25	36
S3 Mai	19	13	4	20	24	44
S4 Mai	21	13	7	15	21	43
S5 Mai	17	13	7	14	23	35
S1 Jun	12	12	31	7	35	42
S2 Jun	11	9	28	6	38	39
S3 Jun	17	15	35	9	35	39
S4 Jun	14	17	28	15	35	47
S5 Jun	11	9	21	6	23	31

S1 Jui	10	10	12	11	25	33
S2 Jui	10	10	14	15	30	34
S3 Jui	19	10	11	15	31	35
S4 Jui	21	10	11	12	28	31
S5 Jui	16	10	10	8	27	27
S1 Aot	57	57	32	8	32	33
S2 Aot	57	48	39	14	35	43
S3 Aot	62	72	51	18	25	43
S4 Aot	71	83	38	15	34	39
S5 Aot	32	57	38	9	26	40
S1 Sep	20	20	24	17	27	35
S2 Sep	21	19	27	15	29	40
S3 Sep	28	26	28	20	31	38
S4 Sep	33	25	30	10	29	33
S5 Sep	21	18	21	19	24	31
S1 Oct	56	56	13	8	36	33
S2 Oct	56	56	18	3	31	30
S3 Oct	72	56	16	2	31	40
S4 Oct	66	56	18	6	34	34
S5 Oct	57	56	9	2	25	27
S1 Nov	30	13	20	9	35	37
S2 Nov	31	8	14	9	36	35
S3 Nov	44	15	26	8	26	22
S4 Nov	47	16	22	9	37	31
S5 Nov	29	9	18	4	34	34
S1 Dec	17	17	9	20	38	38
S2 Dec	16	15	9	14	34	38
S3 Dec	20	22	8	26	33	19
S4 Dec	23	22	9	22	32	23
S5 Dec	15	20	4	18	25	27

Tableau 30 - Taux de Chl-*a* des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	12,36	8,54	4,12	6,48	97,62	94,87
Février	11,98	16,68	4,87	6,59	112,36	83,4
Mars	13,89	23,47	6,69	4,82	127,39	81,2
Avril	21,37	27,96	7,93	7,98	158,97	137,74
Mai	32,34	46,75	24,89	8,12	191,41	211,37

Annexes

Juin	29,38	42,83	31,87	17,96	194,32	208,02
Juillet	26,19	44,96	26,71	26,87	207,13	204,26
Aout	29,23	41,12	27,94	38,24	154,34	206,36
Septembre	26,78	32,78	28,07	32,18	127,56	198,32
Octobre	13,54	24,11	14,83	19,56	132,14	192,41
Novembre	11,37	11,46	11,35	11,83	136,28	147,26
Décembre	9,08	9,86	9,56	9,38	98,64	138,18

Tableau 34 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la DBO5 des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Stations/mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
S1 Jan	2,6	2,2	2	6	2	2
S2 Jan	2,6	2,6	2	7	2	2
S3 Jan	2,9	2,9	2,6	5	3	3
S4 Jan	3,6	3,6	2,5	6	2	1
S5 Jan	1,4	1,4	2,3	4	2	1
S1 Fev	1,6	1,6	0,6	1	3	1
S2 Fev	1,6	1,5	0,9	3	2	2
S3 Fev	1,9	1,9	1,6	4	2	2
S4 Fev	2,2	2,2	1,4	3	3	1
S5 Fev	1,6	1,6	0,7	2	1	2
S1 Mars	3,4	3,4	1,4	2	2	6
S2 Mars	3,4	3,2	1,7	1	2	6
S3 Mars	3,8	3,7	1,6	3	1	5
S4 Mars	4,4	3,9	1,3	2	2	6
S5 Mars	3,4	3,1	1,3	1	1	5
S1 Avr	1,8	1,8	0,8	2	1	5
S2 Avr	1,8	1,7	1,7	3	1	6
S3 Avr	2,1	2,3	1,6	5	1	6
S4 Avr	2,8	2,9	1,5	4	2	5
S5 Avr	1,8	1,4	0,9	2	1	5
S1 Mai	2,1	1,6	0,8	4	2	2
S2 Mai	2,2	1,4	1,4	6	2	2
S3 Mai	2,8	1,9	1,6	9	2	1
S4 Mai	2,9	1,9	1,8	5	1	1
S5 Mai	2,1	1,4	1,1	6	1	1
S1 Jun	2,3	1,8	0,8	5	1	2
S2 Jun	2,4	1,7	1,9	8	3	2

S3 Jun	2,7	2,5	1,4	7	2	2
S4 Jun	2,9	2,9	1,6	8	3	2
S5 Jun	2,1	1,8	0,9	5	2	1
S1 Jui	2,4	1,7	0,8	8	6	1
S2 Jui	2,3	1,4	1,2	7	5	2
S3 Jui	2,8	2,6	1,4	9	4	1
S4 Jui	2,9	3,3	1,3	6	6	2
S5 Jui	2,3	1,5	1,2	7	3	2
S1 Aot	2,4	1,9	0,8	14	5	1
S2 Aot	2,3	1,7	1,4	12	6	2
S3 Aot	2,8	2,7	1,5	19	5	2
S4 Aot	2,9	2,9	1,3	21	6	2
S5 Aot	2,2	1,4	1,1	13	4	2
S1 Sep	2,6	2,6	1,9	5	2	2
S2 Sep	2,7	2,4	2,4	6	3	2
S3 Sep	2,9	2,7	2,7	11	3	2
S4 Sep	3,2	2,9	2,3	7	3	1
S5 Sep	2,3	2,3	2,4	9	2	1
S1 Oct	1,4	1,4	1,7	4	2	1
S2 Oct	1,3	1,4	1,9	7	2	1
S3 Oct	1,6	1,4	2,2	5	1	2
S4 Oct	1,8	1,4	2,7	3	2	2
S5 Oct	1,3	1,4	1,6	4	1	1
S1 Nov	0,9	0,9	0,8	0,9	1	1
S2 Nov	0,9	1,1	0,8	1,4	1	1
S3 Nov	1,1	1,9	1,2	0,8	1	1
S4 Nov	1,3	2,2	1,7	1,1	1	2
S5 Nov	0,8	0,8	0,7	0,8	1	2
S1 Dec	1,6	1,2	0,9	0,9	1	2
S2 Dec	1,6	1,4	1,4	0,8	2	1
S3 Dec	1,8	1,7	0,8	1,3	1	2
S4 Dec	1,9	1,8	1,1	1,7	2	2
S5 Dec	1,4	1,1	0,8	0,8	1	2

Tableau 36 - Evolution spatiale (par station) et temporelle de la DCO des eaux des trois barrages (par Mois et par an) : Ghrib, Harreza et Smbt

Stations/mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
S1 Jan	87	71	52	19	4	5
S2 Jan	84	82	71	21	3	5

Annexes

S3 Jan	86	76	69	22	5	7
S4 Jan	89	84	68	21	6	7
S5 Jan	82	83	51	17	3	6
S1 Fev	46	54	28	9	6	13
S2 Fev	46	49	32	8	6	14
S3 Fev	48	53	29	5	5	13
S4 Fev	59	76	34	7	6	13
S5 Fev	46	43	26	6	3	12
S1 Mars	9	7	18	15	5	10
S2 Mars	9	8	19	13	6	12
S3 Mars	11	9	17	14	6	11
S4 Mars	23	12	18	16	5	12
S5 Mars	9	8	18	11	4	10
S1 Avr	67	67	9,6	24	4	18
S2 Avr	68	69	12,7	27	4	18
S3 Avr	67	67	11,9	21	3	17
S4 Avr	76	79	10,6	29	5	17
S5 Avr	67	63	9,6	23	3	18
S1 Mai	71	71	54	27	5	8
S2 Mai	71	73	59	28	5	8
S3 Mai	73	71	62	27	4	9
S4 Mai	79	79	61	31	3	9
S5 Mai	70	70	57	26	4	8
S1 Jun	67	67	57	13	13	10
S2 Jun	67	63	54	17	12	11
S3 Jun	69	76	59	15	13	10
S4 Jun	73	84	51	14	14	10
S5 Jun	61	62	58	13	11	10
S1 Jui	36	36	18	19	10	9
S2 Jui	36	35	22	17	10	9
S3 Jui	37	49	21	21	13	10
S4 Jui	39	55	19	22	13	9
S5 Jui	36	37	23	18	12	10
S1 Aot	31	34	38	27	18	8
S2 Aot	31	35	46	29	17	8
S3 Aot	33	49	49	23	18	9
S4 Aot	39	58	43	28	17	8
S5 Aot	31	36	42	26	17	9
S1 Sep	32	32	8	16	8	9
S2 Sep	32	37	7	21	8	11
S3 Sep	34	33	14	19	9	11
S4 Sep	37	37	16	18	9	9

S5 Sep	31	31	9	17	7	9
S1 Oct	8	9	18	19	10	10
S2 Oct	8	7	19	21	11	11
S3 Oct	9	11	21	24	10	10
S4 Oct	11	9	23	18	12	11
S5 Oct	8	9	17	18	10	10
S1 Nov	38	36	57	9	9	9
S2 Nov	38	37	59	17	8	10
S3 Nov	39	47	53	12	10	10
S4 Nov	41	54	61	18	9	10
S5 Nov	38	36	53	11	9	9
S1 Dec	36	34	9	57	8	11
S2 Dec	36	39	17	59	8	11
S3 Dec	38	41	12	53	7	10
S4 Dec	42	35	18	61	7	10
S5 Dec	34	33	11	53	7	10

Tableau 38 - Taux de NH_4^+ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	0,36	0,39	0,03	0,288	0,18	0,14
Février	0,01	0,09	0,06	0,178	0,132	0,142
Mars	0,84	0,91	0,08	0,087	0,127	0,134
Avril	0,18	0,14	0,02	0,016	0,113	0,108
Mai	0,13	0,28	0,01	0	0,091	0,092
Juin	0,01	0,11	0,01	0,019	0,099	0,117
Juillet	0,04	0,15	0,21	0,017	0,14	0,132
Aout	0,003	0,13	0,01	0,198	0,11	0,122
Septembre	0,02	0,09	0	0,179	0,13	0,113
Octobre	0,03	0,11	0	0,084	0,97	0,99
Novembre	0,05	0,17	0,01	0,089	0,099	0,99
Décembre	0,078	0,11	0	0,01	0,184	0,123

Tableau 40 - Taux de NO_2 des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	0	0,09	0,04	0,182	0,012	0,031
Février	0,29	0,37	0,07	0,021	0,017	0,029

Annexes

Mars	0,25	0,23	0,09	0,202	0,021	0,027
Avril	0,19	0,21	0,03	0	0,026	0,022
Mai	0,32	0,47	0,03	0,069	0,011	0,021
Juin	0,03	0,15	0	0,103	0,013	0,025
Juillet	0,49	0,38	0,27	0,001	0,056	0,031
Aout	0,32	0,43	0,19	0	0,093	0,047
Septembre	0,24	0,33	0,04	0	0,01	0,033
Octobre	0,32	0,38	0,18	0	0,021	0,031
Novembre	0,058	0,53	0	0,078	0,011	0,037
Décembre	0,041	0,21	0	0,108	0,042	0,032

Tableau 42 - Taux de NO₃ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	0,8	4,3	0,3	2,8	1,9	3,1
Février	0,5	0,9	2	1,4	1,3	2,8
Mars	10,5	2,9	8,8	3,7	1,4	2,7
Avril	4,2	3,8	1,7	4	2,8	2,8
Mai	4,6	6,9	0,2	6,9	2,9	2,6
Juin	3,1	7,3	16,6	2,2	2,3	2,7
Juillet	8,4	8,9	2,7	2,2	1,8	2,8
Aout	5,5	7,2	1	1,8	1,7	2,7
Septembre	5,1	6,8	1,3	0	2,9	2,9
Octobre	4,6	6,7	0,8	0,3	3,6	3,1
Novembre	3,2	4,9	0	4,7	3,2	3,2
Décembre	5	6,3	4,7	5,3	3,9	2,9

Tableau 44 - Taux de PO₄ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	0,15	0,29	0,21	0	0,029	0,032
Février	0,39	0,48	0,36	0,245	0,031	0,034
Mars	0,12	0,1	0,09	0	0,04	0,041
Avril	0,27	0,47	0,7	0,092	0,041	0,043
Mai	1,07	0,97	1,36	0	0,04	0,041

Annexes

Juin	0,49	0,83	0,82	0,398	0,038	0,056
Juillet	0,01	0,11	0,01	0,337	0,32	0,52
Aout	0	0,12	0	0	0,153	0,093
Septembre	0	0,1	0,85	0,061	0,031	0,12
Octobre	0,12	0,16	0,24	0,061	0,153	0,132
Novembre	0,09	0,29	0,64	0,121	0,142	0,141
Décembre	0,27	0,28	0,61	0,64	0,103	0,136

