

Remerciements

Ecrire les remerciements d'une thèse, est à mon sens, une des étapes les plus délicates de cette extraordinaire aventure. Remercier avec sincérité et justesse l'ensemble des personnes qui nous sont chères et qui ont, de près ou de loin, contribué à ces travaux n'est pas une chose aisée. J'ai cependant fait de mon mieux afin de n'oublier personne car, je reste convaincue que ce mémoire est le fruit d'une sincère et étroite collaboration entre les différents membres d'une équipe passionnée.

Tout d'abord, je voudrais m'adresser à ma directrice de thèse, professeur FADIL Fatima, en lui disant : chère maitresse, je ne pourrais jamais oublier votre aide précieuse, votre générosité, votre gentillesse, votre patience, votre compréhension et vos critiques constructives pour que ce travail soit le plus minutieux et le plus parfait possible. Vous avez toujours cru en mes capacités en me donnant la liberté d'action à chaque étape de ce travail. Ce qui m'a donné beaucoup de courage pour le mener à bien. Que dieu vous récompense pour tout cela et vous protège.

Mes pensées se tournent ensuite vers Kaoutar FIKRI BENBRAHIM, professeur de l'enseignement supérieur à la faculté des sciences et techniques de Fès, qui a mis à ma disposition tous les moyens expérimentaux du laboratoire de Biotechnologie microbienne et m'a apporté de l'aide afin de mener à bien ce travail. Merci d'avoir accepté d'être parmi les membres de jury.

Mes sincères remerciements et grand respect au Pr. Mohamed GHAMIZI, professeur à la Faculté des Sciences de Marrakech et Directeur du Muséum de l'Histoire Naturelle, qui a accepté aimablement, de m'aider à identifier les macroinvertèbres. Honorable professeur, je ne serais jamais en mesure de vous remercier assez, vous êtes une source du savoir et je suis fière et honorée d'avoir fait votre connaissance et d'avoir bénéficié de votre grand savoir en entomologie.

Un grand Merci au Pr. Nard BENNAS, de bien vouloir m'accueillir au sein de son laboratoire, de m'avoir fait profiter de son savoir ainsi que pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée pour l'identification des macroinvertèbres.

Pour la même occasion, il m'est particulièrement agréable d'adresser mes remerciements les plus vifs au Pr. Amina BARI, professeur à la faculté des sciences Dhar el mehraz pour l'aide précieuse qu'elle m'a apportée pour l'identification des herbiers récoltés au cours de la période d'étude. Qu'elle trouve ici l'expression de ma gratitude.

Toute ma gratitude et mon respect au Pr. Mohamed DAKKI, pour ses conseils et pour le temps qu'il a consacré à cette thèse malgré ses responsabilités. Je tiens aussi à le remercier de m'avoir fait l'honneur d'être l'un des membres du jury.

Un grand merci au Pr. Saïd HALOTI de m'avoir fait l'honneur de présider ce jury. Les professeurs Saad RACHIK et Amal AZOUZI m'ont fait l'honneur d'être membres du jury et d'avoir accepté de juger ce travail. Je les en remercie profondément.

Mes vifs remerciements au Pr. Lahsen EL GHADRAOUI, directeur du Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement, qui m'a toujours fait bénéficier de son aide et son soutien ainsi que pour l'intérêt qu'il porte au développement de la recherche scientifique au sein de notre laboratoire. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je dois une reconnaissance au docteur Imane NECHAD, une amie hors du commun qui, malgré ses multiples responsabilités n'a pas hésité à m'apporter de l'aide durant toute la période de la préparation de cette thèse. Je n'oublierai jamais votre apport incommensurable dans la réalisation de la partie pratique de ce manuscrit ainsi que vos conseils et votre soutien démesuré notamment au moment de faiblesse. Je vous prie de bien vouloir accepter l'expression de ma profonde gratitude et ma profonde estime.

Je tiens à exprimer ma plus vive reconnaissance à mon collègue Ismail MANSOURI et au professeur Mouhcine Fadil qui ont contribué pleinement à la réalisation de la partie statistique de ce travail. J'ai tellement profité de vos connaissances. Je vous remercie infiniment pour l'aide que vous m'avez apportée.

Ma plus haute considération et ma gratitude au Dr Sara LEBRAZI, qui a eu l'amabilité de m'aider au cours de la réalisation des évaluations microbiologiques au sein du laboratoire de Biotechnologie microbienne.

A titre plus personnel, je tiens à témoigner ma reconnaissance à mes parents, qui se sont toujours intéressés à mon parcours. Aucun mot ne pourrait exprimer à leur juste valeur la gratitude et l'amour que je vous porte. Je mets entre vos mains, le fruit de longues années d'études, de longs mois de distance de votre amour de votre tendresse de longs jours d'apprentissage. Votre soutien et votre encouragement m'ont toujours donné de la force pour persévérer et pour prospérer dans la vie. Veuillez trouver dans ce travail un modeste témoignage de mon admiration et toute ma gratitude, de mon affection la plus sincère et de mon attachement le plus profond. Puisse dieu vous accorder santé, longue vie et prospérité.

Une mention spéciale à mon cher mari Dr Hassane. Je lui témoigne ma reconnaissance et mon amour éternel pour son soutien permanent, pour sa patience, sa gentillesse et sa compréhension. Je le remercie d'avoir toujours su être là et d'avoir été d'un très grand appui financier, moral et affectif. Chaque ligne de cette thèse, chaque mot et chaque lettre vous exprime la reconnaissance, le respect, l'estime et le merci d'être mon mari.

J'adresse toute mon affection, mon amour sans limite à ma petite fille Lina. C'est à toi mon adorable ange, ma joie, mon petit trésor que maman dédie ce travail pour te dire que tu resteras pour toujours le rayon du soleil qui égaye ma vie. Je t'aime mon bébé et je te souhaite tout le bonheur du monde.

A mes chères sœurs et ma belle-famille. Je vous remercie pour tous les moments magnifiques que nous partageons ensemble.

Je remercie également mes camarades de promotion pour les bons moments que nous avons passés ensemble au sein du laboratoire. Je pense particulièrement à Kenza BOUAYAD, Zineb CHBIHI IDRISSE et Imane TLEMCANI.

Je ne saurais dresser la liste complète de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse, mais à tous je dis merci

Résumé

La présente étude a pour principal objectif la détermination de la composition globale et le suivi de la dynamique des peuplements macro benthiques des dix sources de la région Fès-Meknès, en relation avec les principaux facteurs biotiques et abiotiques du milieu. Les relevés faunistiques ont été réalisés parallèlement aux prélèvements des eaux destinées aux analyses physicochimiques à une fréquence saisonnière sur une durée d'une année (2015-2016). L'examen des résultats d'analyses physico-chimiques et bactériologiques, montre que les eaux des dix sources sont fortement minéralisées. Cependant les valeurs enregistrées restent inférieures aux normes fixées par (NM., 2007). De point de vue bactériologique, les écoulements des dix sources révèlent la présence énorme de microorganismes indicateurs de pollution fécale dont le nombre dépasse les seuils tolérables fixés par (NM., 2007).

Le traitement statistique des données par l'AFC 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.

L'inventaire faunistique établi pour les dix sources étudiées a permis de recenser 32537 spécimens appartenant à 100 espèces dont une : *Corosella* sp. est signalée pour la première fois dans les sources Tadout et Sidi mimoun. Mis à part la source Ras el ma qui est bien représentée par les Crustacés, toutes les autres stations sont dominées par les insectes.

En termes de richesse spécifique, il a été révélé que c'est la station Aghbal (hajeb) qui abrite le grand nombre d'espèces (43) alors que la faible valeur de cet indice a été notée au niveau de la source Ras el ma avec un total de 9 espèces.

En ce qui concerne l'abondance totale, c'est la station Aghbal (hajeb) qui tient le devant avec une collecte de 6745 individus.

Pour l'indice de diversité spécifique, la valeur maximale a été enregistrée aussi dans l'émergence Aghbal (el hajeb) (2,05).

Concernant l'abondance relative, mis à part la source Ghara qui est régnée par les Ephéméroptères, toutes les autres stations sont gouvernées plutôt par les Gammare.

Quant à l'indice d'équitabilité spécifique, c'est la source Aghbal(el hajeb) qui est venue en première position avec une valeur égale à 0,87. L'AFC a permis d'une part, de dégager la typologie physicochimique des dix stations étudiées et de révéler, pour chaque station les corrélations existantes entre les macroinvertébrés et les mois de prélèvements. Les résultats de cette analyse révèlent que la majorité des espèces faunistiques sont sensibles à l'effet de saisonnalité.

En ce qui concerne l'indice de jaccard, la valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau des sources Tadout et Abkhabk avec une valeur égale à 0,92.

Pour la fréquence des espèces récoltées au cours de cette étude, les résultats ont révélé que les espèces peuplant les sources Ras el ma et Louali sont toutes constantes. Cependant, pour les autres stations, ces taxons représentent plus des trois quarts de la population totale, le reste est réparti entre espèces accessoires et accidentelles.

Le traitement statistique des données par l'ACP a montré plusieurs corrélations positives entre certaines espèces créant des associations benthiques et les paramètres physicochimiques étudiés.

Mots clés : Macro invertébrés, physico-chimie, écologie, sources, ACP, AFC, Moyen Atlas, plaine de saïs, couloir Fès-Taza.

Summary

The main objective of this study is to determine the overall composition and to monitor the dynamics of the macro benthic populations of the ten sources of the Fès-Meknes region, in relation to the main biotic and abiotic factors of the environment. The faunistic surveys were carried out in parallel with the samples of water intended for physicochemical analyzes at a seasonal frequency over a period of one year (2015-2016). Examination of the results of physico-chemical and bacteriological analyzes shows that the waters of the ten springs are highly mineralized. However, the recorded values remain below the standards set by (NM., 2007). From a bacteriological point of view, the flows from the ten sources reveal the enormous presence of microorganisms indicating faecal pollution, the number of which exceeds the tolerable thresholds set by (NM., 2007).

Statistical processing of the data by AFC showed that the variability in the quality of the groundwater studied depended on three factors: mineralization resulting from the solubilization of the underground substrate, the season factor and the impact of human activities.

The faunal inventory established for the ten sources studied identified 32537 specimens belonging to 100 species, including one: *Corosella* sp. is reported for the first time in the Tadout and Sidi mimoun sources. Apart from the Ras el ma source which is well represented by Crustaceans, all the other stations are dominated by insects.

In terms of specific richness, it was revealed that it is the Aghbal (el hajeb) station which houses the large number of species (43) while the low value of this index was noted at the level of the Ras el ma source. with a total of 9 species.

In terms of total abundance, the Aghbal (hajeb) station holds the front with a collection of 6,745 individuals.

For the specific diversity index, the maximum value was also recorded in the emergence Aghbal (el hajeb) (2.05).

Regarding the relative abundance, apart from the Ghara source which is ruled by the Ephemeroptera, all the other stations are ruled more by the Gammarens.

As for the specific equity index, the source Aghbal (el hajeb) came in first position with a value equal to 0.87.

The AFC made it possible, on the one hand, to identify the physicochemical typology of the ten stations studied and to reveal, for each station, the existing correlations between the macroinvertebrates and the months of sampling. The results of this analysis reveal that the majority of wildlife species are sensitive to the effect of seasonality.

Regarding the jaccard index, the highest value was recorded at the level of the Tadout and Abkhbakh sources with a value equal to 0.92.

For the frequency of species collected during this study, the results revealed that the species inhabiting the sources Ras el ma and Louali are all constant. However, for the other stations, these taxa represent more than three quarters of the total population, the rest is divided between accessory and accidental species.

Statistical processing of data by PCA showed several positive correlations between certain species creating benthic associations and the physicochemical parameters studied.

Keywords: Invertebrate macro, physico-chemistry, ecology, sources, ACP, AFC, Middle Atlas, plain of saïs, Fès-Taza corridor.

Liste des abréviations

A	Avril
Abkh	Abkhabkh
Ag(h)	Aghbal (El hajeb)
Ag (Az)	Aghbal (Azrou)
Ao	Août
Atr(ol)	Atrous (oued lyhoudi)
Atr®	Atrous (secteur ribaa)
CE	Conductivité électrique
CF	Coliformes fécaux
CT	Coliformes totaux
F	Février
FMAT	Flore mésophile aérobie totale
Gh	Ghara
IP	Indice permanganate
J	Janvier
J	Juin
Jl	Juillet
L	Louali
M	Mars
Ma	Mai
N	Novembre
O	Octobre
Po ₄ ²⁻	Orthophosphates
RM	Ras el ma
SF	Streptocoques fécaux
SM	Sidi mimoun
T	Température
TAC	Titre Alcalimétrique Complet
UFC	Unité Format Colonie

Liste des tableaux

Tableau1	Caractères morphométriques de quelques sources de la région Fès-Meknès.
Tableau2	Débits moyen des principaux oueds du couloir Fès-Taza.
Tableau3	Paramètres cartographiques et affiliation administrative des sites d'études
Tableau4	Régime pluviométrique des 4 régions étudiées
Tableau5	Nature du couvert végétal tapissant les lits des stations étudiées
Tableau6	Estimation de la vitesse du courant selon l'échelle de berg
Tableau7	Vitesse du courant des sites étudiés
Tableau8	Degré de transparence de l'eau des sites étudiés
Tableau9	Composition granulométrique des lits des stations étudiées
Tableau10	Méthodes d'analyses des composantes physicochimiques
Tableau11	Résultats des analyses bactériologiques des eaux des dix stations
Tableau12	Abondance totale dans les dix stations prospectées
Tableau13	Abondance relative des différents taxons à Tadout
Tableau14	Abondance relative des différents taxons à Abkhabkh
Tableau15	Abondance relative des différents taxons à Aghbal(el hajeb)
Tableau16	Abondance relative des différents taxons dans Atrous (secteur ribaa)
Tableau17	Abondance relative des différents taxons à Ghara
Tableau18	Abondance relative des différents taxons à Sidi mimoun
Tableau19	Abondance relative des différents taxons à Aghbal (secteur d'Azrou)
Tableau20	Abondance relative des différents taxons à Ras el ma
Tableau21	Abondance relative des différents taxons à Louali
Tableau22	Abondance relative des différents taxons à Atrous(ol)
Tableau23	Fréquence d'occurrence des espèces colonisant les dix sources étudiées

Liste des figures

Figure1	Position et orientation géographique duMoyen Atlas
Figure2	Carte morphologique de la plaine de saïs
Figure3	Situation géographique des stations étudiées
Figure4	Régime pluviométrique annuel moyen des quatre provinces étudiées (2009-2018)
Figure5	Précipitations moyennes mensuelles dansla station Séfrou au niveau sources Td, Atr(ol) et L (2009- 2018)
Figure6	Précipitations moyennes mensuelles dansla station Ifrane au niveau des station : Ag, SM et RM(2009-2018)
Figure7	Précipitations moyennes mensuelles dansla station El Hajeb au niveau des sources : Ag(el hajeb), Gh et Atr(riboo)(2009-2018)
Figure8	Précipitations moyennes mensuelles dans la station Boulmane : source Abkh(2009-2018)
Figure9	Aperçu général de certaines étapes d'analyses hydro biologiques des eauxdes différentes stations étudiées
Figure10	Variation spatio-temporelle de la température des sources étudiées durantl'année 2015-2016
Figure11	Variation spatio- temporelle du pH des dix sources durant l'année 2015-2016

Figure12	Variation spatio- temporelle de la Conductivité électrique des dix sourcesdurant l'année 2015-2016
Figure13	Variation temporelle de la teneur en chlorures dans les dix sources durant l'an2015-2016
Figure14	Variation spatio-temporelle de l'ion calcium en (mg/l) des eaux des dix sources étudiées pendant l'an 2015-2016.
Figure15	Variation spatio-temporelle de la teneurde Mg ²⁺ dans les dix stations étudiées durant l'année 2015-2016
Figure16	Variation spatio- temporelle de la teneurdu TAC dans les dix sources durant l'année 2015-2016.
Figure17	Variation spatio-temporelle de la teneurdes sulfates (mg/l) dans les dix sources durant l'année 2015-2016.
Figure18	Variation temporelle de la teneur des Orthophosphates (mg/l) dans les dix sources durant l'année 2015-2016.
Figure19	Variation temporelle de l'oxygène dissous (mg/l) dans les dix sources durantl'an 2015-2016.
Figure20	Variation temporelle de l'indice permanganate (mg/l) dans les dix sourcesdurant l'année 2015-2016.
Figure21	Variations interspatiales des onze paramètres physicochimiques durant l'an2015-2016.

Figure22	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Tadout.
Figure23	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Abkhbakh
Figure24	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Aghbal (el hajeb).
Figure25	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Atrous(riboo).
Figure26	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Ghara.
Figure27	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Sidi mimoun.
Figure28	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Louali.
Figure29	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Atrous(ol).
Figure30	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Aghbal (Azrou).
Figure31	Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Ras el ma.

Figure32 Richeesse taxonomique dansles
différentes stations étudiées.

Figure33 Indice de diversité spécifique dans
les dix stations étudiées

Figure34 Indice d'équitabilité
spécifique dans les dix
stations étudiées.

Figure35 Indice de Jaccard dans les
dix stations étudiées

Figure36 Evolution temporelle de
Corosella sp. durant l'année
2015-2016

Figure37 Evolution temporelle de
Mélanopsis praemorsa durant
l'année 2015-2016

Figure38 Evolution temporelle de
Theodoxus numidicus durant
l'année 2015-2016

Figure39 Evolution temporelle de
Gammarus rifatlensis durant
l'année 2015-2016.

Figure40 Evolution temporelle de
Gammarus maroccanus
durant l'année 2015-2016

Figure41 Evolution temporelle de
Gammarus marmouchensis
durant l'année 2015-2016

Figure42 Evolution temporelle de
Gammarus gauthieri durant
l'année 2015-2016

Figure43	Evolution temporelle de <i>Phagocata sp.</i> durant l'an 2015-2016.
Figure44	Evolution temporelle de <i>Dugesia tigrina</i> durant l'an 2015- 2016.
Figure45	Evolution temporelle de <i>Simulium pseudoquinum</i> durant l'an 2015-2016
Figure46	Evolution temporelle de <i>Simulium ornatum</i> durant l'année 2015-2016
Figure47	Evolution temporelle de <i>Baetis rhodani</i> durant l'année 2015-2016.
Figure48	Evolution temporelle de <i>Baetis alpinus</i> durant l'année 2015-2016
Figure49	Evolution temporelle de <i>Baetis pavidus</i> durant l'an 2015-2016
Figure50	Evolution temporelle de <i>Caenis luctuosa</i> durant l'an 2015-2016.
Figure51	Evolution temporelle de <i>Procleon sp.</i> durant l'an 2015-2016.
Figure52	Evolution temporelle de <i>Gerris sp.</i> durant l'année 2015-2016
Figure53	Analyse de la répartition des espèces dans la source Abkhakh durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.
Figure54	Analyse de la répartition des espèces dans la source Tadout durant les différentes saisons de l'année 2015-2016
Figure55	Analyse de la répartition des espèces dans la source Aghbal (El hajeb) durant

	les différentes saisons de l'année 2015-2016
Figure56	Analyse de la répartition des espèces dans la source Atrous(ribaa) durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.
Figure57	Analyse de la répartition des espèces dans la source Ghara durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.
Figure58	Analyse de la répartition des espèces dans la source Sidi mimoun durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.
Figure59	Analyse de la répartition des espèces dans la source Aghbal (secteur d'Azrou)durant les différentes saisons de l'année2015-2016.
Figure60	Analyse de la répartition des espèces dans la source Ras el ma durant les différentes saisons de l'année 2015-2016
Figure61	Analyse de la répartition des espèces dans la source Louali durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.
Figure62	Analyse de la répartition des espèces dans la source Atrous (Oued Lyhoudi) durant les différentes saisons de l'année2015-2016.
Figure63	Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Abkhabkhab durant l'an 2015-2016
Figure64	Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Tadout durant l'an 2015-2016

Figure65 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Aghbal(Hajeb) durant l'an 2015-2016

Figure66 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Atrous(ribaa) durant l'an 2015-2016

Figure67 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Ghara durant l'an 2015-2016

Figure68 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Sidi mimoun durant l'an 2015-2016

Figure69 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Aghbal (Azrou) durant l'an 2015-2016

Figure70 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Ras el ma durant l'an 2015-2016

Figure71 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Louali durant l'an 2015-2016

Figure72 Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Atrous (Oued lyhoudi) durant l'an 2015-2016

Sommaire

Introduction générale.....	1
Partie I : Revue bibliographique	3
Chapitre I : Zones humides de la région Fès-Meknès.....	4
I. Définition des zones humides.....	4
II. Zones humides du Maroc	4
III. Différentes zones humides de la région Fès-Meknès.....	5
III.1 Sources.....	6
III.1.1 Typologie des sources	6
III.1.2 Etat de référence	6
III.1.3 Indicateurs de la diversité biologique des sources	6
III.1.3.1 Indicateurs d'état.....	7
III.1.3.2 Indicateurs de pression	7
III.1.4 Indicateurs des facteurs écologiques des sources.....	7
III.1.4.1 Indicateurs d'état.....	7
III.1.4.2 Indicateurs de pression	8
III.1.5 Indicateurs des espèces vulnérables	8
III.1.5.1 Indicateurs d'état.....	8
III.1.5.2 Indicateurs de pression	9
III.1.6 Sources de la région d'étude.....	9
III.1.7 Effets de l'action anthropique sur les sources de la région Fès-Meknès	
10	
III.1.7.1 Pompage et dérivation des eaux.....	11
III.1.7.2 Pollution	11
III.1.7.3 Pression de présence de l'Homme et des troupeaux	11
III.1.7.4 Conséquences écologiques des dernières périodes de sécheresse	11
III.2 Biodiversité faunistique des zones humides de la région Fès-Meknès	11
III.2.1 Historique	11
III.2.2 Etat des lieux	12
III.2.3 Fonctions de conservations de la biodiversité des zones humides	12
Chapitre II : Moyen Atlas, plaine de saïs et couloir Fès-Taza : Cadre général d'étude.....	13
I. Moyen atlas : cadre général d'étude	13
I.1 Contexte géologique.....	13
I.1.1 Causse Moyen atlassique	13
I.1.2 Moyen Atlas plissé.....	14

I.2 Contexte pédologique.....	14
I.3 Contexte bioclimatique	15
I.4 Couvert végétal	15
I.5 Géographie humaine	16
I.6 Hydrographie.....	16
II. Bassin du Saïs : Cadre général d'étude	17
II.1 Contexte géomorphologique.....	17
II.1.1 Plateau de Meknès	17
II.1.2 Plaine de Fès	17
II.2 Contexte pédologique	18
II.3 Contexte hydrologique.....	18
II.3.1 Nappe profonde.....	19
II.3.2 Nappe phréatique.....	19
II.4 Contexte climatique	19
II.5 Population et activités économiques	19
III. Couloir Fès-Taza	20
III.1 Contexte géographique et géomorphologique.....	20
III.2 Contexte climatique.....	20
III.3 Contexte hydrologique	21
III.4 Contexte géologique.....	21
IV. Conclusion	21
Partie II : Matériel et méthodes	22
I. Introduction.....	23
II. Choix et description des sites d'étude	23
II.1 Stations étudiées	24
III. Description des sites d'étude.....	26
III.1 Etude bioclimatique des stations étudiées.....	26
III.1.1 Définition des précipitations.....	26
III.2 Critères de choix des sites d'études.....	29
III.2.1 Couvert végétal.....	29
III.2.2 Vitesse du courant	30
III.2.3 Transparence de l'eau.....	30
III.2.4 Type de substrat.....	31
IV. Etude de la qualité physicochimique de l'eau.....	32
IV.1 Échantillonnage.....	33

IV.2 Méthodes d'analyses	33
V. Analyse microbiologique des eaux des sources étudiées	33
V.1.1 Dénombrement des micro-organismes revivifiants	34
V.1.1.1 Coliformes totaux	34
V.1.1.2 Coliformes fécaux ou thermotolérants.....	34
V.1.1.3 Streptocoques fécaux (Entérocoques intestinaux)	34
V.2 Milieux de culture et méthodes de prélèvement.....	34
VI. Etude du peuplement de la macrofaune benthique	35
VI.1 Echantillonnage de la macrofaune benthique	35
VI.2 Préparation des échantillons et conservation	36
VI.3 Protocole de laboratoire	37
VI.4 Calcul des métriques	38
VI.4.1 Indice de diversité spécifique.....	38
VI.4.2 Indice d'équitabilité.....	38
VI.4.3 Abondance relative.....	39
VI.4.4 Fréquence	39
VI.4.5 Indice de Jaccard	39
VII. Traitement statistique des données	39
VII.1 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC).....	39
VII.2 Analyse des composantes principales (ACP)	40
Partie3 : Résultats et discussion	41
Chapitre I : Analyse physicochimique des eaux	42
I.1 Température de l'eau.....	42
I.2 Potentiel hydrogène.....	42
I.3 Conductivité électrique	43
I.4 Chlorures	43
I.5 Dureté calcique.....	44
I.6 Dureté magnésienne	44
I.7 Titre alcalimétrique complet (TAC).....	45
I.8 Sulfates	46
I.9 Orthophosphates.....	47
I.10 Oxygène dissous.....	47
I.11 Indice permanganate	48
I.12 Traitement statistique des données physicochimiques par Analyse Factorielle des correspondances (AFC).....	49
II. Conclusion	50

Chapitre II. Analyses bactériologiques des eaux	51
II.1 Flore mésophile aérobie totale (FMAT).....	51
II.2 Coliformes totaux (CT).....	51
II.3 Coliformes fécaux (CF)	51
II.4 Streptocoques fécaux (SF).....	52
II.5 Rapport CF/SF.....	52
III. Conclusion.....	53
Chapitre III : Etude des peuplements de la macrofaune benthique.....	53
III.1 Introduction	53
III.2 Structure de la communauté benthique	54
III.2.1 Inventaire des macro-invertébrés	54
III.2.2 Richesse spécifique dans chaque station	58
III.2.3 Abondance totale	59
III.2.4 Indices écologiques	59
III.2.4.1 Indice de diversité spécifique.....	59
III.2.4.2 Indice d'équitabilité spécifique	60
III.2.4.3 Indice de Jaccard	61
III.2.4.4 Abondance relative.....	62
III.2.4.5 Fréquence.....	67
Chapitre IV : Etude phénologique de la faune	67
IV.1 Gastéropodes	67
IV.2 Crustacés	69
IV.3 Turbellariés.....	71
IV.4 Diptères	72
IV.5 Ephéméroptères.....	73
IV.6 Hétéroptères	75
Chapitre V. Analyse statistique des données macrobenthiques.....	76
V.1 Analyse statistique des données par AFC	76
V.2 Analyse statistique des données par ACP.	86
VI. Conclusion	95
Conclusion générale	97

Introduction générale

Aussi loin que remonte la mémoire des hommes, les milieux humides étaient réputés avoir une importance cruciale pour notre environnement. Ils sont parmi les milieux les plus productifs de la planète. En effet, ces zones précieuses sont le berceau de la diversité biologique, et fournissent l'eau et la productivité primaire dont un nombre incroyable d'espèces animales et végétales dépendent pour leur survie.

Le Maroc est parmi les pays du Sud de la Méditerranée les plus riches en zones humides (estuaires, lagunes, merjas, dayas, lacs, cours d'eau ...). Ceci est lié, d'une part, à sa situation géographique qui le dote d'une côte marine d'environ 3500 km, et d'autre part à la présence de deux grandes chaînes de montagnes, qui ont généré un réseau hydrographique très dense.

Notre région (Fès-Meknès) dispose d'un nombre important des zones humides, représentées surtout par des sources permanentes fraîches (10-18 °C), généralement à fort débit. Cela est en relation avec la richesse de leurs nappes phréatiques et profondes (A.B.H.S., 2011). Ces écosystèmes très précieux remplissent des fonctions hydrologiques, socio-économiques et écologiques majeures à l'échelle nationale. Leur diversité biologique et leur originalité leur confèrent un intérêt mondial, conformément aux critères de la convention de Ramsar relative aux zones humides. D'ailleurs, plusieurs espèces peuplant ces écosystèmes précieux ont montré une étonnante originalité à plusieurs niveaux (Giudicelli et al., 1985 ; Dakki., 1987). Vu l'importance de ces écosystèmes à l'échelle nationale et internationale, de nombreuses zones humides de la région Fès-Meknès ont fait objet pendant la dernière décennie d'études spécifiques à la faune benthique afin de déceler l'état sanitaire de ces milieux très précieux. (Dakki., 1979 ; El Agbani., 1984 ; Badri., 1985 ; Dakki., 1986, 1987; Ramdani et al., 1987 ; Tayoub., 1989 ; Trari., 1991 ; El Agbani et al., 1992 ; Berrahou., 1995; Fadil et Dakki., 2006 ; Nechad., 2016 etc.).

Bien que ces études aient permis une première vision de la diversité biologique des sources marocaines, une grande partie de faune restait encore méconnue et marginalisée, vu que plusieurs résurgences n'ont pas été prospectées ou qu'elles étaient considérées strictement pour leurs ressources hydriques, omettant leurs valeurs écologiques et leurs biodiversités.

C'est dans le contexte de combler ce vide, que nous avons mené la présente étude qui aura le mérite de déceler l'état écologique de nombreuses sources qui n'ont pas fait objet d'études ultérieures dans la région Fès-Meknès et d'évaluer l'état actuel d'autres créneaux qui ont été déjà prospectés dans cette zone. Ainsi, nous avons choisi, après de nombreuses sorties d'exploration, dix stations d'études représentant différentes altitudes, différents étages bioclimatiques, différentes natures de substrats et différents cadres socioéconomiques et offrant par là une grande variété de biotopes et paraissant ainsi, bien refléter la diversité des habitats du crénal. Les sources étudiées sont réparties ainsi : six sources s'étendant sur le MA, deux créneaux se trouvant dans la plaine de saïs et deux émergences se situant dans le couloir Fès-Taza.

Les données recueillies seraient aussi, un outil intéressant pour faire surgir toutes les causes pouvant affecter la biodiversité des sources de la région Fès-Meknès en particulier et du Maroc en général.

Pour ce faire, nous avons suivi l'enchaînement chronologique suivant :

- Tout d'abord, nous avons apporté une bibliographie détaillée sur les zones humides marocaines et particulièrement leurs qualités bioécologiques,

leurs usages et leurs fonctions, ainsi que l'action anthropique menaçante. Une grande partie de ce chapitre a été dédiée à l'importance de l'étude de la biodiversité et les démarches socio- économiques et juridiques entreprises pour leur préservation.

- Ensuite, nous nous sommes intéressés au cadre général d'étude (le Moyen Atlas, la plaine de saïs et le couloir Fès-Taza): leurs situations géographiques, cartographiques, géologiques, hydro-climatiques et phypédologiques. Cette partie se base sur les différents travaux de recherche académiques effectués dans ces aires d'étude, notamment en hydrologie et en écologie. Nous présentons également l'importance historique et surtout la contribution de ces zones humides dans le dynamisme de la vie socio-économique des populations riveraines.
- Dans la partie expérimentale, nous avons décrit plus en détail les stations d'études et la méthodologie de travail utilisée dans cette étude.
- Dans la partie résultats et discussion, nous avons tout d'abord commencé par la caractérisation physico-chimique, les variations spatio-temporelles et la typologie intra-spatiale et inter-spatiale de 11 paramètres hydrologiques étudiés. Une caractérisation bactériologique actuelle de ces sources a été également réalisée. Ensuite, nous avons abordé l'étude des peuplements limniques des stations d'étude, particulièrement de point de vue structure, abondance et dynamique ainsi que l'établissement des typologies macrobenthiques spatio-temporelles et les différentes affinités intra-stationnelles, interspécifiques et les principales interactions entre les compartiments. Une mise en évidence des différentes associations des macro invertébrés benthiques dans le cadre du nouveau concept des méta-communautés a été également réalisée.

Dans de telles investigations nous avons eu recours aux outils statistiques par l'AFC et l'ACP. Et pour une plus ample analyse des données obtenues, nous avons opté pour une analyse phénologique des espèces macrobenthiques collectées. Les informations recueillies permettent d'élucider d'une manière claire, les impacts environnementaux et anthropiques sur la biodiversité benthique de ces zones humides. Enfin, une conclusion générale, tout en soulevant les perspectives des recherches qui pourraient faire suite à notre travail de thèse.

Partie I : Revue bibliographique

Chapitre I : Zones humides de la région Fès-Meknès

I. Définition des zones humides

Comme son nom l'indique, les zones humides constituent l'espace de transition entre l'eau et la terre. Ces milieux précieux sont extrêmement divers. La convention de Ramsar relative aux zones humides les définit comme "des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eau naturelles ou artificielle, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres". Ces milieux sont des écosystèmes complexes et très productifs, ils forment non seulement des réservoirs précieux de diversité biologique et assurent de nombreuses fonctions hydrologiques (recharge des aquifères, contrôle des inondations, atténuation des changements climatiques, épuration des eaux, etc.). Ils offrent en outre aux populations humaines des ressources économiques variées : eau (potable, industrielle et agricole), ressources vivantes (halieutiques, pastorales ...), éléments minéraux, etc. Les zones humides sont également des destinations préférées pour les écotouristes.

Malheureusement, ces milieux précieux sont dégradés voire menacés de disparition à cause des activités humaines, traduites surtout par les initiatives de développement agricole intensif à grande échelle, les mesures de captages des eaux souterraines et l'épuisement des nappes phréatiques, sans négliger les effets de la sécheresse naturelle très fréquente dans la région méditerranéenne.

