



N° d'ordre 21/2016

Fès ; le 04/06/2016

## THÈSE DE DOCTORAT

Présentée par :

**Mme Imane Nechad**

Spécialité : Ecologie fonctionnelle et environnement

### **Sources du Moyen Atlas et du Saïss (Maroc) : Biodiversité faunistique, écologie et qualité de l'eau**

Thèse présentée et soutenue le 04/06/2016 devant le jury composé de :

Pr. Mohamed DAKKI	PES	Institut scientifique de Rabat	Président
Pr. Nard BENNAS	PES	Faculté des sciences de Tétouan	Rapporteur
Pr. Rajae GUEMMOUH	PES	Faculté des sciences de Fès	Rapporteur
Pr. Mohamed GHAMIZI	PES	Faculté des sciences de Marrakech	Rapporteur
Pr. Mustapha HASNAOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Béni-Mellal	Examineur
Pr. Saâd RACHIQ	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Pr. Samira SEFRIOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examinatrice
Pr. Fatima FADIL	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directrice de thèse

**Laboratoire d'accueil :** Laboratoire d'écologie fonctionnelle et environnement

**Etablissement :** Faculté des sciences et techniques de Fès



## RESUME

Ce travail de recherche a pour principal objectif la détermination de la composition globale et le suivi de la dynamique des peuplements macro benthiques des sources du Moyen Atlas en relation avec les principaux facteurs abiotiques du milieu et l'impact des activités anthropiques sur l'écologie de différentes communautés du macrobenthos ayant élu domicile dans ces sources.

Pour cela, nous avons opté d'une part pour trois sources principales : Ain Regrag (AR), Sidi Bouali (AB) et la source Tataw (T), à une fréquence d'échantillonnage mensuelle sur une durée d'une année (2013), et d'autre part de trois stations secondaires, source AghbalouAberchane (AA), source Tit Zill (TZ) et l'Oued Guigou (O.Gui) au niveau du pont ait Hamza, à une fréquence de deux campagnes de prélèvement par année sur une durée de deux ans (2014-2015)

L'examen des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques, montre que les eaux de SB sont de dureté calcique élevée, mais qui restent inférieure aux normes de potabilité. De point de vue bactériologique, les écoulements de SB s'avèrent indemnes de microorganismes indicateurs de pollution fécale. Cependant les eaux des sources AR caractérisées par une dureté et une minéralisation assez élevées et révèlent non seulement la présence de bactéries pathogènes mais, qu'elle est anormalement élevée suite à une infiltration par les fosses septiques. Les eaux de T à leur tour faiblement minéralisées, de faible température et d'une faible dureté calcique et magnésienne sont des eaux aussi sujettes à une pollution bactérienne qui dépasse les seuils tolérables pour la santé.

L'analyse par ACPa a montré que la variabilité de la qualité des eaux souterraines étudiées dépendait de trois facteurs : la minéralisation issue de la solubilisation du substratum souterrain, le facteur saison et l'impact des activités anthropiques.

Un total de 22189 individus ont été collectés, appartenant à 47 espèces. Les Arthropodes de la classe des insectes, sont majoritaires sur tous les sites étudiés, ils sont représentés par 15, 19 et 18 espèces respectivement à T, AR et SB. Cette classe prédomine aussi en termes de familles, 30 % à AR, 32 % à SB et 40 % à T. La station AR culmine en biodiversité en hébergeant le plus grand nombre de espèces avec un total de 40 espèces et ayant le plus haut indice de diversité spécifique avec une valeur de 3,18 suivie de SB qui a un indice de 2,89 et enfin la source T avec non seulement le plus faible indice de diversité (1,2), mais aussi le plus faible indice d'équitabilité (0,25).

L'ACP a montré plusieurs corrélations positives entre certaines espèces créant des associations benthiques. Il a aussi révélé que la plus grande majorité des espèces sont sensibles à un effet de saisonnalité.

L'étude comparative de la faune benthique du Guigou, a révélé des diminutions de richesse spécifique et d'abondance. Un changement de peuplement s'est opéré depuis 1979, avec l'apparition et l'installation certains taxons, certains devenus envahissants, ou très abondants. D'autres auraient disparu comme plusieurs espèces de Trichoptères et l'ordre des Plécoptères en entier.