Tableau 46 - Taux de SO₄ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	678	464	408	147	17	19
Février	900	783	480	197	19	16
Mars	725	921	424	236	26	33
Avril	720	832	398	189	19	24
Mai	765	596	427	242	24	25
Juin	708	626	482	296	26	31
Juillet	382	595	387	278	28	23
Aout	960	832	388	296	26	29
Septembre	445	869	400	214	21	19
Octobre	888	982	284	240	24	21
Novembre	618	942	181	180	17	22
Décembre	590	769	180	181	19	23

Tableau 48 - Taux de HCO₃ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	122	148	169	156	178	149
Février	125	198	163	132	173	167
Mars	124	147	163	161	168	171
Avril	210	289	152	179	157	178
Mai	135	148	151	171	156	184
Juin	140	190	145	141	159	178
Juillet	155	125	171	183	164	169
Aout	145	178	178	147	171	171
Septembre	173	194	206	186	184	179

Annexes

Octobre	159	198	115	266	181	181
Novembre	326	296	153	188	169	198
Décembre	260	254	188	193	172	173

Tableau 49 - Taux de SiO₂ des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	4	5	2	10	7	8
Février	3	2	1	1	5	7
Mars	4	3	3	3	6	9
Avril	8	9	2	7	4	4
Mai	6	8	10	7	4	5
Juin	8	5	5	5,8	7	4
Juillet	6	7	10	4,9	5	6
Aout	5	4	3	6,2	4	3
Septembre	6	7	7	3,6	6	5
Octobre	5	6	4,9	3,4	9	8
Novembre	5	8	3,6	6	10	9
Décembre	3	4	6	5	7	7

Tableau 50 - Taux de Na des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	121	104	152	40	55	47
Février	373	317	154	43	45	52
Mars	231	294	144	43	45	49
Avril	335	326	157	73	68	62
Mai	252	267	150	88	78	76
Juin	278	299	170	81	83	89
Juillet	249	207	123	115	103	92
Aout	378	396	179	140	134	94
Septembre	250	259	100	120	125	98
Octobre	262	278	60	117	97	103
Novembre	232	273	39	43	102	101
Décembre	300	320	43	39	73	96

Tableau 52 - Taux de K des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	6	5	0	0	1,4	0,9
Février	8	3	0	0	0,9	0,9
Mars	2	4	0	0	1,3	1,2
Avril	4	6	0	0	1,2	1,4
Mai	3	4	0	0	1,8	1,2
Juin	3	3	0	3	2,2	1,7
Juillet	2	5	0	0	2,3	2,1
Aout	14	9	3	3	2,7	2,5
Septembre	1	4	0	1	1,1	2,8
Octobre	4	6	3	4	0,8	2,9
Novembre	7	7	0	0	1,1	2,6
Décembre	1	3	0	0	1,2	2,4

Tableau 54 - Taux de Mg des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	72	68	78	29	19	29
Février	98	87	81	29	21	23
Mars	71	89	81	34	18	21
Avril	71	71	77	36	26	17
Mai	65	75	63	34	24	14
Juin	59	67	56	57	28	18
Juillet	74	79	60	50	32	22
Aout	55	69	68	58	39	23
Septembre	49	56	69	34	36	26
Octobre	99	87	45	58	32	27
Novembre	87	93	35	40	29	24
Décembre	107	104	40	35	28	21

Tableau 56 - Taux de Ca des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	277	294	143	91	74	79
Février	244	239	148	107	86	82
Mars	245	238	149	113	99	89
Avril	230	246	138	113	118	88
Mai	224	219	137	96	127	94
Juin	264	286	169	126	109	99
Juillet	231	261	139	115	99	107
Aout	257	287	142	123	112	114
Septembre	238	243	139	92	89	111
Octobre	239	273	107	109	82	103
Novembre	220	249	89	74	79	94
Décembre	212	225	74	89	76	91

Tableau 58 - Taux de Cl des eaux des trois barrages : Ghrib, Harreza et Smbt

Barrages/année/ mois	Ghrib		Harreza		Smbt	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Janvier	251	254	301	106	78	111
Février	560	283	252	139	83	109
Mars	405	395	284	124	91	98
Avril	515	438	302	133	94	94
Mai	318	344	250	166	91	102
Juin	460	430	278	201	96	108
Juillet	558	498	168	245	98	98
Aout	381	434	318	277	94	94
Septembre	466	494	208	145	117	106
Octobre	470	545	175	246	105	104
Novembre	440	510	120	102	118	113
Décembre	196	246	102	120	119	101

Tableau 66 - Dominance des espèces dans les stations du barrage Ghrib

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. quadrangula</i>	2,53	3,42	4,64	2,53	4,10	3,50	3,80	2,99	4,69	2,77
<i>C. dubia</i>	1,40	1,32	1,27	1,35	1,60	1,50	1,90	0,72	1,73	1,23
<i>C. reticulata</i>	11,80	11,05	8,86	14,50	9,81	11,10	11,27	10,09	9,74	10,14
<i>Chydorus sp.</i>	0,84	0	0,63	0	1,60	0	0,76	0	1,11	0
<i>D. brachyurum</i>	3,93	1,05	3,80	1,85	2,85	2,30	3,04	2,16	2,84	2,05
<i>B. longirostris</i>	13,48	16,05	11,39	12,98	10,60	11,20	11,27	11,23	10,23	11,07
<i>M. micrura</i>	0,56	0	0,84	0	1,25	0	0,51	0	0,62	0
<i>D. cyaneus</i>	2,53	2,89	2,11	3,04	3,31	3,20	2,91	2,78	3,08	2,77
<i>D. castaneti major</i>	11,80	12,11	7,17	7,25	9,58	11,40	8,99	11,53	9,37	11,27
<i>C. strenuus strenuus</i>	1,40	1,84	1,27	1,52	2,39	2,10	2,15	1,54	1,85	1,84
<i>E. macruroides</i>	0,56	0,26	0,63	1,35	0,23	1	0,63	0,41	0,49	0,92
<i>M. viridis viridis</i>	0,28	0,53	0,42	0,67	0,46	1	0,38	0,82	0,62	1,13
<i>M. minutus</i>	0,84	1,05	1,69	2,02	1,25	1,60	1,14	1,44	1,23	1,33
<i>M. planus</i>	10,11	7,11	6,75	6,24	7,30	6,30	7,34	6,18	7,15	5,74
<i>P. affinis</i>	7,87	8,68	9,92	8,43	9,46	10,10	8,35	9,68	9,25	8,91
<i>P. fimbriatus</i>	1,97	0	1,69	0,51	0,91	0,70	1,52	0,62	1,23	1,33
<i>T. prasinus</i>	5,90	7,37	8,65	9,11	6,04	7,60	6,33	10,50	7,89	9,63
<i>C. furcifer</i>	0,28	0	0,63	0	0,91	0	0,89	0	0,49	0
<i>E. phaleratus</i>	0,56	0	0,63	0	0,91	0	1,01	0	0,74	0
<i>A. girodi</i>	0,56	0,26	1,27	0,51	0,46	1	0,76	1,03	0,86	1,02
<i>B. calyciflorus</i>	2,53	3,68	3,16	4,22	3,88	4,40	3,42	5,25	3,82	4,51
<i>B. quadridentatus</i>	0,56	1,05	1,90	2,36	1,25	1,90	1,01	1,54	1,23	1,64
<i>Brachionus sp.</i>	0	1,05	0	0,34	0	0,90	0	0,72	0	0,72
<i>K. quadrata</i>	3,93	4,74	6,54	6,58	5,47	4,10	6,20	5,05	6,04	4,71
<i>K. cochlearis</i>	8,43	7,63	6,96	7,25	7,53	6,30	7,59	7,21	6,91	7,17
<i>E. senta</i>	0,56	1,05	1,27	1,01	0,68	1,40	0,63	1,24	0,86	1,33
<i>Filinia sp.</i>	2,25	2,63	3,59	1,85	3,08	3	3,04	2,47	2,59	3,38
<i>L. luna</i>	0,84	1,84	0	1,35	0,57	1,50	0,63	1,54	0,86	1,54
<i>Lepadella sp.</i>	1,12	0	1,48	0	1,60	0	1,39	0	1,23	0
<i>M. ventralis</i>	0,28	0,53	0,63	0,84	0,57	0,60	0,51	0,72	0,74	1,02
<i>E. najas</i>	0,28	0,79	0,21	0,34	0,34	0,30	0,63	0,51	0,49	0,82

Tableau 67 - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Ghrib

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. quadrangula</i>	58,33	58,33	75	50	83,33	58,33	83,33	58,33	83,33	58,33
<i>C. dubia</i>	33,33	25	33,33	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33
<i>C. reticulata</i>	83,33	91,67	83,33	83,33	91,67	91,67	83,33	91,67	91,67	91,67
<i>Chydorus sp.</i>	16,67	0	16,67	0	41,67	0	33,33	0	41,67	0
<i>D. brachyurum</i>	41,67	25	33,33	33,33	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67	41,67
<i>B. longirostris</i>	83,33	100	100	91,67	91,67	100	100	100	100	100
<i>M. micrura</i>	16,67	0	16,67	0	25	0	16,67	0	25	0
<i>D. cyaneus</i>	41,67	41,67	50	50	58,33	50	50	50	58,33	58,33
<i>D. castaneti major</i>	91,67	91,67	75	91,67	91,67	100	100	100	100	100
<i>C. strenuus strenuus</i>	41,67	41,67	41,67	41,67	66,67	58,33	58,33	58,33	66,67	58,33
<i>E. macruroides</i>	16,67	8,33	16,67	16,67	16,67	25	25	25	25	25
<i>M. viridis viridis</i>	8,33	16,67	8,33	16,67	16,67	25	16,67	25	16,67	25
<i>M. minutus</i>	16,67	25	25	25	25	25	25	25	25	25
<i>M. planus</i>	83,33	75	75	75	83,33	75	83,33	75	83,33	58,33
<i>P. affinis</i>	83,33	100	75	91,67	100	100	100	100	100	100
<i>P. fimbriatus</i>	16,67	0	25	25	16,67	25	66,67	25	33,33	33,33
<i>T. prasinus</i>	83,33	83,33	91,67	100	100	100	100	100	100	100
<i>C. furcifer</i>	8,33	0	16,67	0	16,67	0	16,67	0	16,67	0
<i>E. phaleratus</i>	16,67	0	16,67	0	25	0	25	0	25	0
<i>A. girodi</i>	16,67	8,33	16,67	25	8,33	33,33	16,67	33,33	16,67	33,33
<i>B. calyciflorus</i>	33,33	50	41,67	50	58,33	50	50	58,33	58,33	58,33
<i>B. quadridentatus</i>	16,67	16,67	25	25	25	33,33	16,67	25	25	33,33
<i>Brachionus sp.</i>	0	16,67	0	8,33	0	16,67	0	16,67	0	16,67
<i>K. quadrata</i>	58,33	58,33	66,67	66,67	75	66,67	75	66,67	75	66,67
<i>K. cochlearis</i>	58,33	75	66,67	75	66,67	75	66,67	75	66,67	75
<i>E. senta</i>	16,67	16,67	16,67	16,67	16,67	25	16,67	25	16,67	25
<i>Filinia sp.</i>	16,67	33,33	41,67	41,67	41,67	50	33,33	41,67	41,67	50
<i>L. luna</i>	25	33,33	0	33,33	25	33,33	25	33,33	25	33,33
<i>Lepadella sp.</i>	16,67	0	25	0	25	0	25	0	25	0
<i>M. ventralis</i>	8,33	8,33	16,67	16,67	16,67	25	16,67	16,67	16,67	25
<i>E. najas</i>	8,33	16,67	8,33	8,33	8,33	8,33	16,67	16,67	16,67	25