II. Zones humides du Maroc

En dépit de son climat semi-aride, le Maroc se caractérise par sa grande richesse en zones humides en comparaison avec les autres pays maghrébins. « Elles sont estimées à quelque 200.000 hectares soit 0,3% de la superficie du pays. De plus, le Royaume dispose de 3.500 kilomètres de côte marine et une dizaine de milliers de kilomètres pour le réseau fluvial. La variabilité climatique ajoutée aux caractéristiques topographiques, géologiques, la présence du littoral (atlantique et méditerranéen) et du Sahara sont à l'origine de cette richesse en zones humides, les habitats écologiques et la biocénose qui s'y développe ». Par ailleurs, L'étude des aires protégées du Maroc a permis l'élaboration d'un réseau qui regroupe 09 parcs nationaux et 160 SIBE représentatifs sur le plan bioécologique de zones à écosystèmes remarquables, à forte concentration d'espèces végétales et/ou animales endémiques rares ou menacées, ou à indice de biodiversité élevé. La superficie totale de ces SIBE est de 1.080.000 hectares (Le plan directeur des aires protégées., 2016).

Selon l'A.B.H. S (2005), pour les zones humides s'étendant sur les trois régions géographiques prospectées dans notre étude, le Moyen Atlas en représente plus de 80%. Ainsi, les montagnes nord-africaines sont les plus riches en zones humides. En effet, cette masse de hautes terres est drainée par quatre grands bassins hydrogéologiques à savoir : le bassin du Sebou, d'Oum er-rabi3, Bourgrag et La Moulouya (Benkaddour., 1993). Cette richesse en ces zones précieux est due, d'une part, à la situation du Moyen Atlas dans une zone à pluviométrie importante recevant des précipitations plus abondantes, et d'autre part à la prédominance des formations géologiques carbonatées (calcaire, dolomie et calcaire-dolomitique), favorisant la

création de nombreuses galeries karstiques souterraines et plusieurs grottes, et gouffres qui assurent l'écoulement souterrain de l'eau, la formation des lacs et l'alimentation des eaux courantes (Chillasse & Dakki., 2004). Les 20% restantes des zones humides sont réparties sur la plaine de saïs et le couloir Fès-Taza. Cette faible richesse en ce patrimoine naturel peut être en relation avec le déficit hydrique que connaissent ces zones géographiques, qui contiennent des milieux bas et mal drainés, à l'origine de marécage et dont la nappe phréatique circule principalement dans des grès et des conglomérats reposant sur des sables plus ou moins argileux. Ce qui ne favorise pas l'emmagasinement d'une quantité importante de l'eau.

III. Différentes zones humides de la région Fès-Meknès

Les zones humides de la région Fès-Meknès ont des avantages hydrologiques, socioéconomiques et écologiques précieux à l'échelle nationale (Chillasse & Dakki., 2004). Leur originalité leur procure une attention mondiale incontestable conformément aux critères de la convention Ramsar qui leur consacre une protection et une préservation particulière.

La typologie des eaux des écosystèmes se trouvant dans cette zone, révèle une grande diversité d'habitats. Les quatre grandes catégories d'eaux continentales habituellement reconnues par les limnologues (eaux stagnantes, zones humides artificielles, eaux phréatiques, eaux courantes et sources) sont bien représentées et peuvent être différenciées en de nombreux sous-types en combinant les régimes hydrologiques et thermiques des eaux (Chillasse & Dakki., 2004).

➤ Eaux stagnantes (lacs)

La région Fès-Meknès qui a fait objet de notre étude occasionne la formation d'une quinzaine de lacs naturels. Ces plans d'eau sont pour la plupart d'origine karstique (Martin., 1981). Leurs superficies varient entre 6 ha et 250 ha et leurs profondeurs maximales oscillent entre 2m et 37m (Chillasse et al., 2001). Cependant, ces lacs s'asséchaient régulièrement, même en dehors des années sèches, leur pérennité est étroitement liée au niveau de la nappe souterraine. Ces écosystèmes hébergent une faune d'invertébrés relativement intéressante (Chillasse et Dakki., 2004).

➤ Zones humides artificielles (ZHA)

Les lacs de barrages et les petits plans d'eau piscicoles représentent une bonne proportion des eaux lacustres de la région Fès-Meknès. Leur création a débuté dans les années 1930, avec le développement de la pêche et de la pisciculture, elle s'est faite au détriment des résurgences, qui leur assurent une eau de bonne qualité (MEMEE., 2015).

➤ Eaux courantes

La zone Fès-Meknès se distingue des autres régions marocaines par l'abondance des eaux courantes, favorisée par un aquifère riche ; c'est ce qui explique la forte densité de son réseau hydrographique. De nos jours, moins du tiers des cours d'eau de cette région couleraient en permanence. Toutefois, quelques ruisseaux naturellement temporaires y existent et présentent de grandes particularités biologiques (Chillasse et Dakki., 2004).

➤ Eaux phréatiques

Bien que les eaux de surface limitées à seulement quelques canaux (les cours d'eau) et dépressions (les lacs), l'eau souterraine est omniprésente dans le sous-sol. En effet, La prédominance des calcaires et dolomies dans les terrains de la région Fès-Meknès a favorisé la création de grottes et de gouffres dans lesquels circulent des eaux. Diverses expéditions spéléologiques ont permis de repérer de nombreuses galeries karstiques souterraines et plusieurs grottes et gouffres, tels que les grottes du Friouattou (sud de la ville de Taza).

III.1 Sources

Une source est un lieu d'apparition et d'écoulement d'eau souterraine à la surface du sol, à l'origine en général d'un cours d'eau de surface. Cette émergence de l'eau souterraine peut contribuer considérablement au maintien des débits de base d'un cours d'eau ou du niveau de l'eau d'un lac. Le classement des sources est basé sur Trois critères distincts à savoir : l'hydrochimie qui permet de classer les émergences selon leur qualité, l'hydrogéologie qui a pour objectif d'expliquer l'origine et le fonctionnement de la source et le thermalisme qui permet de classer les sources selon leur température.

III.1.1 Typologie des sources

On distingue pas mal des types de sources selon le type de la nappe souterraine dont elles constituent un exutoire à savoir :

- Sources de déversement : naissent du recoupement entre le mur d'un aquifère (sa limite inférieure imperméable) et la surface du sol (surface topographique).
- Sources d'émergences ou de dépressions : Formées par le recoupement de l'aquifère et la surface topographique.
- Sources artésiennes ou jaillissantes : issues d'une nappe captive.
- Sources issues de fractures : se forment à l'intersection entre des fractures en contact avec une formation aquifère et la surface topographique (Castany et al., 1974).
- Sources karstiques : résultant de l'arrivée en surface d'un conduit karstique (les vides karstiques sont des vides issus de la dissolution des roches carbonatées).
- Sources artésiennes : Correspondent à la sortie de l'eau d'une nappe captive (donc sous pression) vers l'extérieur.

Parallèlement au type de la nappe phréatique, il existe en fait d'autres critères qui régissent la typologie des sources notamment : le régime de variation du débit : source constante, pérenne, saisonnière, intermittente, temporaire ou accidentelle. La continuité ou non de l'écoulement et les caractéristiques physicochimiques de l'eau : source chaude, thermale, hypotherme, orthotherme ou encore hypertherme, source salée, séléniteuse, ferrugineuse, sulfureuse, minérale, incrustante ou pétrifiante (Schoeller., 1949).

III.1.2 Etat de référence

La qualité des eaux des sources demeure déterminante, elle constitue le premier maillon conditionnant la vie des milieux aquatiques et la qualité de l'eau vis-à-vis des différents usages (domestiques, agricoles etc.). C'est pour cette raison que les sources constituent « un milieu de référence ». Selon (Karr & Chu., 1999), la caractérisation régulière de ces milieux précieux est nécessaire afin d'estimer l'effet de l'action anthropique pour développer une stratégie de leurs conservations.

III.1.3 Indicateurs de la diversité biologique des sources

Afin d'appuyer et d'orienter de nouvelles stratégies pour la conservation de la biodiversité des sources, certains indicateurs importants ont été élaborés par des experts des zones humides (Dakki & El Agbani., 1995) et doivent être pris en compte, pour toute évaluation de l'état de santé de ces écosystèmes aquatiques.

III.1.3.1 Indicateurs d'état

- **Variation de la richesse spécifique**

Connaître les richesses spécifiques des sources permettrait de mieux les contrôler pour en déceler l'impact des différentes perturbations sur ces milieux, fragiles de nature et c'est d'ailleurs l'objectif ultime de notre étude.

- **Variation de la structure des peuplements**

Les variations de la structure d'un peuplement pourraient constituer un important indicateur pour déceler d'éventuelles perturbations du milieu (Dakki & El Agbani., 1995).

- **Variation du nombre d'espèces autochtones et endémiques**

Dans tout milieu, les espèces endémiques constituent un patrimoine biologique et génétique important, auquel il faudrait donner une attention particulière dans les mesures de conservation. La présence d'espèces endémiques témoignerait de l'originalité du milieu et sa particularité.

- **Etendue des aires de répartition des espèces**

L'étendue de l'aire de la répartition des espèces endémiques est aussi un indicateur important pour définir leurs espaces vitaux et leurs importances à l'échelle nationale.

III.1.3.2 Indicateurs de pression

- **Variation du nombre d'espèces menacées, vulnérables et endémiques.**

La cause principale qui régisse l'abondance spécifique dans un écosystème est l'action anthropique. Son impact écologique peut être irréversible. Par conséquent, le revers de la médaille serait une raréfaction, vulnérabilité voire une extinction des espèces peuplant les milieux naturels. De ce fait, surveiller ces espèces, sensibles aux activités humaines, aiderait à mieux gérer leur conservation et mieux évaluer le degré de la pression imposée au milieu. De plus, la diminution du nombre ou des effectifs des espèces autochtones et endémiques peuplant une source constituerait un système d'alarme annonçant la perte de cette originalité et la perte d'habitats.

- **Variation de la liste des espèces utilisées et l'évolution de leurs abondances**

La liste des espèces colonisant les sources diffère constamment d'une source à l'autre selon les conditions biotiques et abiotiques de chacun de ces milieux. En avoir une liste, par résurgence, nous renseigne déjà sur les potentialités biologiques de chacun de ces milieux et son intérêt pour les populations. La surveillance de cette liste et des effectifs de ses composantes pourrait déceler d'éventuelles perturbations dues à des prélèvements irrationnels ou à des facteurs environnementaux.

III.1.4 Indicateurs des facteurs écologiques des sources

III.1.4.1 Indicateurs d'état

- **Variation des paramètres physicochimiques de l'eau**

Il est communément admis que les facteurs physicochimiques des sources sont généralement stables. Cependant, ces paramètres pourraient être affectés par des facteurs anthropiques et climatiques régissant le milieu.

- **Variation de la granulométrie et de la qualité du sédiment**

Dans les zones humides en général, le sédiment joue le même rôle que jouerait le sol dans un milieu forestier en fournissant les éléments nécessaires pour le développement des

plantes aquatiques et la faune benthique. Toutefois, le colmatage résultant des crues provoque d'importants remaniements au niveau de la structure et le fonctionnement des sources.

- **Niveau piézométrique des nappes phréatiques**

La plupart des écosystèmes aquatiques et particulièrement les sources sont sujettes à une exploitation non contrôlée de leurs ressources hydriques. Cela affecte par conséquent leur santé écologique. Ce facteur est très important à surveiller dans la mesure où les changements de la durée de mise en eau à cause de facteurs naturels (sécheresse, par exemple) ou artificielles (aménagement divers) pourraient entraîner des modifications profondes dans leurs équilibres écologiques

III.1.4.2 Indicateurs de pression

- **Teneur en azote et en phosphore (eau, sédiments)**

Ce sont deux éléments très utilisés dans les activités agricoles et comme indicateurs également de l'impact des pollutions d'origine agricole sur les zones humides.

- **Qualité bactériologique**

De nombreux microorganismes proviennent des activités humaines qui sont rejetées directement dans les sources. Leurs impacts sur les organismes qui y sont inféodés et sur la santé humaine ne sont plus à démontrer, ce qui a fait de leur surveillance une approche couramment utilisée pour la sauvegarde de ces milieux précieux.

III.1.5 Indicateurs des espèces vulnérables

III.1.5.1 Indicateurs d'état

- **Variation de la liste des espèces considérées comme menacées ou vulnérables**

Avant de lancer tout programme de surveillance du patrimoine spécifique national, il est nécessaire de bien identifier divers éléments à surveiller. Il s'agit de dresser une liste exhaustive de toutes les formes de vie qui méritent une attention particulière de la part des décideurs et des gestionnaires (Dakki & El Agbani., 1995).

- **Variation de l'abondance.**

Afin de pouvoir rendre compte de l'état physique d'une espèce vulnérable, de son évolution dans le temps et dans l'espace, le premier paramètre à identifier et à suivre correspond à l'effectif de ses individus. Il est également important de connaître, avec précision, les tailles de chacune de ses populations.

- **Variation de la superficie occupée par l'espèce**

Ce paramètre est particulièrement applicable aux espèces endémiques dont l'aire de dispersion est généralement très réduite, caractérisée par des conditions biotiques et abiotiques optimales, ayant favorisé la mise en place et le développement de ces espèces.

- **Variation de sex-ratio**

Le sexe-ratio, exprime le rapport, en effectifs, entre les mâles et les femelles, pourrait, dans certaines mesures, prévenir un problème de reproduction chez une espèce donnée. L'utilisation, pour une raison ou une autre, de l'un ou l'autre des deux sexes pourrait créer une carence ou une insuffisance de l'un des deux sexes et, par conséquent, affecter la reproduction des espèces et leur pérennité.

- **Variation de la structure par âge de la population**

Il est important de connaître l'évolution de la structure des stocks et les dimensions des différentes classes d'âges. Une augmentation, par exemple, des effectifs des individus âgés par rapport aux jeunes exprimerait un vieillissement de la population et, par conséquent, une diminution de la fertilité, une baisse des natalités, une mortalité juvénile, etc., menaçant ainsi

l'existence de l'espèce en question. C'est un indicateur qui pourrait également être appliqué aux espèces menacées qui, à cause de la dégradation de leurs milieux, se trouvent dans des situations plus ou moins précaires.

- **Degré de sensibilité à la présence humaine.**

Le comportement vis à vis de la présence humaine dans un espace vital écosystémique varie considérablement d'une espèce à une autre.

Cet indice ne permet certainement pas une surveillance de l'espèce pour savoir s'elle deviendrait, ou pas, sensible à la présence humaine, car tout écosystème et toute espèce soumis à une action quelconque de l'Homme seraient affectés, tôt ou tard, par l'impact de ces actions. Mais, c'est un indicateur important à prendre en considération lors d'une prise de décision de conservation ou d'utilisation durable.

III.1.5.2 Indicateurs de pression

- **Fragmentation du milieu de vie d'une espèce considérée.**

La fragmentation des écosystèmes est un problème majeur pour la diversité des organismes qui y vivent. Un indicateur dont il faut tenir compte pour toute conservation d'espèce menacée surtout quand son aire de distribution est réduite.

- **Taux de fréquentation d'un milieu**

Les populations locales, les touristes, etc., pourraient constituer un élément de pression et de perturbation majeure pour une espèce vulnérable. Généralement, les populations locales et leurs bétails, ayant recours aux sources y occasionnent d'énormes pertes d'habitats.

III.1.6 Sources de la région d'étude

La diversité géologique de notre région d'étude entraîne la formation de diverses sources naturelles que ce soit temporelles ou permanentes. Les petites sources de faibles débits (généralement moins de 10/s) y sont fréquentes, elles constituent généralement des exécutoires de petites perches liées principalement à des fracturations ou à des petites nappes alluviales le long des fonds des vallées. En plus de ces petites sources. La zone en question se distingue par la présence de grandes émergences Karstiques (tableau1). Celles-ci présentent des fonctionnements variés, mais elles se caractérisent toutes par de forts débits et ne tarissent jamais même durant les périodes de sécheresses prolongées (Taous et al., 2009).

Tableau 1 : Caractères morphométriques des quelques sources de la région Fès-Meknès (A.B.H.S.,2011)

Source	Débit (l/s)	Température de l'eau (°C)
Ain Sebou	2800	15
Timdrine	937	18.7
Ouamender	280	18.5
Bittit	1500	14< T<17
Ribaa	200< débit<1000	16< T<21
Ben Smim	15< débit<286	14
Ras El Ma (Ifrane)	64	15
Sidi Rachid	Quelques litres< débit<179	16.5
Zerrouka	31< débit<1361	12
Aghbal (Ouest Azrou)	368	16
Amghas	529	17.6
Sidi Mimoun	200	**
Aghbaloujdate	8.5	15

Regrag	282	17.5
Mterba	30< débit<91	17
Jerrah	Quelques litres< débit<468	17
Aghbalou Aberchane	200	10
Tizgdelt	232	13
Titzil	244	**
Tataw	430	11
Tadout	354	17
Maarouf	21< débit<347	18
Aghbal (Hajeb)	36< débit<413	17
Atrous (Ribaa)	28	16.5
Akkous	170	18.5
Bourkaiz	55	17.5
Ablouz	34< débit<296	**
Ghara	204	19
El Ouata	294	18
Louali	223	20
Ras el Ma	269	13.25

Ces sources ont une importance stratégique en tant que ressource en eau et aussi en tant que milieux aquatiques remarquables, liés aux aquifères et aux eaux superficielles. Elles jouent un rôle primordial dans la régulation des débits et dans le rechargement des écoulements souterrains (directive-cadre sur l'eau., 2000). Leur intérêt scientifique et socio-économique n'est plus à démontrer en tant que zones ayant des ressources naturelles riches et variées. Outre leur valeur socio-économique, l'importance écologique des sources est primordiale. En effet, ces zones humides abritent des espèces faunistiques et floristiques diversifiées qui interagissent entre eux pour former une chaîne trophique dans laquelle les macroinvertébrés benthiques constituent la pièce angulaire. Ces organismes participent à la transformation de la matière organique et forment la part la plus importante de la nourriture des poissons. La diversité spécifique des communautés d'invertébrés aquatiques dépend notamment de la diversité et de la stabilité des habitats qui définissent l'hétérogénéité des niches écologiques et donc les possibilités de développement (Malmqvist & Otto., 1987). Dans ce sens, l'étude de la biodiversité des macroinvertébrés peuplant les sources naturelles d'eau douce, apparaît comme une aide essentielle à la décision pour la planification des plans de gestion et de conservation.

III.1.7 Effets de l'action anthropique sur les sources de la région Fès-Meknès

Les sources prônant domicile dans notre aire d'étude souffrent d'une pression anthropique accentuée. En effet, la majorité des gens considèrent ces milieux précieux seulement pour leur valeur hydrologique (alimentation en eau potable- abreuvement - L'irrigation-baignade etc.) omettant leur richesse écologique. Ce qui rend leur état sanitaire vulnérable et risque de les mettre en péril.

III.1.7.1 **Pompage et dérivation des eaux**

Le captage de sources est une installation de prélèvement d'eau souterraine issue d'une résurgence naturelle et utilisant un drain horizontal. L'exploitation de l'eau souterraine a pour conséquence la modification de l'état de la nappe et de sa dynamique dans un espace plus ou moins étendu en fonction des impulsions exercées et de la nature et des paramètres de l'aquifère. Il faut signaler aussi que comme l'eau souterraine est interdépendante de l'eau de surface, sa gestion s'intègre dans la gestion des eaux comme un tout. Elle exige aussi que les prélèvements n'affectent pas de manière significative la contribution des eaux souterraines aux apports d'eau de surface et à la santé des écosystèmes.

III.1.7.2 **Pollution**

Une baisse de qualité de l'eau souterraine peut affecter tant la santé humaine que celle des écosystèmes. Même si l'eau souterraine peut être de qualité médiocre à cause de substances naturellement présentes dans les matériaux géologiques formant les aquifères, la dégradation de sa qualité résulte souvent de l'activité humaine et de l'utilisation locale du sol dont le stockage et l'épandage de fumier, les installations septiques, les déversements accidentels et l'utilisation de pesticides.

III.1.7.3 **Pression de présence de l'Homme et des troupeaux**

La demande sociétale concernant la qualité microbiologique des eaux est récurrente, notamment et paradoxalement, dans le Moyen Atlas, région considérée comme un « château d'eau » et portant une forte image d'eau pure. En fait, le milieu montagnard est propice au développement de contaminations microbiennes qui perturbent les fonctions de ses aquifères comme ressource en eaux potables, en eaux à usages agro- alimentaires ou comme support d'activités récréatives. Les pollutions sont en partie dépendantes des pratiques pastorales. Un point préoccupant est la présence chez les bovins (porteurs sains) de souches d' *Escherichia coli* potentiellement pathogènes pour l'homme et dont la dissémination liée au parcours des troupeaux est envisagée. Les pollutions fécales perturbent certains usages de l'eau, en premier lieu l'eau potable.

III.1.7.4 **Conséquences écologiques des dernières périodes de sécheresse**

L'environnement du Maroc est caractérisé par sa variété, reflète des caractéristiques géographiques et notamment la position du pays au sud de la Méditerranée, à une latitude subtropicale, en bordure du désert. Les eaux souterraines constituent une part importante de la ressource hydrique du Maroc. Elles ont l'avantage de leur régularité, de leurs faibles coûts de mobilisation et de leur bonne distribution spatiale. Cependant la disponibilité de ces ressources en eau est soumise à l'effet de l'irrégularité climatique saisonnière et interannuelle.

III.2 Biodiversité faunistique des zones humides de la région Fès-Meknès

III.2.1 Historique

Les premiers travaux dédiés aux zones humides dans notre région d'étude ont été menés par Dakki en 1979 et ils avaient pour objectif principal d'analyser la répartition spatiale des invertébrés et des poissons d'eau continentale. Ces études étaient un véritable tournant dans l'histoire de la biodiversité des zones humides marocaines et avaient servi de base pour des études sur d'autres systèmes lotiques.

Après l'étude pionnière de la faune benthique menée par Dakki, plusieurs publications ont vu le jour par la suite. On distingue celles publiées par les malacologistes (Mouthon.,1980

, Dakki.,1986, Ramdani et al., 1987, Brown.,1994, Atiki., 2002, El Joubari et al., 2015), celles publiées par les coléoptérologistes (Sánchez-Ortega et al., 1998) ainsi que celles publiées par les éphéméroptérologistes et les trichoptérologistes (Giudicelli & Dakki., 1984, Dakki & Tachet., 1987, Botosaneanu., 2002, El Alami., 2002, Errochdi et al., 2012 et El Joubari et al., 2015) sans omettre les résultats trouvés par les crustacologues (Dakki., 1987, Fadil., 2002, Chillasse et al., 2004, Fadil & Dakki., 2009). Tous ces ouvrages et bien d'autres ont contribué pleinement à l'essor de la biodiversité des zones humides de la région Fès-Meknès en particulier et du Maroc en général.

III.2.2 Etat des lieux

La région Fès-Meknès a été classée parmi les régions marocaines d'intérêt majeure pour la conservation de la biodiversité des zones humides sachant que celle-ci héberge en exclusivité plus du quart de la faune aquatique endémique du pays (Dakki., 1997, Fadil & Dakki.,2006). En effet, celle-ci compte environ 140 taxons, dont le tiers (53 espèces) existe dans le Moyen-Atlas. Ces écosystèmes limniques y abritent environ 25% de cette faune endémique marocaine avec un contingent non négligeable de reliques paléarctiques et tropicales. Parmi les 650 espèces recensées au niveau des lacs 13 espèces sont endémiques du pays, soit un taux d'environ 10% de l'ensemble des endémiques des milieux aquatiques marocains. La majorité de ces endémiques sont des insectes (33 espèces réparties principalement entre les Trichoptères, les Diptères et les Coléoptères), suivis par les crustacés (sept espèces, partagées entre les Copépodes, les Anostracés et les Amphipodes), puis par les poissons (Chillase & Dakki., 2004).

Parallèlement à ces espèces indigènes, des espèces françaises ont été acclimatées et se sont maintenant parfaitement adaptées. C'est ainsi qu'on retrouve chez eux les larves des Ephéméroptères (*Baetis*, *Ecdyonurus*, *Isonychia*, *Rhitrogena*, *Cænis*), des Trichoptères (*Hydropsyche*, *Rhyacophila*), des Plécoptères (*Protonemura*), des Diptères (*Simulium* et *Atherix*), l'Hémiptère (*Micronecta*), les Coléoptères (*CælamBUS influens* et *Auchtochilus*).

III.2.3 Fonctions de conservations de la biodiversité des zones humides

En termes de conservation de la biodiversité des zones humides, le Maroc a approuvé de nombreuses conventions internationales. En effet, la législation marocaine offre actuellement à ces milieux précieux quatre statuts de protection. Trois de ces statuts (parc national, réserve permanente de chasse et réserve permanente de pêche) relèvent des compétences du département des Eaux et Forêts et de la Lutte contre la désertification.

Par ailleurs, le développement de l'approche de paiement des services éco-systémiques (PSE) pour soutenir la conservation des zones humides de la région Fès-Meknès est une approche relativement nouvelle. Elle a pour principal objectif de favoriser des externalités environnementales positives grâce au transfert des ressources financières entre les bénéficiaires, les fournisseurs et les gestionnaires des services éco-systémiques.

Le PSE peut ainsi être un outil de gestion intégrée des ressources en eau à la fois efficace du point de vue écologique, efficient du point de vue économique et équitable du point de vue social. Il peut être défini et mis en œuvre à différentes échelles : locale, au niveau d'un bassin, comme c'est le cas pour les services environnementaux liés aux hydro-systèmes, de conservation de la biodiversité et des paysages, ou globale comme pour la séquestration du carbone par exemple.

Pour aider à changer les habitudes et à promouvoir des comportements plus respectueux des ressources en eau et des habitats naturels, le WWF MedPO a réalisé une étude de faisabilité de mise en place de systèmes de paiement pour les services rendus par les écosystèmes liés à l'eau au niveau de la région de Fès-Meknès.

L'objectif souhaité est la création d'un mécanisme qui permet de fournir, d'une manière rentable à long terme. Les services faisant objet d'une offre insuffisante en raison de l'absence de mécanismes de compensation et l'attribution d'une certaine valeur aux services environnementaux par la création de systèmes adéquats qui favoriseront la modification des comportements et l'adoption de pratiques d'exploitation des écosystèmes durables et avantageuses pour les populations locales ainsi que l'internalisation des effets positifs sur l'environnement et la production de nouvelles sources de revenus favorisant le développement durable.

Chapitre II : Moyen Atlas, plaine de saïs et couloir Fès-Taza : Cadre général d'étude

Dans cette étude, nous nous sommes limités à l'étude hydrobiologique de dix sources appartenant aux trois zones géographiques s'étendant sur la région Fès-Meknès. Ces masses de terres sont : le Moyen Atlas, la plaine de saïs et le couloir Fès-Taza.

I. Moyen atlas : cadre général d'étude

I.1 Contexte géologique

Le Moyen Atlas (MA) est une chaîne montagneuse intracontinentale (figure1) qui forme une série de crêtes plus ou moins parallèles dont l'orientation est comprise entre les directions NE-SW et ENE – WSW(Chillasse et al.,1999). Cette masse de hautes terres s'étendant sur environ 350 km fait partie du domaine atlasique (Michard., 1976).

L'une des caractéristiques les plus importantes de cette zone c'est qu'elle était le lieu d'une activité volcanique importante au cours des temps Neogène et Quaternaire. Les produits émis sont pour l'essentiel des basanites et des basaltes alcalins associés à des néphélinites en proportion subordonnée. Grâce à leur fluidité et au caractère subtabulaire de la région, le matériel volcanique a pu s'étendre sur de larges surfaces, ce qui a rendu difficile l'établissement de relation entre les laves et les terrains sous-jacents (Moukadiri A., 1983., Hannand & Moukadiri., 1986).

Cette chaîne montagneuse est délimitée par la plaine de Saïs et le front de la nappe rifaine au Nord et par le bassin de Guercif au Nord-Est, les hauts plateaux à l'Est et la méséta côtière à l'Ouest, enfin la dépression de la Moulouya au Sud et Sud-est (Arboleya et al., 2004).

Le Moyen Atlas qui appartient au domaine meseto-atlasique regroupe deux entités structurales différentes (figure1) : le Moyen Atlas plissé à l'Est et le Causse Moyen Atlasique à l'Ouest. Les grandes lignes de ces deux structures sont généralement orientées du NE au SW et elles sont séparées par un accident majeur nommé « accident nord moyen atlasique » (Harmand et Moukadiri., 1986).

I.1.1 Causse Moyen atlasique

Le causse moyen Atlasique (figure1) prend la forme d'un vaste plateau à structure monoclinale matérialisée par une déformation à caractère essentiellement cassant. Il est formé essentiellement des roches carbonatées : calcaires et dolomies (Lepoutre & Martin., 1967). Cette masse de terre offre les paysages classiques de hauts plateaux calcaires, d'où l'appellation de causse (Kabbaj & Combe., 1977, Lecompte., 1986). Elle est parsemée de nombreux appareils volcaniques d'âge tertiaire et quaternaire (Harmand & Cantagrel., 1984).

Le causse moyen atlasique est formé de trois plateaux : le plateau d'El Hajeb, le plateau d'Ifrane et le plateau de Guigou. Ces plateaux, du causse moyen atlasique, composés essentiellement de carbonates néritiques du Lias inférieur et moyen reposant sur des argilites triasiques (Rhoujjati., 2007), sont structurés en plateaux étagés reflétant une organisation en blocs basculés (Soufiani & Fedan., 2002) par des failles normales mineurs (Arboleya et al., 2004).

I.1.2 Moyen Atlas plissé

Le Moyen Atlas plissé (figure 1), est l'ensemble montagneux du Moyen Atlas oriental qui se situe à l'est de l'accident tectonique majeur dénommé « nord-moyen atlasique ». Sa superficie est de 5.000 km². Cette masse de hautes terres constitue un massif allongé de quelque 250 km dans le sens NNE-SSW, large de 10 à 50 km. Il est limité du côté W par les massifs paléozoïques du Tazzeqa et de Bsabis dans la partie septentrionale, puis par l'accident « nord-moyen-atlasique » qui le sépare du Causse du Moyen Atlas tabulaire. Du côté Nord, Ce massif montagneux est limité par la plaine de Guercif où les formations jurassiques du Moyen Atlas s'ennoient sous un épais recouvrement néogène. A l'Est, il est plutôt débordé par les piémonts de la vallée de la Moulouya. Quant au Sud, le moyen atlas plissé est limité par les massifs paléozoïques et permotriasiques d'Aouli-Mibladen et de Bou-Mia. Cette série montagneuse porte les sommets les plus élevés (J. Bou Iblane : 3190m, J. Bou Nasser : 3 340m).

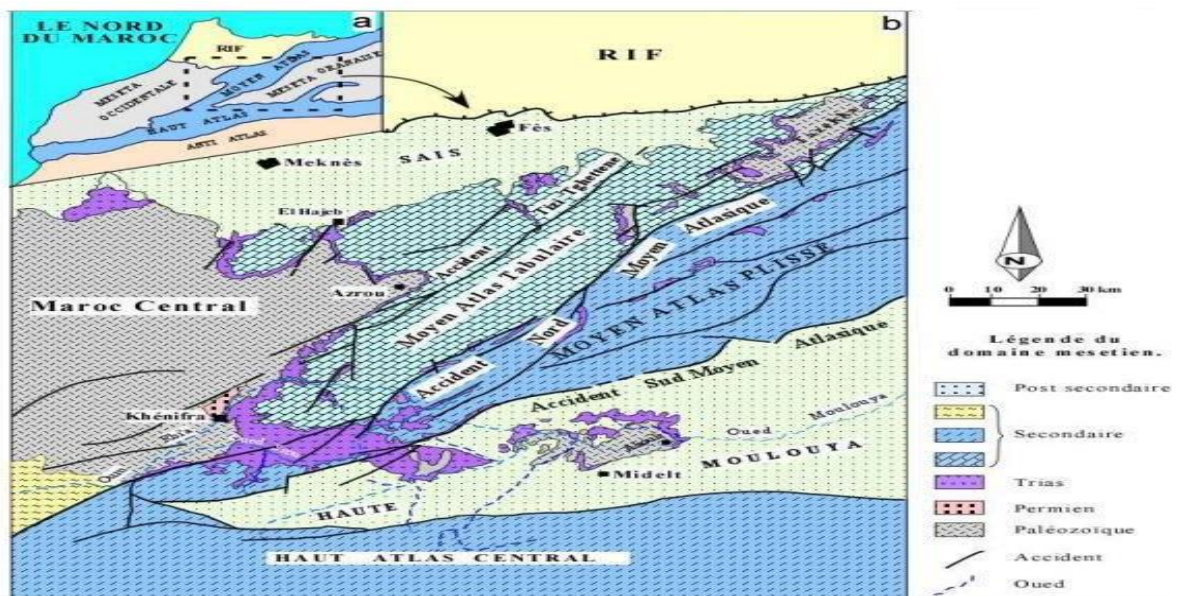


Figure 1 : position et orientation géographique du Moyen Atlas

I.2 Contexte pédologique

Le Moyen Atlas regroupe différents types de végétaux et des roches mères. Cela favorise non seulement l'installation d'une grande variété d'espèces floristiques dans ce massif, mais aussi l'évolution de nombreux types des sols y compris les sols argileux et limoneux-sableux qui dominent dans cette zone. En général, ce sont les sols bruns et les rendzines qui dominent dans cette zone (Mhirt et al., 1999). La lithologie du Moyen Atlas fait état de l'abondance des substrats dolomitiques et calcaires du lias, de marnes, d'argiles et d'autres formations plus récentes du quaternaire dans les vallées et le long des cours d'eau. Néanmoins, plusieurs autres roches ont été constatées, notamment les grès, les schistes et le marno-calcaires schisteux. Vue l'ensemble, les différents types de sols dominants les formations Moyen Atlasiques sont :

- Des sols rouges méditerranéens.
- Des sols rouges bruns.