**Mots clés :** Macro invertébrés, Physico-chimie, écologie, sources, ACP, ANOVA, Moyen Atlas, Maroc

# TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

RESUME

SUMMARY

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION GENERALE

PARTIE I : LE MOYEN ATLAS: CADRE GÉNÉRAL D'ÉTUDE

I.	Contexte géologique	1
1.1.	Causses moyen atlasique	4
1.2.	Moyen Atlas plissé.	5
II.	Contexte pédologique	5
III.	Contexte bioclimatique	6
3.1.	Aperçu général du bioclimat Marocain	6
3.2.	Zones climatiques du Moyen Atlas	8
3.2.1.	Zone climatique des moyennes montagnes, humide	8
3.2.2.	Zone climatique d'altitude froide et humide	9
3.2.3.	Zone de transition	9
3.2.4.	Mésoclimats	9
3.2.5.	Evolution actuelle	9
IV.	Couvert végétal	10
4.1.	Végétation de la zone des moyennes montagnes, humide du Moyen Atlas	10
4.2.	Végétation. De la zone d'altitude froide et humide du Moyen Atlas	10
4.3.	Végétation de la zone de transition	10
V.	Contexte socioculturel	11
VI.	Zones humides du moyen atlas	11
6.1.	Définitions des zones humides	11
6.2.	Différentes zones humides du Moyen Atlas	12
6.2.1.	Eaux stagnantes	13
6.2.2.	Zones humides artificielles	13
6.2.3.	Eaux courantes	13
6.2.4.	Eaux phréatiques	13
6.2.5.	Sources	15
6.2.5.1.	Définition	15
6.2.5.2.	Typologie des sources	15
6.2.5.3.	Etat de référence	16
6.2.5.4.	Indicateurs de la diversité biologique des sources	17
6.2.5.5.	Indicateurs des facteurs écologiques des sources	18
6.2.5.6.	Indicateurs des espèces vulnérables	19
6.2.5.7.	Les sources du Moyen Atlas	21
6.2.5.8.	Historique des études et des mesures de débits des sources du MA	24
6.2.5.9.	Impact anthropique sur les sources du Moyen Atlas	25
6.3.2.6.	Biodiversité faunistiques des zones humides du Moyen Atlas	26
6.3.1.	Historique	26

6.3.2.	Etat des lieux	28
6.3.3.	Fonctions de conservation de la Biodiversité des zones Humides	30
VII.	Conclusion	31
Partie II : MATÉRIEL ET MÉTHODES		
I.	Introduction	33
II.	Choix et description des stations d'étude	33
2.1.	Stations principales	36
2.1.1.	Source TATAW	36
2.1.2.	Source ain regrab	37
2.1.3.	Source sidi Bouali	38
2.1.4.	Stations secondaires	38
2.1.4.1.	Source aghbalou aberchane (aa)	38
2.1.4.2.	Source tit zill	38
2.1.4.3..	Oued Guigou au pont d'Ait Hamza	39
III.	Description des sites d'etudes	39
3. 1.	Etude bioclimatiques des stations étudiées	39
3.1.1	Précipitations	40
3.1.2.	Température	46
3.1.3	Vent.	49
3.1.4.	Synthèse climatique	50
3.2.	Critère de choix des sites d'études	56
3.2.1.	Couvert végétal	56
3.2.2.	Vitesses du courant	57
3.2.3.	Transparence de l'eau	57
3.2.4.	Type de substrat	58
IV	Étude de la qualité physicochimique de l'eau	59
4.1.	Echantillonnage	61
4.2.	Méthodes d'analyse	61
V	Analyse microbiologique de l'eau	63
5.1.	Dénombrement des germes temoignant d'une pollution fécale	63
5.2.	Milieux de culture	64
VI	Étude des peuplements macrobenthiques	64
6.1.	Contexte et principe général de l'échantillonnage	65
6.2.	Stratégie d'échantillonnage	65
6.3.	Calendrier d'échantollonnage	65
6.4.	Echantillonnage	66
6.5.	Protocole de laboratoire	68
6.6.	Calcul des descripteurs statistiques des donnees	71
VII	Traitement statistique des donnees	72
3.8.1.	Analyse des composantes principales (ACP)	72
3.8.2.	Analyse des variances ( <i>ANOVA ANalysis Of Variance</i> )	73
Partie III: RESULTATS ET DISCUSSION		
I	Analyse physicochimiques des eaux	75
1.1.	Evolution temporelle de la température	76
1.2.	Evolution temporelle di pH	77
1.3.	Evolution temporelle de la CE	79
1.4.	Evolution temporelle des chlorures	80
1.5.	Evolution temporelle du Ca <sup>2+</sup>	82
1.6.	Evolution temporelle du Mg <sup>2+</sup>	83