Tableau 70 - Dominance des espèces dans les stations du barrage Harreza

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. quadrangula</i>	4,65	3,47	3,06	2,61	4,69	3,28	4,29	4,18	3,87	4,06
<i>C. dubia</i>	2,16	4,51	2,48	4,29	2,40	3,64	1,87	3,84	2,14	3,85
<i>C. reticulata</i>	11,13	9,72	9,04	11,04	10,70	11,53	9,67	10,61	8,26	9,73
<i>Chydorus sp.</i>	0,50	0	0,44	0	0,96	0	1,43	0	1,53	0
<i>D. brachyurum</i>	1,83	3,99	3,64	4,75	3,13	4,49	4,40	4,29	3,98	3,42
<i>B. longirostris</i>	10,47	10,24	9,33	10,28	11,06	12,62	9,78	11,17	9,28	10,48
<i>M. micrura</i>	1,99	1,04	1,46	0,92	1,32	0,85	1,54	0,79	1,33	0,75
<i>N. alluaudi</i>	9,30	0	7,43	0	3,97	0	6,59	0	7,34	0
<i>D. cyaneus</i>	1,33	1,39	3,35	2,30	2,64	1,58	1,98	2,14	2,65	2,35
<i>D. castaneti major</i>	12,13	7,29	8,31	5,83	9,38	6,19	9,56	7,45	9,17	7,59
<i>C. strenuus strenuus</i>	1,66	6,42	2,19	5,98	3,49	4,73	2,09	5,76	3,06	5,78
<i>A. trajani</i>	3,49	3,65	4,23	5,21	4,81	4,49	3,19	5,30	3,87	5,35
<i>E. macruroides</i>	0,33	1,39	1,02	1,53	0,72	1,82	0,33	1,24	0,71	1,50
<i>M. viridis viridis</i>	0,50	0,69	0,29	1,38	0,24	1,21	0,88	0,79	0,92	1,07
<i>M. minutus</i>	0,17	0,69	0,73	1,38	1,08	1,09	0,66	1,02	0,92	1,18
<i>M. planus</i>	5,65	6,25	4,81	6,44	4,45	6,43	5,60	7,22	4,99	5,88
<i>P. affinis</i>	5,65	9,20	8,16	7,52	6,97	6,19	7,25	4,85	8,05	7,17
<i>P. fimbriatus</i>	0,50	1,91	2,04	1,07	1,44	1,70	1,65	2,03	1,94	1,71
<i>T. prasinus</i>	4,82	6,77	3,79	5,98	4,45	6,55	5,05	5,42	4,99	6,31
<i>A. girodi</i>	0,83	1,56	0,58	2,15	1,44	2,18	1,21	2,03	1,53	1,93
<i>B. calyciflorus</i>	3,65	3,13	3,79	4,60	3,61	3,64	3,08	3,72	2,96	3,32
<i>B. quadridentatus</i>	4,65	4,69	5,83	3,83	5,05	4	5,82	4,18	4,89	4,17
<i>K. valga</i>	3,16	2,26	4,96	2,15	3,25	1,70	2,53	2,71	2,45	2,46
<i>K. quadrata</i>	5,48	3,13	5,25	3,07	4,45	2,18	4,95	2,71	4,69	3,32
<i>R. rotatoria</i>	2,99	4,17	3,21	4,45	3,13	5,83	3,19	4,85	3,26	4,81
<i>E. senta</i>	0	2,43	0	1,23	0	2,06	0	1,69	0	1,82
<i>P. dolichoptera</i>	1	0	0,58	0	1,20	0	1,43	0	1,22	0

Tableau 71 - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Harreza

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2								
<i>C. quadrangula</i>	75	50	66,67	50	75	66,67	83,33	83,33	83,33	83,33
<i>C. dubia</i>	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33	33,33	33,33	33,33	66,67	41,67
<i>C. reticulata</i>	75	66,67	75	75	75	75	75	75	75	0
<i>Chydorus sp.</i>	8,33	0	16,67	0	16,67	0	33,33	0	41,67	0
<i>D. brachyurum</i>	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33
<i>B. longirostris</i>	75	91,67	83,33	91,67	100	91,67	91,67	91,67	100	100
<i>M. micrura</i>	25	16,67	16,67	8,33	25	16,67	25	16,67	25	16,67
<i>N. alluaudi</i>	58,33	0	66,67	0	41,67	0	58,33	0	66,67	0
<i>D. cyaneus</i>	33,33	41,67	33,33	25	41,67	33,33	41,67	41,67	50	41,67
<i>D. castaneti major</i>	91,67	83,33	75	83,33	91,67	83,33	91,67	83,33	100	100
<i>C. strenuus strenuus</i>	50	66,67	41,67	66,67	58,33	66,67	58,33	66,67	75	75
<i>A. trajani</i>	66,67	50	75	66,67	75	58,33	75	66,67	75	66,67
<i>E. macruroides</i>	16,67	25	25	33,33	25	25	8,33	25	25	33,33
<i>M. viridis viridis</i>	16,67	8,33	8,33	16,67	8,33	16,67	25	8,33	25	16,67
<i>M. minutus</i>	8,33	16,67	16,67	16,67	25	16,67	25	16,67	25	16,67
<i>M. planus</i>	58,33	58,33	58,33	58,33	58,33	50	66,67	66,67	66,67	0
<i>P. affinis</i>	83,33	58,33	83,33	66,67	91,67	75	75	66,67	83,33	0
<i>P. fimbriatus</i>	16,67	33,33	25	16,67	33,33	25	33,33	25	33,33	0
<i>T. prasinus</i>	75	75	66,67	66,67	83,33	83,33	75	75	83,33	0
<i>A. girodi</i>	25	25	16,67	25	25	25	25	16,67	25	0
<i>B. calyciflorus</i>	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33	41,67	33,33	41,67	41,67	0
<i>B. quadridentatus</i>	33,33	50	50	50	41,67	50	50	50	50	0
<i>K. valga</i>	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	33,33	0
<i>K. quadrata</i>	58,33	41,67	58,33	33,33	50	41,67	58,33	50	66,67	0
<i>R. rotatoria</i>	41,67	41,67	50	50	41,67	58,33	50	58,33	58,33	0
<i>E. senta</i>	0	25	0	16,67	0	16,67	0	25	0	0
<i>P. dolichoptera</i>	16,67	0	16,67	0	25	0	33,33	0	33,33	0

Tableau 74 - Dominance des espèces dans les stations du barrage Smbt

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. quadrangula</i>	11,05	0	7,43	0	10	0	9,97	0	11,31	3,91
<i>C. reticulata</i>	15,70	8,96	14,86	11,11	19,38	11,99	15,95	10,95	16,37	2,93
<i>Chydorus sp.</i>	0,58	0,75	0	4,44	0,94	2,05	1	2,47	0,60	0
<i>D. brachyurum</i>	5,23	5,22	5,41	8,89	7,19	4,11	7,31	6,71	7,44	11,07
<i>B. longirostris</i>	41,86	35,82	43,24	25,19	29,06	22,95	32,89	26,50	29,46	1,95
<i>D. longispina</i>	0	11,19	0	8,15	0	15,07	0	11,66	0	7,82
<i>C. numidicus</i>	2,91	8,21	2,70	10,37	7,19	8,90	5,65	7,07	5,95	25,41
<i>A. trajani</i>	15,70	15,67	19,59	20,74	13,44	20,55	15,95	20,49	17,56	13,36
<i>A. priodonta</i>	0	2,24	2,70	2,22	0,94	0,68	1	1,41	0	8,79
<i>Ascomorpha sp.</i>	3,49	3,73	2,70	2,22	5,94	6,85	5,65	5,65	5,06	19,54
<i>P. dolichoptera</i>	1,74	4,48	2,70	1,48	4,06	3,77	2,99	3,18	3,57	0,33
<i>P. remata</i>	1,74	3,73	1,35	5,19	2,81	3,08	2,66	3,89	2,68	4,89

Tableau 75 - Fréquences d'occurrences des espèces dans les stations du barrage Smbt

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. quadrangula</i>	75	0	58,33	0	75	0	66,67	0	83,33	0
<i>C. reticulata</i>	66,67	66,67	75	58,33	91,67	75	75	58,33	91,67	75
<i>Chydorus sp.</i>	8,33	8,33	0	16,67	16,67	16,67	16,67	25	16,67	25
<i>D. brachyurum</i>	33,33	33,33	33,33	50	50	41,67	50	41,67	50	58,33
<i>B. longirostris</i>	58,33	66,67	75	58,33	75	75	66,67	83,33	75	83,33
<i>D. longispina</i>	0	50	0	41,67	0	58,33	0	58,33	0	58,33
<i>C. numidicus</i>	16,67	50	33,33	58,33	50	75	50	58,33	50	75
<i>A. trajani</i>	66,67	66,67	75	75	100	100	91,67	100	100	100
<i>A. priodonta</i>	0	16,67	8,33	16,67	8,33	16,67	8,33	16,67	0	8,33
<i>Ascomorpha sp.</i>	16,67	33,33	25	25	41,67	41,67	41,67	41,67	0	41,67
<i>P. dolichoptera</i>	16,67	25	16,67	16,67	33,33	33,33	33,33	25	33,33	33,33
<i>P. remata</i>	8,33	25	16,67	25	33,33	33,33	16,67	33,33	33,33	33,33

Tableau 80 - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. catellina</i>	66,67	83,33	100	100	100	100	100	100
<i>Cephalodella sp.</i>	50	33,33	83,33	50	66,67	83,33	100	83,33
<i>P. acuta</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>A. cygnea</i>	0	0	0	0	100	100	100	100
<i>T. tubifex</i>	83,33	83,33	83,33	83,33	100	100	100	100
<i>Lumbriculus sp.</i>	50	66,67	50	83,33	100	100	83,33	100
<i>S. vetulus</i>	50	50	83,33	50	100	66,67	100	66,67
<i>E. lamellatus</i>	0	0	33,33	16,67	50	33,33	16,67	16,67
<i>A. harpae</i>	0	16,67	66,67	50	66,67	66,67	33,33	66,67
<i>C. aculeata</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>P. arcuata</i>	66,67	66,67	66,67	50	100	100	100	100
<i>Eucypris sp.</i>	33,33	66,67	50	66,67	33,33	66,67	16,67	83,33
<i>D. stevensoni</i>	50	50	66,67	66,67	83,33	66,67	83,33	66,67
<i>Acanthocyclops sp.</i>	33,33	16,67	33,33	50	50	33,33	50	50
<i>C. strenuus</i>	83,33	83,33	66,67	50	66,67	83,33	100	50
<i>P. fimbriatus</i>	100	83,33	83,33	100	83,33	100	83,33	66,67
<i>E. serrulatus</i>	66,67	50	50	50	100	66,67	100	66,67
<i>M. fuscus</i>	16,67	0	33,33	0	33,33	0	0	0
<i>Eudiaptomus sp.</i>	100	66,67	100	100	100	83,33	100	100
<i>Diaptomus sp.</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>A. desmarestii</i>	100	100	100	100	100	100	100	0
<i>P. algeriense</i>	100	100	100	100	83,33	100	0	100
<i>Hydrachna sp.</i>	0	50	0	66,67	100	100	100	100
<i>Ephemeroptera</i>	100	0	100	83,33	100	100	100	100
<i>Odonata</i>	83,33	66,67	100	83,33	100	66,67	66,67	66,67
<i>Plecoptera</i>	50	50	50	83,33	83,33	83,33	83,33	66,67
<i>M. poweri</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>N. glauca</i>	66,67	100	66,67	66,67	100	83,33	100	100
<i>Trichoptera</i>	50	83,33	66,67	83,33	100	100	100	83,33
<i>Diptera</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Coleoptera</i>	100	100	100	100	100	100	100	100
<i>Nematoda</i>	50	100	50	100	100	100	100	100

Tableau 81 - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Ghrib

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C.catellina</i>	1,15	1,23	1,39	1,40	1,46	1,35	1,44	1,62
<i>Cephalodella sp.</i>	0,72	0,62	0,88	0,64	1,01	1,01	0,85	0,72
<i>P.acuta</i>	3,46	3,38	3,28	3,18	2,25	1,98	2,34	2,69
<i>A.cygnea</i>	0	0	0	0	0,79	0,89	1,01	0,96
<i>T.tubifex</i>	2,74	2,62	2,52	2,29	3,93	4,05	4,31	4,49
<i>Lumbriculus sp.</i>	0,72	6,15	0,50	8,02	0,86	28,72	0,64	21,24
<i>S.vetulus</i>	7,36	0,77	10,34	0,76	29,49	0,59	23,39	0,72
<i>E.lamellatus</i>	0	0	0,38	0,25	0,26	0,21	0,05	0,06
<i>A.harpace</i>	0	0,31	0,76	0,51	0,37	0,34	0,16	0,48
<i>C.aculeata</i>	14,43	11,38	14,25	12,98	9,06	9,62	7,12	7,18
<i>P.arcurata</i>	5,19	1,85	5,30	3,18	3,56	3,33	3,77	2,81
<i>Eucypris sp.</i>	0,87	3,69	3,15	3,82	1,09	2,45	0,32	3,29
<i>D.stevensoni</i>	2,60	1,69	3,66	2,29	1,57	1,05	2,02	1,38
<i>Acanthocyclops sp.</i>	1,44	0,46	1,89	2,67	1,57	1,18	1,28	1,80
<i>C.strenuus</i>	2,16	1,85	2,52	1,15	0,64	0,67	1,12	0,48
<i>P.fimbriatus</i>	3,46	2,62	2,02	2,93	1,16	1,35	1,22	0,84
<i>E.serrulatus</i>	1,88	1,08	1,26	1,53	1,31	1,05	1,28	0,90
<i>M.fuscus</i>	0,29	0	0,76	0	0,15	0	0	0
<i>Eudiatomus sp.</i>	4,47	2,62	3,91	2,67	2,47	1,60	2,34	2,39
<i>Diatomus sp.</i>	2,45	2,46	2,77	3,18	1,38	1,64	1,17	1,14
<i>A.desmarestii</i>	12,70	2,62	10,97	2,67	6,40	1,05	7,50	0
<i>P.algeriense</i>	2,16	13,85	2,02	12,85	0,79	7,21	0	8,26
<i>Hydrachna sp.</i>	0	1,08	0	1,53	1,01	0,76	0,90	1,14
<i>ephemeroptera</i>	2,02	2,15	1,77	1,78	1,20	1,01	1,38	1,02
<i>Odonata</i>	1,88	2,15	2,40	2,42	0,86	0,67	0,43	1,02
<i>Plecoptera</i>	1,73	1,08	0,88	2,29	0,82	1,22	1,22	1,20
<i>M.poweri</i>	6,06	8,46	5,30	5,73	7,93	8,73	9,04	10,53
<i>N.glauca</i>	1,01	1,38	0,88	0,64	0,52	0,55	0,64	0,54
<i>Trichoptera</i>	0,72	1,23	1,26	1,02	0,90	0,67	1,01	0,48
<i>Diptera</i>	12,12	13,38	9,33	9,41	7,41	8,22	9,36	9,93
<i>Coleoptera</i>	2,02	2,62	1,64	1,78	2,36	2,87	2,98	3,35
<i>Nematoda</i>	2,16	5,23	2,02	4,45	5,43	3,92	9,73	7,36