- Des sols rouges lessivés.
- Des sols bruns forestiers sur basalte ou sur dépôts colluviaux de pente.
- Des rendzines dolomitiques sableuses.
- Des rendzines vraies calcaires sur roches-mères marneuses ou calcaro-marneuses.

I.3 Contexte bioclimatique

Le Moyen Atlas marocain est une région climatiquement sensible aux variations des masses d'air de la mer Méditerranée, du désert du Sahara et de l'océan Atlantique (Rhoujjati et al., 2012). Il s'inscrit dans un domaine climatique de montagne humide à sub-humide et à hiver froid. Il est relativement bien arrosé grâce à son orientation SW-NE qui fait que ce climat particulier est dû essentiellement à sa position altitudinale, sa situation géographique et son exposition aux influences marines (Martin., 1981). Les nuages venant de l'ouest donnent des précipitations abondantes (pluie, neige) au contact du Moyen Atlas (Chillasse et al., 2001). La barrière naturelle que forme la chaîne Atlasique crée une dissymétrie sur le plan climatique : la façade atlantique exposée aux vents venant du NW est plus arrosée et la façade SE qui est soumise à l'influence du climat saharien (Baali., 1998). Schématiquement, on peut diviser le Moyen Atlas en trois zones climatiques, correspondant chacune à une formation végétale forestière assez bien caractérisée, mais surtout, à des secteurs altitudinaux déterminés (Lefoutre.,1961).

- Zone climatique des moyennes montagnes, humide

Elle se situe entre 1.650 et 1.800 m environ (Lefoutre.,1961). Les paramètres essentiels qui régissent ce climat sont la pluviométrie et la température. En effet, bien que les précipitations que cette zone a connues sont sous forme de pluie, il y'a des zones qui profitent de la neige à une certaine période de l'année (30 jours par an). Cela est dû à l'opposition du relief aux vents dominants d'West (Flower et al., 1992).

- Zone climatique d'altitude froide et humide

Elle se situe au-dessus de 2000 mètres environ, mais des zones plus basses peuvent en faire partie dans le cas de microclimats ou mésoclimats plus froids (Lefoutre.,1961). Contrairement à ce que l'on pourrait penser, cette zone altitudinale n'est pas plus humide, puisqu'en moyenne il y tombe annuellement 800 à 900 mm d'eau (Lefoutre., 1961), les précipitations tombent sous forme de neige et elles sont abondantes dans les secteurs W (Emberger., 1935).

- Zone de transition

Elle se situe entre 1800 à 2000 mètres d'altitude et se caractérise par des données météorologiques intermédiaires à celles des deux premières zones climatiques (Lefoutre.,1961). Les températures minimales sont beaucoup plus basses qu'en zone climatique humide des moyennes montagnes. Les précipitations peuvent s'y manifester soit sous forme neigeuse, soit sous forme de pluie, et les températures y oscillent entre les extrêmes de la zone basse et de la zone d'altitude Lefoutre., 1961).

- Evolution actuelle

Des recherches récentes ont révélé que les trois types principaux de climats régnant le Moyen Atlas ont évolué vers une aridité plus grande au cours des quatre derniers siècles, cette accentuation de l'aridité se manifeste par l'allongement de la saison sèche annuelle (Lefoutre., 1961).

I.4 Couvert végétal

Le couvert végétal correspond en gros à celui des étages bioclimatiques humides et subhumides froids définis par (Emberger., 1979). Cette définition comporte à l'intérieur du

Moyen Atlas des variations assez nettes qui sont calquées sur les types climatiques (Lefoutre., 1961).

- **Végétation de la zone des moyennes montagnes, humides du Moyen Atlas**

Elle est présentée par la forêt de chêne vert à basse altitude de 1200 à 1600m, puis par la futaie mélangée ou mixte de cèdre et de chêne vert, appelée Cédraie basse, jusqu'à 1800m (Lefoutre.,1961). De plus de ces deux espèces arborées, on y trouve quelques boisements de Pins maritimes (*Pinus pinaster mésogensis*) à Tamrabta, de Chênes Zeen (*Quercus faginea*) et quelques reliques de Chêneslièges (Gayral., 1954). Le sous-bois comporte quelques espèces Caractéristiques : *Asphodelus microcarpus* et *Cistus laurifolius* qui préfèrent les sols non calcaires, *Cytisus Battandieri*, *Viburnum Tinus*, *Ilex aquifolium* et *Phillyrea angustifolia*. Dans les landes, on trouve : *Adenocarpus Boudyi* sur les buttes dolomitiques ; *Thymus algeriensis* sur argiles rouges ; *Genista pseudopilosa* sur la couverture basaltique et *Helianthemum croceum* (Lepoutre., 1961).

- **Végétation de la zone d'altitude froide et humide du Moyen Atlas**

Elle correspond aux altitudes supérieures à 2000 mètres, et ses composantes marquent toujours les effets des conditions thermiques froides (Lefoutre et al., 1961). Les espèces arborées caractéristiques sont : le Genévrier thurifère qui constitue parfois l'étage de végétation le plus élevé, le Cèdre qui, n'arrivant plus à se régénérer, y constitue des peuplements séniles souvent clairs et parfois en voie de disparition, le Chêne vert au développement d'autant plus réduit que l'altitude s'élève, L'Erable de Montpellier beaucoup mieux adapté au froid que le Chêne-vert, surtout en versant exposé au Nord La strate herbacée est marquée par : *Helianthemum croceum*, *Bupleurum spinosum* sur sols argileux, *Erinacea pungens* plutôt sur dolomie, *Cytisus Balansae*, *Thymus algeriensis* (Lefoutre et al.,1961).

- **Végétation de la zone de transition**

Face aux mésoclimats particuliers plus froids ou plus chauds, secs ou humides, on assiste à la descente des espèces botaniques caractéristiques de la cédraie d'altitude. C'est ainsi que les cuvettes, dépressions ou versants nord pourront avoir une végétation de type altitudinal (Lefoutre et al., 1961).

I.5 Géographie humaine

Le Causse moyen atlasique est le domaine de grandes confédérations berbères dont les territoires s'étendent sur la montagne et les piedmonts (Lefoutre et al., 1961) ; Les principaux types de populations sont : Sanhaja, Bén Ouarain et Zénète. Les Sanhaja et les Zénètes sont d'origine Gétules. En outre, l'élevage l'agriculture et la transhumance, le tissage des tapis constituent les principaux leviers économiques et sociaux de cette région. Les tapis produits portent les noms de leurs tribus et confédérations de tribus respectives.

I.6 Hydrographie

Sa situation au cœur du Maroc, dans une zone de pluviométrie très élevée, confère au Moyen Atlas le caractère de « château d'eau », tant du point de vue hydrogéologique qu'au point de vue hydrographique.

Cette masse de hautes terres appartient à quatre grands bassins hydrographiques, les trois premiers se jetant dans l'océan l'Atlantique :

- Le bassin de Sebou : d'une superficie d'environ 40 000 km²
- Le bassin de l'Oum Errabiaa : s'étend sur une superficie de 35 000 km²

- Le bassin de Bouregreg : couvre une superficie de l'ordre de 10 000 km²
- Le bassin de la Moulouya : prend ses sources à Almssid à la jonction du Moyen et le Haut Atlas s'étend sur 74 000 km² et se jette dans la Méditerranée.

Les apports sont donc assez abondants et les débits sont relativement réguliers. L'équipement en barrages collinaires en cascade de cette région a pour but de protéger l'aval, d'améliorer les attraits touristiques de la région et de créer des réserves d'eau favorisant le développement de l'arboriculture qui ne cesse de se développer grâce à divers programmes internationaux comme celui de l'Oued Sebou.

II. Bassin du Saïs : Cadre général d'étude

II.1 Contexte géomorphologique

Le bassin de Saïs (figure2), appelé aussi le bassin de Meknès-Fès est d'environ 100 km de long et sa superficie avoisine 2200 Km², Il occupe une bonne partie du bassin versant du Sebou. Au nord, il est limité par le domaine rifain, au sud il y a le causse moyen atlasique. à l'ouest on trouve oued el kell et à l'Est, il se cofonde avec les vallées d'oued Sebou. Ce bassin se rétrécit nettement en allant vers l'E pour se fermer au niveau de Taza. (Cirac., 1985) a fait intervenir une structure tectonique : la flexure E-W d'Aïn Taoujdate qui dénivelle nettement, dans le bassin de Saïs, deux paliers : à l'Ouest, le plateau de Meknès dominant à l'Est la plaine de Fès.

II.1.1 Plateau de Meknès

Le plateau de Meknès est soulevé par rapport à la plaine de Saïs, il présente des altitudes de l'ordre de 1000m dans sa partie méridionale. Au niveau de cette région, on assiste à une diminution d'altitude qui s'opère du Sud vers le Nord, suivant une pente avoisinante 1.5 %. Au Nord du plateau, la topographie se redresse brutalement au niveau du Jbel Zerhoun et du Jbel Kefs. La différence de pente entre le Nord et le Sud influence la morphologie des cours d'eau et la vitesse de circulation des eaux. Ainsi, au Sud et à partir des Causses d'Agouraï et d'El Hajeb, les vallées sont peu profondes et l'écoulement est superficiel et lent. Au Nord, les cours d'eau érodent et entaillent profondément les terrains du plateau (Amraoui., 2005).

II.1.2 Plaine de Fès

Tout comme le plateau de Meknès, la plaine du Saïs (compartiment affaissé), présente des altitudes plus élevées au sud (700m) au départ du causse moyen atlasique avec des pentes descendantes plus fortes qui s'estompent progressivement pour amener la plaine à une altitude de l'ordre de 400m avant qu'elle se redresse de manière assez raide au contact des rides pré rifaines. La plaine de Saïs se redresse brutalement au contact des rides pré-rifaines (Jbel Zalagh). Dans la plaine de Fès, la pente des cours d'eau est nettement plus faible que sur le plateau de Meknès. De ce fait, ils sont peu encaissés et par endroit stagnants, engendrant des zones mal drainées marécageuses : c'est le cas de l'étang de Douyet situé à l'Ouest de la ville de Fès.

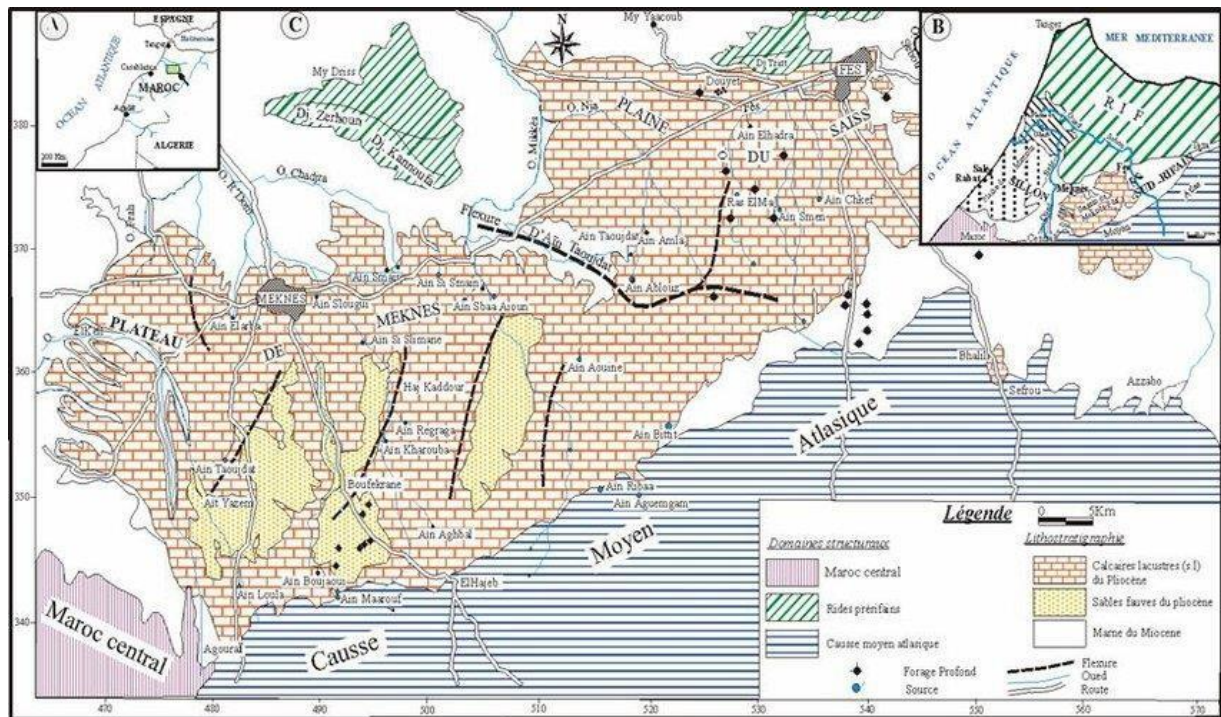


Figure 2 : Carte morphologique de la plaine de saïs

II.2 Contexte pédologique

De nombreuses études pédologiques (Taltasse, 1953) effectuées dans le bassin en question ont permis de déceler les différents types de sols régnant cette région et d'établir l'inventaire à l'échelle régionale (échelle de reconnaissance). Cette différenciation de la typologie pédologique a été faite en se basant sur des grands ensembles lithologiques. En effet, chaque unité de sol inventoriée est une portion du paysage caractérisée par un profil moyen, un type de matériau originel et un type de couverture pédologique associé (Raghi., 1992). D'ailleurs, les études faites sur le sol du bassin en question ont révélé l'existence de quatre principales classes de sols selon (C.P.C.S., 1967) à savoir :

- ❖ La classe III des sols calcimagnésiques.
- ❖ La classe IV des sols « isohumiques ».
- ❖ La classe V des vertisols.
- ❖ La classe VIII des sols à sesquioxydes de fer et/ou de manganèse.

Selon les travaux de et de la (C.P.C.S.,1967), le bassin de saïs, dont l'ossature est constituée par des calcaires lacustres durs et/ou tendres, est recouvert essentiellement par des sols dont le chimisme est dominé par la présence en plus ou moins d'une grande quantité d'alcaline-terreux (calcium et magnésium).

Les nombreux travaux cartographiques montrent aussi des sols dont l'extension est limitée aux positions basses dans le paysage : Il s'agit de sols argileux denses, à porosité fine. Ils sont également distingués par leur couleur plus foncée et leur état de surface aussi bien en saison humide qu'en saison sèche. Ces sols, profonds à moyennement profonds, malgré leur texture lourde et souvent un drainage insuffisant en saison humide et un état structural limitant en saison sèche, sont très fertiles et recherchés, et font l'objet d'une intense mise en valeur (Raghi., 1992).

II.3 Contexte hydrologique

Le système aquifère du bassin Fès-Meknès compté parmi les principaux systèmes aquifères du Maroc, est formé par la nappe profonde du Lias et la nappe phréatique du Quaternaire.

II.3.1 Nappe profonde

L'aquifère profond du bassin Fès- Meknès couvre une superficie d'environ 3500 Km², et circule dans les formations carbonatées (dolomies et calcaires) du Lias. Le niveau d'eau se situe en moyenne à une profondeur de 50m par rapport au sol dans la partie captive et il atteint actuellement la pression de 12 bars dans la partie artésienne. La productivité de la nappe est importante et peut dépasser 120 l/s. La baisse approximative moyenne des niveaux de la nappe peut être estimée à environ 2 m/an.

L'alimentation de cette nappe se fait d'une part, par abouchement latéral à partir de la nappe des Causses adjacente au sud et d'autre part, à partir des eaux de pluie et de la fonte des neiges que connaissent les affleurements calcaires des causses du Moyen Atlas au sud. Ses eaux circulent du Sud vers le Nord, et se mettent en charge sous une épaisse série de marnes imperméables du Miocène qui sépare les deux nappes. La minéralisation de l'eau est faible et varie de 0.3 à 0.7g/l. La nappe est exploitée par des forages profonds destinés à l'AEP des villes de Meknès, Fès et des centres situés dans la plaine (Ain Taoujtate, Ras El Ma, Sebaa Ayoune et Haj Kaddour) et également pour l'irrigation. La profondeur des ouvrages qui l'exploitent varie de 200m au Sud à 1700m au centre de la plaine.

II.3.2 Nappe phréatique

Cette nappe s'étend sur une superficie totale d'environ 2100 km², et circule dans des sables, grès et conglomérats du Plio-Quaternaire, les marnes sableuses et localement dans des calcaires lacustres karstifiés. L'écoulement général de la nappe se fait du SSE (piémont du causse atlasique) vers le NNE (rides pré-rifaines) dans le plateau de Meknès et du SSW vers le NNE dans la plaine de Fès. La surface de la nappe phréatique se situe généralement entre 10 et plus de 40 m de profondeur. Les historiques piézométriques de la nappe montrent une tendance générale à la baisse, avec une moyenne d'environ 1 m/an. L'alimentation principale de la nappe est assurée par l'infiltration des eaux de pluie, l'abouchement avec la nappe du Lias au niveau de la limite sud du bassin, le retour des eaux d'irrigation issues notamment des sources de la nappe profonde (Lias) et par la drainance ascendante à partir de la nappe profonde du Lias au centre du bassin. La nappe est fortement sollicitée pour l'irrigation (environ 126 Mm³ de prélèvement). Elle participe également à l'alimentation en eau potable du milieu rural.

II.4 Contexte climatique

Le climat du bassin est du type semi-aride à hiver tempéré, défini essentiellement par la combinaison d'une saison sèche correspondant à la période chaude de l'année et d'une saison humide et froide (Boumir., 1990). Selon (Amraoui., 2005), la période humide dans cette région dure du mois d'octobre au mois de mai, alors que la période sèche s'étale du mois de juin au mois de septembre. Le mois de décembre est en général le plus arrosé, alors que les mois de juillet et août sont les plus secs, mais avec des averses orageuses très concentrées et brutales pouvant déclencher un écoulement même dans les vallées sèches. Le mois de mars constitue souvent un maximum secondaire. D'ailleurs, la pluviométrie annuelle est assez importante dans le bassin en question, elle varie entre 455 mm/an à la station de Fès et 550 mm/an à la station de Meknès. Ces précipitations accusent une baisse par rapport à la moyenne calculée antérieurement, notamment depuis les années 1980.

II.5 Population et activités économiques

La population qui peuple le bassin du Saïs est à environ 1.7 millions d'habitants (dont environ 72% en milieu urbain et 28% en milieu rural. Les deux principales villes distinguant ce bassin sont Fès et Meknès. Ces deux villes constituent l'un des principaux leviers économiques et sociaux de cette région en particulier et du Maroc en général. L'activité économique connue dans la région en question est l'agriculture (viticulture, olivier,

arboriculture, céréaliculture et les légumineuses), l'artisanat, le tourisme, l'industrie (textile, matériaux de construction, agro-alimentaires, etc.). Les eaux d'irrigation sont dérivées à partir des sources et des oueds du plateau de Meknès et de la plaine (71% entre 1980 et 1984) et en moindre partie, par pompage dans les nappes superficielle et profonde (29 % entre 1980 et 1984). La superficie totale irriguée varie selon les années entre 12 000 ha et 35 000.

III. Couloir Fès-Taza

III.1 Contexte géographique et géomorphologique

Le couloir de Fès-Taza couvre une superficie approximative de 1560 km² et constitue la partie la plus orientale du couloir sud-rifain. Ce sous bassin hydrogéologique est limité au Nord par la limite d'affleurement des formations marneuses appartenant aux nappes pré-rifaines, à l'Ouest par le bassin lacustre de Meknès-Fès, de l'WSW à l'ENE par la limite des affleurements des calcaires liasiques du Moyen Atlasique. Sur le plan morphologique, le couloir de Fès-Taza est un fossé compris entre deux unités montagneuses : le Rif au Nord et le Moyen Atlas au Sud. Ce fossé se rétrécit progressivement d'Ouest en Est et disparaît vers Oued Amlilun peu à l'Ouest de Taza.

Ce couloir correspond essentiellement à la vallée de l'oued Inaouène, affluent important de l'oued Sebou. Cette vallée présente une dissymétrie très marquée à cause du contraste de la lithologie de ses deux versants : le versant méridional calcaire et dolomitique (Moyen Atlas) étant beaucoup plus abrupt que le versant septentrional (Rif) constitué de collines marneuses.

Les deux villes Fès et Taza situant successivement à l'extrême Ouest et l'extrême Est de ce couloir constituent les principaux centres urbains. D'autres agglomérations, telles Matmata, Tahala et Bir-Tam-Tam jouent essentiellement le rôle de marchés locaux.

III.2 Contexte climatique

Du point de vue climatique, le couloir Fès-Taza est caractérisé par un régime pluviométrique comportant un hiver pluvieux, qui s'étend de novembre à avril, et un été plutôt sec à très sec, allant de juin à septembre. La pluviosité annuelle moyenne varie entre 500 mm à l'ouest (confluence Sebou-Inaouène) et 700 mm à l'est (Taza). Néanmoins les zones montagneuses bordant le bassin sont beaucoup plus arrosées : jusqu'à 1500 mm au sud-est, sur les sommets du djebel Tazzeka, et un peu plus de 1000 mm sur les hauts versants septentrionaux. Toutefois la variabilité interannuelle des précipitations est assez grande, mais avec un nombre total de journées de pluie toujours faible : 60 à 70 jours en moyenne par an (Mouhssine et al., 2015).

Au cours de la période humide, les précipitations se présentent sous forme d'averses espacées et de courte durée. Au début des pluies, c'est surtout leur l'intensité qui mène au ruissellement. L'infiltration de l'eau dans les fissures accroît la teneur en eau des formations marneuses et réduit leur cohésion (Avenard., 1962), les préparant ainsi aux glissements futurs. Les pluies du printemps sont également violentes et arrivent sur un sol plus ou moins saturé, ce qui atténue l'effet de l'infiltration et permet aux ravinements de se développer (Mouhssine et al., 2015).

La période sèche est marquée par des températures élevées qui dépassent toujours 30 °C (Mouhssine et al., 2015). Cette chaleur peut être accentuée par le "Chergui", vent venant du Sahara qui apporte une chaleur desséchante (en moyenne 4 à 6 jours par mois d'été). Cela conduit à une forte évaporation et se traduit sur l'état hydrique des terrains, qui se dessèchent, durcissent et/ou se fendillent. Bien que cette période estivale coïncide avec le minimum pluviométrique, des précipitations orageuses peuvent s'avérer destructrices (mouvement en masse, érosion...).

III.3 Contexte hydrologique

Le réseau hydrographique dans le couloir Fès Taza est constitué principalement par L'oued Sebou qui traverse la partie occidentale du couloir sud-rifain avec une direction SSE. Il prend naissance, sous l'appellation d'oued Gigou, dans le Moyen Atlas à 2030 m d'altitude. A son entrée dans le couloir de Fès-Taza, il est contrôlé par le barrage d'Allal Fassi et intercepte en aval du barrage l'oued Lyhoudi.

L'oued Inaouène, deuxième affluent principal du Sebou après l'Ouergha, coule suivant une direction Est-Ouest le long du couloir sud-rifain. Il est contrôlé au Nord du couloir par le barrage Idriss I avant de rejoindre oued Leben.

L'oued Bouhlou (ou Bousbaa) qui prend naissance dans le Moyen Atlas et traverse la partie orientale du couloir selon une direction N-S. Il est contrôlé par le barrage Bab Louta avant de se jeter dans l'oued Inaouène.

Les débits moyens enregistrés au niveau de ces cours d'eau pour la période 1973-2002 sont reportés dans le tableau 2.

Tableau 2 : Débits moyens des principaux oueds du couloir Fès-Taza (période 1973-2002)

Station	Oued	X	Y	Q _{moy} (m ³ /s)
Allal Fassi	Sebou	566649	370542	12.97
Bab Marzouka	Inaouène	615850	400850	4.30
Ain Louali	Lyhoudi	555650	377000	0.49

III.4 Contexte géologique

Le couloir Fès-Taza appartient au sillon sud-rifain qui s'étend de l'Atlantique à la Méditerranée entre la chaîne rifaine au Nord et les môles hercyniens de la Meseta et du Moyen Atlas au Sud. Le Causse moyen-atlasique au Sud s'enfoncé progressivement au Nord sous les formations miocènes transgressives sur le Paléozoïque et le Jurassique.

Au Tortonien (Miocène supérieur), après les phases tectoniques majeures qui ont déformé la chaîne rifaine mais qui n'ont pas affecté son avant-pays le Moyen Atlas, s'est formé une zone de sédimentation qui est le domaine pré-rifain.

IV. Conclusion

La recherche que nous avons menée, nous a permis de dévoiler l'importance cruciale des zones humides pour le maintien de vie de tous les êtres vivants pullulant cette terre. En effet, la grande variabilité spatiale des conditions climatiques et géologiques des trois régions étudiées (Le Moyen Atlas, la plaine de saïs et le couloir Fès-Taza) favorise la présence d'une richesse étonnante en zones humides y compris : les lacs, les rivières et les sources de montagnes calcaires. Cependant, ces milieux précieux, jouissant d'une valeur historique et patrimoniale considérable sont soumis à des sérieux impacts humains et climatiques entraînant souvent un dysfonctionnement et voir même, dans certains cas, une menace de destruction totale (Dakki et EL Agbani., 1995). L'une des actions les plus urgentes est de dresser des plans de gestion de ces écosystèmes afin de leur assurer une protection très efficace et durable.

Partie II : Matériel et méthodes

I. Introduction

Le choix des stations d'étude des macroinvertébrés a obéi au souci d'être réparties sur l'ensemble de la région Fès-Meknès, d'optimiser la diversité des habitats choisis et des écosystèmes prospectés et d'avoir une grande variabilité des caractéristiques thermiques et hydrologiques susceptibles d'agir sur la distribution géographique des espèces faunistiques.

Après plusieurs sorties d'exploration des sources de la région Fès-Meknès, nous avons choisi dix stations d'études : six sources surgissant au niveau du Moyen Atlas, deux sources appartenant à la plaine de saïs et deux autres sources s'étendant sur le couloir Fès-Taza.

Sur la base des données hydrologiques récoltées saisonnièrement pendant une année pour les stations étudiées, nous avons essayé de caractériser ces dernières d'un point de vue physicochimique, microbiologique et macrobenthique et ce, par la présentation des variations spatio-temporelles des différents paramètres physico-chimiques, de la typologie de l'état limnologique et aussi par la précision de la situation actuelle des sources. Dans cette partie, nous exposerons un portrait géographique, cartographique et climatique des sources suivies d'une description du matériel et les méthodes d'échantillonnage d'analyses utilisés dans cette recherche.

II. Choix et description des sites d'étude

Les stations qui ont fait objet de notre étude ont été représentées dans la figure3 et leur cartographie est explicitée dans le tableau3.



Figure 3 : Situation géographique des stations étudiées

Tableau 3 : Paramètres cartographiques et affiliation administrative des sites d'études

Sources	Province	Commune	Longitude	Latitude	Altitude
Abkhabkh	Boulmane	Imouzar marmoucha	-4,23	34,466	1712
Tadout	Sefrou	Sekoura	-4,11	31,108	1300
Atrous (oued lyhoudi)	Sefrou	Aghalou Aqorar	-4,634	34,782	1063
Louali	Sefrou	Aghalou Aqorar	-4,608	35,776	1061
Aghbal (secteur el hajeb)	El Hajeb	Iquaddar	-5,047	33,158	1194
Atrous (secteur ribaa)	El hajeb	Leksir	-3,124	29,396	1048
Ghara	El hajeb	Leksir	-3,124	29,396	1048
Ras el ma	Ifrane	Ait Faska	-5,897	34,198	1198
Aghbal (secteur d'azrou)	Ifrane	Tigrigra	-5,056	35, 149	1200
Sidi mimoun	Ifrane	Dayet Aoua	-4,789	29,398	1461

II.1 Stations étudiées

Les stations étudiées font partie du réseau hydrographique de la région Fès-Meknès, l'une des douze nouvelles régions du Maroc instituées par le découpage territorial de 2015. Elle comprend deux préfectures (Fès et Meknès) et sept provinces (Séfrou, Boulemane, Moulay Yacoub, Ifrane, El hajeb, Taza et Taounate). Elle s'étend sur une superficie de 40.075 Km², représentant 5,7% de la superficie du Royaume. Elle est limitée au Nord par la région de Tanger-Tétouan-Al Hoceima, à l'Ouest par la région Rabat-Salé-Kenitra, au Sud-Ouest par la région de Béni Mellal-Khénifra, à l'Est par la région de l'Oriental et au Sud par la région de Drâa-Tafilalet.

Le relief de la région est constitué essentiellement des collines au pied du Rif dont l'altitude varie de 400m et 500m, des montagnes du MA avec un point culminant de 2796m à Tichoukt, des hautes collines du Missouri (700m à 1200m) et des plaines de Saïs (400m à 700m d'altitude).

La diversité des formes de relief de la région correspond à des étages bioclimatiques différents. Ainsi, la région est caractérisée par un climat continental dans sa partie nord (hiver froid et sec et été chaud), la moyenne des précipitations y est de 450 mm ; humide et froid dans les zones montagneuses du centre et la moyenne des précipitations dépasse les 600 mm, et semi désertique dans les hauts plateaux de la province de Boulemane, au sud où la moyenne des précipitations n'excède pas 250 mm

➤ Source Abkhabkh (Abkh)

La source Abkhabkh surgit du Moyen Atlas plissé. Malgré son altitude élevée (1712m) et son exposition au vent, cette source est peu arrosée, car elle est en fait, partiellement à l'abri de la chaîne de Tichoukt (2400m à 2700m) qui bloque une grande partie des masses d'air humide qui ont traversé les reliefs dominants d'Azrou et d'Ifrane (Peyré., 1976). Les eaux de cette émergence sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des agglomérations avoisinantes et

d'irrigation d'une superficie de plus de 653 ha. La présence énorme des habitants des agglomérations locales, de bétail, les pompages, les dérivations et les mesures de captage au niveau de la source, sont des risques qui menacent la qualité de ses eaux en compromettant ses divers usages et réduisent ainsi les chances d'un avancement socioéconomique de la région. Indépendamment déjà de tout changement climatique.

➤ **Source Tadout (T)**

La source Tadout est la plus grande source de la région de Skoura. Cette résurgence surgit sur la partie est du djebel Tichoukt, à 3 km de Skoura. Elle fait partie de l'unité hydrogéologique du moyen atlas plissé qui est caractérisé par l'affleurement des calcaires et des dolomies du Jurassique permettant un emmagasinement des eaux souterraines, d'où jaillissent les émergences de Tadout (ABHS., 2011). Cet écosystème aquatique est formé d'une source principale aménagée en abreuvoir, presque entièrement canalisée pour l'irrigation, et d'une source secondaire restée naturelle dont nos prospections ont été effectuées. Celle-ci débite environ 200 l/s. Outre leur rôle important comme source d'alimentation en eau potable des douars avoisinants et d'irrigation, cette émergence constitue un refuge idéal pour les amateurs de la pêche et de la natation.

➤ **Source Louali (L)**

La source Louali est située à 19km environ au Nord-est de la ville de Séfrou. Elle jaillit au niveau du panneau de Séfrou qui fait partie du Couloir Fès-Taza. Le débit moyen enregistré au niveau de cette émergence est de 311 l/s. Les eaux de cette source sont utilisées pour l'alimentation en eau potable du douar Ain Louali.

➤ **Source Atrous (Oued lyhoudi) (Atr (OL))**

La source Atr(ol) est située à 22km environ au Sud Est de la ville de Fès. Elle jaillit au niveau du panneau nord de Séfrou qui fait partie de l'unité hydrogéologique du Couloir Fès-Taza. Le débit moyen enregistré au niveau de cette station est de 350 l/s. L'eau de cette source est utilisée pour l'alimentation en eau potable des douars avoisinants.

➤ **Source Aghbal (Secteur el hajeb) (Ag(H))**

La source Aghbal est située à 4 km au nord de la ville d'el hajeb. Elle fait partie de l'unité hydrogéologique du causse moyen atlasique. Son aquifère est formé de calcaires, marno-calcaires et dolomies du Lias. L'eau de la source est utilisée pour l'alimentation en eau potable des douars avoisinants ainsi que pour l'irrigation. Le débit moyen est de 220l/s.

➤ **Source Atrous (Secteur ribaa) (Atr®)**

Cette source est située à près de 18km au nord-est de la ville d'El Hajeb. Elle fait partie de l'unité hydrogéologique de Fès-Meknès. Les formations aquifères sont des calcaires lacustres, alluvions et grès. Le débit moyen de cet écosystème est de 300 l/s. L'eau de la source est utilisée pour l'alimentation en eau potable des douars avoisinants ainsi que pour l'irrigation.