1.7.	Evolution temporelle du TAC	84
1.8.	Evolution temporelle des sulfates	86
1.9.	Evolution temporelle des orthophosphates	87
1.10.	Evolution temporelle de l'O <sub>2</sub> dissous	89
1.11.	Evolution temporelle de L'IP	89
4.2.	Analyse statistique des données physicochimiques	91
4.2.1.	Analyse de la variance par l'ANOVA	91
4.2.2.	Analyse statistique des données par (ACP)	92
II.	Résultats des analyses microbiologiques	100
2.1.	Coliformes totaux	100
2.2.	Coliformes Fécaux (CF)	101
2.3.	Les streptocoques fécaux (SF)	101
2.4.	Rapport CF/SF	101
2.5.	Conclusion	102
III.	Étude des peuplements de la macrofaune benthiques	104
3.1.	Introduction	104
3.2.	Structure de la communauté benthique	104
3.2.1.	Inventaire des macro-invertébrés	105
3.2.2.	Richesse taxonomique dans chaque station	112
3.2.3.	Abondance totale	113
3.2.4.	Indices écologiques	118
3.3.	Etude phénologique de la faune benthique	129
3.3.1.	Mollusque Gastéropodes	129
3.3.2.	Mollusque bivalves	132
3.3.3.	Crustacés	133
3.3.4.	Arthropodes /insectes (diptères)	139
3.3.5.	Arthropodes /insectes (odonates)	143
3.3.6.	Arthropodes /insectes (trichoptères)	144
3.3.7.	Arthropodes /insectes (Hétéroptères)	145
3.3.8.	Arthropodes /insectes (hyménoptères)	147
3.3.9.	Arthropodes /insectes (Mégaloptères)	147
3.3.10.	Arthropodes /insectes (Ephéméroptères)	147
3.3.11.	Arthropodes /Arachnides	155
3.3.12.	Plathelminthes/ Turbellariés	157
3.3.13.	Annelides/Oligochètes	159
3.3.14.	Annelides/Achètes	162
3.4	Analyse statiques des données macrobenthiques	163
3.4.1.	Analyse statistiques des données par ACP	163
3.4.1.1.	Variabilité expliquée	164
3.4.1.2.	Etudes des corrélations entre espèces	166
3.4.1.3.	Etudes de l'influence du facteur «saison» dans la répartition des espèces	170
3.4.1.4.	Etudes des Corrélations entre les espèces et les paramètres physico-chimiques du milieu	173
3.4.2.	Analyses statistique des données par l'ANOVA	176
Partie IV: IMPACT DE L'ACTIVITE ANTHROPIQUE LA BIODIVERSITE DES SOURCES DU MOYEN ATLAS		
I.	Introduction	179
II.	Incidences des changements hydrologiques sur les communautés et	181

	les especes infeodees aux zones humides	
III.	Les sources du moyen atlas a l'epreuve des changements climatiques et de la pollution anthropiques	182
IV.	Etude comparative de la macrofaune benthique sur un profil temporel de 35 ans	182
4.1.	Paramètres physicochimiques du milieu	184
4.2.	Etude comparative de la faune limnique	184
	CONCLUSION GENERALE	187
	REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	191
	ANNEXES	209

## INTRODUCTION GENERALE