Tableau 85 - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Harreza

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. catellina maior</i>	83,33	83,33	83,33	100	100	100	100	100	0	0
<i>C. incila</i>	66,67	83,33	83,33	83,33	83,33	100	83,33	100	0	16,67
<i>P. arcuata</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>A. cygnea</i>	100	100	50	50	100	100	66,67	100	0	0
<i>T. tubifex</i>	83,33	83,33	50	100	83,33	83,33	83,33	100	0	0
<i>Lumbriculus sp</i>	100	100	83,33	100	100	100	100	100	0	0
<i>S. vetulus</i>	33,33	50	33,33	33,33	50	50	33,33	33,33	0	0
<i>A. harpae</i>	33,33	16,67	50	33,33	66,67	50	50	50	0	0
<i>C. aculeata</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>H. reptans</i>	33,33	33,33	50	33,33	50	50	50	50	0	0
<i>D. stevensoni</i>	100	83,33	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Acanthocyclops sp.</i>	50	0	66,67	0	66,67	0	66,67	0	0	0
<i>P. fimbriatus</i>	33,33	33,33	66,67	66,67	83,33	50	16,67	50	0	0
<i>E. serrulatus</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Eudiaptomus sp</i>	100	66,67	100	100	100	100	83,33	100	66,67	66,67
<i>Diaptomus sp.</i>	100	83,33	83,33	100	83,33	100	100	100	0	0
<i>A. desmarestii</i>	100	100	100	100	0	100	100	100	0	0
<i>Hydrachna sp.</i>	66,67	66,67	66,67	16,67	50	100	83,33	83,33	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	83,33	66,67	100	66,67	100	83,33	100	83,33	0	0
<i>Odonata</i>	50	0	66,67	50	33,33	50	50	50	0	0
<i>Plecoptera</i>	33,33	50	66,67	83,33	66,67	0	66,67	66,67	0	0
<i>M. poweri</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Notonecta sp.</i>	66,67	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	83,33	0	0
<i>Trichoptera</i>	83,33	83,33	100	100	100	83,33	83,33	100	0	0
<i>diptera</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Coleoptera</i>	83,33	83,33	100	83,33	83,33	50	83,33	83,33	0	0
<i>Nematoda</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0

Tableau 86 - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Harreza

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. catellina maior</i>	0,62	0,38	0,63	0,47	0,98	1,14	0,51	0,44	0	0
<i>C. incila</i>	0,46	0,62	0,87	0,73	1,62	1,80	0,76	0,94	0	11,76
<i>P. acuta</i>	2,75	3,11	3,48	3,75	3,83	3,57	2,25	2,25	0	0
<i>A. cygnea</i>	0,71	0,72	0,19	0,16	0,77	0,62	0,17	0,20	0	0
<i>T. tubifex</i>	2,79	3,02	1,74	3,33	2,90	2,55	1,83	2,19	0	0
<i>Lumbriculus sp</i>	3,75	4,31	3,57	4,11	4,90	4,97	2,90	3,22	0	0
<i>S. vetulus</i>	0,21	0,34	0,29	0,36	0,43	0,44	0,14	0,20	0	0
<i>A. harpae</i>	0,21	0,19	0,39	0,31	0,34	0,35	0,22	0,23	0	0
<i>C. aculeata</i>	3,54	4,36	4,11	4,27	6,09	5,72	3,77	4,09	0	0
<i>H. reptans</i>	1,79	2,16	3	1,46	2,64	2,42	1,49	1,46	0	0
<i>D. stevensoni</i>	3,58	3,07	3,96	4,37	4,17	3,39	2,73	2,57	0	0
<i>Acanthocyclops sp.</i>	1,62	0	2,13	0	2	0	1,21	0	0	0
<i>P. fimbriatus</i>	0,21	0,19	0,68	0,57	0,85	0,44	0,11	0,18	0	0
<i>E. serrulatus</i>	0,87	1,15	1,26	1,25	1,41	1,67	0,67	0,88	0	0
<i>Eudiaptomus sp</i>	1,33	1,01	1,74	1,87	1,62	1,98	0,87	0,99	100	88,24
<i>Diaptomus sp.</i>	1,17	1,20	1,35	1,87	1,32	1,45	0,93	0,94	0	0
<i>A. desmarestii</i>	3,54	3,98	2,56	2,65	4,34	4,53	2,59	2,51	0	0
<i>Hydrachna sp.</i>	0,37	0,62	0,53	0,10	0,38	0,66	0,37	0,35	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	0,54	0,53	0,77	0,78	1,06	0,70	0,70	0,50	0	0
<i>Odonata</i>	0,46	0,38	0,68	0,73	0,34	0,44	0,28	0,29	0	0
<i>Plecoptera</i>	0,37	0,38	0,63	0,94	0,72	1,10	0,56	0,56	0	0
<i>M. poweri</i>	62,38	59,37	57,10	57,02	43,44	45,99	65,49	65,45	0	0
<i>Notonecta sp.</i>	0,58	0,62	1,01	0,73	0,51	0,66	0,37	0,35	0	0
<i>Trichoptera</i>	0,50	0,57	0,53	0,62	1,06	0,62	0,51	0,41	0	0
<i>diptera</i>	3,79	4,17	3,91	3,95	6,47	6,87	4,67	4,36	0	0
<i>Coleoptera</i>	0,67	0,77	0,87	0,62	2,09	1,06	1,18	1,20	0	0
<i>Nematoda</i>	1,21	2,78	2,03	2,97	3,71	4,84	2,73	3,24	0	0

Tableau 89 - Fréquences d'occurrences des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Smbt

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. catellina</i>	50	66,67	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Cephalodella sp.</i>	83,33	83,33	66,67	66,67	100	100	100	100	0	0
<i>Lumbriculus sp</i>	66,67	33,33	66,67	33,33	83,33	100	50	66,67	0	0
<i>S. vetulus</i>	0	66,67	66,67	50	83,33	100	66,67	100	0	0
<i>I. sordidus</i>	50	50	66,67	66,67	100	100	66,67	66,67	0	0
<i>P. arcuata</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Eucypris sp.</i>	33,33	0	33,33	50	83,33	66,67	83,33	16,67	0	0
<i>E. serrulatus</i>	33,33	16,67	66,67	50	100	83,33	50	33,33	0	0
<i>Eudiaptomus sp</i>	0	66,67	66,67	100	100	100	33,33	100	0	0
<i>Hydrachna sp.</i>	66,67	83,33	83,33	83,33	100	100	100	100	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	50	66,67	50	83,33	83,33	100	66,67	83,33	0	0
<i>Odonata</i>	33,33	16,67	50	50	33,33	16,67	33,33	0	0	0
<i>Plecoptera</i>	33,33	50	83,33	83,33	83,33	100	33,33	50	0	0
<i>Notonecta sp.</i>	100	100	100	100	66,67	83,33	16,67	33,33	0	0
<i>N. glauca</i>	16,67	16,67	83,33	33,33	100	33,33	33,33	16,67	0	0
<i>Trichoptera</i>	0	16,67	66,67	66,67	50	50	16,67	16,67	0	0
<i>diptera</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Coleoptera</i>	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
<i>Nematoda</i>	33,33	100	50	83,33	50	83,33	66,67	83,33	0	0

Tableau 90 - Dominance des espèces zoobenthiques dans les stations du barrage Smbt

Espèces	Station 1		Station 2		Station 3		Station 4		Station 5	
	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2	An 1	An 2
<i>C. catellina</i>	4,54	3,33	8,01	6,98	13,05	14,42	15,95	15,72	0	0
<i>Cephalodella sp.</i>	5,13	4,16	3,51	4,89	11,22	10,91	12,86	10,88	0	0
<i>Lumbriculus sp</i>	2,76	2,91	2,17	1,57	5,73	4,81	4,80	4,84	0	0
<i>S. vetulus</i>	0	1,87	1,17	1,40	1,59	2,47	1,72	3,11	0	0
<i>I. sordidus</i>	0,79	1,46	1,17	1,22	1,95	2,73	1,72	2,07	0	0
<i>P. arcuata</i>	28,01	26,20	20,37	18,15	19,02	19,74	22,13	24,87	0	0
<i>Eucypris sp.</i>	4,73	0	2,17	1,57	3,66	1,95	2,40	0,52	0	0
<i>E. serrulatus</i>	1,38	1,04	1,50	1,92	5,61	4,29	4,97	2,94	0	0
<i>Eudiaptomus sp</i>	0	2,08	2,67	3,14	3,78	4,03	2,23	3,28	0	0
<i>Hydrachna sp.</i>	3,16	3,53	2,50	2,79	2,44	2,60	3,09	2,59	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	0,99	0,83	1	1,05	1,71	2,47	1,89	2,42	0	0
<i>Odonata</i>	0,39	0,42	1	1,05	0,61	0,26	0,34	0	0	0
<i>Plecoptera</i>	0,59	0,83	1,34	1,05	0,98	1,30	0,34	0,69	0	0
<i>Notonecta sp.</i>	14,60	16,42	16,69	15,71	1,46	2,21	0,69	1,04	0	0
<i>N. glauca</i>	0,39	0,21	1,50	0,35	1,10	0,39	0,69	0,35	0	0
<i>Trichoptera</i>	0	0,21	1,17	1,40	0,49	0,78	0,17	0,35	0	0
<i>diptera</i>	21,10	19,54	24,21	22,86	19,39	16,75	16,30	14,51	0	0
<i>Coleoptera</i>	5,33	5,82	4,84	4,54	3,90	3,25	2,74	4,84	0	0
<i>Nematoda</i>	2,76	9,15	3,01	8,38	2,32	4,68	4,97	5,01	0	0

Tableau 99 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Ghrib

Mois	CPUE Poissons (Ind/Filet)			
	<i>C. carpio</i>	<i>B. callensis</i>	<i>S. lucioperca</i>	<i>G. affinis</i>
Janvier	139	9	4	0
Février	379	16	2	0
Mars	128	22	5	0
Avril	45	16	3	0
Mai	240	20	3	4
Juin	100	7	12	95
Juillet	105	3	4	99
Août	108	13	5	8
Septembre	114	13	14	10
Octobre	270	110	4	39
Novembre	314	8	14	0
Décembre	162	13	6	0

Tableau 104 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Harreza

Mois	CPUE Poissons (Ind/Filet)				
	<i>C. carpio c.</i>	<i>B. callensis</i>	<i>A. brama</i>	<i>S. lucioperca</i>	<i>M. cephalus</i>
Janvier	28	2	14	5	4
Février	21	15	15	5	6
Mars	22	1	12	4	3
Avril	33	10	9	3	4
Mai	32	2	25	1	6
Juin	29	7	23	4	0
Juillet	16	2	8	1	0
Août	93	22	172	21	0
Septembre	20	2	11	4	0
Octobre	18	16	16	10	2
Novembre	23	2	23	7	6
Décembre	23	2	13	5	5

Tableau 109 - Abondance mensuelle des poissons par pêche cumulée des 5 stations du barrage Smbt