➤ **Source Ghara (Gh)**

La source Gh est située à 22km au Sud-Ouest de la ville de Fès. Elle fait partie de l'unité hydrogéologique de Fès-Meknès. Le débit moyen de cette station est de 278 l/s. Les eaux de cette émergence sont utilisées pour l'alimentation en eau potable des agglomérations avoisinantes et de l'irrigation.

➤ **Source Aghbal (Secteur d'Azrou) (Ag (Az))**

La source Ag (Az) est située à 3 km à l'Ouest de la ville d'Azrou. Elle émerge des basaltes quaternaires du bassin de Tigrida qui fait partie du Moyen Atlas tabulaire. Le débit moyen de la source est de 370 l/s. Les eaux de cette résurgence sont utilisées pour l'alimentation en eau potable, l'irrigation et la pisciculture.

➤ **Source Ras el ma (RM)**

La station RM est située à environ 10km au Nord-est de la ville d'Azrou. Elle émerge des calcaires du Lias du causse moyen atlasique. Le débit moyen de la source est de 67 l/s. Cet écosystème est d'une grande valeur patrimoniale du fait de son utilisation pour l'irrigation et l'alimentation en eau potable. La source et son environnement offrent à la région une opportunité multiple de valorisation : proximité des circuits des sources et des lacs, parc d'Ifrane, écotourisme, tourisme sportif, tourisme culturel, cédraies, etc.

➤ **Source Sidi mimoun (SM)**

La source SM est située à une cinquantaine de kilomètres au Sud de la ville de Fès. Elle sourde des dolomies du Lias inférieur et émerge au niveau de la flexure de Sidi Mimoun. Cette station fait partie de l'unité hydrobiologique du Causse moyen Atlasique. Le débit moyen de la source est de près 200 l/s. L'eau de la source est utilisée pour l'alimentation en eau potable des douars avoisinants et l'irrigation des terrains agricoles qui se situent aux alentours de cet écosystème aquatique.

III. Description des sites d'étude

III.1 Etude bioclimatique des stations étudiées

Les facteurs climatiques sont des facteurs écologiques liés aux circonstances atmosphériques et météorologiques dans une région donnée. Toute démarche visant à caractériser le climat requiert la prise en compte d'un volume important de données des paramètres importants qui ne sont autres que les précipitations et la température.

Les données climatiques que nous avons pu collecter dans cette étude s'intéressent exclusivement aux précipitations. Pour les stations Abkhbakh et Tadout, les informations ont été obtenues auprès du Haut-commissariat des eaux et forêts et de la lutte contre la désertification, de la délégation d'Immouzer Marmoucha. Tandis que pour les autres sources, les données ont été recueillies auprès de la préfecture du bassin hydraulique de Sebou de Fès. Les valeurs de ces paramètres couvrent une période de 9 ans allant de l'année 2009 à l'année 2018, Ces valeurs sont assez représentatives et homogènes.

III.1.1 Définition des précipitations

Sont dénommées précipitations, toutes les eaux météoriques qui tombent sur la surface de la terre, tant sous forme liquide (brume, pluie, averse) que sous forme solide (neige, grésil, grêle) et les précipitations déposées ou occultes (rosée, gelée blanche, givre, ...).

a) Précipitations annuelles

Les précipitations sont définies comme tout type d'eau qui tombe des nuages que ce soit sous forme liquide ou solide, la hauteur moyenne des précipitations est la moyenne à long terme (dans l'espace et dans le temps) des précipitations annuelles d'une région donnée. La répartition des espèces animales et végétales est conditionnée par le volume annuel des précipitations. Influencé par le climat méditerranéen, les régions faisant objet de notre étude se caractérisent par une distribution inégale des précipitations au cours du cycle annuel et une irrégularité du régime pluviométrique, avec une succession d'années sèches et d'années pluvieuses (figure 4).

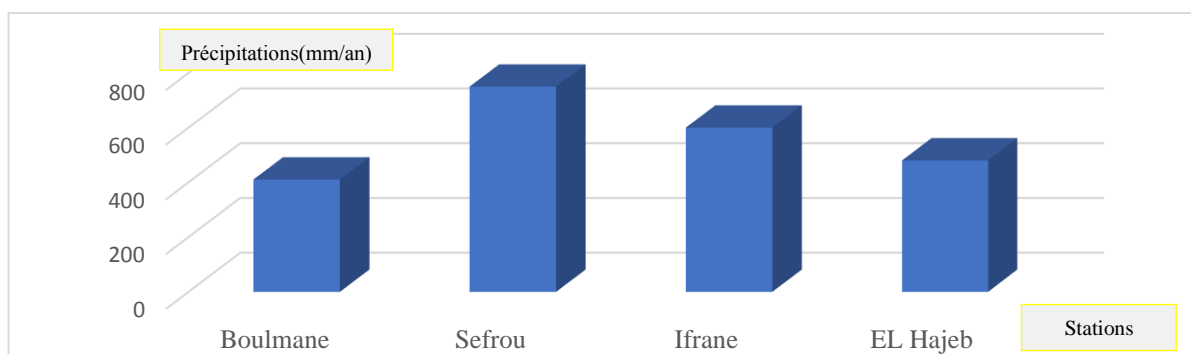


Figure 4 : Régime pluviométrique annuel moyen des quatre provinces étudiées (2009-2018)

La figure 4 montre que l'éventail des précipitations annuelles moyennes est large. Il oscille d'une moyenne de 410 mm à Boulmane représentée par la source Abkh à environ 790 à la province de Séfrou à qui appartiennent les sources Atr (OL), L et Td. Les quatre zones connaissent des chutes de neige pendant l'hiver, mais nous ne possédons aucun renseignement sur la durée d'enneigement. Elle est variable selon les années, et tend à diminuer au cours de ces dernières décennies.

b) Régime pluviométrique mensuel moyen des stations d'étude

Les facteurs déterminants de la variation spatiale de la pluviométrie sont la latitude et l'altitude (Totin et al., 2009). Ainsi, les précipitations enregistrées au cours de ces 9 dernières années, varie d'une station à l'autre (figures :5,6, 7 et 8).

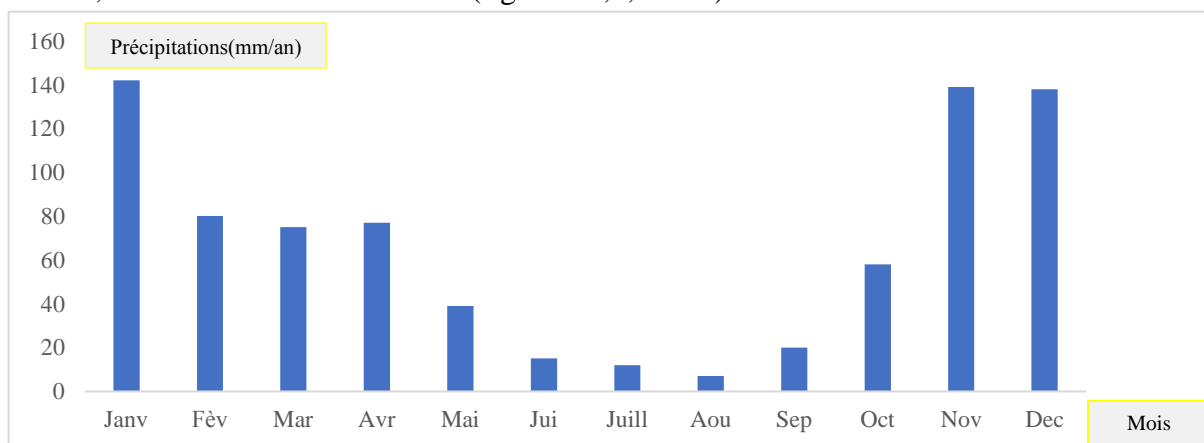


Figure5 : Précipitations moyennes mensuelles dans la station Séfrou au niveau sources Td, Atr(ol) et L (2009- 2018).

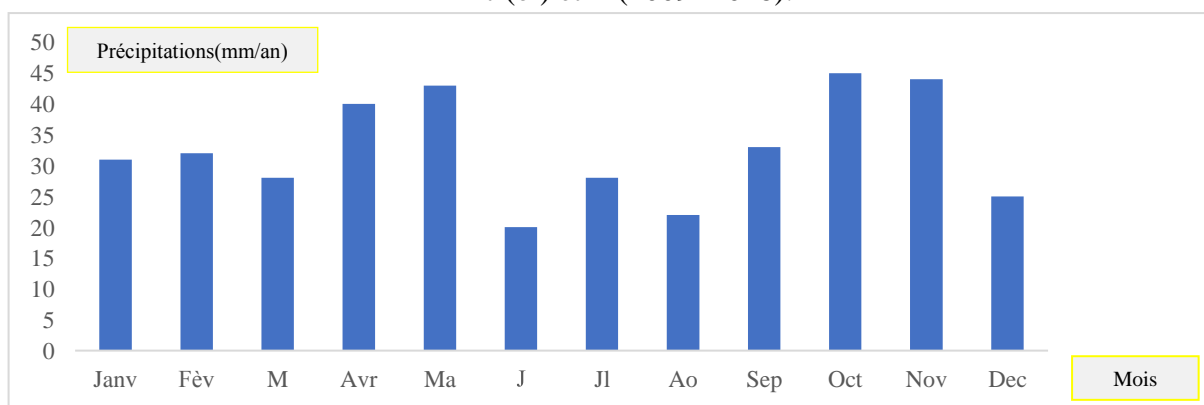


Figure6 : Précipitations moyennes mensuelles dans la station Ifrane au niveau des station : Ag, SM et RM (2009-2018)

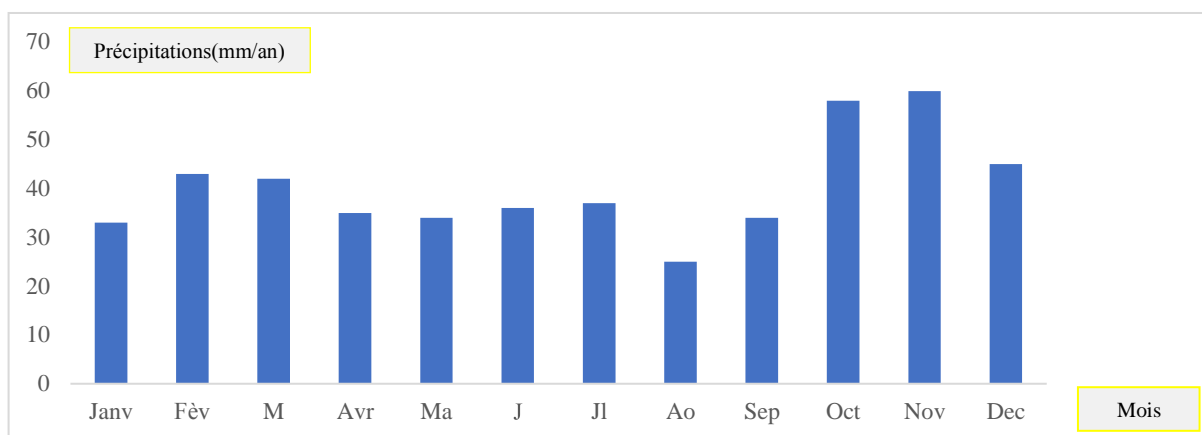


Figure7 : Précipitations moyennes mensuelles dans la station El Hajeb au niveau des sources : Ag(el hajeb), Gh et Atr(riboo)(2009-2018)

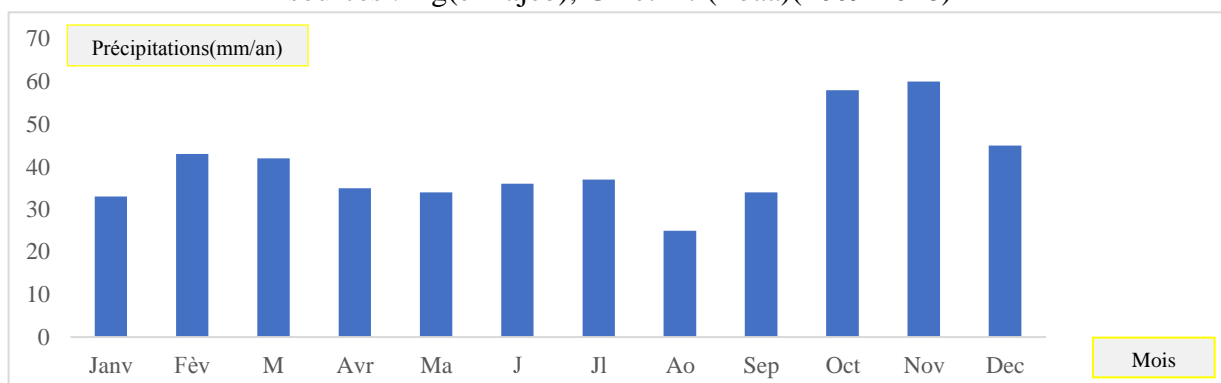


Figure8 : Précipitations moyennes mensuelles dans la station Boulmane : source Abkh(2009-2018)

L'analyse de la variation des mesures des distributions pluviométriques aussi bien spatiales que temporelles des stations d'études a permis de dégager un effet saillant de saisonnalité dans la station de Séfrou avec des minimas durant la saison estivale (Juin- Aout) et des maximas marquant la saison humide pendant les mois de Novembre, Décembre et Janvier, avec une moyenne pluviométrique annuelle de 750 mm Séfrou est globalement plus arrosée que les stations (El hajeb, Ifrane et Boulmane) qui reçoivent moins de précipitations. Il s'agit de la zone intra-moyen atlasique, plus protégée des perturbations pluvieuses que le reste du massif du fait de sa position géographique, l'étude des séries pluviométriques de ces dix sources relève une certaine similarité dans les moyennes annuelles des précipitations avec une certaine continuité des précipitations éclipsant un peu l'effet saison expliqué par le climat régnant le Moyen Atlas, le couloir Fès-Taza et la plaine de saïs, caractérisé par des orages pluvieux tout au long de l'année.

c) Régime pluviométrique saisonnier

Afin d'analyser le régime pluviométrique saisonnier, les précipitations mensuelles ont été fusionnées en quatre valeurs saisonnières, chaque saison est spécifiée par trois mois consécutifs. La détermination du coefficient d'Angot (C.A) permettant un aménagement des saisons par ordre décroissant de pluviosité, ce qui permet de définir un indicatif saisonnier de chaque station (Aboura et al., 2006). Celui-ci est calculé comme suit :

$$C.A = (PS / PA) \times K$$

Avec :

- K (hiver)= 1000/247
- K (printemps et été) =1000/252
- K (Automne) = 1000 /249

- PS= Pluviométrie saisonnière,
- PA= pluviométrie annuelle.

Tableau 4 : Régime pluviométrique des 4 stations d'étude

Stations	Précipitations annuelles (mm)	Précipitations saisonnières				Coefficient d'Angot (C.A)				Indicatif Saisonnier
		Hiver (H)	Print (P)	Eté (E)	Automne (A)	H	P	E	A	
Sefrou	750,7	326,2	176	22	226,1	1,75	0,93	0,11	1,2	HAPE
Boulma Ne	486,12	156,13	139,62	35	108,3	1,38	1,29	0,32	1,01	HAPE
El Hajeb	417,5	87,5	115,2	75	133,5	0,87	1,01	0,72	1,3	APHE
Ifrane	4933	149,3	104,5	82	158,9	1,08	0,87	0,69	1,4	AHPE

La spatialisation des valeurs permet de déterminer différentes zones caractérisées par un régime saisonnier bien typé. Les deux stations Séfrou et Boulmane sont caractérisées par un régime où l'hiver est la saison la plus pluvieuse (HAPE) [Hiver, Automne, Printemps, Été]. Ce régime identifie essentiellement le climat méditerranéen. Tandis que dans les stations El Hajeb et Ifrane, l'Automne est la saison la plus arrosée.

III.2 Critères de choix des sites d'études

L'habitat correspond au lieu regroupant l'ensemble des conditions environnementales dans lequel une espèce, une population ou une communauté peut survivre et se maintenir à l'état spontané. L'habitat des macroinvertébrés benthiques, comme celui de tout autre organisme vivant possède des composantes biologiques (ex. : végétation), physiques (ex. : substrat, écoulement) et chimiques (ex. : pH, azote). La diversité biologique des sources est étroitement liée à la qualité de l'habitat.

III.2.1 Couvert végétal

Des herbiers ont été récoltés en même temps que la macrofaune (tableau 5). Les fragments végétaux ont été séparés des organismes de la macrofaune lors du tri et identifiés par Madame Bari Amina, professeur à la faculté des sciences dhar el mhraz.

Tableau 5 : Nature du couvert végétal tapissant les lits des stations d'études

Stations	Couvert végétal dominant
Louali	Roseau, nénuphar cornifle
Atrous (Oued lyhoudi)	Algues, ptéridophytes
Abkhabk	Ptéridophytes : (Fougères) Les Spermaphytes
Sidi mimoun	Cryptogammes
Aghbal (secteur el hajeb)	Algues filamenteuses, bryophytes,
Ras el ma	Phanérogammes
Aghbal (secteur d'azrou)	Algues filamenteuses, bryophytes,

Ghara	Algues, ptéridophytes
Atrous (Secteur ribaa)	Algues, ptéridophytes, bryophytes,phanérogammes
Tadout	Phanérogammes, ptéridophytes

III.2.2 Vitesse du courant

La vitesse du courant dépend du débit et de la structure du lit (profondeur, largeur ; substrat), elle est évaluée selon la taille des particules déplacées (échelle de Berg). Son estimation est faite à l'aide de la technique du flotteur (tableau 6).

Tableau 6 : Estimation de la vitesse du courant selon l'échelle de berg

Type du courant	Vitesse en cm/s
Très lent	<10
Lent	10<courant<25
Moyen	25<courant<50
Rapide	50<courant<100
Très rapide	Supérieur à 100

Les caractéristiques hydrodynamiques des dix stations d'études sont décrites dans le tableau 7.

Tableau 7 : Vitesse du courant des sites d'étude

Station d'étude	Vitesse du courant (cm/s)	Type d'écoulement
Atrous (secteur ribaa)	111	Très rapide
Aghbal (secteur d'azrou)	26	Moyen
Ras el ma	28	Moyen
Sidi mimoun	48	Moyen
Abkhbakh	76.3	Rapide
Aghbal (secteur d'el hajeb)	80	Rapide
Atrous (Oued lyhoudi)	70	Rapide
Louali	78	Rapide
Ghara	85	Rapide
Tadout	79	Rapide

III.2.3 Transparence de l'eau

Bien que cette information soit subjective, elle peut aider à comparer des stations entre elles, particulièrement si aucune analyse d'eau n'est effectuée. Notons que l'évaluation peut être biaisée par la profondeur de l'eau, une eau peu profonde semble plus transparente. Les précipitations influencent également cette évaluation.

- Élevée : Eau cristalline, aucune matière en suspension visible ; le fond de l'eau est clairement visible.

- Moyenne : Eau trouble.

- Faible : Eau très trouble, le fond de l'eau est peu ou pas visible

Les données liées à la transparence de l'eau des dix stations étudiées sont décrites dans le tableau 8.

Tableau 8 : Degré de transparence de l'eau des sites étudiés

Stations d'étude	Transparence de l'eau
Atrous (secteur ribaa)	Élevée
Aghbal (secteur d'el hajeb)	Élevée
Tadout	Élevée
Ghara	Élevée
Louali	Élevée
Atrous (Oued lyhoudi)	Faible lors des crues
Abkhabkh	Faible lors des crues
Sidi mimoun	Moyenne
Ras el ma	Moyenne
Aghbal (secteur d'Azrou)	Moyenne

III.2.4 Type de substrat

La répartition des particules constituant le lit du cours d'eau est contrôlée par l'écoulement, qui produit ainsi une mosaïque de substrats très diversifiée. On distingue fondamentalement les substrats fins, des substrats grossiers plus rigides, des galets et des graviers.

La composition granulométrique des dix sources faisant objet de la présente étude a été déterminée par une estimation visuelle (tableau9).

Tableau 9 : Composition granulométrique des lits des stations étudiées

Sources	Composition granulométrique des lits
Tadout	Substrats rocheux et sableux
Abkhabk	Substrat sableux à vaseux
Aghbal(el hajeb)	Substrats sableux et rocheux
Atrous(riboo)	Substrat rocheux
Ghara	Substrats rocheux et sableux
Sidi mimoun	Substrats sableux à vaseux
Aghbal(azrou)	Substrats rocheux et sableux
Ras el ma	Substrat formé des galets, des graviers et du sable
Louali	Substrats rocheux et sableux
Atrous (oued lyhoudi)	Substrat rocheux et sableux

IV. Etude de la qualité physicochimique de l'eau

Les évaluations physicochimiques restent le seul moyen d'identifier la nature exacte des polluants et les teneurs qu'ils peuvent atteindre, notamment les teneurs maximales importantes pour leur effet direct, plus particulièrement, sur la faune. Pour les dix stations faisant objet de notre étude, nous avons réalisé 8 campagnes de mesures à une fréquence saisonnière ; à chaque saison, deux prélèvements ont été effectués couvrant l'année 2015-2016 et ce dans le but de mieux appréhender le fonctionnement de celles-ci face aux pressions anthropiques et aux aléas climatiques.

Cette investigation a été réalisée selon deux dimensions :

- Une dimension temporelle : afin de relever les différentes variations enregistrées, déterminer leurs origines et soulever l'impact « saison » sur les eaux du crénal supposées avoir des caractéristiques physicochimiques stables ou très peu variables, étant donné leur ascendance souterraine.

- Une dimension spatiale : dans une perspective d'analyse des corrélations interspatiales entre les dix stations d'études compte tenu de leurs disparités géologiques, géographiques, climatiques et conséquemment tout le cortège des paramètres biotiques et abiotiques qui en découlent.

IV.1 Échantillonnage

Sur une distance de plus de 300 km à vol d'oiseau, un relevé saisonnier des eaux des dix sources prospectées au cours de notre étude est effectué durant l'an 2015-2016 tous les deux mois, soit un total de 8 campagnes d'échantillonnage effectuées entre Octobre 2015 et Out 2016.

IV.2 Méthodes d'analyses

Au cours de notre étude, 11 variables ont fait l'objet des analyses physicochimiques. Les échantillons d'eau ont été prélevés, selon les recommandations des normes marocaines dans des bouteilles en plastique propres, préalablement rincées avec l'eau distillée et l'eau de la station d'étude à partir de la résurgence principale. Ils ont été ensuite conservés à 4°C pendant le transport au laboratoire, puis ont été analysés dans les 24 heures qui suivent. Les méthodes d'analyses sont celles préconisées par (NM., 2007) et (Rodier et al., 2009) (tableau 10).

Les mesures de la température, le pH, et la conductivité électrique ont été réalisées sur le terrain à l'aide d'un analyseur multi-paramètres pH/conductivité / température CyberScan PC10 du coup que le reste des évaluations ont été réalisées par dosage volumétrique ou dosages spectroscopique, selon les méthodes d'analyse proposées par Rodier (2009), dans le Laboratoire d'Ecologie Fonctionnelle et Environnement de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès.

Tableau 10 : Méthode d'analyse des composantes physicochimiques selon (Rodier., 2009)

Paramètres	Unité	Matériel de mesure et méthode d'analyse
Température	° C	Analyseur multi paramètres Cyber Scan
Conductivité	µs/cm	Analyseur multi paramètres Cyber Scan
PH		Analyseur multi paramètres Cyber Scan
O2 dissous	mg/l	Méthode de winkler
Dureté totale	mg/l	Complexométrie EDTA noir d'eriochrome
Dureté calcique	mg/l	Complexométrie EDTA calcone
Dureté magnésienne	mg/l	Différence entre dureté totale et calcique
Alcalinité	meq/l	Dosage volumétrique, acide sulfurique méthyle orange
Matière organique	mg/l	Oxydabilité de permanganate de potassium à chaud
Chlorure	mg/l	Dosage volumétrique, nitrate d'argent, bichromate de potassium
Les sulfates	mg/l	Spectrométrie d'absorption à 650 nm
Les orthophosphates	mg/l	Spectrométrie d'absorption à 750 nm

V. Analyse microbiologique des eaux des sources étudiées

Dans le but d'une évaluation bactériologique des eaux des sources étudiées, des prélèvements d'échantillons d'eau ont été réalisés in situ dans des flacons stériles. Les filtrations et ensemencement sont été réalisés la même journée dans le laboratoire de Biotechnologie Microbienne de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès. Les méthodes utilisées, lors de ce suivi, sont celles des normes marocaines d'eau potable (NM., 2007).

V.1. Dénombrement des germes témoignant d'une pollution fécale

V.1.1 Dénombrement des micro-organismes revivifiables :

La recherche des micro-organismes non pathogènes dits « revivifiables » permet de dénombrer les bactéries se développant dans des conditions habituelles de culture et représentant la teneur moyenne en bactéries d'une ressource naturelle. Ces germes n'ont pas d'effets directs sur la santé, mais sont des indicateurs qui révèlent la présence possible d'une contamination bactériologique. La méthode de référence pour l'analyse consiste à un dénombrement du nombre des germes pour un millilitre d'eau :

- Germes totaux spécifiques de l'eau se développant à 20°C en effectuant un comptage des colonies obtenues après incubation à cette température pendant 48 heures.

-Germes totaux issus des mammifères se développant à 37°C en exerçant un comptage des colonies obtenues après incubation à cette température durant 44 heures.

V.1.1.1 Coliformes totaux

Correspondent à des bacilles Gram négatif, non sporulés, oxydase négatif, aérobie et anaérobie facultatifs, capables de se multiplier, en présence de sels biliaires et de fermenter le lactose, avec la production d'acide et de gaz, en 48h à une température de 35- 37°C.

Ils se répartissent en fait en deux catégories :

-Germes d'origine fécale stricte dont *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*.

-Germes provenant d'autres sources environnementales (aquatique et tellurique) : *Enterobacter intermedium* et *Amnigenus, klebsiella terrigena*.

V.1.1.2 Coliformes fécaux ou thermotolérants

Ces microorganismes présentent les mêmes propriétés. Cependant, ils ne se développent qu'à une température de 44°C dont l'origine fécale est plus nette.

-*Escherichia coli* : correspond à des coliformes thermotolérants qui produisent de l'indole à partir du tryptophane à 44°C. La présence de ces coliformes dans l'eau constitue un bon test de contamination des eaux par les matières fécales. Cet indicateur est le plus spécifique d'une contamination fécale.

V.1.1.3 Streptocoques fécaux (Entérocoques intestinaux)

Il s'agit des bactéries Gram positif, sphériques ou ovoïdes, formant des chainettes, non sporulées, catalase négative, possédant l'antigène D, cultivant en anaérobiose à 44°C et à pH de 9,6. Ils se répartissent en deux genres *Streptococcus* et *Enterococcus*.

V.2 Milieux de culture et méthodes de prélèvement

Les différents milieux de culture préconisés pour l'analyse bactériologique de l'eau sont explicités dans l'annexe 1 Après incubation, les Unités Formant Colonies (UFC) ont été dénombrées macroscopiquement dans chaque boîte de pétri, la méthode de dénombrement ainsi que la composition des différents milieux de culture sont résumées successivement dans les annexes 1et 2 du document.

VI. Etude du peuplement de la macrofaune benthique

Dans le but d'apporter un complément d'information aux données physicochimiques classiques et de compléter les diagnostics sur les qualités physicochimiques et microbiologiques de l'eau, l'introduction de la démarche biologique pour l'évaluation de la qualité des cours d'eau présente un certain nombre d'avantages et de complémentarités par rapport à l'analyse physicochimique. Si cette dernière consiste à identifier la nature des substances polluantes et à mesurer les teneurs, l'analyse biologique permet d'évaluer les impacts de ces substances sur les communautés animales et végétales des écosystèmes aquatiques.

Dans cette étude, on s'est basé sur les macroinvertébrés pour décrire l'état biologique des eaux des dix sources et déceler les facteurs environnants qui régissent leur structure, abondance et distribution et ce dans le cadre d'un développement durable.

VI.1 Echantillonnage de la macrofaune benthique

L'objectif de notre travail consistait tout à la fois à décrire les communautés benthiques des sources du Moyen Atlas, de la plaine de saïs et du couloir Fès-Taza ainsi que leur réponse à des perturbations anthropiques. Ceci nous a amené à définir un plan, et des méthodes d'échantillonnages cohérentes et concordantes, permettant la comparaison des données dans l'espace et dans le temps. La présente méthode fournit donc une procédure uniformisée pour le prélèvement et le traitement des échantillons de la macrofaune benthique. Excepté quelques modifications dans la technique de prélèvement et ses implications sur le protocole d'échantillonnage, la méthode comprend un protocole d'échantillonnage et un outil de prélèvement standardisés.

Le prélèvement est une étape primordiale, puisque toutes les étapes qui suivent et qui mènent finalement à une conclusion sur l'évaluation et la détermination de connaissances reposent sur la fiabilité et la représentativité des échantillons recueillis. L'échantillonnage est réalisé de façon uniforme pour tous les sites et conformément au protocole standard.

- Procédure d'échantillonnage des macroinvertébrés

➤ Sélection des habitats

Les stations d'échantillonnage sont des sources. Comme norme générale, la section à évaluer a une longueur approximative de 100m.

Avant de faire les prélèvements, tous les habitats qui existent dans la section sont identifiés. Ces habitats sont définis en se basant sur différentes combinaisons de profondeur-vitesse de l'eau (rapide, moyenne, lente) et la présence de végétation (Hydrophytes ou Héliophytes). Ils sont résumés ainsi :

- ❖ Substrat dur et courant fort
- ❖ Substrat dur et courant modérément lent
- ❖ Végétation aquatique émergée des marges de la source
- ❖ Macrophytes émergés ou macro-algues
- ❖ Graviers, sable ou boue

Pour avoir un échantillon homogène et fidèlement représentatif, il est important de sélectionner une section de la source qui possède toute ou la majeure partie des types d'habitats indicateurs, qui permettent la reconnaissance de la diversité maximale des spécimens.

➤ Période d'échantillonnage

Les collectes ont été étalées sur l'année 2015-2016 et les peuplements des macroinvertébrés ont été ainsi suivis dans leur évolution saisonnière, dans leurs préférences et leurs exigences vis-à-vis de certains paramètres mésologiques.

En effet, les prélèvements saisonniers nous ont permis d'étudier la variation temporelle de la qualité biologique des eaux des stations étudiées.

Il est à noter que l'échantillonnage des macroinvertébrés n'a jamais été réalisé dans les jours suivant une forte pluie ou des crues pour avoir un échantillon fidèlement représentatif de la faune peuplant les stations étudiées.

➤ **Techniques de prélèvement**

Pour un échantillonnage général des macroinvertébrés benthiques, nous avons utilisé un filet surber à maille de 400µm et à cadre horizontal et vertical en aluminium de 1/20ème de m² (+ ou - 25 x 20cm)(figure9). Cette technique a été utilisée sur des fonds rocheux, sableux, graveleux et vaseux, bien qu'elle soit difficile sur les substrats très organiques. La méthode consiste à placer le filet contre le courant à notre aval de façon que le courant pousse les animaux délogés. On zigzague en marchant sur le fond du cours d'eau, ce genre de prélèvement permet de capter des invertébrés de plusieurs habitats du cours. Il était important que nous soyons prolongés dans des zones directement adjacentes à la rive, parce que cette région peut être l'habitat adéquat de certains macrophytes aquatiques qui supportent une faune particulière.

Il existe aussi des espèces qui se cantonnent dans les bords dénudés soit parmi les pierres ou enfouies dans le substrat que nous n'avons pas pu les capturer par le filet surber. Pour cela, nous avons utilisé une passoire ayant un diamètre de maille égal à 0,05mm pour collecter les spécimens colonisant les bords ; Nous n'avons qu'à remuer le substrat pour que les spécimens flottent à la surface de l'eau, ce qui a rendu facile leur capture. En ce qui concerne les organismes attachés aux pierres, ils ont été détachés au moyen des pinces et conservés dans une fiole ou un bocal.

Le contenu du filet surber ou passoire est périodiquement vidé dans des bassines blanches préalablement remplies d'eau et ce afin d'éviter leur colmatage ainsi que la fuite des organismes. Il est important de signaler que l'échantillonnage des macroinvertébrés est considéré suffisant seulement lorsque les mêmes taxons commencent à apparaître de manière répétée à chaque coup de filet.

VI.2 Préparation des échantillons et conservation

Les parties végétales et les pierres ont été enlevées du bac après avoir contrôlé qu'aucun organisme ne s'y cache car celles-ci sont susceptibles d'endommager la faune lors du transport (Karrouch., 2012 ; Haouchine., 2011). Cependant, les bryophytes n'ont été pas enlevées, vu qu'elles contiennent beaucoup d'organismes que l'on ne peut prélever avec les pinces. Elles sont placées directement dans le récipient de conservation.

Tous les récipients utilisés sont étiquetés immédiatement au moyen des étiquettes normées préalablement préparées et placées directement dans les tubes et les seaux utilisés. On ajoute assez d'agent de conservation au récipient de l'échantillon pour atteindre une concentration finale de 4 à 10 % de formol.



Figure9 : Etapes d'étude hydrobiologique des eaux des différentes stations étudiées.

VI.3 Protocole de laboratoire

➤ **Equipement de laboratoire**

Au laboratoire nous étions munis d'une loupe binoculaire de grossissement suffisant pour le tri et la détermination du matériel, pince, pinceau, boîte de pétri et étiquettes standardisées pour l'archivage du matériel et enfin du matériel entomologique pour la fixation et la conservation des échantillons.

➤ **Techniques de tri**

Le tri des échantillons s'est fait à l'aide de la loupe binoculaire par observation de portions successives, étalées dans une boîte de Pétri en verre. Le matériel d'une portion à trier ne devrait pas recouvrir plus de la moitié du fond de la boîte (moitié de la surface couverte par du matériel à trier). Il consiste à extraire manuellement les organismes du matériel organique et minéral en vue de leur détermination, jusqu'au niveau taxonomique requis par la méthode. Cette extraction se fait à l'aide de brucelles souples afin de ne pas endommager les invertébrés.

➤ **Identification**

Dans notre travail et vue l'ampleur des résultats désirés, nous avons visé les genres et les espèces, comme unités taxonomiques à atteindre, à l'exception de quelques groupes faunistiques pour lesquels le genre a été retenue en raison du caractère incertain de nombreuses caractéristique morphologiques, de l'inégalité des connaissances en taxonomie des différents ordres de stades aquatiques et du temps trop important nécessaire pour une approche plus détaillée.

Pour atteindre le niveau famille, nous nous sommes référés à la clé (Tachet et al., 2006). Mais étant donné la complexité des niveaux taxonomiques visés, l'aide des spécialistes du

domaine s'est avérée nécessaire. Pour les crustacées on s'est référé au Pr. Fadil de la Faculté des sciences et technique de Fès. Pour Les mollusques nous avons eu recours au Pr. Ghamizi, directeur du Museum national de la nature et professeur à la faculté des sciences Cady Ayad de Marrakech. Enfin pour le reste des groupes Taxonomiques, nous avons profité du savoir du Pr. Bennis de la Faculté Abel Malek Essadi de Tétouan.

➤ **Archivage et conservation du matériel identifié**

Les échantillons macro benthiques ont été stockés de manière à garantir leur utilisation jusqu'au terme de notre étude et aussi pour des études postérieures afin de permettre une vérification ultérieure des observations ou une éventuelle analyse taxonomique plus détaillée, nécessitant une détermination plus poussée (figure9).

➤ **Etablissement des listes faunistiques**

Dans un premier temps et en attendant la mise à disposition d'un outil informatique spécifique, les listes faunistiques seront archivées au format Excel, selon le modèle fourni comme protocole de laboratoire.

VI.4 Calcul des métriques

VI.4.1 Indice de diversité spécifique

L'indice le plus utilisé et le Shannon-Weaver, il rend compte de la diversité des espèces qui composent les peuplements dans un milieu et établit le lien entre le nombre d'espèces et le nombre d'individus d'un même écosystème ou d'une même communauté. On le calcule à partir de la formule : $H' = -\sum (n_i / N) \cdot \log_2 (n_i / N)$ Où :

- H' : Diversité spécifique
- N : Nombre total d'individus
- n_i : Effectif de l'espèce i

L'indice de diversité des espèces est élevé, quand la richesse taxonomique est importante et la répartition des individus parmi les taxons est équilibrée.

VI.4.2 Indice d'équitabilité

La connaissance de l'indice de diversité des espèces est utilisée pour déterminer l'équité, l'équité est une deuxième dimension fondamentale de la diversité. Il s'agit du rapport entre la diversité spécifique et la diversité maximale (H_{max}). Il varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une espèce et égal à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. L'indice de l'équitabilité détermine donc, soit le rapprochement ou bien l'éloignement entre H' et H_{max} . Il est exprimé selon la formule : $E = H' / H_{max}$ où :

- E : Equitabilité
- $H_{max} = \log_2 (S)$
- S : Nombre total d'espèces

VI.1.1 Abondance relative

L'abondance relative d'une espèce est le pourcentage du nombre de celle-ci par rapport au nombre total d'individus prélevés dans une station. Il est exprimé par la formule suivante :

$$P_i = \frac{Ab(a) \cdot 100}{Ab(t)}$$

Où, $Ab(a)$: nombre total d'individus d'une espèce,
 $Ab(t)$: Nombre total d'individus

VI.1.2 Fréquence

La fréquence d'une espèce est le rapport, exprimé en pourcentage, entre le nombre total de prélèvements où cette espèce est notée et le nombre total de tous les prélèvements effectués.

$$F_i = P_a * 100 / P_t$$

Où, P_a : nombre d'échantillons où l'espèce a été récoltée,

P_t : nombre total d'échantillons.

Une espèce est omniprésente si son F est de 100%, constantes si le F est strictement compris entre 75 et 100 %, régulière si le F est compris entre 50 et 75%, accessoire si le F est compris entre 25 et 50% enfin, une espèce est accidentelle si le F est inférieur à 25%.

VI.1.3 Indice de Jaccard

C'est un test de similarité entre deux habitats :

$$J = a / (a + b + c)$$

- a: représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats,
- b: représente le nombre d'espèce uniques pour l'habitat 1
- c: représente le nombre d'espèce uniques pour l'habitat 2

Si l'indice J augmente, un nombre important d'espèces se rencontre dans les deux habitats évoquant ainsi que la biodiversité inter habitat est faible (conditions environnementales similaires entre les habitats). Dans le cas contraire, si l'indice diminue, on ne rencontrera qu'un faible nombre d'espèces présentes sur les deux habitats. Ainsi, les espèces pour les deux habitats comparés sont totalement différentes, indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes.

VII. Traitement statistique des données

VII.1 Analyse Factorielle des Correspondances (AFC)

Nous avons utilisé l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) qui permet d'obtenir une image représentative et descriptive de l'ensemble des différences, des similitudes et des corrélations entre les paramètres physicochimiques et les stations d'une part et entre les groupements faunistiques et les mois de prélèvements d'autre part. Le logiciel utilisé pour traiter les données par AFC est : Unscrambler 9.2.

L'Unscrambler 9.2 met l'accent sur l'interprétation plutôt que des statistiques pour améliorer le processus décisionnel et la vitesse à laquelle les décisions puissent être prises. Ce logiciel ne nécessite aucune programmation et dispose de fonctionnalités de données faciles à charger. Certains outils d'analyse inclus sont la détection automatique de x-variables significatives, les prétraitements automatiques dans la prévision et de classification et d'analyse interactive. Les expériences peuvent être conçues, analysés et interprétés avec l'assistant de conception.

VII.2 Analyse des composantes principales (ACP)

Par ailleurs, dans le but de visualiser et d'analyser les corrélations existantes entre les différentes variables à travers leurs structurations et leurs orientations, d'identifier les principaux facteurs responsables de la qualité des eaux de l'environnement prospecté, nous avons statistiquement traité l'ensemble des données par l'Analyse en Composantes Principales (A.C.P) par le logiciel Unscrambler 9.2.

Partie3 : Résultats et discussion

Chapitre I : Analyse physicochimique des eaux

I.1 Température de l'eau

La température de l'eau est liée à la situation géographique de la localité, à la géologie des terrains traversés et surtout au climat régnant. Elle entraîne d'importantes répercussions écologiques (Leynaud G., 1968). Pour les dix stations prospectées, les valeurs de température enregistrées durant l'année de l'étude ne montrent pas de grandes variations. La valeur la plus élevée a été enregistrée au niveau de la source Louali (20,6°C) tandis que la valeur la plus faible a été notée dans la station Abkhabk (10,42°C) (figure10). Selon les normes de potabilité et d'irrigation préconisées par le Maroc (NM., 2007), ces eaux montrent des valeurs acceptables

Dans une optique de comparaison des données obtenues avec celles recueillies antérieurement, nous pouvons énoncer qu'il y a une légère élévation de température des eaux de la source Tadout et Abkhabk depuis l'année 1984 (Dakki.,1982) qui a enregistré une température moyenne de 17,2°C à Tadout et de 10,2°C au niveau de la source Abkhabk. Le même scénario a été remarqué pour les stations Aghbal (Az), Aghbal(H), Louali, Atrous (secteur ribaa), Atrous (oued lyhoudi) et Ras el ma dont la température a aussi augmenté en la comparant avec le résultat trouvé par (Fadil., 2002) lors de sa prospection de ces stations.

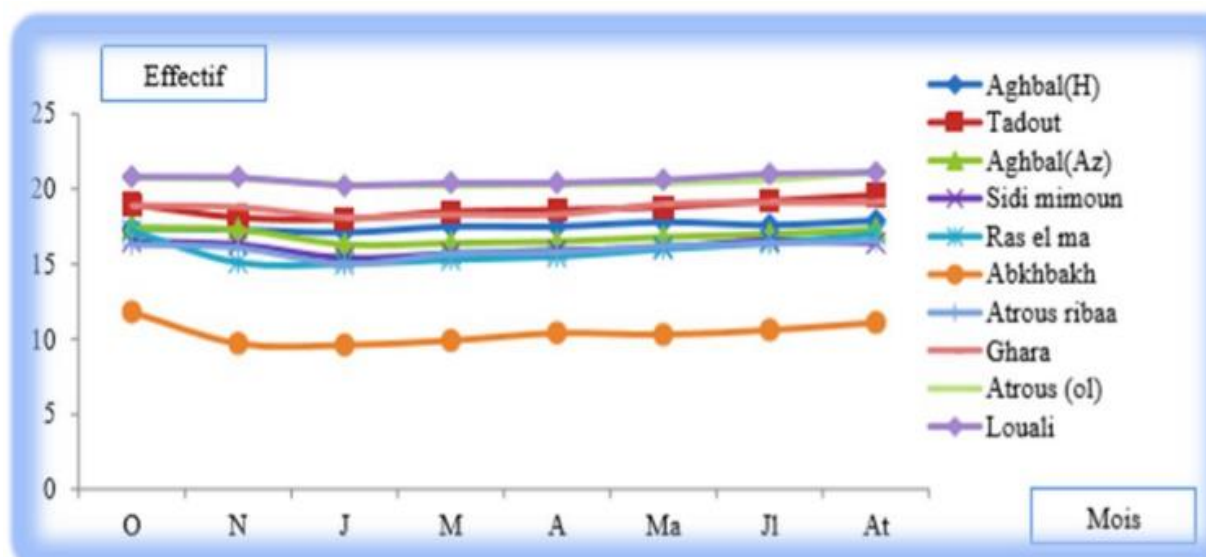


Figure10 : Variation spatio-temporelle de la température des sources étudiées durant l'année 2015-2016

I.2 Potentiel hydrogène

Le pH est un indicateur de la pollution des eaux par excellence ; Il diminue en présence des teneurs élevées en matières organiques et augmente en période d'étiage, lorsque l'évaporation est assez importante (Meybeck et al., 1996).

Pour la station Tadout, le pH est alcalin. Les valeurs enregistrées oscillent entre 8,02 et 8,39 (figure11). Un résultat nettement supérieur à celui trouvé par Jean Giudicelli en 1984 lors de sa prospection de la même source et qui était 7,1. Cette augmentation du pH pourrait être due à la sécheresse qui a sévi au cours de notre période d'étude. En ce qui concerne les autres stations, le pH est légèrement neutre à alcalin. Les valeurs enregistrées ne montrent pas de variations notables. Elles oscillent entre 7,01 et 7,98 (figure11). Ces résultats concordent parfaitement avec ceux obtenus par (Abboudi et al., 2014) qui ont trouvé des valeurs de 7,7 à

8,9 pour les eaux de surface au Maroc. En se référant aux normes marocaines (N.M., 2007). Les eaux des sources en question peuvent être considérées comme acceptables.

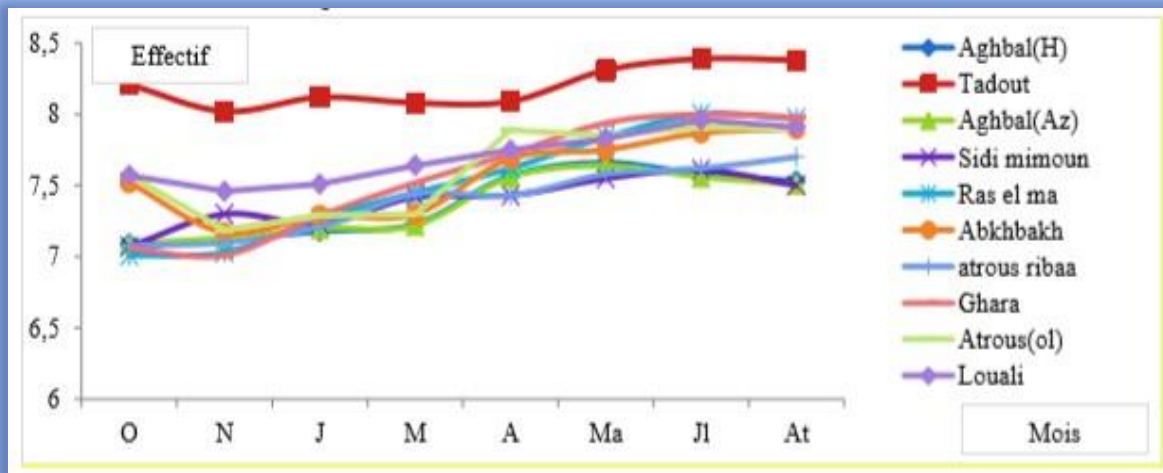


Figure 11 : Variation spatio- temporelle du pH des dix sources durant l'année 2015-2016

I.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique (CE) est un indicateur de la minéralisation de l'eau par excellence. Ainsi, plus l'eau est riche en sels minéraux ionisés, plus la conductivité est élevée (Rodier., 2010).

Les résultats de l'analyse physicochimique des eaux des dix stations prospectées nous ont permis de dégager deux classes de conductivité bien différenciées : une classe regroupant les eaux à minéralisation moyenne dont les valeurs varient de 830 ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 850($\mu\text{s}/\text{cm}$), et une autre classe associant plutôt les eaux douces dont les teneurs en conductivité ne dépassent pas 785($\mu\text{s}/\text{cm}$) . Il s'agit des eaux des stations restantes (figure12).

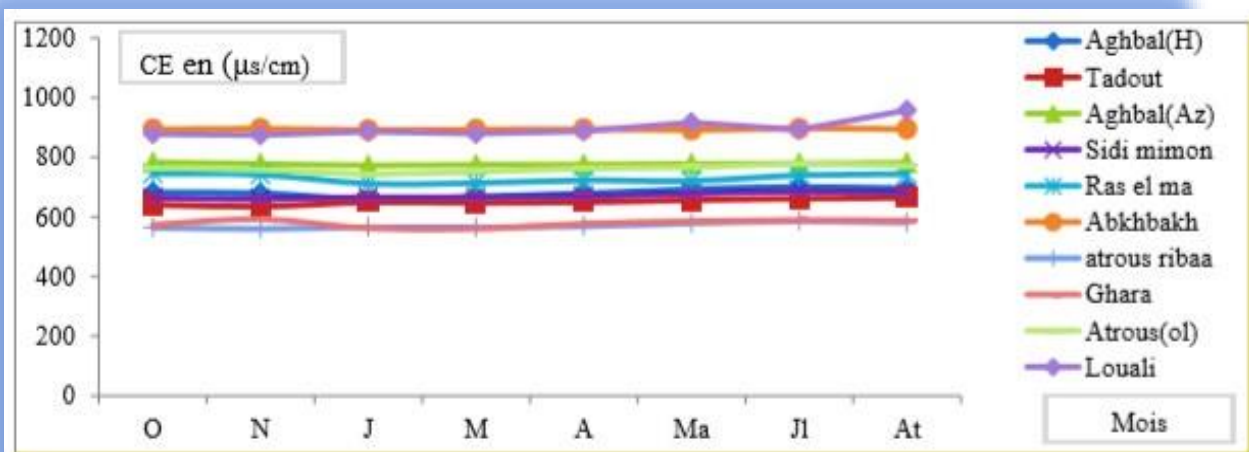


Figure 12 : Variation spatio- temporelle de la Conductivité électrique des dix sources durant l'année 2015-2016.

I.4 Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl) (Nouayti et al., 2015). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution.

Au niveau des stations Aghbal(h) et Louali, les valeurs de chlorures enregistrées vont de 80(mg/l) à 115 (mg/l). Bien que ces résultats soient inférieurs aux seuils fixés par (NM., 2007), ils sont nettement supérieurs à ceux notés dans les autres sources dont les teneurs en ce paramètre ne montrent pas de grandes variations au cours de la période d'étude(figure13).

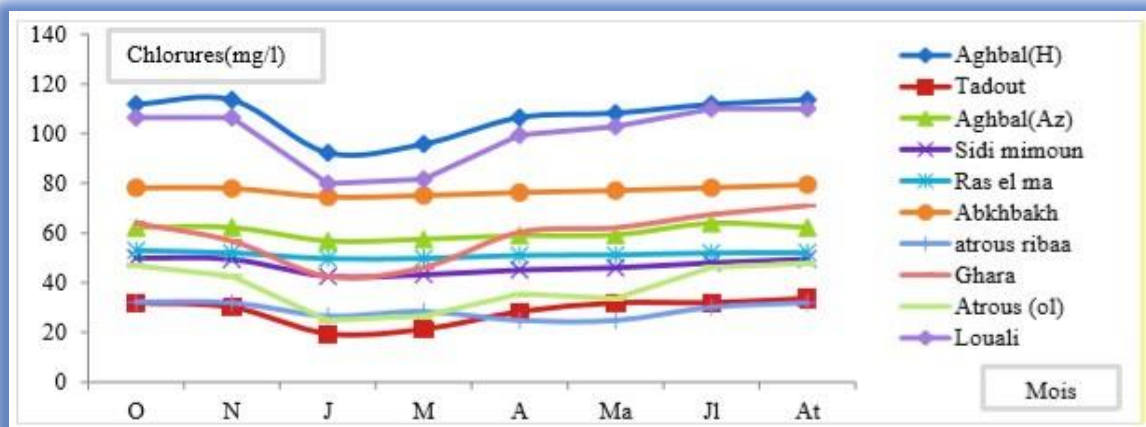


Figure 13 : Variation temporelle de la teneur en chlorures dans les dix sources durant l'an 2015-2016

I.5 Dureté calcique

Le calcium est généralement l'élément dominant des eaux potables et sa teneur varie essentiellement suivant la nature des terrains traversés (terrain calcaire ou gypseux) (Rodier et al., 2009). Les teneurs en calcium des eaux contrôlées variaient de 76,9 (mg/l) à 148,25(mg/l) (figure14). Les analyses ont révélé que les eaux de la station Atr (OL) sont les plus faiblement chargées en ion Ca^{2+} par rapport aux autres stations dont les teneurs en cet ion sont relativement élevées et n'expriment pas de variations notables. Un tel résultat prouve que le substratum géologique sur lequel repose les sources étudiées est essentiellement karstique.

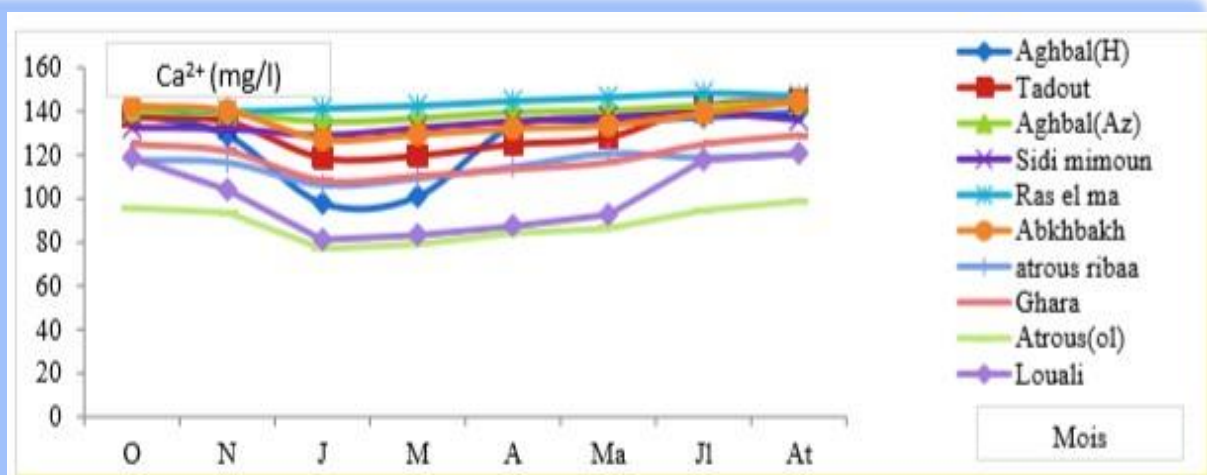


Figure14 : Variation spatio-temporelle de l'ion calcium en (mg/l) des eaux des dix sources étudiées pendant l'an 2015-2016.

I.6 Dureté magnésienne

La majorité des eaux naturelles contiennent généralement une petite quantité de magnésium, sa teneur dépend de la composition des roches sédimentaires rencontrées (Nouayti et al., 2015). Il provient de l'attaque par l'acide carbonique des roches magnésiennes et de la mise en solution du magnésium sous forme de carbonates et bicarbonates.

Les relevés de la qualité des eaux des dix stations prospectées ont permis de différencier deux groupes opposés. Le premier groupement associe les sources : Louali, Atrous (Ol), Abkhbakh, Aghbal(H), Sidi mimoun, Ras el ma et Aghbal (Az), qui sont riches en Magnésium tandis que le second groupe caractérise plutôt les stations faiblement chargées en ce cation. Il s'agit de : Ghara, Tadout et Atrous(riboo) (figure 15). Cela d'une part, d'autre part, nous avons remarqué que les valeurs de Magnésium enregistrées au niveau des dix sites étudiés sont nettement inférieures à celles du Calcium. L'enrichissement simultané de Ca^{2+} et l'appauvrissement de Mg^{2+} est expliqué surtout par le phénomène d'interaction eau roche comme la dolomitisation, dissolution et précipitation. Par ailleurs, les valeurs enregistrées dans cette évaluation sont nettement au-dessous des seuils fixés par (NM., 2007).

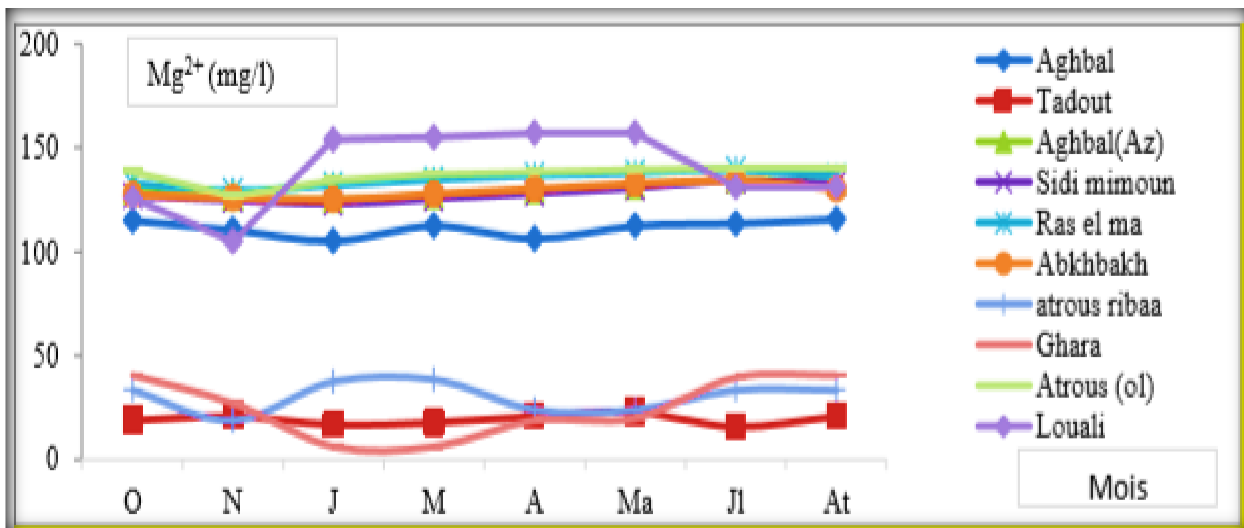


Figure 15 : Variation spatio-temporelle de la teneur de Mg^{2+} dans les dix stations étudiées durant l'année 2015-2016

I.7 Titre alcalimétrique complet (TAC)

Le titre alcalimétrique complet (TAC) dans les échantillons d'eau analysés est dû essentiellement à la présence des ions bicarbonates (HCO_3), c'est l'indice du pouvoir tampon de l'eau, il est étroitement lié à la dureté, bien que de nombreuses espèces de solutés puissent y contribuer (Nechad., 2014). L'alcalinité est exprimée en quantité équivalente de carbonates. L'évolution temporelle de ce paramètre au niveau des stations étudiées ne montre pas de variations notables au cours de l'an d'étude(figure16). Les valeurs de ce paramètre oscillent entre 2,1 (meq/l) et 11,4(meq/l). La valeur la plus faible a été enregistrée au niveau de Ghara du coup que le maxima a été signalé dans la source Sidi mimoun(figure16). Cette évolution de l'alcalinité prouverait une dissolution des roches carbonatées dans les réservoirs karstiques. On peut donc conclure que le faciès auquel appartient les sources en question est un faciès bicarbonaté calcique. Par ailleurs, toutes les valeurs enregistrées restent bien au-dessous des seuils fixés par (NM., 2007).

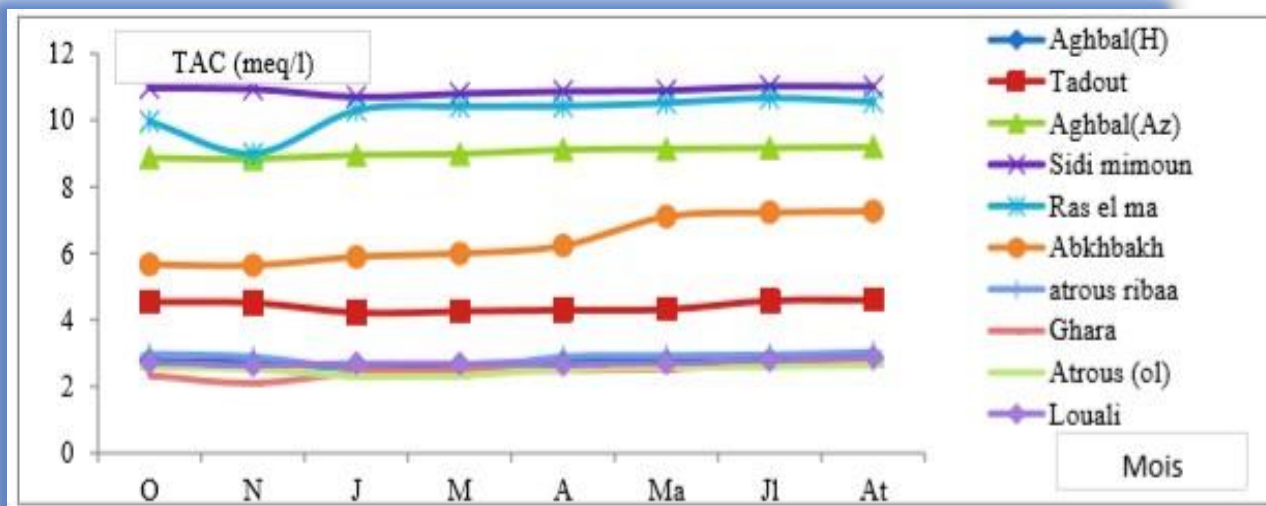


Figure 16 : Variation spatio- temporelle de la teneur du TAC dans les dix sources durant l'année 2015-2016.

I.8 Sulfates

Les sulfates sont des composés naturels des eaux. Leurs origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures (qu'on retrouve dans les pluies) ainsi que l'utilisation d'engrais chimique et de lessive. Leur concentration dans les eaux est généralement comprise entre 2,2 mg/l et 58 mg/l (Meybeck et al., 1989).

Les teneurs en sulfates des eaux des dix points d'échantillonnage exhibent des valeurs allant de 9,7mg/l à 56,3 mg/l (figure 17). Ce qui montre que les eaux en question sont conformes aux normes en vigueur (NM., 2007). La valeur maximale a été enregistrée dans la source Atrous (Oued lyhoudi) tandis que le minima a été noté dans la source Atrous(riboo). Il est à signaler que la nature géologique des formations des réservoirs, caractérisées par une importance relative des formations gypsifères semble être à l'origine de ces variations locales et saisonnières des teneurs en sulfates des eaux ce qui se traduit par de très faibles concentrations en ions SO_4^{2-} . Ces résultats concordent parfaitement avec celles obtenues par (A.B.H.S., 2013) au cours de leurs campagnes de prélèvement des échantillons d'eau de ces sources.

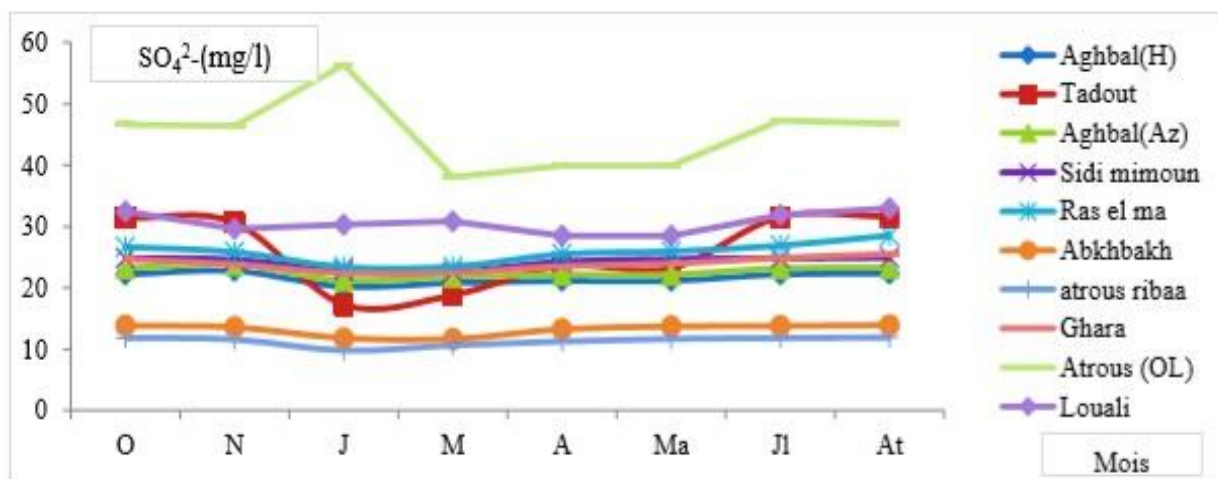


Figure 17 : Variation spatio-temporelle de la teneur des sulfates (mg/l) dans les dix sources durant l'année 2015-2016.

I.9 Orthophosphates

Les eaux de surfaces contiennent généralement très peu de phosphates (Meybeck et al., 1989) estiment que la teneur naturelle en PO_4^{3-} des cours d'eau est inférieure à 0,025 mg/l et dépend principalement de la nature du substratum géologique et de l'activité anthropique.

Dans les stations d'étude, les concentrations en cet élément exhibent des taux très faibles ne dépassant pas 0,007 $\mu\text{g/l}$ (figure 18). Cette valeur est le maxima enregistré dans la station Atrous(riboo) pendant la saison estivale, vu l'accroissement de l'activité anthropique dans cette période de l'année. Des résultats similaires ont été trouvés par (Nechad., 2014) et (Karrouch., 2012) lors de leurs prospections des sources : Sidi bouli, Rezag, Tataw et Maarouf se trouvant dans la même zone étudiée dans ce présent travail. Par ailleurs, les teneurs en orthophosphates dans les dix points d'échantillonnage restent bien au-dessous du seuil tolérable fixé par (NM., 2007) et qui est de 0,4 (mg/l).

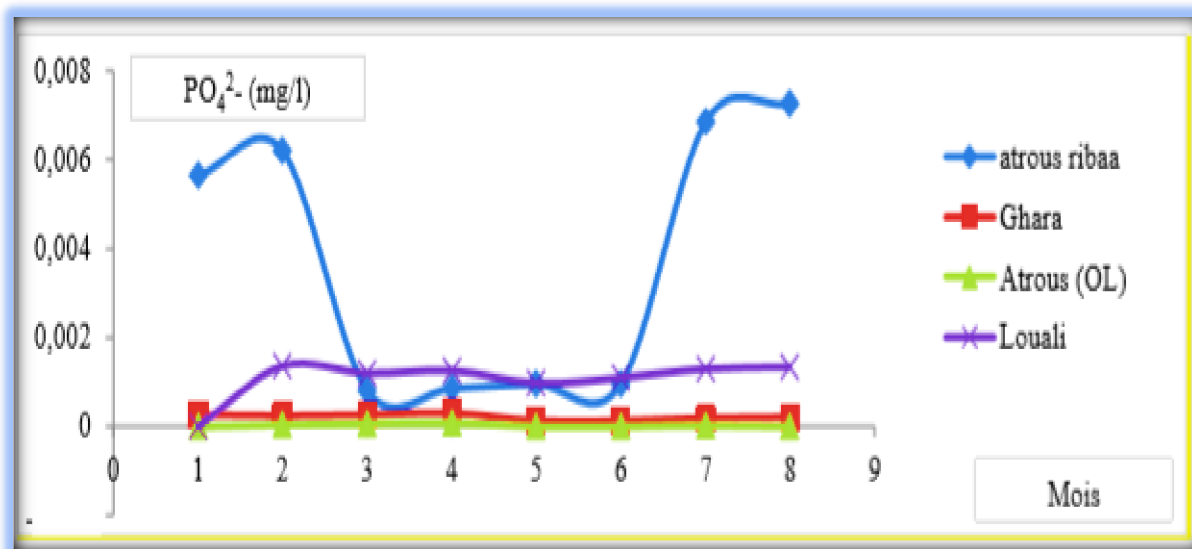


Figure 18 : Variation temporelle de la teneur des Orthophosphates (mg/l) dans les dix sources durant l'année 2015-2016.