Mois	CPUE Poissons (Ind/Filet)	
	<i>C. carpio c.</i>	<i>B. callensis</i>
Janvier	4	19
Février	4	22
Mars	6	19
Avril	1	25
Mai	7	14
Juin	12	23
Juillet	6	30
Août	7	19
Septembre	8	12
Octobre	3	32
Novembre	6	19
Décembre	5	22

التنوع البيولوجي وتشخيص السمكي في ثلاثة سدود لسهل شلف العالي (عين الدفلى، الجزائر)

غريب، حرازة و سيدي محمد بن طيبة

الملخص

قمنا بتحديد التنوع البيولوجي سنة 2007-2010 في ثلاث سدود لشلف العالي (غريب، حرازة و سيدي محمد بن طيبة)، ذو المناخ شبه الجاف، والتي تتميز بي اختلاف أشكال تظارسهم، مكنت من النظر في خصائص الهيدرولوجية والفيزيوكيميائية، وتحديد هيكل السكان العوالق الحيوانية، و الحيوانات القاعية و السمك. فيما يتعلق الهيدرولوجيا، فقد وجد أن سد سيدي محمد بن طيبة هو أكثر استقرارا ($825,089 \text{ hm}^3$) مقارنة الى سد غريب ($529,574 \text{ hm}^3$) و حرازة ($139,784 \text{ hm}^3$). التوازن الحراري المائي مشابه للسدود الثلاثة. الكتلة المائية تخضع للتطبيق الحراري بين ماي وسبتمبر مع الظهور الحراري أدناه 5 امتار عمقا. الأوكسجين المذاب هو مختلف في السدود الثلاثة $2,4 \text{ mg/l}$ الى $9,8 \text{ mg/l}$. لوحظ نقص الأوكسجين (5 mg/l) أدناه 4 امتار. سد حرازة هو الأكثر ظرار للأوكسجين. كميات كلوروفيل مرتفعة جدا في سد سيدي محمد بن طيبة ($44.32 \pm 151.73 \text{ mg/l}$) مما كانت عليه في السدين الآخرين. عدد الأنواع الحيوانية التي تقطن السدود الثلاثة هو 110 بين لافقاريات و الفقاريات. وتتكون العوالق الحيوانية من 41 نوعا تنتمي إلى 18 عائلة و 29 جنسا. تتكون الحيوانات القاعية من 59 نوعا تنتمي إلى 36 عائلة و 54 جنسا تتكون الأسماك من 10 انواع منتمبة الى 4 عائلات و 9 اجناس. العوالق الحيوانية و الحيوانات القاعية هم أكثر تنوعا في سد غريب مما عليه في حرازة. اما سد سيدي محمد بن طيبة هو أقل تنوعا. العدد المشترك للافقاريات في السدود الثلاثة هي من بين خمسة أنواع لالعوالق الحيوانية و 12 حيوان قاعي. العوالق الحيوانية و الحيوانات القاعية هم السائدون في اعلى محطات السدود الثلاثة، غريب S3، حرازة S4 و سيدي محمد بن طيبة S2. في اعماق حفر السدود الثلاثة (S5)، السكان الحيوانية القاعية و الحيوانية غائبة ما عدا حرازة الذي يضم نوعين. فيما يخص الأسماك، فما عاد *B. callensis* ساكن اصلي، الأنواع الأخرى (C. *carpio*, *A. brama*, *R. rutilus*, *H. molitrix*, *A. nobilis*, *M. cephalus*, *S. lucioperca*, *G. affinis*) ادخلت. من بين هذه الأنواع السمكية 6 تسكن بحرازة و 5 بغريب و 2 بسيدي محمد بن طيبة. مياه السدود الثلاثة ملائمة للشبوط. الأطباق السدود المسطحة، كما هو الحال ب حرازة ملائم للتنوع السمكي. اما السدود العميقة، كما هو الحال بسيدي محمد بن طيبة، هي اقل تنوعا للأسماك.

الكلمات المفتاحية: السدود والعوالق الحيوانية، الحيوانات القاعية، الأسماك، الأوكسجين الذائب، درجة الحرارة

Biodiversité et diagnose piscicole de trois lacs de barrages du haut Cheliff (Ain-Defla, Algérie) : Ghrib, Harreza, et Sid Ahmed Bentaïba

Résumé

L'identification de la diversité biologique effectuée, de 2007 à 2010, dans trois lacs de barrages du haut Cheliff (Ghrib, Harreza et Sidi M'Hamed Ben Taïba), à climat semi-aride, différents par leurs âges, leurs morphologies et leurs hydrologies, a permis, par la considération de caractères hydrologiques et physico-chimiques, de définir la structure des peuplements zooplanctonique, zoobenthique et ichtyique. L'hydrologie enregistrée révèle que le barrage Smbt est le plus stable des trois barrages avec un cumul annuel de 825,089 hm³ par rapport à Ghrib, 529,574 hm³ et à Harreza (139,784 hm³). Le bilan hydrothermique est analogue pour les trois barrages. Ces derniers subissent tous une stratification thermique entre mai et septembre avec apparition de thermoclines en dessous de 5m de profondeur. L'oxygène dissous est différent dans les 3 barrages et varie de 2,4 à 9,8 mg/l. Des hypoxies (<5mg/l) sont observés en dessous de 4m ; le barrage Harreza est le plus lésé en oxygène dissous. Les taux de Chl-*a* sont très élevés dans le barrage Smbt (151,73 ± 44,32 mg/l) que dans les 2 autres barrages. Le nombre de taxons peuplant les 3 barrages est de 110 entre invertébrés et vertébrés. Le zooplancton est composé de 41 espèces appartenant à 18 familles et à 29 genres. Le zoobenthos est constitué de 59 espèces appartenant à 36 familles et 54 genres. L'ichtyofaune est composée de 10 espèces réparties entre 4 familles et 9 genres. Le zooplancton et le zoobenthos sont plus diversifiés dans le barrage Ghrib que dans le Harreza. Le barrage Smbt est le moins diversifié. Les Invertébrés communs aux trois barrages sont au nombre de 5 espèces pour le zooplancton et de 12 espèces pour le zoobenthos. Le zooplancton et le zoobenthos sont dominants dans les stations d'amont des 3 barrages, S3 de Ghrib, S4 de Harreza et S2 de Smbt. En profondeur, dans les fosses des trois barrages (S5), les peuplements zoobenthiques et zooplanctoniques sont absents à l'exception de Harreza où 2 espèces zoobenthiques sont recensées. Pour l'ichtyofaune, seul *B. callensis* est autochtone, les autres espèces (*C. carpio*, *A. brama*, *R. rutilus*, *H. molitrix*, *A. nobilis*, *M. cephalus*, *S. lucioperca*, *G. affinis*) ont été introduites. Parmi ces espèces ichtyiques 6 peuplent le Harreza, 5 le Ghrib et 2 le Smbt. Les eaux des trois barrages sont de type Cyprinicole. Les barrages plats, comme le Harreza, sont favorables à la diversité pisciaires. Les barrages profonds, comme Smbt, sont moins favorables à une diversité piscicole.

Mots clés : Barrages, zooplancton, zoobenthos, ichtyofaune, oxygène dissous, température

**Biodiversity and fish diagnosis of three dams in the high Cheliff
(Ain Defla, Algeria): Ghrib, Harreza and Sid m'Hamed Bentaïba**

Summary

The identification of biodiversity performed from 2007 to 2010 in three lakes in the top Cheliff dams (Ghrib, Harreza and Sidi M'Hamed Ben Taïba), semi-arid climate, different by their ages, their morphologies and their hydrologies, enabled by the consideration of hydrological and physicochemical characteristics, define the structure of zooplankton populations, and zoobenthic ichthyique. The recorded Hydrology reveals that SMBT dam is the most stable of the three dams with a year to date compared to 825.089 hm³ Ghrib, 529.574 hm³ and Harreza (139.784 hm³). The hydrothermal balance is similar for the three dams. These all undergo thermal stratification between May and September with the appearance of thermocline below 5m deep. Dissolved oxygen is different in the dams 3 and from 2.4 to 9.8 mg / l. Hypoxia (<5mg / l) are observed below 4m; Harreza the dam is the injured dissolved oxygen. The Chl-a levels are very high in SMBT dam (151.73 ± 44.32 mg / l) than in the other 2 dams. The number of taxa inhabiting the three dams is 110 between invertebrates and vertebrates. Zooplankton is composed of 41 species belonging to 18 families and 29 genera. Zoobenthos consists of 59 species belonging to 36 families and 54 genera. The fish fauna consists of 10 species distributed between 4 and 9 families genres. Zooplankton and zoobenthos are more diverse in Ghrib roadblock in Harreza. The SMBT dam is less diversified. Common Invertebrates three dams are among five species for zooplankton and zoobenthos 12 species. Zooplankton and zoobenthos are dominant in the upstream stations of 3 dams, Ghrib S3, S4 and S2 Harreza SMBT. Deep in the pit of the three dams (S5), zoobenthic and zooplankton populations are absent except where Harreza 2 zoobenthic species are identified. To fish fauna, only *B. callensis* is Aboriginal, other species (*C. carpio*, *A. brama*, *R. rutilus*, *H. molitrix*, *A. nobilis*, *M. cephalus*, *S. lucioperca*, *G. affinis*) were introduced. These ichthyiques species inhabit the Harreza 6, 5 and 2 on the Ghrib SMBT. The waters of the three dams are cyprinid. The dishes dams, as Harreza, favor the pisciaires diversity. The deep dams, as SMBT, are less favorable to fish diversity.

Keywords: Dams, zooplankton, zoobenthos, fish fauna, dissolved oxygen, temperature

INFLUENCE OF HYDROLOGIC REGIME ON ZOOPLANKTONIC DIVERSITY OF HARREZA DAM (Haut-Cheliff) AIN DEFLA ALGERIA

DJEZZAR MILIANI¹, RYBARCZYK HERVE², MEZIANE TARIK³ & DOUMANDJI SALAH EDDINE⁴

¹University of Khemis Miliana Theniet El Had Road, Algeria

^{2,3}National Museum of Natural History UMR BOREA MNHN CNRS 7208 IRD UPMC CP 53, 61 rue Button 75231
Paris Cedex 5 France

⁴Agronomic Upper National School Agricultural and Forestry Zoology, Rue Hassen Badi Belfort EL-HARRACH, Algiers,
National Upper School of Agronomy El-Harrach, Algeria

ABSTRACT

Dam of Harreza is located in meadow of high Cheliff (Algeria) with semi-arid climate. It is characterized by a weak hydraulic activity and irregularity of waters distributions. During two years' study, average monthly volume passed from $3.68 \pm 1.02 \text{ Hm}^3$ in 2009 to $11.65 \pm 4.58 \text{ Hm}^3$ in 2010. Measuring of temperature, dissolved oxygen and zooplanktonic samplings had been conducted in 5 stations spread between shores and pelagic zone. Variation of hydrologic regime recorded during both years had not affected the spatiotemporal evolution of the temperature. Growth of contents in dissolved oxygen had been recorded during the second year (2010) in keeping with water level growth.

Structural study of zooplanktonic populations allowed noting that specific richness had declined passing from 26 in 2009 to 24 in 2010. That is translated by disappearance of 3 species (*Chydorus sp.*, *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 and *Neolovenula alluaudi* Guerne & Richard, 1890) and appearance of specie non inventoried in 2009 (*Epiphanes senta* O.F. Müller, 1773). In terms of time, relative abundance did not show any significant difference, when from spatial level, differences are noted between stations. Hydrologic regime of Harreza Dam keeps abundance of zooplanktonic population when diversity of the last ones is influenced.

KEYWORDS: Hydrology, Dam, Temperature, Dissolved Oxygen, Zooplankton, Abundance

INTRODUCTION

In Algeria, dam's lakes, represent an important part of hydric reserves intended for agriculture, supplying in potable water and to development of fishing and aquaculture (Boudjadja et al., 2003 ; Bacha et al., 2007 ; Kara, 2012). Water reserves of these ecosystems with hot climate distinguished by hydrologic, physicochemical and particular biologic characteristics (Loudiki, 1990; Cherifi et al., 2002; Cherbi et al., 2008) are threatened in their qualities and their quantities, because of drought and strong temporal irregularities of precipitations (Remini et al., 2009). Water level drops are known for disturbances and for unbalanced physico-chemical quality which cause in these aquatic ecosystems (Al Faidy et al., 1999; Rojo et al., 2000; Sadani et al., 2004). Among biologic factors which are affected, zooplankton population are one of components the most sensitive of aquatic trophic system (Platt et al., 2003; Berger et al., 2010), for they are determining by their key role in functioning and dynamic of aquatic ecosystems, contributing to the transfer of energy fixed by the autotrophs at the higher trophic levels (Haberman, 1998). They also represent the most important protein source for fish and predator invertebrates (Balvay, 1990; Nogrady et al., 1995; Piasecki et al., 2004; Brassard,

2009). The aim of this work is to value, on two consecutive years (2009 and 2010), impact of hydrologic regime on structure and spatiotemporal distribution of zooplanktonic population of Harreza dam. The small area and weak hydraulic activity made of this dam, a chosen site for this study.