I.10 Oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous (O_2 dissous) constituent l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux dans la mesure où elles nous renseignent sur le degré de la pollution d'une eau. Elles dépendent de nombreux facteurs y compris la température.

Les résultats de l'analyse montrent que les eaux des dix sites d'étude sont bien oxygénées au cours de l'année de l'étude. Les maxima enregistrés marquent la période hivernale avec des valeurs de 9,33(mg/l) ; 9,11(mg/l) ; 9,27(mg/l) ; 10,42(mg/l) ; 10,6(mg/l) ; 11,6(mg/l) et 10,9(mg/l) respectivement pour Sidi mimoun, Ras el ma, Abkhbakh, Atrous(riboo), Ghara, Atrous (OL) et Louali (figure 19). Ceci serait essentiellement dû à la diminution de la température de l'eau; car une eau froide contient une plus grande quantité d'oxygène dissous qu'une eau chaude (Hebert et Legares., 2001).la valeur moyenne en cet élément s'établit autour de 8,49 (mg/l) à Aghbal (h) ; 7,91(mg/l) à Tadout ; 8,82 (mg/l) à Aghbal(Az) ;9,15(mg/l) à Sidi mimoun ; 9,07(mg/l) à Ras el ma ; 9,24(mg/l) à Abkhbakh ; 9,70 (mg/l) à Atrous(riboo) ; 9,05(mg/l) à Ghara ; 11, 12 (mg/l) à Atrous (OL) et 9,55 (mg/l) à Louali. Ces valeurs moyennes ne s'éloignent pas de celles trouvées par (Fadil., 2013) lors de sa prospection des sources : Ras el ma, Aghbal (Azrou), Aghbal (El hajeb), Atrous (Ribaa), Atrous (Oued lyhoudi), Louali et Tadout ainsi que celles enregistrées par Nechad lors de sa

prospection des sources Regrab, Sidi Bouali et Tataw, se situant dans la même zone de notre étude. Il faut de même signaler que les résultats obtenus ont permis de classer les eaux de ces dix sources dans la grille excellente (NM., 2007).

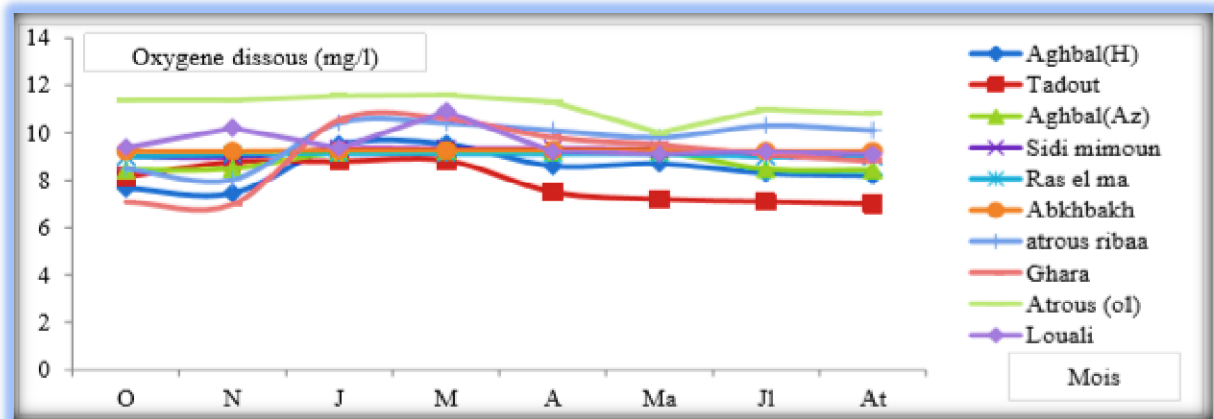


Figure 19 : Variation temporelle de l'oxygène dissous (mg/l) dans les dix sources durant l'an 2015-2016.

I.11 Indice permanganate

Il s'agit de l'un des importants facteurs physico-chimiques qui conditionnent la vie dans le milieu aquatique, Il nous informe sur la concentration en matières organiques présentes dans les eaux de surfaces et les eaux potables.

Les teneurs en IP au niveau des eaux étudiées fluctuent entre 0,69(mg/l) et 2,44 (mg/l) Aghbal, entre 3,16(mg/l) et 5,71(mg/l) à Tadout, entre 0,63 et 1,12 à Aghbal (Az), entre à,63 et 1,12 à Sidi mimoun, entre 0,4 et 1,013 à Ras el ma, entre 0,28 et 1, 014 à Abkhabkh, entre 0,19 et 3,42 à Atrous(ribaa), entre 0,34 et 4,34 à Ghara, entre 0,29 et 3,42 à Atrous (OL) et entre 1,97 et 5,25 à L (figure20), Les minimas enregistrés marquent la période hivernale. Cet état des lieux serait dû aux aléas climatiques caractérisant l'année d'étude. En effet, la sécheresse qui a marqué l'année de l'étude a induit une augmentation de la charge organique aux niveaux des sources. En outre, comme il a été signalé au paravent, la plupart des stations étudiées sont des stations balnéaires, le revers de la médaille serait une augmentation de l'indice permanganate surtout en période estivale. Par ailleurs, toutes les valeurs obtenues respectent les normes fixées par (NM., 2007).

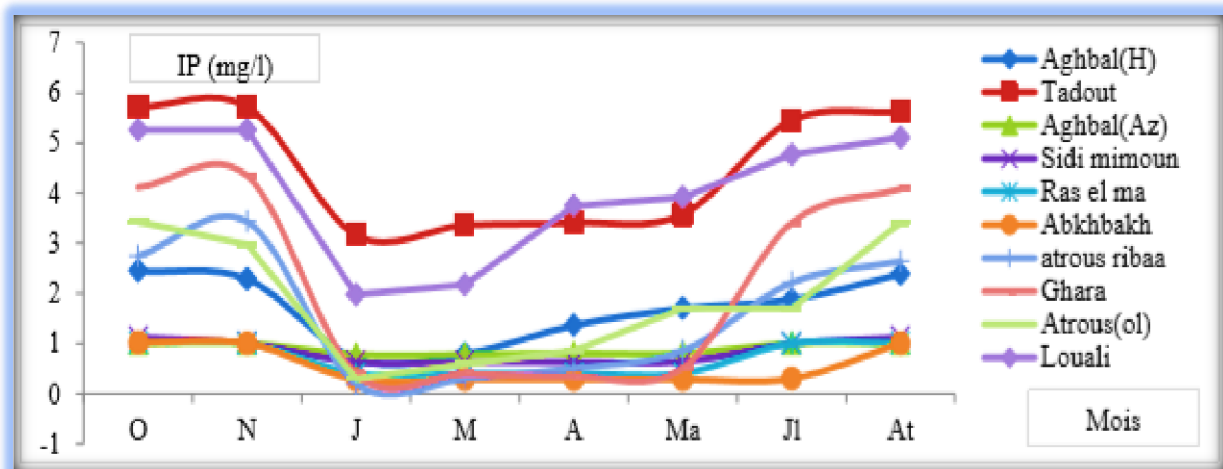


Figure20 : Variation temporelle de l'indice permanganate (mg/l) dans les dix sources durant l'année 2015-2016.

I.12 Traitement statistique des données physicochimiques par Analyse Factorielle des correspondances (AFC)

Cette analyse avait pour objectif principal d'étudier la typologie physicochimique des eaux des dix stations étudiées et de dévoiler les similitudes existantes entre ces écosystèmes de point de vue physicochimique.

L'analyse globale des résultats obtenus (figure21) permet de définir une typologie dominée par l'individualisation de quatre groupements distincts :

- Le premier rassemble les sources : Aghbal(H), Louali et Abkhbakh et se distingue par une forte concentration en chlorures. Cet état des lieux résulte de la forte quantité des produits nettoyants ménagers déversés impitoyablement par les agglomérations avoisinantes dans les eaux de ces écosystèmes précieux.

-Le second groupe est formé par les stations : Ghara, Atrous (riboo) et Tadout et il est caractérisé par une concentration élevée en orthophosphates. Ceci pourrait être aux déjections animales et aux produits phytosanitaires/pesticides (herbicides, insecticides, fongicides) contenus dans les engrais qui sont utilisés dans les terrains agricoles situant à proximité de ces trois stations.

-Le troisième groupement associe les créneaux : Ras el ma, Sidi mimoun et Atrous (Ol). Il se distingue par une concentration légèrement forte en TAC, ce qui montre que le faciès auquel appartiennent ces trois sources est un faciès bicarbonaté calcique.

-Le quatrième relevé est formé par la station Aghbal (Az) et les 11 paramètres physicochimiques qui caractérisent ses eaux. Ce groupe est corrélé positivement aux deux axes, ce qui révèle que la typologie physicochimique des eaux de cette station ne montre pas de variation notable. Ce résultat révèle qu'à l'instar des autres sources prospectées, cette station s'échappe de l'action anthropique menaçante qui affecte la santé écologique des écosystèmes aquatiques.

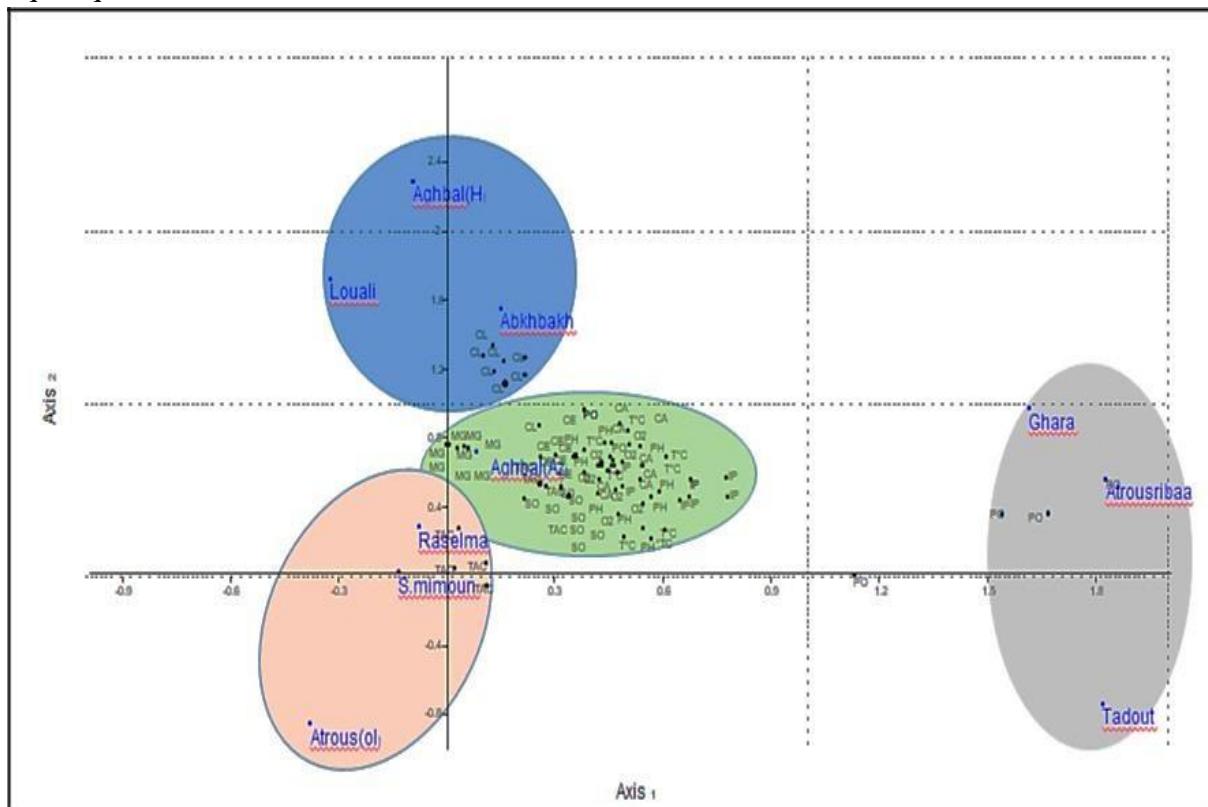


Figure 21 : Variations interspatiales des onze paramètres physicochimiques durant l'an 2015-2016.

II. Conclusion

Ce travail apporte des données intéressantes sur un ensemble de dix sources d'eau douce de la région Fès-Meknès où les eaux souterraines ont toujours été une source importante d'approvisionnement en eau potable pour les populations locales, l'abreuvement des animaux et pour l'irrigation.

L'analyse des résultats des analyses physicochimiques a montré que pour les paramètres : Température, Conductivité électrique et Dureté magnésienne, les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au niveau de la source Louali avec des valeurs respectives de 20,6°C, 897($\mu\text{s}/\text{cm}$) et 139,5(mg/l). En ce qui concerne le pH et Indice Permanganate, les valeurs maximales ont été signalées dans la source Tadout avec une valeur égale à 8,2 pour le premier paramètre et à 5,5 mg/l pour la seconde variable. Concernant les Chlorures, le maxima (106,7mg/l) a été révélé dans l'émergence Aghbal(hajeb). Quant à la Dureté Calcique, la teneur la plus élevée (144mg/l) a été signalée au niveau de la source Ras el ma. Pour le Titre Alcalimétrique Complet, la valeur maximale (2,1 meq/l) a été enregistré dans la source Ghara. En ce qui concerne les sulfates, le maxima (56,3mg/l) a été signalé dans la source Aghbal (Az). Concernant le paramètre Oxygène dissous, il a été montré que c'est la station Atrous(ol) qui est la plus oxygénée avec une valeur moyenne égale à 11,12 mg/l. Quant aux Orthophosphates, les résultats des analyses révèlent que pour toutes les sources étudiées, les teneurs en cet élément sont très faibles, la valeur maximale (0,07 $\mu\text{g}/\text{l}$) a été enregistrée au niveau de la source Atrous(rihaa). Par ailleurs, il est à noter que pour tous les paramètres physicochimiques étudiés, les valeurs trouvées sont inférieures aux seuils fixés par (NM., 2007). Or, en comparant les résultats trouvés dans cette étude avec des données antérieures portant sur les mêmes sources et sur des émergences appartenant à la même zone de notre étude, on conclut que, pour la Conductivité électrique et l'indice permanganate, la qualité des eaux de ces sources est malheureusement devenue médiocre tandis que pour les autres paramètres, les valeurs trouvées témoignent d'un état physicochimique relativement bon.

Afin de déterminer la typologie des eaux des dix sources prospectées, nous avons eu recours à l'analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Les résultats de cette analyse nous a permis d'individualiser quatre groupements distincts révélant les corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques évalués et les stations étudiées. En effet, mis à part la source Aghbal (Azrou), qui semble la moins touchée par la pollution issue des activités humaines, toutes les émergences restantes souffrent de ce problème. De ce fait, il est indispensable d'adopter des réglementations et des mesures afin de réduire le plus possible les effets défavorables d'origines anthropiques et d'assurer le respect des normes de qualité hydobiologique de ces écosystèmes naturels.

Chapitre II. Analyses bactériologiques des eaux

La surveillance bactériologique des eaux de surface est primordiale pour la détection du degré de pollution, le choix de la meilleure source d'approvisionnement en eau et son épuration (O.M.S., 1986).

Les résultats des analyses bactériologiques sont consignés dans le tableau 12.

II.1 Flore mésophile aérobie totale (FMAT)

La flore mésophile aérobie totale est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie) présentes dans un produit ou sur une surface. Ils peuvent être des micro-organismes pathogènes ou d'altération (Bougeois et Leveau., 1991). Pour les dix stations prospectées, le taux de ces microorganismes est très élevé. Il est de 2950(UFC/100ml) à Aghbal, 100 (UFC/100ml) à Tadout, 2500(UFC/100ml) à Ghara, 70 (UFC/100ml) à Atrous(riaba), 295000(UFC/100ml) à Louali, 286000 (UFC/100ml) à Atrous (OL), 170 (UFC/100ml) à Aghbal (Az), 320 (UFC/100ml) à Ras el ma, 360 (UFC/100ml) à Sidi mimoun et 2530 (UFC/100ml) à Abkhabk (tableau 12). Les valeurs enregistrées sont largement supérieures au seuil fixé par (NM., 2007) qui est : 10 UFC/100ml. Ceci présume un risque majeur pour les consommateurs de ces eaux.

II.2 Coliformes totaux (CT)

Selon l'organisation Mondiale de la Santé (OMS., 1972), les bactéries coliformes comprennent tous les bacilles en forme de bâtonnets, aérobies et anaérobies facultatifs, gram négatifs, non sporogènes qui fermentent le lactose avec formation de gaz dans un délai de 48 heures à 35°C, ne contenant pas de cytochrome oxydase. Ces organismes habitent l'intestin des animaux à sang chaud et se trouvent dans le sol, dans l'eau ainsi que sur la végétation.

Le dénombrement des coliformes totaux dans l'eau révèle une concentration de 880 (UFC/ml) à Ghara, 70 (UFC/ml) à Atrous(riaba), 39200(UFC/ml) à Aghbal(H), 1950 (UFC/ml) à Ras el ma, 3100(UFC/ml) à Sidi mimoun, 865 (UFC/ml) à Abkhabk, 4650 (UFC/ml) à Tadout, 13700 (UFC/ml) à Louali, 12600(UFC/ml) à Atrous (OL) et 4700(UFC/ml) à Aghbal (Az) (tableau 12). De telles valeurs indiquent incontestablement une contamination fécale de ces dix stations. Ces résultats sont non conformes avec les normes fixées par (NM., 2007).

II.3 Coliformes fécaux (CF)

La présence de Coliformes fécaux (Coliformes thermotolérants) provenant de l'intestin de l'homme et des animaux à sang chaud est susceptible de provoquer la fermentation du lactose à 44.5°C dans les 24 heures ; elle est considérée comme une épreuve directe de contamination entérique. Tous les organismes du groupe coliforme peuvent être d'origine fécale et, par suite, leur présence doit être interprétée comme une présomption de contamination fécale (OMS., 1986).

L'analyse bactériologique des échantillons d'eau des dix stations d'étude, indique la présence de CF à un taux de 7600(UFC /100 ml) à Atrous (OL), de 8700 (UFC/100 ml) à Louali, de 340 (UFC /100 ml) à Ghara, de 180(UFC /100 ml) à Atrous(riaba), de 4620 (UFC /100 ml) à Aghbal(H), de 9000 (UFC /100 ml) à Tadout, de 1400 (UFC /100 ml) à Aghbal(Az), de 130 (UFC /100 ml) à Ras el ma, de 170 (UFC /100 ml) à Sidi mimoun et de 179 (UFC /100 ml) à Abkhabk (tableau 12). Cette présence de coliformes fécaux extrêmement élevée nous indique qu'il y a certainement une présence d'une source de matières fécales (bétail). Les valeurs

enregistrées dans cette évaluation sont nettement au-dessus des seuils tolérables fixés par (NM., 2007).

II.4 Streptocoques fécaux (SF)

Les streptocoques fécaux sont des microorganismes qui cantonnent le sol, l'air, l'eau et vivent à l'état commensal chez les animaux à sang chaud ou se rencontrent au niveau des téguments et des muqueuses. Ce sont des hôtes normaux de l'intestin qui survivent dans le milieu extérieur où leur présence est un signe de contamination fécale.

La recherche des streptocoques fécaux dans les échantillons d'eau a révélé leur présence dans toutes les sources prospectées avec des valeurs s'échelonnant entre 10 (UFC /100 ml) et 500 (UFC /100 ml) (tableau 12). Ces résultats sont non conformes avec les normes fixés par (NM., 2007). Cet état des lieux nous mène à dire que les dix sources sont sujettes à une forte contamination fécale reste à prouver son origine et c'est le rapport CF/SF qui est l'outil adéquat qui nous aidera à répondre à cette question.

II.5 Rapport CF/SF

La présence de germes fécaux, que ce soit des conformes fécaux (CF) ou des streptocoques fécaux (SF) ne permet pas de déceler l'origine d'une pollution fécale (Geldreich Kenner., 1969) ont proposé d'utiliser le rapport CF/SF pour déterminer si une contamination est d'origine humaine ou animale. Pendant plusieurs décennies, le rapport coliformes fécaux/Streptocoques fécaux était utilisé comme un élément informatif de premier ordre pour déterminer si une pollution fécale était d'origine animale ou humaine. Lorsque ce rapport CF/SF est supérieur à 4, la source de contamination est exclusivement humaine (rejet des eaux usées). Lorsqu'il est entre 2 et 4, la pollution est mixte à prédominance humaine incertaine. S'il s'échelonne entre 0,7 et 1, la source de contamination est mixte à prédominance animale et s'il est inférieur à 0,7, l'origine de la contamination est principalement ou entièrement d'origine animale. Il est à noter que ce rapport varie en fonction de la température, l'éloignement de la source de contamination, le temps d'immersion des contaminants dans l'eau, le pH et les substances toxiques.

Dans le présent travail, le rapport CF/SF est de 34 à Ghara, 9 à Atrous(riaba) et à Aghbal(H), 183 à Tadout, 255 à Louali, 262 à Atrous(ol), 8 à Aghbal (Az), 10 à Ras el ma, 13,07 à Sidi mimoun et de 3 à Abkhbakh (tableau 11). De tels résultats prouvent une contamination d'origine exclusivement humaine au niveau de toutes les stations prospectées sauf l'émergence Abkhbakh dont la source de contamination s'est avérée plutôt mixte à prédominance humaine incertaine. Cet état des lieux peut avoir pour cause la pollution organique ainsi que les produits de nettoyages ménagers qui favorisent la présence des contaminants (y compris les virus et les bactéries) pouvant pénétrer dans l'eau souterraine. Ce qui pourrait créer de sérieux problèmes de contamination.

Tableau 11 : Résultats des analyses bactériologiques des eaux des dix stations

Microorganismes					
Stations	FMAT	CT	CF	SF	CF/SF
Ghara	2500	880	340	10	34
Atrous(H)	70	840	180	20	9
Aghbal (H)	2950	39200	4620	500	9,24
Tadout	100	4650	9000	49	183,67
Louali	295000	13700	8700	34	255,88
Atrous (OL)	286000	12600	7600	29	262,06
Aghbal (AZ)	170	4700	1400	165	8,48
Ras el Ma	320	1950	130	12	10,833
Sidi mimoun	360	3100	170	13	13,07
Abkhabkh	2530	865	179	56	3,19

III. Conclusion

Le présent travail s'inscrit dans le cadre de déceler l'état bactériologique de dix sources de la région Fès-Meknès destinées à l'approvisionnement en eau potable et à l'irrigation des terrains agricoles avoisinants. Les résultats ont révélé que les eaux de toutes les stations prospectées, qui remplissent des fonctions hydrobiologiques majeures, sont anormalement contaminées par les germes indicateurs d'une pollution bactériologique qui pourrait non seulement déséquilibrer le fonctionnement de ces écosystèmes précieux mais aussi affecter la santé de l'homme. Cet état des lieux est conséquent sur le puisage non hygiénique des ressources hydriques de ces milieux provoqué par l'homme. De ce fait, il est obligatoire d'imposer des lois et des réglementations visant la désinfection et la protection de ces émergences.

Chapitre III : Etude des peuplements de la macrofaune benthique

III.1 Introduction

Les macroinvertébrés peuplent les eaux courantes et/ou stagnantes où ils contribuent considérablement au flux d'énergie des réseaux alimentaires. Ils sont l'un des éléments fondamentaux du fonctionnement des écosystèmes aquatiques et tiennent un rang important dans les équilibres biologiques et les chaînes trophiques s'y déroulant. Outre leur rôle crucial en tant que détecteurs des dysfonctionnements provoqués par les pressions environnantes, ces organismes sont utilisés aussi pour évaluer l'état de biodiversité des écosystèmes aquatiques. En effet, la capacité de la macrofaune à traduire les modifications environnementales, est liée en premier lieu à la faible mobilité de ces organismes qui sont donc souvent directement affectés par les sources de perturbations potentielles (Olsgard et Gray., 1995., Shin et al., 2004). D'autre part, leur durée de vie longue leur permet d'intégrer l'action des perturbations sur des échelles de temps significatives, et enfin à l'existence d'un large spectre de sensibilité et de tolérance écologique suivant la nature et les adaptations des organismes considérés (Pearson et Rosenberg., 1978., Lancellotti et Stotz., 2004). Cette réactivité exceptionnelle des communautés

de macrofaune benthique est à l'origine de l'intégration de l'étude de ce compartiment dans les différentes stratégies internationales visant à définir la qualité des habitats d'eau douce.

Dans ce chapitre, nous nous sommes proposés d'étudier la structure des peuplements des macroinvertébrés qui ont élu domicile dans les sources du Moyens Atlas, plaine du saïs et Couloir Fès-Taza et ce dans l'objectif :

- D'identifier les principaux peuplements et faciès de macrofaune benthique au sein des stations d'étude.
- D'en fournir une description en termes de cortège d'espèces associées, d'abondances, de biomasses et de diversité.
- D'identifier les principaux facteurs environnementaux susceptibles d'expliquer la répartition des peuplements et celle de leurs différents faciès au sein des stations d'étude.

III.2 Structure de la communauté benthique

Afin de comprendre la structure et le fonctionnement global des écosystèmes aquatiques, on doit décrire en premier lieu la biocénose qui les constitue. Cette étape initiale sert souvent de base au développement de programmes d'études plus complexes, axés sur l'étude des interactions entre les différents compartiments benthiques (relations inter et intra spécifiques, relations faune – substrat, ...).

Le recensement de la faune faisant objet de ce présent travail a pour objectif principal d'établir un inventaire aussi complet que possible des différents taxons pouvant être rencontrés dans les eaux des stations d'étude et permettrait ainsi d'enrichir la liste de la biodiversité marocaine.

L'étape descriptive de cette étude a été réalisée aussi bien sur le plan spatial que temporel. Ce qui nous a permis d'avoir une meilleure connaissance taxonomique de la macrofaune ainsi que sa composition structurelle et son évolution temporelle.

III.2.1 Inventaire des macro-invertébrés

L'inventaire faunistique établi, montre les effectifs de chaque espèce dans chaque station durant les huit mois d'échantillonnage. Il est illustré dans les annexes : 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12.

Au cours du travail de terrain long et fastidieux, nous avons recensé un total de 32537 spécimens appartenant à 100 espèces et pour couronner ce labeur, nous avons fait la belle découverte d'une espèce nouvelle pour la science qui n'est autre que *Corosella sp.* Dans l'attente d'une identification moléculaire un nom spécifique lui sera attribué et il sera inscrite à l'inventaire national des macroinvertébrés.

Les espèces récoltées appartiennent à huit classes différentes (figures : 22,23,24,25,26,27,28,29,30 et 31). Mis à part la station Ras el ma qui est dominée par les crustacées, toutes les autres stations sont gouvernées par les insectes.

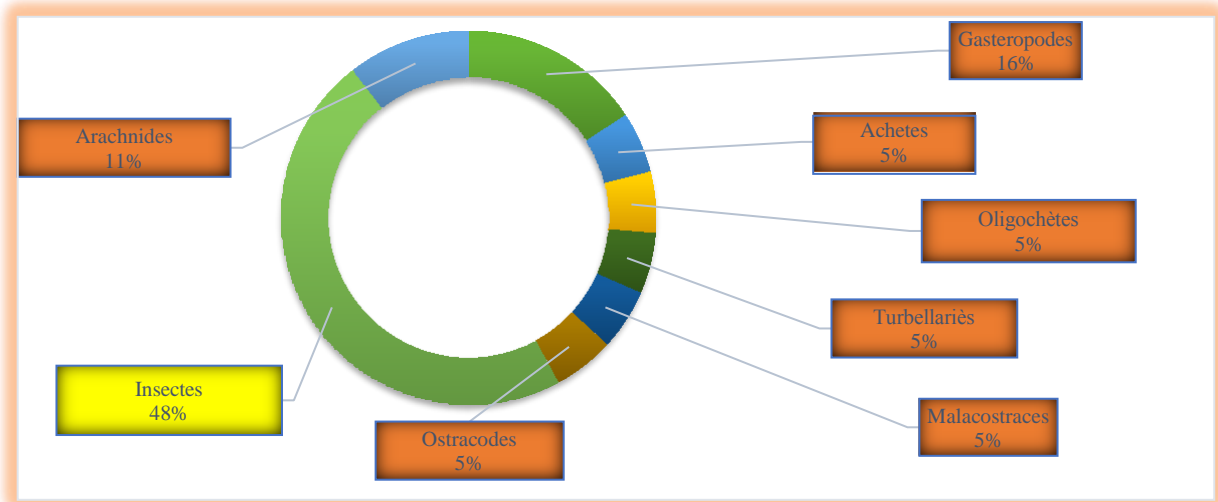


Figure22 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Tadout.

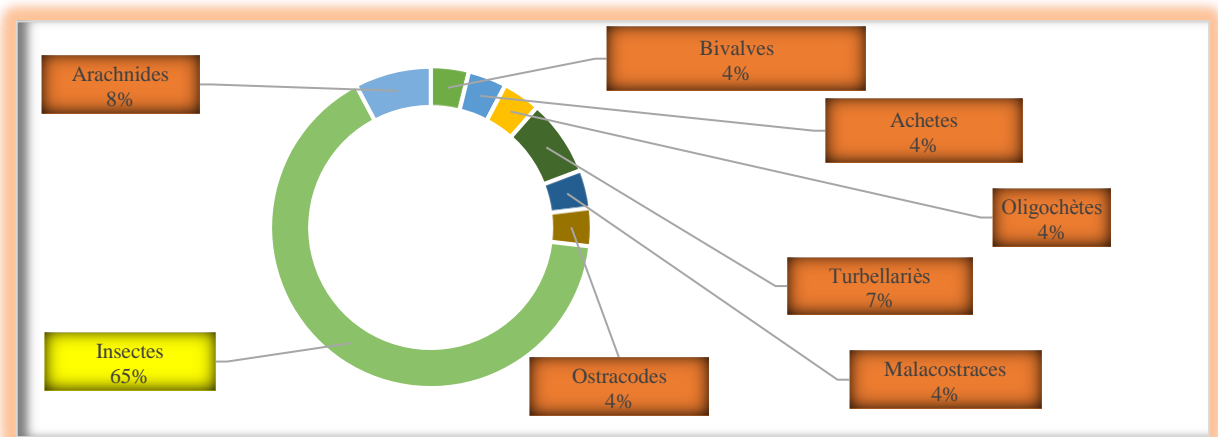


Figure23 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Abkhbakh

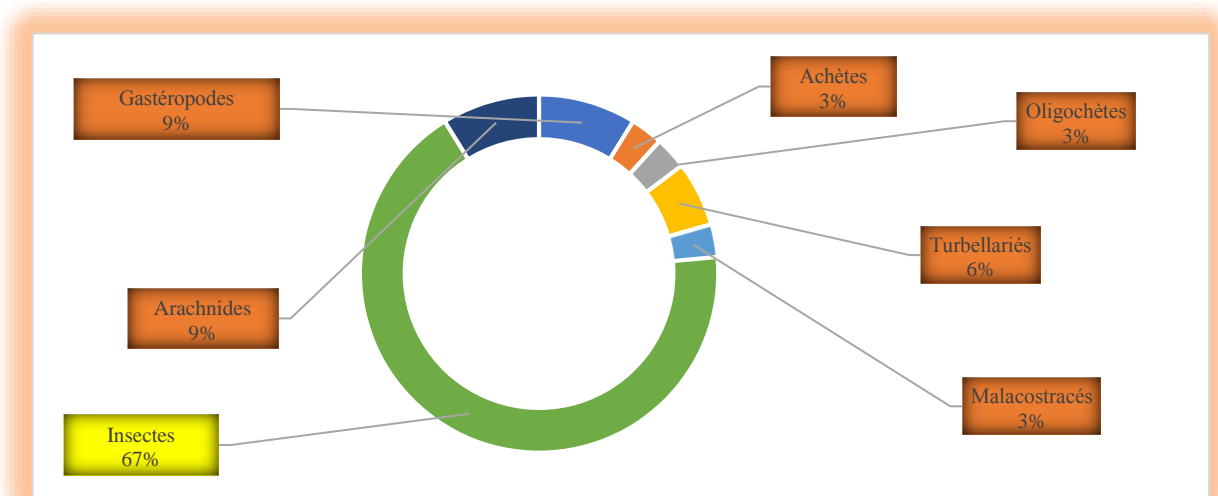


Figure24 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Aghbal (el hajeb).

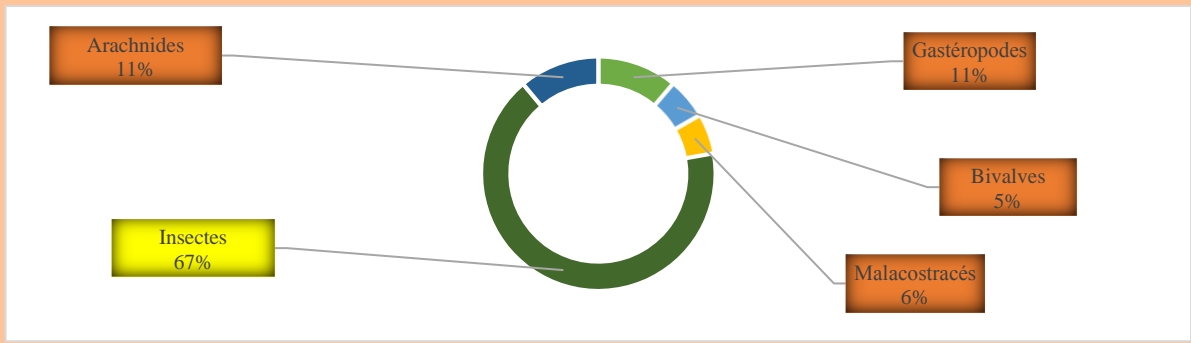


Figure25 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Atrous(ribaa).

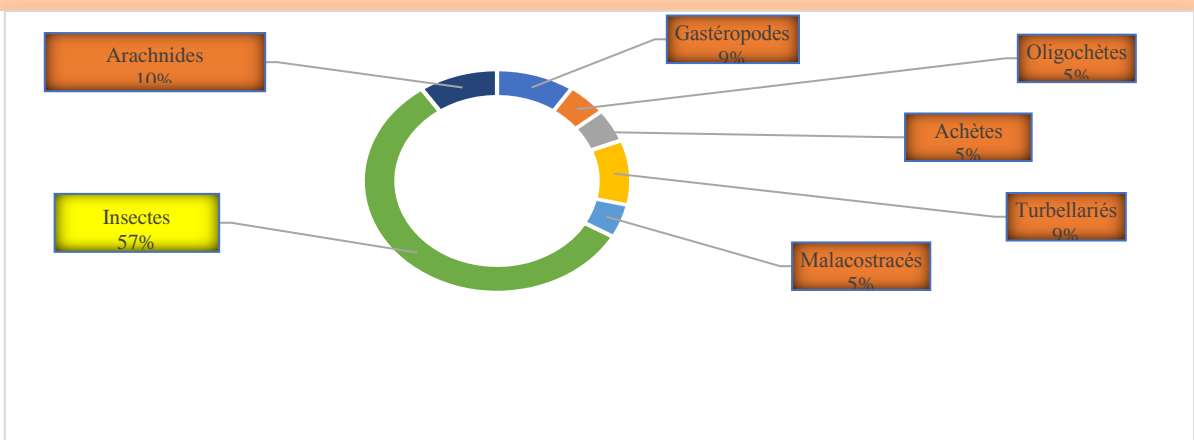


Figure26 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Ghara.

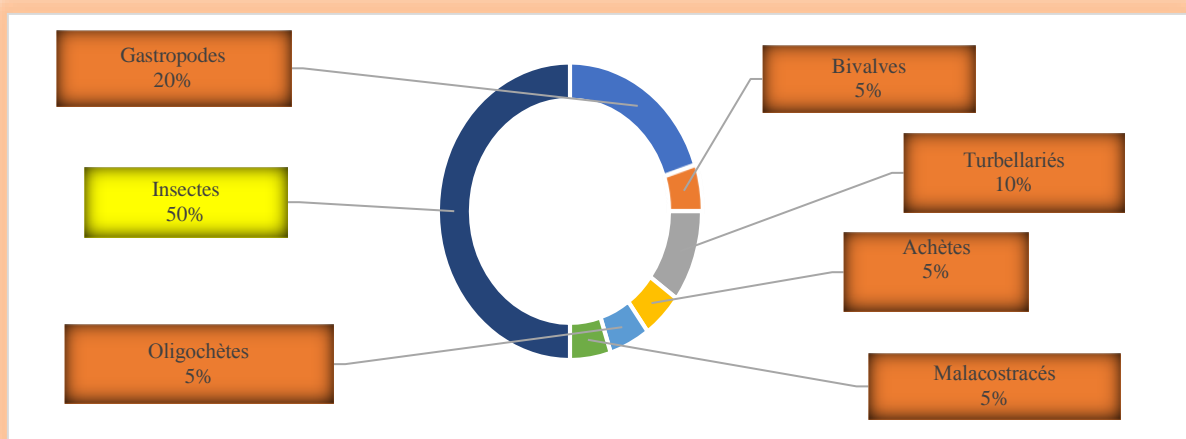


Figure27 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Sidi mimoun.

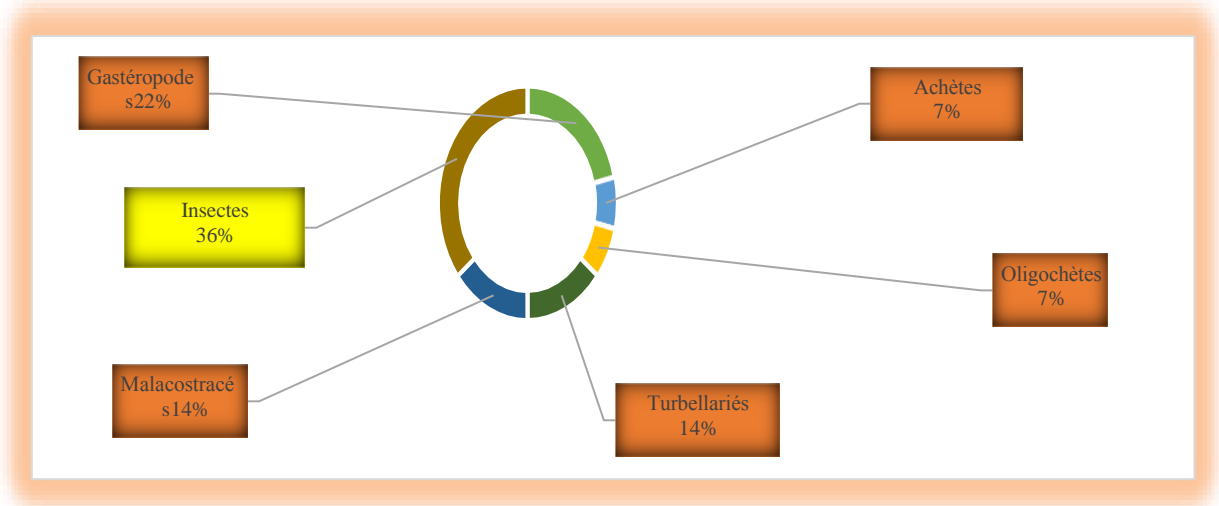


Figure28 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Louali.

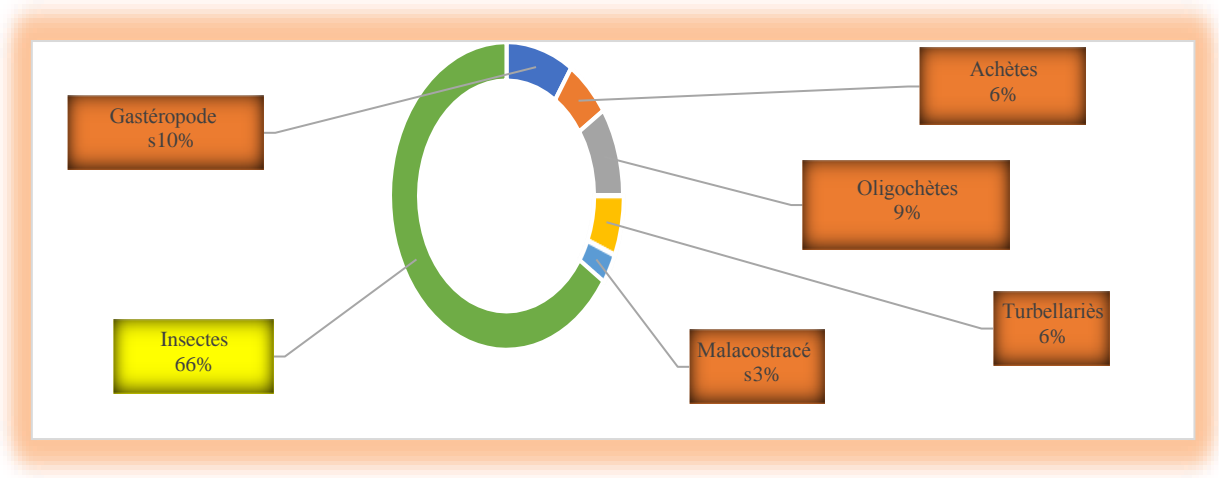


Figure29 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Atrous(ol).

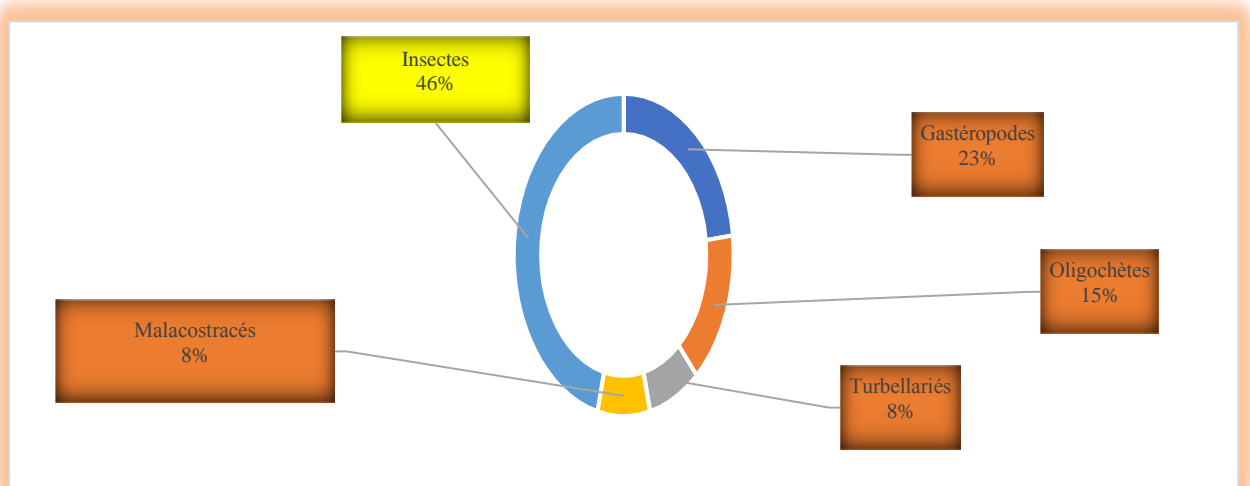


Figure30 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Aghbal (Azrou).



Figure31 : Pourcentage des classes taxonomiques dans la station Ras el ma.

III.2.2 Richesse spécifique dans chaque station

La richesse spécifique (ou richesse taxonomique) est estimée par le nombre d'espèces présentes dans un système donné. Elle est d'autant plus élevée que le biotope est hétérogène et moins influencé par les activités anthropiques.

En termes de cet indice, c'est la station Aghbal(H) qui abrite le plus grand nombre d'espèces (43 espèces) tandis que la plus faible richesse spécifique a été notée dans la source Ras el ma avec un total de 9 espèces (figure32).

Les variations importantes du débit des cours d'eau affectent la diversité taxonomique des macroinvertébrés (CNRS et al., 2012). Ras el ma est une source qui a été sujette à une sécheresse importante durant la période d'échantillonnage. Ce qui a provoqué des déficits hydrauliques marqués engendrant un appauvrissement du milieu en oxygène et une dégradation de sa qualité trophique affectant ainsi la diversité taxonomique des peuplements des macro invertébrés qui ont élu domicile dans cette résurgence. A cela s'ajoute l'action anthropique qui a incontestablement une incidence sur l'ampleur de cet aléa d'origine environnemental. En effet, Ras el ma n'est pas seulement une ressource en eau potable pour les agglomérations avoisinantes mais aussi une destination touristique parfaite vu sa proximité de la plus belle forêt des cèdres de l'Atlas du Maroc, habitat des macaques berbères. En revanche, le revers de la médaille serait une pollution organique importante qui a induit des conditions défavorables pour le développement des espèces polluo-sensibles en faveur d'autres taxons polluo-tolérants affectant ainsi la richesse spécifique de cet écosystème aquatique précieux.

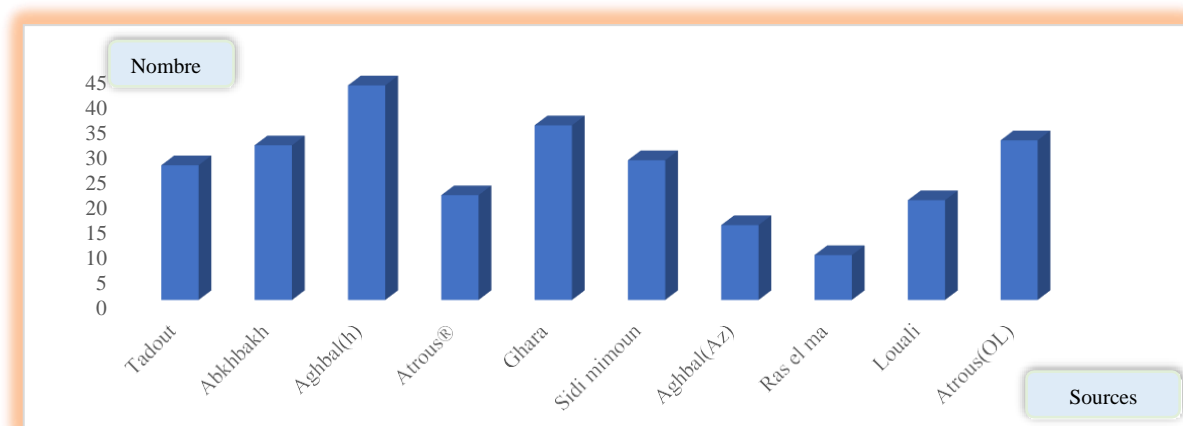


Figure32 : Richesse taxonomique dans les différentes stations étudiées.

III.2.3 Abondance totale

L'abondance est une mesure de base en écologie d'eau douce. Il s'agit du nombre total d'individus de chaque espèce récoltée durant les huit mois d'échantillonnage dans les dix sources étudiées. Cette abondance fluctue suivant les stations. On constate que la station Ag(H) tient le devant en termes de cet indice avec une collecte totale de 6745 individus, suivie respectivement des sources suivantes : Abkhbakh, Ghara, Atrous(riboo), Sidi mimoun, Aghbal (Az), Louali, Tadout, Ras el ma et Atrous (ol) présentant des valeurs respectives d'abondance de : 5502,4005, 3584,3049,2829,2449,1973,1434 et 967(tableau12). Ces variations spatiales pourraient être attribuées aux diverses influences que subit les milieux et aux aussi à la nature des différents habitats.

Tableau12 : Abondance totale dans les dix stations prospectées.

Aghbal (el hajeb)	6745 individus
Abkhbakh	5502 individus
Ghara	4005 individus
Atrous(riboo)	3584 individus
Sidi mimoun	3049 individus
Aghbal (Az)	2829 individus
Louali	2449 individus
Tadout	1973 individus
Ras el ma	1434 individus
Atrous (ol)	967 individus

III.2.4 Indices écologiques

III.2.4.1 Indice de diversité spécifique

Afin de permettre une meilleure compréhension de la structure des communautés et ainsi une meilleure gestion des milieux et de leurs habitants, des indices toujours plus précis, apportant une quantité plus importante d'information sont développés. Parmi ces indices, on note les indices de diversité. Ces paramètres permettent d'étudier la structure des peuplements en faisant référence ou non à un cadre spatio-temporel concret. Ils permettent d'avoir rapidement, en un seul chiffre, une évaluation de la biodiversité du peuplement. De nombreux indices de diversité sont cités dans la littérature. L'indice de Shannon (H), utilisé dans cette étude, présente l'avantage d'avoir été le plus fréquemment employé dans les études d'écologie benthique. Il est minimal quand tous les individus d'une population appartiennent à une seule et même espèce ou dans le cas où au sein d'un même échantillon, chaque espèce est représentée par un seul individu, à part une espèce qui est représentée par tous les autres individus de la population étudiée. H est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale sur toutes les espèces.

Parmi les dix stations prospectées c'est la source Aghbal(el hajeb) qui possède le plus haut indice de diversité spécifique avec une valeur de 2,05, suivie respectivement des stations : Ghara, Atrous(ol), Abkhbakh, Sidi mimoun, Tadout, Atrous(riboo), Louali, Aghbal (Azrou) et Ras el ma(figure33). Cet état des lieux observé au niveau des 9 premières sources est le fruit d'une corrélation de différents paramètres biotiques et abiotiques qui ont favorisé l'installation d'espèces différentes dans ces stations selon leur préférendum écologique. Parmi les facteurs les plus importants régissant la diversité spécifique au niveau de ces sites on note : l'hétérogénéité de leurs substrats, leurs températures basses, leurs vitesses du courant rapides à modérées et la faible pression anthropique. Cependant, l'emplacement de la source Ras el ma, en queue du classement pourrait être expliqué d'une part, par le déficit hydrique marquant cet écosystème aquatique et d'autre part, par la pression anthropique accentuée vu sa situation géographique, au milieu de la forêt des macaques et sa proximité des villes : Azrou et Ifrane.

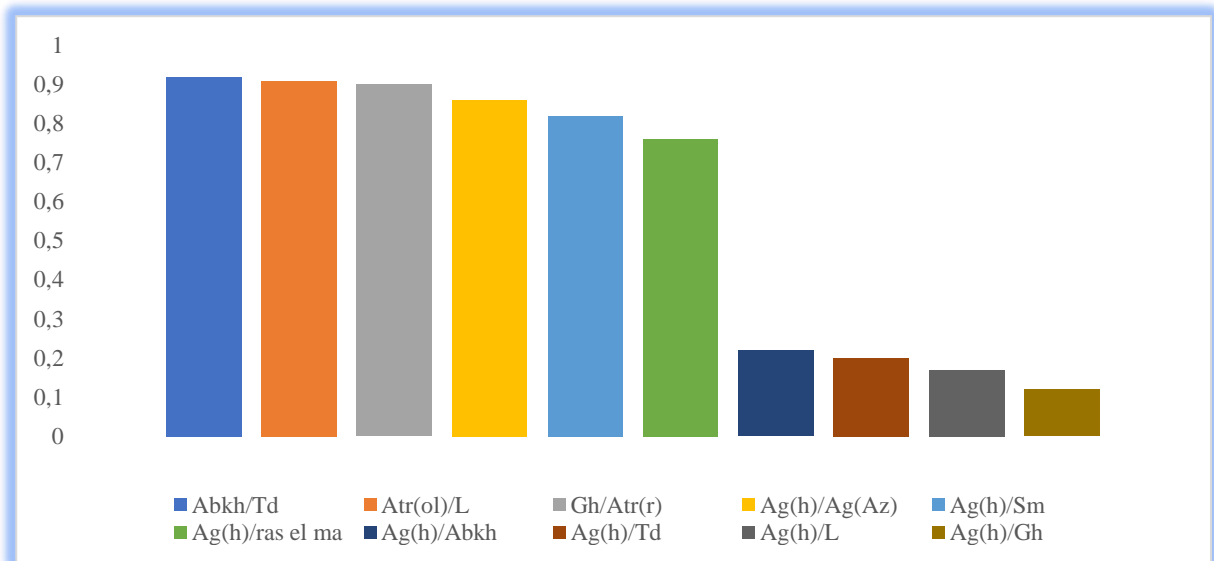


Figure33 : Indice de diversité spécifique dans les dix stations étudiées

III.2.4.2 Indice d'équitabilité spécifique

L'équitabilité est aussi appelée régularité ou équi-répartition. C'est la distribution du nombre d'individus par espèces. Elle varie entre 0 (une seule espèce à une probabilité de 1) et 1 (toutes les espèces ont la même probabilité). Autrement dit, cet indice est maximal quand les espèces ont des abondances identiques dans le peuplement et il est minimal quand une seule espèce domine tout le peuplement.

Parmi les dix stations étudiées, C'est la source Ras el ma qui vient en dernière position avec une valeur égale à 0,07 (figure34), vu que l'espèce *Gammarus gauthieri* domine le reste des taxons. Un état des lieux qui diffère de celui des sources : Aghbal(h), Ghara et Atrous(ol) où les valeurs de l'indice d'équitabilité sont les plus élevées du fait qu'elle n'existe pas d'espèces prépondérantes au niveau de ces écosystèmes.

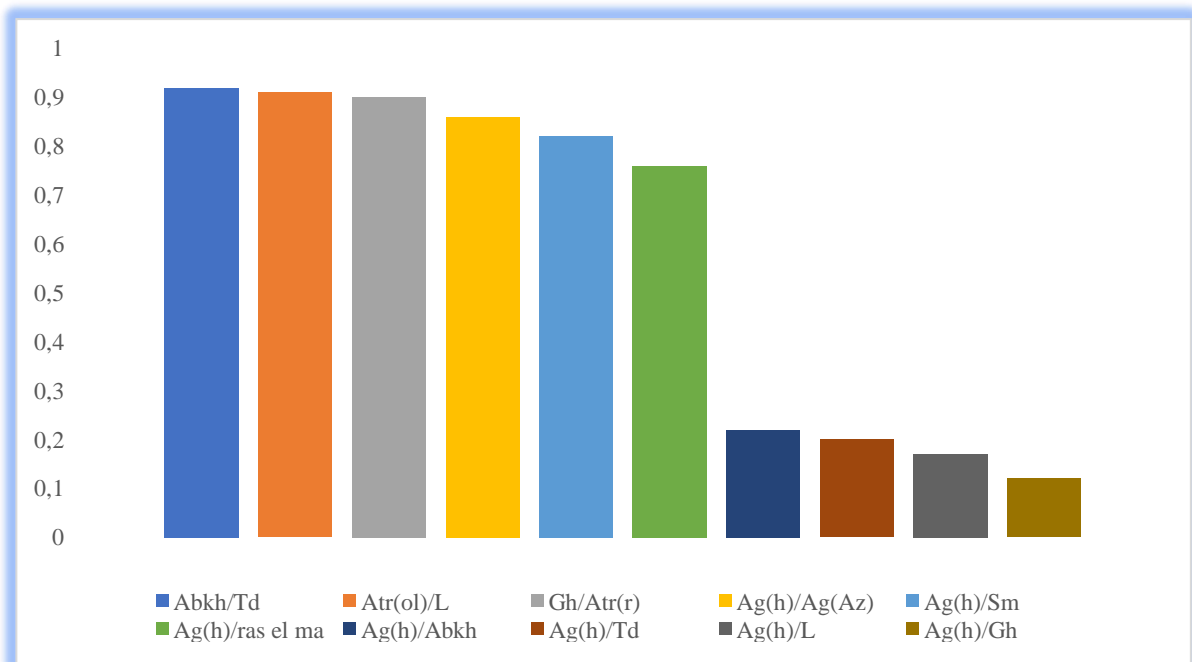


Figure34 : Indice d'équitabilité spécifique dans les dix stations étudiées.

III.2.4.3 Indice de Jaccard

Il s'agit d'un test de similarité entre deux habitats en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé. Il a pour formule : $J = \frac{a}{a+b+c}$

- a : représente le nombre d'espèces communes entre deux habitats.
- b : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 1.
- c : représente le nombre d'espèces uniques pour l'habitat 2.

Si l'indice J augmente, un nombre important d'espèces se rencontre dans les deux habitats évoquant ainsi que la biodiversité inter habitat est faible (conditions environnementales similaires entre les habitats). Dans le cas contraire, si l'indice diminue, on ne rencontrera qu'un faible nombre d'espèces présentes sur les deux habitats. Ainsi, les espèces pour les deux habitats comparés sont totalement différentes indiquant que les différentes conditions de l'habitat déterminent un « turn-over » des espèces importantes.

D'après la figure 35, on remarque que les sources Tadout et Abkhbakh présentent la valeur la plus élevée (0,92). Un résultat tout à fait évident du fait que ces deux stations appartiennent à la même entité géologique qui n'est autre que le moyen atlas plissé. Cela veut dire qu'elles ont des conditions écologiques similaires influençant la diversité des macroinvertébrés qui y sont inféodés. La même remarque qui va de soi pour les stations : Atr(ol)/L, Gh/atrous® et Aghbal(h)/Aghal (Az). Cependant ce scénario n'est plus le même pour les stations Aghbal(h) et Atrous(ol) qui présentent la valeur la plus faible (0,03) du fait que ces deux résurgences possèdent une lithologie et des conditions environnementales différentes qui régissent incontestablement l'écologie de la macrofaune qui y sont inféodée.

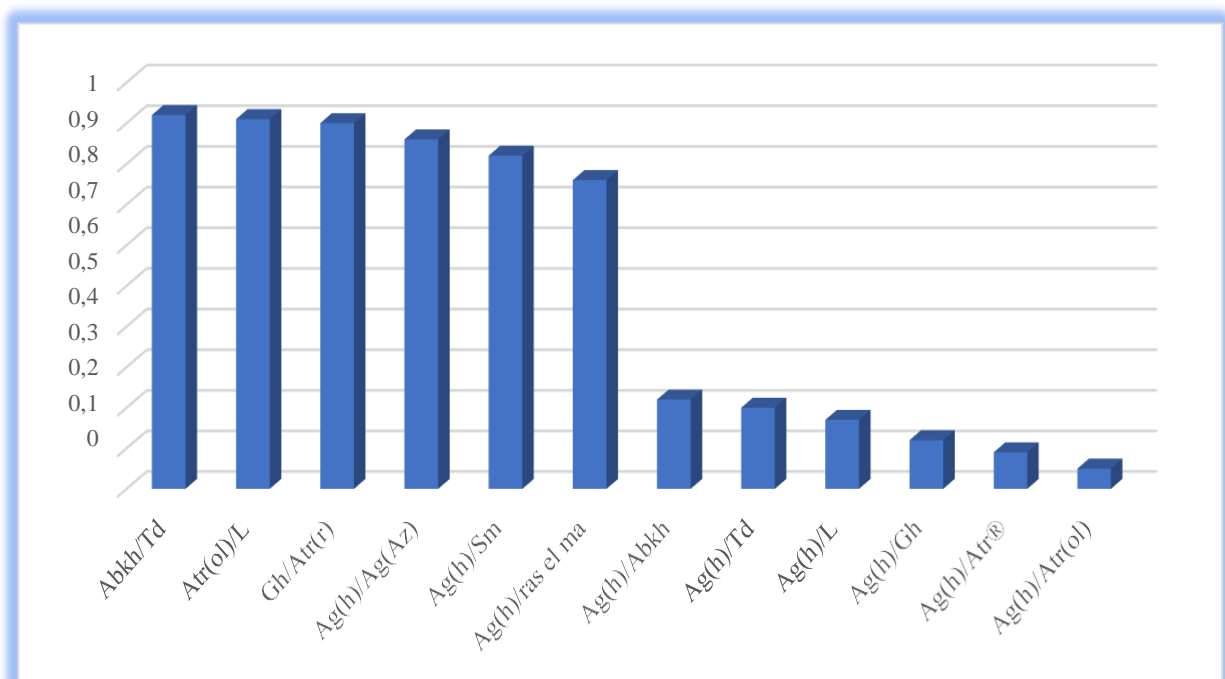


Figure35 : Indice de Jaccard dans les dix stations étudiées

III.2.4.4 Abondance relative

- Station Tadout

L'analyse de l'ensemble des peuplements récoltés durant la période d'étude, montre qu'Ain Td, les deux crustacés *Gammarus rifatlensis* et *Gammarus maroccanus* sont les plus inventoriés avec des valeurs (en pourcentage) respectives de 22,3% et 12,2%, ensuite vient l'espèce *Mélanopsis praemorsa* (10,3%) et enfin le cortège des 24 espèces restantes, ayant élu domicile à cette station (tableau13).

Tableau13 : Abondance relative des différents taxons à Tadout

Espèces	Abondances relatives
<i>Melanopsis praemorsa</i>	10,3%
<i>Pseudomnicola sp.</i>	1,01%
<i>Corosella sp.</i>	0,07%
<i>Horatia sp.</i>	0,36 %
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1,4%
<i>Helobdella sp.</i>	0,9%
<i>Phagocata sp.</i>	0,1%
<i>Gammarus rifatlensis</i>	22,3%
<i>Gammarus maroccanus</i>	12,2%
<i>Cypridopsis sp.</i>	0,4%
<i>Cypridina sp.</i>	0,12%
<i>Dasyheleina sp.</i>	0,14%
<i>Dixa sp.</i>	0,12%
<i>Simulium wilhemia</i>	2,3%
<i>Simulium sergenti</i>	3,4%
<i>Gerris sp.</i>	3,2%
<i>Baetis rhodani</i>	3,3%
<i>Caenis luctuosa</i>	4,8%
<i>Héptagenia sp.</i>	4,02%
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	5,01%
<i>Liminus sp.</i>	3,09%
<i>Oxyethira sp.</i>	5,03%
<i>Hydropsyche sp.</i>	5,7%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	3,9%
<i>Piona uncata</i>	1,04%
<i>Lumbricus sp.</i>	1,05%
<i>Baetis pavidus</i>	5%

- Station Abkhabkh

A son tour, Ain Abkhabkh est gouvernée par *Gammarus marmouchensis* (85,4%) du coup que les 31 espèces restantes sont pauvrement représentées (tableau14).

Tableau14 : Abondance relative des différents taxons à Abkhabkh

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Pisidium personatum</i>	0,1%
<i>Glossiphonia sp.</i>	0,02%
<i>Lumbricus sp.</i>	1,1%
<i>Phagocata sp.</i>	0,2%
<i>Dugesia gonocephala</i>	0,9%
<i>Gammarus marmouchensis</i>	85,4%
<i>Cypridopsis sp.</i>	0,002%
<i>Cypridina sp.</i>	0,003%
<i>Dasyhelea sp.</i>	0,002%
<i>Monsonia sp.</i>	0,006%
<i>Simulium ornatum</i>	0,002%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	0,003%
<i>Simulium sergenti</i>	0,002%
<i>Naucoris maculatus</i>	0,03%
<i>Baetis rhodani</i>	1,9%
<i>Baetis pavidus</i>	1,8%
<i>Caenis luctuosa</i>	0,01%
<i>Caenis pusilla</i>	0,02%
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	0,01%
<i>Heptagenia sp.</i>	0,01%
<i>Agabus sp.</i>	0,02%

<i>Elmis maugetii</i>	0,001%
<i>Berraeodos sp.</i>	0,003%
<i>Hydropsyche fezana</i>	0,001%
<i>Agapitus incertilus</i>	0,002%
<i>Sialis sp.</i>	0,002%
<i>Agriotypus sp.</i>	0,001%
<i>Calopteryx splendens</i>	3%
<i>Calopteryx hemoroidalis</i>	2%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	0,23%
<i>Piona uncata</i>	0,22%

- Station Aghbal (El hajeb)

A l'instar de Tadout et Abkhbakh, la source Aghbal (H) est aussi majoritairement peuplée par les crustacés. En effet, l'analyse de l'ensemble des spécimens récoltés durant la période d'étude révèle que *Gammarus gauthieri* est l'espèce prédominante dans cette station. Elle représente 25,8% de la population totale suivie de *Mesovelina sp.* (12,3%). En troisième position vient l'espèce *Microveila sp.* (10,4%) et en queue de file se place le reste des espèces (tableau15).

Tableau15 : Abondance relative des différents taxons à Aghbal(el hajeb)

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	4
<i>Thiodoxus numidicus</i>	5,4
<i>Pseudomnicola sp.</i>	3,7
<i>Helobdella sp.</i>	1,93
<i>Glossiphonia sp.</i>	3,07
<i>Haplotaxis sp.</i>	3,04
<i>Polycelis nigra</i>	0,45
<i>Dugesia gonocephala</i>	0,001
<i>Dugesia sp.</i>	1,1
<i>Gammarus gauthieri</i>	25,8%
<i>Chironomus sp.</i>	0,004
<i>Simulium mellah</i>	0,88
<i>Simulium pseudoquinum</i>	1,1
<i>Simulium sergenti</i>	0,002
<i>Gerris sp.</i>	1,78%
<i>Mesovelina sp.</i>	12,3%
<i>Microveila sp.</i>	10,4%
<i>Notonecta sp.</i>	0,97
<i>Glaenocorisca sp.</i>	1,95%
<i>Baetis rhodani</i>	0,01%
<i>Baetis pavidus</i>	0,02%
<i>Baetis alpinus</i>	7,76%
<i>Centroptilum sp.</i>	5,23%
<i>Caenis luctuosa</i>	3,67%
<i>Caenis pusilla</i>	2,33%
<i>Erochrus sp.</i>	2,23%
<i>Elmis maugetii</i>	0,17%
<i>Hydranea sp.</i>	0,12%
<i>Gyrinus sp.</i>	0,003%
<i>Lasiocephalus sp.</i>	0,12%
<i>Calamoceras sp.</i>	0,15%
<i>Rhyacophila sp.</i>	0,08%
<i>Diplectrona sp.</i>	0,04%
<i>Glossosoma sp.</i>	0,05%
<i>Agapitus sp.</i>	0,07%
<i>Agriotypus sp.</i>	0,03%
<i>Agapitus incertilus</i>	0,009%
<i>Arrenurus sp.</i>	0,007%
<i>Piona sp.</i>	0,008%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	0,005%
<i>Elophila sp.</i>	0,004%
<i>Brachyptera sp.</i>	0,001%
<i>Euleuctra sp.</i>	0,001%

- Station Atrous (secteur ribaa)

Pareillement à Aghbal, *Gammarus gauthieri* est l'espèce qui gouverne dans la source Atrous (secteur ribaa). Elle représente 79,4% de la population totale tandis que les autres espèces ne sont que faiblement représentées (tableau16).