MATERIAL AND METHODS

Study Site

Harreza dam (N37°59'34", E1°57'46") is situated in the meadow of high Cheliff (Algeria) with semi-arid Mediterranean climate (Figure 1). It is found on Harreza river, in district of Djelida (wilaya of Ain-Defla), at 315 m altitude and about 120 km to South-West of Algiers. This is a tank of regulation and compensation of waters of Cheliff River (Table 1). It has been brought in service in 1984 to strengthen irrigation of high Cheliff parameter with affected yearly volume of 23 hm³. Except the weak flow of Harreza river on which the dam is located, main water contributions come from Cheliff River by derivation and are made with help of pumping during flood periods. In spite of its surface of 620 ha and its initial capacity of 70 hm³ those last years, Harreza dam is distinguished by weak water levels induced by pumping absence which had been abandoned since 2007 because of expensive cost of electric power. Filling up is made only by contributions of Harreza River.

SAMPLINGS AND MEASURES

Five samplings stations (Figure 1) were put in place and spread between the right shore (S1 and S3), and the left shore (S2 and S4) and in full water (S5). In each of those 5 stations, measures and samplings were made monthly from January 2009 until December 2010. Temperatures (°C), and dissolved oxygen (mg/l) are measured with help of multi-parameter analyser (of type Multi 340 i Set WTW) to 1 m from water surface. For zooplankton study, we used a plankton net mesh of 80µm. Each sample is kept in formalin at 4%, then observed for identification (specific composition) and counting. Calculations of relative abundance, specific richness, frequencies of occurrences and indexes diversity of Shannon-Weaver (H'), of Simpson (D), of Hill and of Pielou (J') have been made as described in works of Daget (1976), Barbault (1992), Ramade (2003) and Boulinier et al. (1998). Index of Shannon H' is minimal when it is equal to zero which that means when sampling contains only one specie, it is maximal (theoretically unfinished) when all individuals belong to different species. Index of Simpson (D) is linked to abundance variations between dominating species.

When (1- D) tends towards value of 1 it is to indicate maximal density and value of 0, it is to indicate minimal density. Index of Hill allows a proportional abundance measure associating indexes of Shannon-Weaver and of Simpson. As index of (1-Hill) is closer of value 1 as the diversity is maximal. Index of Pielou (J') allows estimating distribution of dominating and dominated species. Index J' varies from 0 to 1, it tends towards 0, when quasi totality of population is focused on one or two species (one or two dominating species), it is of 1 when all species have the same abundance.

STATISTIC ANALYSIS

In order to study spatiotemporal variations of zooplankton, parametric hypothesis tests or non parametric have been applied. A Principal component analysis (PCA) has been applied to highlight existing correlations between different studied factors. Calculations have been conducted with two software Excel stat version 2009 and R (R Development Core Team 2010).

Impact Factor (JCC): 1.6864

Index Copernicus Value (ICV): 3.0

RESULTS

Hydrologic Regime

Recorded water reserves during both years are very different (Table 2). The year 2009 (first year) is characterized by monthly average volume 3.68 ± 1.02 l/m³ with minimum of 1.643 l/m³ in September and maximum 5.96 l/m³ in December. However, year 2010 (Second year), is pronounced by monthly average volume of 11.65 ± 4.58 with minimum of 4.239 l/m³ in December and maximum of 18.826 l/m³ in May.

Temperature Regime

Water temperature statements of Harreza dam present the same evolution in the time and the space (Table 3). None significant difference is noted between stations and between both years (p -value=0.9). Weakest temperatures are recorded in March of both years: 8.9°C in station S5 (2010) and 9.1°C in stations S3 and S5 (2009). Higher temperatures are recorded in August in station S2: 29.7°C (2009) and 28.4°C (2010).

Oxygen Regime

From a point of view temporal, contents in dissolved oxygen in water of Harreza dam (Table 4) are developing differently during the two years (P -value=0.005). Monthly average content of the first year is weaker (6.87 ± 1.10 mg/l) than of the second year (7.16 ± 1.38 mg/l). The weakest rates are recorded in August in station S3 with 3.1 mg/l in 2009 and 2.4 mg/l in 2010, when highest rates are recorded in March 2009 in station S5 (8.8 mg/l) and in February 2010 in stations S1 and S2 (8.9 mg/l). In terms of space, none significant difference exists between contents in dissolved oxygen of 5 stations (p -value=0.12).

Composition of Zooplanktonic Population

In total, 27 zooplanktonic species had been inventoried during both samplings years (Table 5): 8 species of cladocera belong to 5 families and 5 genera, 12 species of copepoda belong to 2 families and 7 genera and 8 species of rotifera belong to 5 families and 6 genera.

Temporal Structure

Specific richness (S) has declined during the two study years: it passed from 26 in 2009 to 24 in 2010 (Table 6). In samplings made in 2010, three zooplanktonic species were absent compared to those inventoried in 2009; it is about of *Chydorus* sp., of *Polyarthra dolichoptera* Idelson, 1925 and of *Neolovenula alluaudi* Guerne & Richard, 1890. However, specie non inventoried in 2009 appeared in samplings of 2010: it is about of *Epiphanes senta* O.F. Müller, 1773.

Comparison of average relative abundance of zooplankton harvested during the two study years (Table 6) did not show any significant difference. (P -value=0.78). Structure of zooplanktonic population highlighted by index of Shannon-Weaver H' (Table 4), which gives more importance to rare species proves being more diversified in the 1st year (4.33 bits) than in 2nd year (4.29 bits). However, if we refer to Simpson's index (1-D) (Table 6), which gives more importance to abundant species, we notice that structure of zooplanktonic population is similar in both years (0.94). For that reason, calculation of Hill's index (1-Hill), which allows obtaining more exact view of observed diversity because sensitive at a time to rare species and to abundant ones (Table 6) shows a good diversity and varies from 0.78 for the 1st year to 0.77 for 2nd year. Pielou's index (Table 4) which is of 0.92 in 2009 and of 0.93 in 2010, expresses a good distribution of zooplanktonic population in both years.

Spatial Structure

Annual specific richness (S) is similar in the 5 stations of Harreza dam (Table 7): 26 in 2009 and 24 in 2010. Average relative abundance of zooplankton (Table 7) significantly different between the 5 stations (p-value < 0.0001). During both years, it varies from 48 ± 31.3 ind/l to 81.75 ± 43.2 ind/l. It is maximal in station S5 with 81.75 ± 43.2 in 2009 and 77.92 ± 48.62 ind/l in 2010, when it is minimal in station S1 with 50.17 ± 30.6 ind/l in 2009 and 48 ± 31.3 ind/l in 2010. None significant difference is observed (p-value > 0.05) for indexes of Shannon and Simpson of the 5 stations (Table 7). Index of Hill which sensitive to rare species and to abundant species proves that zooplankton diversity is similar in the 5 stations (p-value > 0.05). About equi-distribution of zooplankton species determined by index of Pielou (J'), none significant difference is noted between the 5 stations (p-value = 0.41).

Frequencies of Occurrences and Dominances

Analysis of the occurrence frequency of sampled species in the 5 stations allowed classifying them in 5 constancy's levels (Table 8; Figure 2).

The first level is constituted of 2 omnipresent species met in 100% of samplings made during both years: cladocerans *B. longirostris* is met in stations S5 and S3 when copepods *D. castaneti major* is found only in station S5.

The second level contains 7 constant species present in 75 to 100% of samplings; it is about of cladocerans represented by *C. quadrangula*, *C. reticulata*, *B. longirostris* and of copepods represented by *D. castaneti major*, *C. strenuus strenuus*, *P. affinis*, *T. Prasinus*. Among sampled copepods *A. trajani* is constant only for the first year, when *C. strenuus strenuus* is constant only for the 2nd year.

The third level concerning frequent species present in 50 to 75% of samplings is formed of 13 species with 8 are met in all effected samplings during that two years, it is about of cladoceran *C. quadrangula*, of copepods represented by *C. strenuus strenuus*, *A. trajani*, *M. planus*, *T. prasinus* and of rotifers represented by *B. quadridentatus*, *K. quadrata*, *R. Rotatoria*. In the first year, there are only 3 frequent species which are *C. dubia*, *N. alluaudi* and *D. Cyaneus*. However, 2 species, *C. reticulata* and *P. affinis*, are frequent only in 2nd year.

The fourth level concerning common species met in 25 to 50% of samplings. is constituted by 18 species with 9 are found during the two years and are represented by *C. dubia*, *D. brachyurum*, *D. cyaneus*, *E. macruroides*, *P. fimbriatus*, *A. girodi*, *B. calyciflorus*, *K. valga* et *R. Rotatoria*. Seven species are found in the first year and are represented by *Chydorus sp.*, *M. micrura*, *N. alluaudi*, *M. viridis viridis*, *M. minutus*, *P. dolichoptera*, *B. Quadridentatus*. On the other hand, 2 species are found only in the second year and are represented by *K. quadrata* et *E. Senta*.

The fifth and last level which concerns accessories species met in 5 to 25% of samplings is constituted of 9 species with 5 are found during both years, il is about of *M. micrura*, *M. viridis viridis*, *M. minutus*, *P. fimbriatus* et *A. Girodi*. However, 3 accessories species are met in 1st year, il is about o *Chydorus sp.*, *E. macruroides*, *P. dolichoptera* when in 2nd year, only *E senta* is present in our samplings.

Abundance level of species is linked with their constancy level. Omnipresent species are the ones the most abundant when accessories species are less abundant (Figure 2a, b).

Impact Factor (JCC): 1.6864

Index Copernicus Value (ICV): 3.0

DISCUSSIONS

The weak water levels recorded in Harreza, dam in reference of its initial capacity which is of 70 hm³, are mainly induced by absence of water contribution by pumping because electric energy being very expensive.

The sole contributions of Harreza River which are characterized by weak and irregular flows, in 2009, dam was in water deficit with monthly average volume of 3.68 ± 1.02 Hm³ compared to year 2010 where contributions were more important with monthly average volume of 11.65 ± 4.58 Hm³. Temperature evolution is similar in time and then has not been influenced by difference of water levels recorded between the two years. Superficial waters are influenced by air temperature and by radiative transfers received from sun and from atmosphere (Rodier, 1990; Westhoff et al., 2007).

Contents in dissolved oxygen recorded for the most part in stations during the two study years were favourable to aquatic biogenesis because they are above to the concentration of 4mg/l which is considered according to Lapointe (1977) and Lègaré (1998) as a lower limit for survival and for protection of the whole living organisms. However, rates of 3.9mg/l and 2.4mg/m are recorded in August of the two years in station, S3 which particularises by its localisation in mouth zone of the lake, place in which sedimentation and deposit of organic matter are probably favoured. Consequently, microbial activity higher in summer caused by the last ones, explains these hypoxias (Rossetti et al., 2004, Kagalou et al., 2006). Evolution of monthly average content in dissolved oxygen passing from 6.87 ± 1.10 mg/l in 2009 to 7.16 ± 1.38 mg/l in 2010, is influenced particularly by growth of water volume recorded in the 2nd year.

As a matter of fact, principal component analysis (PCA) highlights existence of correlation on axe F2 (29.33%) between oxygen of both years and water volume of the 1st year (Figure 3). Hydrologic regime and water dynamic are known by their actions in process of ventilation and of oxygen dissolution (Makhoukh et al., 2011; Sadani et al., 2004; Rossetti et al., 2004)

Zooplanktonic population inventoried during the two study years are composed of 27 species. Specific richness (S) has declined from 26 in 2009 to 24 in 2010 where 3 species (*Chydorus sp.*, *Polyarthra dolichoptera* and *Neolovenula alluaudi*) disappeared from our samplings, when another specie non inventoried by the past has appeared (*Epiphanes senta*).

According to abiotic measures which we have performed, this regressing of specific richness coincides with growth of water contribution recorded during the 2nd year. Effectively, precipitations, wind, where cloudiness, are identified as being critical factors in zooplankton's development (Dejen et al., 2004). High cloudiness, which would result of water level growth, would explain appearance of *E. senta* which is typical to waters strongly loaded with organic matter (Hall et al., 1976). Contrary to that, regressing of specific richness observed during the 2nd year by disappearance of the 3 species quoted, could be linked to others physico-chemical factors or biological ones as predatory and competition (Okogvu, 2009; Onwudinjo et al., 1994; Ovie et al., 1994).

Quality of water brought during the 2nd year and present abiotic conditions would allow abundance regulation of zooplanktonic population and they are acting to be to the same level that one of the 1st year. The answer brought by analyse of PCA (Figure 3) highlights existence of correlation on axe F1 (43.31%) between abundance and growth of water volume during the 2nd year. As a matter of fact, abundance of aquatic invertebrates is linked to rising of lakes water level which results submersion of littoral zones favouring distribution of nutrients and hatching of resting eggs (Dejen et al., 2004; Mergeay et al., 2006).

Structure homogeneity of zooplanktonic population during the two years is confirmed by index of Hill (0.78 in 2009 and 0.77 in 2010) and index of Pielou (0.92 en 2009 and 0.93 en 2010). This structure of diversity is proving to be homogeneous in the space, during the two years, since we have not noted none significant difference between indexes of Hill (p-value= 0.40) and index of Pielou (p-value=0.41) in the 5 stations. Nevertheless, in spite of the small surface of Harreza dam and its simple morphology, heterogeneity of the abundance of the zooplanktonic populations is noted between stations (p-value < 0, 0001).

At small scale, where abiotic conditions are considered as similar in space (White 1998 : Burks et al., 2002), heterogeneity of spatial distribution of zooplanktonic population is particularly influenced by biotic processes (Pinel-Alloul, 1995 ; Thackeray et al., 2004), notably linked to predatory practised by vertebrates as fish (White,1998; Lauridsen et al., 1999; Romare et al., 2003). That situation explains a maximal abundance in station S5 which takes place in central zone of the lake where predatory gradient seems being reduced by opposition to station S1, where abundance is minimal and which characterizes by its location on shores in littoral zone, in the same way as others stations in which predatory gradient could be more important.

This spatial heterogeneity is also confirmed by constancy of species: The omni presents, represented by cladocerans and copepods are the most abundant in station S5 and exceptionally in station S3 during the 1st year, when rare species are less abundant and are majority in station S5 during the 2nd year with 62.50% of population when they are absent during the 1st year in the same station.

CONCLUSIONS

Obtained results from the two study years, reveal that hydrologic regime of Harreza dam is irregular in the time. With absence of water contribution by pumping, flows of Harreza River determine hydrologic regime of this dam.

Difference of water levels recorded between the two years, 2009 and 2010 did not affect evolution of the temperature. Contents in dissolved oxygen (> 4mg/l) are favourable to aquatic life. Waters contributions favour growth of contents in dissolved oxygen passing from 6.87±1.10 mg/l in 2009 to 7.16±1.38 mg/l in 2010. Hydrologic regime of Harreza dam influences zooplanktonic diversity.

Water contributions provoked disappearance of 3 species (*Chydorus sp.*, *Neolovenula alluaudi* and *Polyarthra dolichoptera*) and appearance of other specie (*Epiphames senta*). Structure of zooplanktonic population is not affected by the difference of hydrologic regime of the two years. Cladocera *Bosmina longirostris* O.F. Müller, 1785 and copépod *Diatomus castaneti* major Dussart, 1957 characterize zooplanktonic population of Harreza dam by their omnipresence. Spatial disparity of abundance levels, noted during the two years, is linked neither to hydrologic regime nor to abiotic factors which prove being homogeneous but too much more to biotic factors such as zooplanktonophagy.

ACKNOWLEDGEMENTS

We thank Head Office of ANBT (Algiers) and Exploitation Head for access authorisation in Harreza dam. Our acknowledgments also to Tarik Meziane of MNHN in Paris and his team for their guidance and so to Danielle Defaye (MNHN) for his help in identification of some copepods.

REFERENCES

1. Al Faidy, B., Fahde, A., & Devaux, J. (1999). Contribution à l'étude du phénomène d'eutrophisation d'une retenue sous climat semi aride (réservoir Daourat), Maroc, *Actualité scientifique sécheresse*, 10, 3, 213–220
2. Baclia, R., & Amara, M. (2007). Les poissons des eaux continentales d'Algérie. Étude de l'ichtyofaune de la Soummam. *Cybiurn*, 31, 3, 351-358
3. Balvay, G. (1990). Long-term changes in zooplankton abundance and water transparency in Lake Geneva. *Arch. Hydrobiology*, 207, 31-36
4. Barbault, T. R. (1992). *Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution*. Masson ed., Paris, 273
5. Berger, S.A., Diehl, S., Stibor, H., Trommer, G., & Ruhlenstroth, M. (2010). Water temperature and stratification depth independently shift cardinal events during plankton spring succession. *Global Change Biol.*, 16, 1954–1965
6. Boudjadja, A., Messahel, M., & Pauc, H. (2003). Ressources hydriques en Algérie du Nord, *Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science*, 16, 3, 285-304
7. Boulinier, T., Nichols, J.D., Sauer, J.R., Hines, J.E., & Pollock, K.H. (1998). Estimating species richness to make inference in community ecology: The importance of heterogeneity in species detectability as shown from capture-recapture analyses of North American Breeding Bird Survey Data. *Ecology*, 79, 1018-1028
8. Brassard, D. (2009). Variabilité à long terme des cladocères dans des lacs de la forêt boréale soumis à des perturbations naturelles et anthropiques. *Mémoire de Maîtrise, Université du Québec (Chicoutimi, Canada)*, 42
9. Burks, R. L., Lodge, D. M., Jeppesen, E., & Lauridsen, T. L. (2002). Diel horizontal migration of zooplankton: costs and benefits of inhabiting the littoral. *Freshwater Biology*, 47, 343–365
10. Cherbi, M., Lek-Ang, S., Lek, S., & Arab, A. (2008). Distribution du zooplancton dans les lacs à climat méditerranéen. *C. R. Biologies*, 331, 692–702
11. Cherifi, O., & Loudiki, M., (2002). Variations de la structure du lac-réservoir oligotrophe Bin El Ouidane (Maroc). *Rev.Sci.de l'Eau*, 15,1, 193-208
12. Dajet, J. (1976). *Les modèles mathématiques en écologie*, Masson ed., Paris, 172
13. Dejen, E., Vijverberg, J., Nagelkerke, L.A.J., & Sibbing, F.A. (2004). Temporal and spatial distribution of microcrustacean zooplankton in relation to turbidity and other environmental factors in a large tropical lake (L. Tana, Ethiopia). *Hydrobiologia*, 513, 39–49
14. Ilaberman, J. (1998). Zooplankton of lake Vörtsjärvi. *Limnologia*, 28, 49-65
15. Hall, D.J., Threlkeld, S.T., Burns, C.W., & Crowley, P.H. (1976). The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. *Ann. Rev. Ecol. Syst.*, 7, 177-208
16. Kagalou, I., Economidis, G., Leonardos, I., & Papanouka, C. (2006). Assessment of a Mediterranean shallow lentic ecosystem Lake Pamvotis (Greece) using benthic community diversity: response to environmental parameters. *Limnologia – Ecol. Manage. Inland*, 36, 4, 269–278

17. Kara, H.M. (2012). Freshwater fish diversity in Algeria with emphasis on alien species, *Eur. J. Wildl. Res.*, 58, 243-253
18. Lapointe, R. (1977). Interprétation des données limnologiques. Dép. de biologie, Collège de la Côte-Nord, Campus Manicouagan.
19. Lauridsen, T. L., Jeppesen, E., Mitchell, S. F., Lodge, D. M., & Burks, R. L. (1999). Diel variation in horizontal distribution of *Daphnia* and *Ceriodaphnia* in oligotrophic and mesotrophic lakes with contrasting fish densities. *Hydrobiologia*, 408/409, 241-250.
20. Lègaré, S. (1998). Étude limnologique du lac Saint-Charles 1996-1997. Département de biologie de l'Université Laval, 85
21. Loudiki, M. (1990). Etude limnologique d'un hydrosystème récemment aménagé dans la région de Marrakech (Maroc). Th. Doct. D'Etat, Univ. Aix-Marseille III, 353
22. Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc Oriental), *Larhyss Journal*, 9, 149-169
23. Mergeay, J., Declerck, S., Verschuren, D., & Meester, L. (2006). *Daphnia* community analysis in shallow Kenyan lakes and ponds using dormant eggs in surface sediments. *Freshwater Biology*, 51, 3, 399-411
24. Nogrady, T., Pourriot, R., & Sergers, H. (1995). Rotifera. 3. The Notommatidae and the Scaridiidae. *Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental water of the world*, in H.J. DUMONT édit., 8, SPB Academic Publishing, La Haye, 248
25. Okogwu, O.I. (2009). Seasonal variations of species composition and abundance of zooplankton in Ehome Lake, a floodplain lake in Nigeria. *Revista de Biologia Tropical*, 58, 1, 171-182
26. Onwudinjo, C.C., & Egborge, A.B.M. (1994) - Rotifers of Benin river, Nigeria. *Hydrobiologia*, 272, 87-94
27. Ovie, S.I., & Adeniji, H.A. (1994). Zooplankton and environmental characteristics of Shiroro Lake at the extremes of its hydrological cycle. *Hydrobiologia*, 286, 175-182
28. Piasecki, W., Goodwin, A.E., Eiras, J.C. & Nowak, B.F. (2004). Importance of copepoda in freshwater aquaculture. *Zoological Studies*, 43, 2, 193-205
29. Pinel-Alloul, B. (1995). Spatial heterogeneity as a multiscale characteristic of zooplankton community. *Hydrobiologia*, 300/301, 17-42
30. Platt, T., Fuentes-Yaco, C., & Frank, K. T. (2003). Marine ecology: Spring algal bloom and larval fish survival». *Nature*, 423, 6938, 398-399
31. Ramade, F. (2003). *Éléments d'écologie. Ecologie fondamentale*. 3ème édition. Dunod. Paris. Rapport bibliographique. Ecole doctorale Vie-Agro-Santé Université de Rennes, 23
32. Remini, B., Leduc, C., & Hallouche, W. (2009). Evolution des grands barrages en régions arides : quelques exemples algériens. *Sécheresse*, 20, 1, 96-103

33. Rodier, J. (1990). L'analyse de l'eau. Edition DUMOND, Paris, 187 pages

34. Rojo, C., Ortega-Mayagoitia, E., Rodrigo, M.A., & Alvarez-Cobelas, M. (2000). Phytoplankton structure and dynamics in a semiarid wetland, the National Park "Las Tablas de Daimiel" (Spain)", Arch. Hydrob., 148, 3, 397-419

35. Romare, P., Berg, S., Lauridsen, T., & Jeppesen, E. (2003). Spatial and temporal distribution of fish and zooplankton in a shallow lake. *Freshwater Biology*, 48, 1353-1362

36. Rossetti, G., Bartoli, M., & Martens, K. (2004). Limnological characteristics and recent ostracods (Crustacea, Ostracoda) of freshwater wetlands in the Parco Oglia Sud (northern Italy). *Ann. Limnol. Int. J. Limnol.*, 40, 4, 329-341

37. Sadani, M., Ouazzani, N., & Mandi, L. (2004). Impact de la sécheresse sur l'évolution de la qualité des eaux du lac Mansour Eddahbi (Ouarzazate Morocco), *Revue des Sciences de l'eau, Rev.Sci. Eau*, 17,1, 69-90

38. Thackeray, S. j., George, G. D., Jones, R. I., & Winfield, I. J. (2004). «Quantitative analysis of the importance of wind-induced circulation for the spatial structuring of planktonic population». *Freshwater Biology*, 49, 1091-1102.

39. Westhoff, M.C., Savenije, H.H.G., Luxemburg, W.M.J., Stelling, G.S., Van de Giesen, N.C., Selker, J.S., Pfister, L., & Uhlenbrook, S. (2007). A distributed stream temperature model using high resolution temperature observations. *Hydrology and Earth System Sciences*, 11, 1469-1480

40. White, M. D. (1998). Horizontal distribution of pelagic zooplankton in relation to predation gradient. *Ecography*, 21, 44-62

APPENDICES

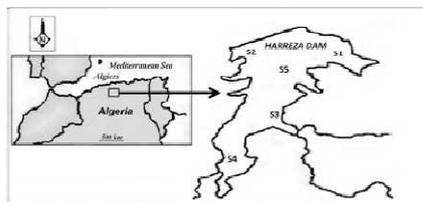


Figure 1: Geographical Situation of Harreza Dam (Algeria) and Localization of the Sampling Stations

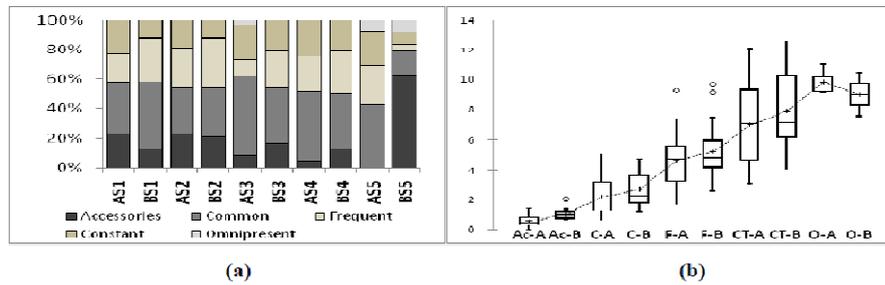


Figure 2: Constancy Level of Zooplankton Species (a) and Variability of their Abundances (b)

(AS): stations of 1 to 5 in 2009; BS: stations of 1 to 5 in 2010) (Ac: Accessories species; C: common species; F: frequent species; C: constant species; O: omnipresent species; - A: year 2009; - B: year 2010

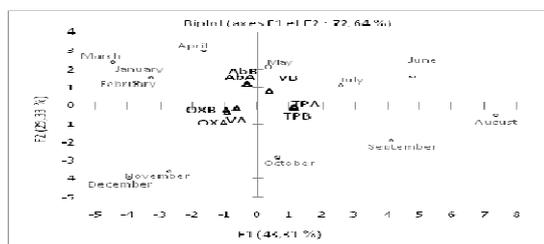


Figure 3: Results of the Principal Component Analysis (PCA); with Axis F1 (43, 31%) and F2 (29, 33%). Annual Abundance of the Zooplanktonic Species (AbA : 2009 ; AbB : 2010), Dissolved Oxygen (OXA : 2009 ; OXB : 2010), Temperature (TPA : 2009 ; TPB : 2010), Water Volume (VA : 2009 ; VB : 2010)

Table 1: Morphometric and Hydrological Characteristics of Harreza Dam

Date of commissioning	1984
Initial capacity of dam	70 Hm ³
Inter-annual average distribution of pouring basin	30.8 Hm ³
Initial capacity of dam	70 Hm ³
Regulated volume	23.00 Hm ³ /an
Silting rate	1 %
Surface of pouring basin	143 Km ²

Table 2: Water Reserves Recorded between 2009 and 2010 in the Harreza Dam

Year	Volume Hm ³ / Month												Total
	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Dec	
2009	3.415	3.443	3.809	3.893	4.154	3.309	3.736	2.782	1.643	3.543	4.519	5.96	3.68±1.02
2010	8.781	8.965	13.235	17.624	18.826	13.487	17.525	11.348	9.796	8.998	6.96	4.239	11.65±4.58

Table 3: Temperatures Statements (C°) Monthly of Water of Harreza Dam, by Station and by Year

Month	Stations – Year (2009)					Stations – Year (2010)				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
January	10.5	10.2	9.5	10.2	10.2	10.8	10.7	10.6	10.7	10.1
February	10.3	10.8	10.3	10.9	10.3	9.6	9.7	9.4	9.6	9.4
March	9.5	9.9	9.3	9.5	9.3	9.1	9.2	9.2	9.3	8.9
April	15	15.8	15.2	15.3	15	14.3	14.6	15.1	14.9	14.7
May	22	21.9	21.1	20.9	21	21.9	21.9	21.7	21.6	21
June	25.5	26	26.7	25.5	25.2	24.6	25.3	26.1	25.9	25.2
July	23	23.1	23.4	22.9	22.6	22.4	24.3	24.4	24.9	23.8
August	27.6	29.7	29.1	29.2	29.2	27.9	28.4	28.3	28.2	28.1
September	26	26.3	26.9	26.8	26.3	25.2	25.4	25.7	26.2	25.9
October	21	21.3	21.5	21.6	21.2	20.2	20.3	21	20.6	20.2
November	12	11.9	11.3	11.4	11.2	14.3	14.1	14.3	14.4	13.8
December	11	11.9	11	10.8	11.1	10.8	10.9	11	11	10.7

Impact Factor (JCC): 1.6864

Index Copernicus Value (ICV): 3.0

Table 4: Dissolved Oxygen Statements (mg/l) of Water of Harreza Dam by Station and by Year

Month	Stations – Year (2009)					Stations – Year (2010)				
	S1	S2	S3	S4	S5	S1	S2	S3	S4	S5
January	7.3	7.5	7.2	7.3	7.8	7.6	7.4	7.9	7.2	7.7
February	7.4	7.2	6.7	7.2	7.6	8.9	8.9	7.6	7.9	8.3
March	7.9	8.1	7.9	7.4	8.8	8.5	8.7	7.8	7.9	7.8
April	7.1	7.3	7.2	7.3	7.1	7.4	7.9	7.2	7.8	7.7
May	7.1	7.2	7.1	6.8	7.2	7.4	7.9	7.5	7.8	7.6
June	4.9	5.1	4.7	5.1	5.9	5.9	5.4	4.6	5.2	5.6
July	6.4	6.5	6.1	6.3	6.7	6.8	6.4	6.6	6.3	6.9
August	4.3	4.4	3.1	4.2	5.7	5.2	5.1	2.4	4.2	6.7
September	7.4	7.5	7.3	6.9	7.1	7.3	7.4	2.4	6.2	7.4
October	7.3	7.2	7.1	7.3	7.9	7.8	7.1	7.3	7.9	8.1
November	7.8	7.6	7.6	7.1	7.9	8.8	8.4	7.6	8.3	8.2
December	7.3	7.2	7.4	7.6	7.7	7.7	8.1	7.7	7.9	8.6
Monthly Average	6.87±1.10					7.16±1.38				

Table 5: Zooplankton Populations of Harreza Dam, by Station and by Year

Species	Year		
	2009	2010	
Cladocera			
Daphniidae	<i>Ceriodaphnia quadrangula</i> O.F. Müller, 1785	+	+
	<i>Ceriodaphnia dubia</i> Richard, 1894	+	+
	<i>Ceriodaphnia reticulata</i> Jurine, 1820	+	+
Chydoridae	<i>Chydorus</i> sp.	+	
Sidaidae	<i>Diaphanosoma brachyurum</i> Lévain, 1848	|	|
Bosminidae	<i>Bosmina longirostris</i> O.F. Müller, 1785	+	+
Moinidae	<i>Moina micrura</i> Kurz, 1875	+	+
Copepoda			
Diaptomidae	<i>Neolovenula alluaudi</i> Guerne & Richard, 1890	|	
	<i>Diaptomus cyaneus</i> Gurney, 1909	+	+
	<i>Diaptomus casianei</i> major Dussart, 1957	+	+
Cyclopidae	<i>Cyclops strenuus strenuus</i> Fischer, 1851	+	+
	<i>Acanthocyclops trajani</i> Mirabdullayev & Defaye, 2004	+	+
	<i>Eucyclops macruroides</i> Lilljeborg, 1901	+	+
	<i>Megacyclops viridis viridis</i> Jurine, 1820	|	|
	<i>Metacyclops minutus</i> Claus, 1863	+	+
	<i>Metacyclops planus</i> Gurney, 1909	+	+
	<i>Paracyclops affinis</i> Sars, 1863	+	+
	<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer, 1853	|	|
<i>Tropocyclops prasinus</i> Fischer, 1860	+	+	
Rotifera			
Synchaetidae	<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925	+	
Asplanchnidae	<i>Asplanchna girodi</i> De guerne, 1888	+	+
Brachionidae	<i>Brachionus calyciflorus</i> Pallas, 1776	+	+
	<i>Brachionus quadridentatus</i> Hermann, 1783	+	+
	<i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1834	+	+
	<i>Keratella quadrata</i> Müller, 1786	+	+
Philodmidae	<i>Rotaria rotatoria</i> Pallas, 1766	+	+
Epiphaniidae	<i>Epiphanes senta</i> O.F. Müller, 1773		+

Table 6: Annual Indexes of Zooplanktonic Diversity of the Harreza Dam

Indexes/Year	Specific Richness (S)	Average Relative Abundance (Ind/l)	Shannon (H' en bit)	Simpson (1-D)	Hill (1-Hill)	Pielou (J)
2009	26	80.22±15.65	4.33	0.94	0.78	0.92
2010	24	77.46±15.41	4.29	0.94	0.77	0.93

Table 7: Indexes of Zooplanktonic Diversity of the Harreza Dam, by Station and by Year (A1: 2009; A2: 2010)

Indexes	Stations/Year									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
Shannon (H') (Bit)	4.15	4.26	4.32	4.29	4.33	4.25	4.33	4.28	4.38	4.3
Simpson (D)	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06
Simpson (1-D)	0.93	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.95	0.94
Hill	0.23	0.24	0.24	0.24	0.23	0.23	0.23	0.23	0.23	0.24
1-Hill	0.77	0.76	0.76	0.76	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.76
Pielou (J)	0.85	0.87	0.88	0.87	0.88	0.87	0.88	0.87	0.89	0.88
Abundance relative(P)	50.17± 30.6	48± 31.3	57.17± 35.07	54.33± 35.79	69.33± 38.79	68.67± 46.95	75.83± 42.71	73.83± 49.14	81.75± 43.2	77.92± 48.62
Richesse spécifique (S)	26	24	26	24	26	24	26	24	26	24

Table 8: Frequencies of Occurrences of Zooplankton Species of Harreza Dam, by Station and by Year (A1: 2009; A2: 2010)

Species	Stations/Year									
	Station S1		Station S2		Station S3		Station S4		Station S5	
	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2	A1	A2
<i>C. quadrangula</i>	75.00	50.00	66.67	50.00	75.00	66.67	83.33	83.33	83.33	83.33
<i>C. dubia</i>	33.33	41.67	33.33	41.67	33.33	33.33	33.33	33.33	66.67	41.67
<i>C. reticulata</i>	75.00	66.67	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	0.00
<i>Chydorus sp.</i>	8.33	0.00	16.67	0.00	16.67	0.00	33.33	0.00	41.67	0.00
<i>D. brachyurum</i>	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	41.67	33.33	41.67	33.33
<i>B. longirostris</i>	75.00	91.67	83.33	91.67	100.00	91.67	91.67	91.67	100.00	100.00
<i>M. micrura</i>	25.00	16.67	16.67	8.33	25.00	16.67	25.00	16.67	25.00	16.67
<i>N. alluaudi</i>	58.33	0.00	66.67	0.00	41.67	0.00	58.33	0.00	66.67	0.00
<i>D. cyaneus</i>	33.33	41.67	33.33	25.00	41.67	33.33	41.67	41.67	50.00	41.67
<i>D. castaneti major</i>	91.67	83.33	75.00	83.33	91.67	83.33	91.67	83.33	100.00	100.00
<i>C. strenuus strenuus</i>	50.00	66.67	41.67	66.67	58.33	66.67	58.33	66.67	75.00	75.00
<i>A. trajani</i>	66.67	50.00	75.00	66.67	75.00	58.33	75.00	66.67	75.00	66.67
<i>E. macruroides</i>	16.67	25.00	25.00	33.33	25.00	25.00	8.33	25.00	25.00	33.33
<i>M. viridis viridis</i>	16.67	16.67	8.33	16.67	8.33	16.67	25.00	16.67	25.00	16.67
<i>M. minutus</i>	8.33	8.33	16.67	16.67	25.00	16.67	25.00	8.33	25.00	16.67
<i>M. planns</i>	58.33	58.33	58.33	58.33	58.33	50.00	66.67	66.67	66.67	66.67
<i>P. affinis</i>	83.33	58.33	83.33	66.67	91.67	75.00	75.00	66.67	83.33	83.33
<i>P. fimbriatus</i>	16.67	33.33	25.00	16.67	33.33	25.00	33.33	25.00	33.33	33.33
<i>T. prasinus</i>	75.00	75.00	66.67	66.67	83.33	83.33	75.00	75.00	83.33	83.33
<i>P. dolichoptera</i>	16.67	0.00	16.67	0.00	25.00	0.00	33.33	0.00	33.33	0.00
<i>A. girodi</i>	25.00	25.00	16.67	25.00	25.00	25.00	25.00	16.67	25.00	25.00
<i>B. calyciflorus</i>	33.33	41.67	33.33	41.67	33.33	41.67	33.33	41.67	41.67	41.67
<i>B. quadridentatus</i>	33.33	50.00	50.00	50.00	41.67	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00

Impact Factor (JCC): 1.6864

Index Copernicus Value (ICV): 3.0

Table 8: Contd.,

<i>K. valga</i>	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33	33.33
<i>K. quadrata</i>	58.33	41.67	58.33	33.33	50.00	41.67	58.33	50.00	66.67	58.33
<i>R. rotatoria</i>	41.67	41.67	50.00	50.00	41.67	58.33	50.00	58.33	58.33	58.33
<i>E. senta</i>	0.00	25.00	0.00	16.67	0.00	16.67	0.00	25.00	0.00	25.00