Tableau16 : Abondance relative des différents taxons dans Atrous (secteur ribaa)

Espèces	Abondance relative (%)
<i>Baetis rhodani</i>	1,69%
<i>Melanopsis sealaris</i>	3,1%
<i>Caenis luctuosa</i>	4%
<i>Pisidium personatum</i>	1,3%
<i>Brachycerus sp.</i>	2,5%
<i>Pseudomnicola sp.</i>	3%
<i>Erochrus sp.</i>	2%
<i>Gammarus gauthieri</i>	79,4%
<i>Gyrinus sp.</i>	0,06%
<i>Simulium ornatum</i>	0,06%
<i>Calamoceras sp.</i>	0,03%
<i>Willenia quadriphilata</i>	0,07%
<i>Glossosoma sp.</i>	0,08%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	0,06%
<i>Psychomyia pusilla</i>	0,2%
<i>Gerris sp.</i>	0,21%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	1,09%
<i>Naucoris sp.</i>	0,06%
<i>Piona sp.</i>	0,03%
<i>Nepa sp.</i>	1,001%
<i>Micronecta sp.</i>	0,06%

- Station Ghara

Au niveau de cette source, les résultats révèlent que c'est l'espèce *Baetis pavidus* qui tient le devant en termes d'abondance avec une valeur (en pourcentage) égale à 26,7% suivie respectivement des crustacés *Gammarus gauthieri* (20,4%) et *Gammarus maroccanus* (20%). Les espèces restantes se présentent en minorité (tableau17).

Tableau17 : Abondance relative des différents taxons à Ghara

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	3,5
<i>Caenis luctuosa</i>	4
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1
<i>Caenis pusilla</i>	1
<i>Haplotalaxis sp.</i>	1
<i>Elmis sp.</i>	1
<i>Glossiphonia sp.</i>	1
<i>Riolus sp.</i>	2
<i>Helobdella sp.</i>	1%
<i>Hydranea sp.</i>	0,23%
<i>Polycelis nigra</i>	1,15%
<i>Rhartus sp.</i>	7,12%
<i>Phagocata sp.</i>	0,65%
<i>Rhyacophila sp.</i>	1,9%
<i>Dugesia sp.</i>	0,43%
<i>Diplectrona sp.</i>	0,4%
<i>Gammarus gauthieri</i>	20,4%
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	0,1%
<i>Gammarus maroccanus</i>	20%
<i>Procleon sp.</i>	1,12%
<i>Simulium wilhemia</i>	2,14%
<i>Traulus sp.</i>	4,2%
<i>Simulium mellah</i>	4,17%
<i>Centropilum sp.</i>	3,6%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	3,76%
<i>Baetis alpinus</i>	3,01%
<i>Simulium velutinum</i>	2,01%
<i>Baetis pavidus</i>	1,94%
<i>Gerris sp.</i>	0,98%
<i>Baetis rhodani</i>	0,95%
<i>Mesovelia sp.</i>	0,01%
<i>Microveila sp.</i>	0,03%
<i>Naucoris sp.</i>	2,02%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	1,04%
<i>Arrenurus sp.</i>	1,14%

- Station Sidi mimoun

Cette source est peuplée majoritairement par le crustacé *Gammarus gauthieri* qui représente 63,4 % la faune totale de la station, suivie par *Simulium pseudoquinum* (10,9%) et en queue de file se place le reste des espèces (tableau18).

Tableau18 : Abondance relative des différents taxons à Sidi mimoun

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	3,2%
<i>Horatia sp.</i>	2,8%
<i>Corosella sp.</i>	1,1%
<i>Pisidium personatum</i>	0,97%
<i>Galba sp.</i>	0,01%
<i>Physella acuta</i>	0,03%
<i>Polycelis nigra</i>	0,02%
<i>Dugesia sp.</i>	0,04%
<i>Helobdella sp.</i>	0,06%
<i>Glossiphonia sp.</i>	0,02%
<i>Lumbricus sp.</i>	0,01%
<i>Gammarus gauthieri</i>	63,4 %
<i>Heptagenia sp.</i>	0,01%
<i>Elmis sp.</i>	2,73%
<i>Ceraclea sp.</i>	1,67%
<i>Glossosoma sp.</i>	1,84%
<i>Agapitus incertilus</i>	1,03%
<i>Agriotypus sp.</i>	2,01%
<i>Simulium mellah</i>	0,97%
<i>Simulium ornatum</i>	0,92%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	2,9%
<i>Gerris sp.</i>	2,97%
<i>Hebrus sp.</i>	2,04%
<i>Baetis rhodani</i>	1,97%
<i>Baetis pavidus</i>	2%
<i>Centroptilum sp.</i>	1,04%
<i>Procleon sp.</i>	2,9%
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	1,34%

- Station Aghbal (secteur d'Azrou)

A l'instar de SM, la source Agh (Az) est aussi gouvernée par l'espèce *Gammarus gauthieri* (72,28%). Les espèces restantes sont représentées en faible pourcentage (tableau19).

Tableau19 : Abondance relative des différents taxons à Aghbal (secteur d'Azrou)

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	9%
<i>Thiodoxus numidicus</i>	2,3%
<i>Pseudomnicola sp.</i>	3,1%
<i>Tubifex sp.</i>	1,4%
<i>Eisenilla sp.</i>	1%
<i>Dugesia tigrina</i>	1%
<i>Grenobia sp.</i>	0,91%
<i>Gammarus gauthieri</i>	72,28%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	1,54%
<i>Procleon sp.</i>	1,2%
<i>Glossosoma sp.</i>	1,97%
<i>Baetis rhodani</i>	2,4%
<i>Apatania sp.</i>	0,6%
<i>Hydrachnidia sp.</i>	0,5%
<i>Potamophilus sp.</i>	0,8%

- Station Ras el ma

Le crustacé *Gammarus gauthieri* est l'espèce qui prédomine dans cette source avec le plus haut pourcentage (62,4%) tandis que le reste des espèces se placent en queue de file (tableau20).

Tableau20 : Abondance relative des différents taxons à Ras el ma

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	25,3%
<i>Tubifex sp.</i>	3,4%
<i>Eisenilla sp.</i>	2,01%

<i>Helobdella sp.</i>	1,6%
<i>Dugesia tigrina</i>	0,97%
<i>Lumbricus sp.</i>	1,23%
<i>Glossiphonia sp.</i>	1,14%
<i>Grenobia sp.</i>	1,95%
<i>Gammarus gauthieri</i>	62,4%

- Station Louali

En termes d'abondance, c'est l'espèce *Gammarus gauthieri* qui tient le devant avec le plus haut pourcentage (40,2%) suivie de *Baetis pavidus* (20,5%). En troisième rang vient l'espèce *Gammarus maroccanus* (13,4%). Les espèces restantes sont moins abondantes (Tableau21).

Tableau21 : Abondance relative des différents taxons à Louali

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1,95
<i>Horatia sp.</i>	3,14%
<i>Melanopsis praemorsa</i>	3,67%
<i>Helobdella sp.</i>	4,01%
<i>Glossiphonia sp.</i>	1,92%
<i>Eisenilla sp.</i>	0,73%
<i>Eisenilla tetraedra</i>	1,12%
<i>Phagocata sp.</i>	2,02%
<i>Dugesia sp.</i>	2,05%
<i>Gammarus maroccanus</i>	13,4%
<i>Gammarus gauthieri</i>	40,2%
<i>Potamon fluviatilis</i>	2,15%
<i>Simulium velutinum</i>	1,03%
<i>Simulium sergenti</i>	1,01%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	0,9%
<i>Baetis pavidus</i>	20,5%
<i>Baetis alpinus</i>	0,07%
<i>Procleon sp.</i>	0,04%
<i>Heptagenia sulphurea</i>	0,02%
<i>Electrogena sp.</i>	0,07%

- Station Atrous (Oued lyhoudi)

Pour cette station, nous remarquons une prédominance marquante du crustacé *Gammarus maroccanus* (32,7%) tandis que les autres espèces ont de faible abondance (tableau22).

Tableau22 : Abondance relative des différents taxons à Atrous(ol)

Espèces	Abondances relatives (%)
<i>Melanopsis cariosus</i>	7,02%
<i>Physella acuta</i>	1,05%
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1,2%
<i>Helobdella sp.</i>	3,04%
<i>Glossiphonia sp.</i>	1,6%
<i>Eisenilla tetraedra</i>	1,4%
<i>Dugesia sp.</i>	1,1%
<i>Eisenilla sp.</i>	2,3%
<i>Lumbricus sp.</i>	1,3%
<i>Phagocata sp.</i>	0,9%
<i>Simulium wilhemia</i>	2,01%
<i>Hydranea sp.</i>	1,02%
<i>Gerris sp.</i>	1%
<i>Simulium sergenti</i>	2,02%
<i>Simulium pseudoquinum</i>	1,01%
<i>Simulium velutinum</i>	0,97%
<i>Gammarus maroccanus</i>	32,7%
<i>Naucoris sp.</i>	3,1%
<i>Nepa sp.</i>	2%
<i>Notonecta sp.</i>	6%
<i>Baetis rhodani</i>	2%
<i>Baetis pavidus</i>	11%
<i>Baetis alpinus</i>	2,3%
<i>Thraulys sp.</i>	4,1%
<i>Chematopsyche lepidae</i>	1,5%
<i>Caenis luctuosa</i>	0,06%
<i>Diplectrona sp.</i>	0,01%

<i>Procleon sp.</i>	0,4%
<i>Lasiocephalus sp.</i>	1,04%
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	1,9%
<i>Orectochilus sp.</i>	1,95%
<i>Peltodyte sp.</i>	1%

III.2.4.5 Fréquence

En termes de fréquence d'occurrence, les résultats d'analyse ont révélé que les espèces colonisant les stations Ras el ma et Louali sont toutes constantes. Cependant, au niveau des autres stations, ces taxons représentent plus des trois quarts de la population totale, le reste est réparti entre espèces accessoires et accidentelles (tableau23). Des résultats plus détaillés illustrant la liste des espèces constantes, accessoires et accidentelles récoltées au niveau de chaque source sont exposés dans les annexes :13,14,15,16,17,18,19,20,21,22 et 23.

Tableau23 : Fréquence d'occurrence des espèces colonisant les dix sources étudiées

Source	Nombre d'espèces constantes (≥50%)	Nombre d'espèces accessoires(25<accessoire<50)	Nombre d'espèces accidentelles (≤25)	Total
Tadout	25	2	0	27
Abkhbakh	26	2	3	31
Aghbal(H)	42	1	0	43
Atrous(ribaa)	17	3	1	21
Ghara	29	4	2	35
Sidi mimoun	23	4	1	28
Aghbal (Azrou)	13	1	1	15
Atrous(ol)	29	2	1	32
Ras el ma	9	0	0	9
Louali	20	0	0	20

Chapitre IV : Etude phénologique de la faune

Les récoltes faunistiques ont révélé que les gammares sont numériquement les plus inventoriés et ils sont omniprésents dans toutes les stations étudiées avec une présence continue au cours de l'an d'étude. Pas mal d'études se sont intéressées à l'étude de leurs cycles de reproductions ainsi que leurs dynamiques (Fadil., 2002) et (Nechad.,2013). Cependant, mis à part les études menées par (Nechad., 2013), aucun travail antérieur n'a porté sur l'étude phénologique des espèces appartenant aux autres groupes faunistiques.

Dans ce chapitre, nous allons exposer les résultats relatifs à toutes les espèces constantes appartenant aux différents taxons inventoriés au cours de cette étude, sans omettre l'espèce velle *Corosella sp.* Couronnant ce labeur.

IV.1 Gastéropodes

IV.1.1. *Corosella sp.*

Ce nouveau spécimen appartenant à la famille des Hydrobiidae est signalé pour la première fois au Maroc dans les sources Tadout et Sidi mimoun. Dans l'attente de l'identification moléculaire, un nom spécifique lui sera attribué et il sera inscrit à l'inventaire

national des macroinvertébrés. Ce taxon a été signalé en petit nombre à Tadout et encore moins à Sidi mimoun Tandis qu'il n'a pas prêté domicile dans les autres sources (figure36).

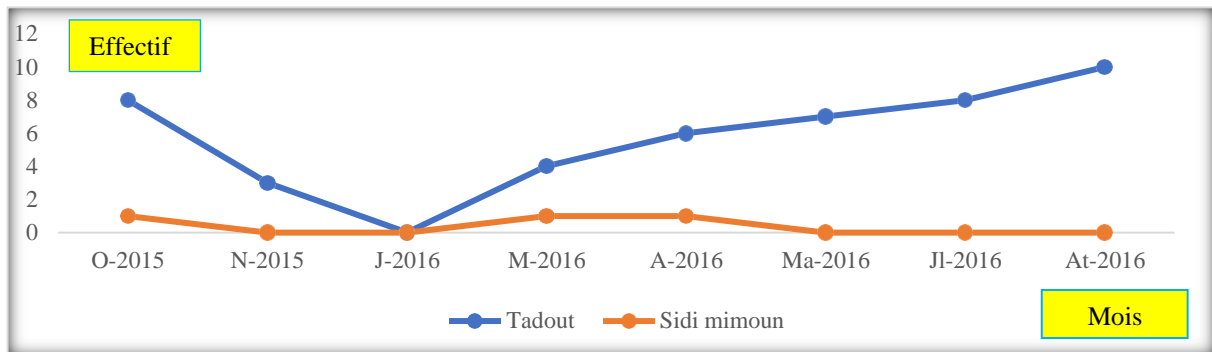


Figure36 : Evolution temporelle de *Corosella sp.* durant l'année 2015-2016

IV.1.2. *Mélanopsis praemorsa*

C'est un gastéropode dulcicole qui est « très commun en Afrique du Nord ». Au Maroc, cette espèce a été inventoriée au niveau des khattaras du champ d'épandage des eaux usées de la ville de Marrakech (El Mezdi., 1985). A l'exception des sources Atrous (OL) et Abkhbakh, ce mollusque a été rencontré dans toutes les autres stations étudiées en nombre relativement important. Ceci est probablement en relation avec les conditions abiotiques du milieu. La reproduction chez cette espèce est continue durant toute la période de l'étude. Elle atteint son effectif maximum à la station Aghbal avec 50 individus collectés en printemps (figure37). Dans les malacocénoses étudiées, *M. praemorsa* est le mollusque le plus abondant par rapport aux Pulmonés et aux autres espèces Prosobranches.

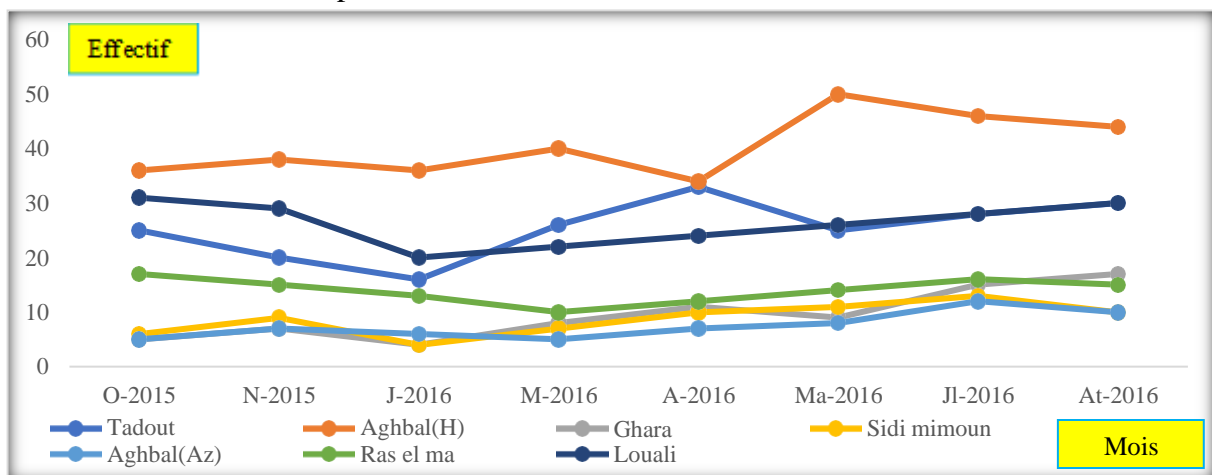


Figure37 : Evolution temporelle de *Mélanopsis praemorsa* durant l'année 2015-2016

IV.1.3. *Theodoxus numidicus*

Il s'agit d'une espèce rare et endémique maghrébine limitée au Maroc et à l'Algérie. Au Maroc, elle a été signalée au cours des 20 dernières années dans quelques localités. Cet escargot d'eau douce est particulièrement exigeant, limité aux sources et aux ruisseaux d'eau froide pure. Parmi toutes les stations prospectées, Aghbal(H), Tadout et Louali semblent être le biotope idéal pour cette espèce vu qu'elles renferment le plus grand nombre d'individus (figure38). Les stations Ghara, Atrous (OL) et Aghbal (Az) ont aussi eu la chance d'accueillir ce taxon mais d'une manière intermittente et en faibles abondances.

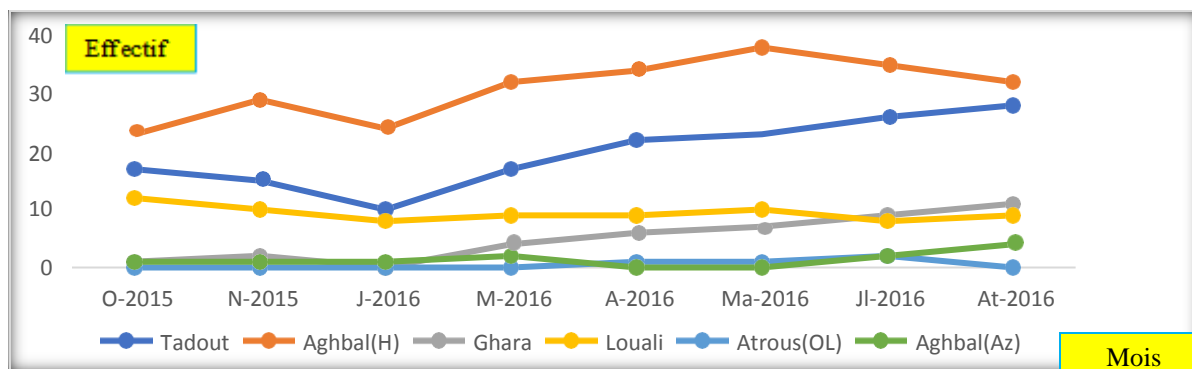


Figure38 : Evolution temporelle de *Theodoxus numidicus* durant l'année 2015-2016

IV.2 Crustacés

IV.2.1. *Gammarus rifatlensis*

Espèce apparemment liée aux grandes résurgences dans le Rif, la plaine de Saïs, le Moyen Atlas tabulaire et le Haut Atlas de Beni Mellal, entre 200 et 1400m d'altitude (Fadil,2002). Cette espèce a révélé sa présence uniquement à Tadout avec des effectifs plus ou moins importants tout le long de l'année d'étude. Le pic des individus récoltés se situe au mois d'août 2016(figure39).

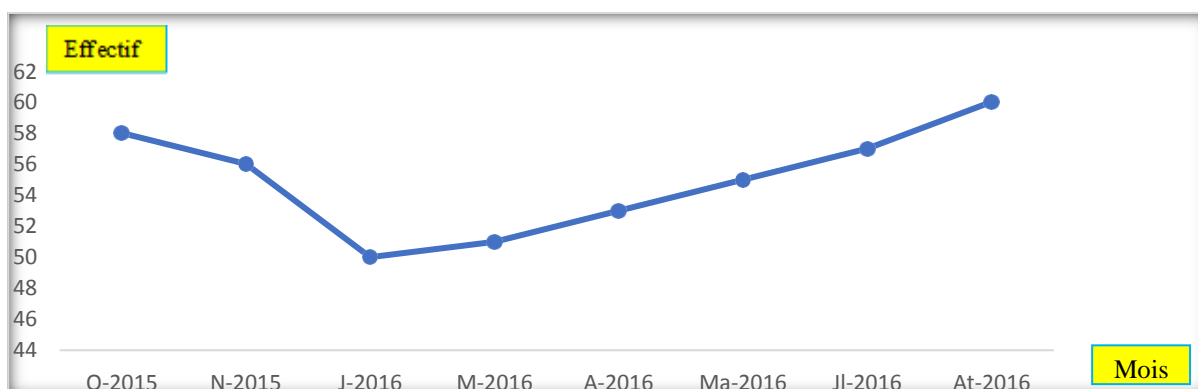


Figure39 : Evolution temporelle de *Gammarus rifatlensis* durant l'année 2015-2016.

IV.2.2. *Gammarus maroccanus*

Décrite pour la première fois par (Fadil et Dakki., 2001), c'est une espèce endémique qui a été collectée dans un premier temps dans la source Bourkaiz située à 14 km à l'ouest de la ville de Fès, à 540 m d'altitude et au niveau de l'oued Bourkaiz. (Moyen Atlas, Maroc), ensuite dans les cascades de Sefrou à 840 m d'altitude (Moyen Atlas, Maroc).

L'évolution annuelle de l'abondance de cette espèce varie au cours de l'année pour les quatre émergences Tadout, Ghara, Louali et Atrous (OL). Ainsi, on observe que les pics des individus récoltés se situent au mois d'août 2016 à Tadout et Louali, en juillet 2016 à Ghara et en Mars 2016 à Atrous (OL). On remarque aussi, que la présence de cette espèce à Ghara est plus importante que les autres résurgences (figure40).

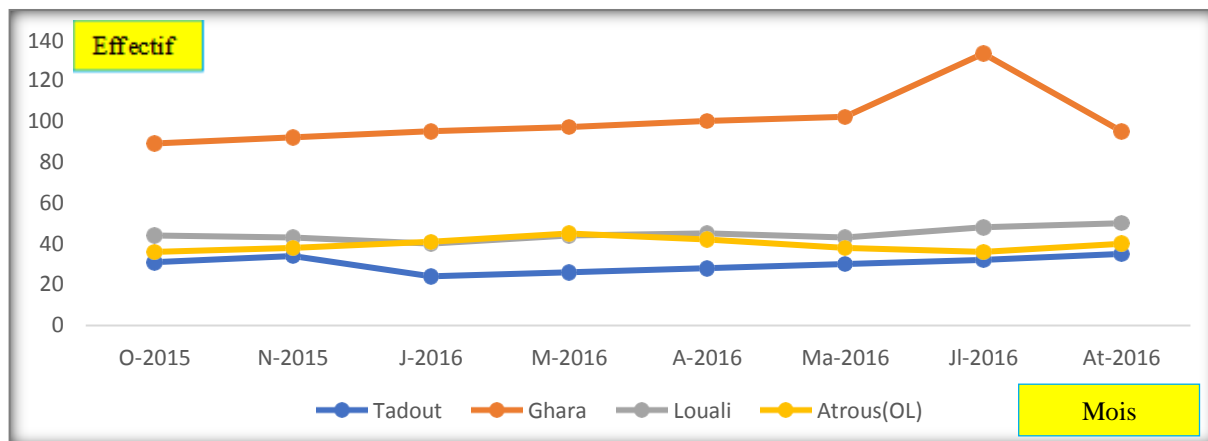


Figure40 : Evolution temporelle de *Gammarus maroccanus* durant l'année 2015-2016

IV.2.3. *Gammarus marmouchensis*

Cette espèce a été découverte pour la première fois en 2006 dans la source Tataw d'Immouzer Marmoucha (Fadil et Dakki., 2006), crevette d'eau douce à la couleur brunâtre, qu'on croyait qu'elle cantonne uniquement la source Tataw a indiqué sa présence à Abkhbakh aussi à des effectifs importants mais qui restent moins faibles par rapport à ceux trouvés dans la source Tataw. En effet, Lors de nos prospections, les maximas enregistrés culminent 742 individus collectés au mois d'août 2016 (figure41). Le cycle de reproduction de ce spécimen ainsi que sa dynamique de population sont dûment expliqués par la littérature (Fadil et Dakki., 2006, Nechad et al., 2014).

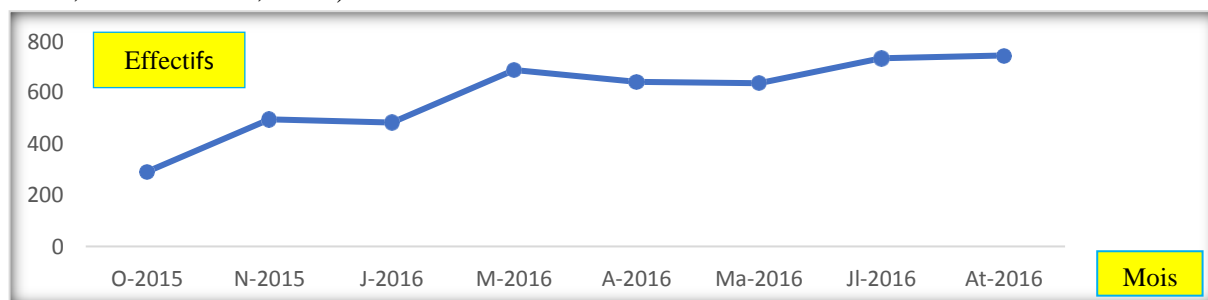


Figure41 : Evolution temporelle de *Gammarus marmouchensis* durant l'année 2015-2016

IV.2.4. *Gammarus gauthieri*

Espèce commune et très bien représentée en Afrique du Nord et dans la Péninsule Ibérique, où elle vit dans les eaux du crénal et du rithral riches en calcium. Au Maroc, son aire de distribution est très étendue. C'est l'espèce la plus fréquente dans le Moyen Atlas, la plaine de Saïs, La Haute Moulouya en plus de quelques stations dans la Meseta côtière et les régions orientales (Fadil., 2002).

La figure 42 indique l'évolution temporelle de *Gammarus gauthieri* durant l'année 2015-2016. La première conclusion qu'on peut tirer est que cette espèce est omniprésente et commune aux six stations : Aghbal(H), Atrous®, Ghara, Sidi mimoun, Aghbal (Az) et Ras el ma avec une présence continue. La seconde remarque est que ce taxon montre une préférence marquée pour les stations Aghbal(H), Atrous®, Sidi mimoun et Aghbal (Az) par rapport à Ghara et Ras el ma.

Pour les stations Atrous®, Aghbal (Az) et Ras el ma, le maximum d'individus épigés a été enregistré en mois de juillet 2016. Avec des valeurs respectives de 450, 271 et 74. En ce qui concerne la source Aghbal(H), le maximum enregistré est de 300 individus capturés au mois d'août 2016. Quant à la source Ghara, le maxima est enregistré en mois de Mai 2016 avec une valeur de 119 individus alors que pour la source Sidi mimoun, le maximum d'individus récoltés est de 250 et ce en Janvier 2016 (figure42).

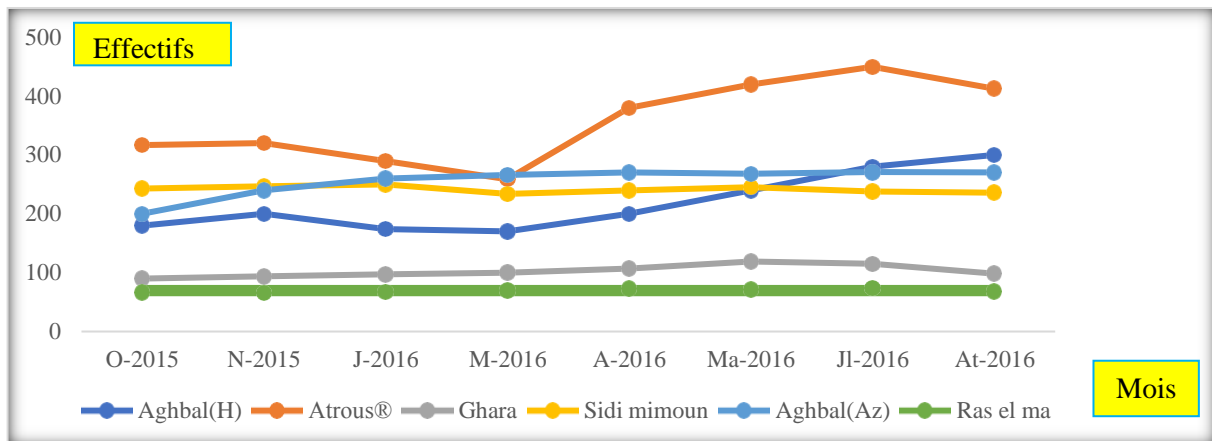


Figure42 : Evolution temporelle de *Gammarus gauthieri* durant l'année 2015-2016

IV.3 Turbellariés

IV.3.1. *Phagocata sp.*

Il s'agit de l'espèce des Turbellariés la plus récoltée en Europe. Il est reconnu qu'elle préfère peupler les sources. Cette espèce peuple les stations Tadout, Ghara, Louali, Abkh, et Atrous (OL). Sa présence aux premières trois stations est continue au cours de l'an d'étude avec une préférence marquante pour la station Td alors qu'elle cantonne les sources Abkh et Atrous (OL) d'une manière épisodique (figure43).

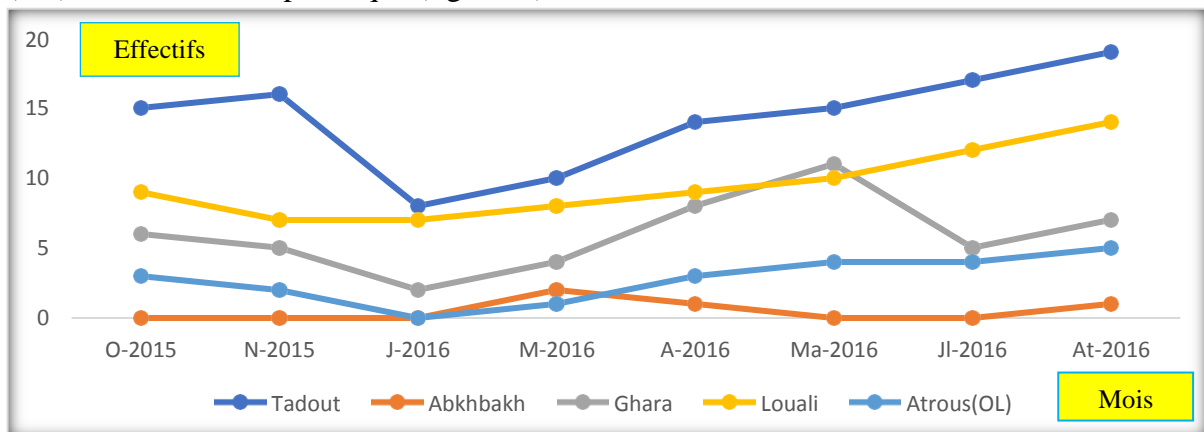


Figure43 : Evolution temporelle de *Phagocata sp.* durant l'an 2015-2016.

IV.3.2. *Dugesia tigrina*

C'est une espèce très tolérante qui se propage rapidement et constamment au détriment de ses congénères (Nechad et al.,2018). D'après la figure 44, on remarque que cette espèce domicile les stations Aghbal (Az) et Ras el ma tandis ce qu'elle déserte les autres stations. Cela d'une part, d'autre part, on note que la présence de cette espèce dans les deux résurgences est continue avec une abondance importante à Aghbal (Az).

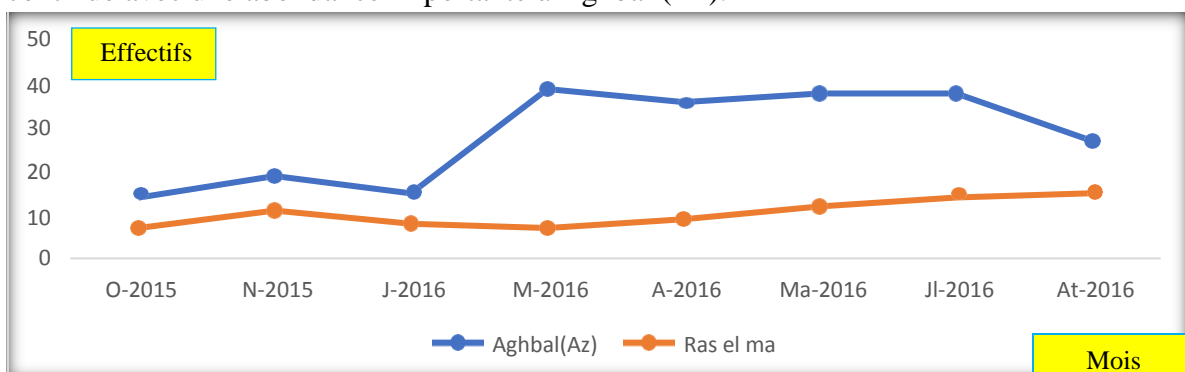


Figure44 : Evolution temporelle de *Dugesia tigrina* durant l'an 2015-2016.

IV.4 Diptères

IV.4.1. *Simulium pseudoquinum*

Simulium pseudoquinum occupe la frange méridionale de la zone paléarctique, depuis les îles Canaries jusqu'à l'ouest de la Russie, en passant par l'Afrique du Nord, l'Espagne, le sud de la France, l'Italie, les Balkans, la Lybie, Israël, le Liban, le Pakistan (Giudicelli et al., 2000). Cette espèce est omniprésente dans la majorité des stations prospectées. D'après la figure 45, on conclue que la station Sidi mimoun constitue le biotope idéal sans équivoque pour cette espèce grâce à sa forte densité et sa présence continue au cours de l'année d'étude. Les effectifs d'individus récoltés oscillent entre 23 et 37 individus par prélèvement. Cependant, elle est de moindre abondance dans les autres sources avec plusieurs générations chevauchantes par an.

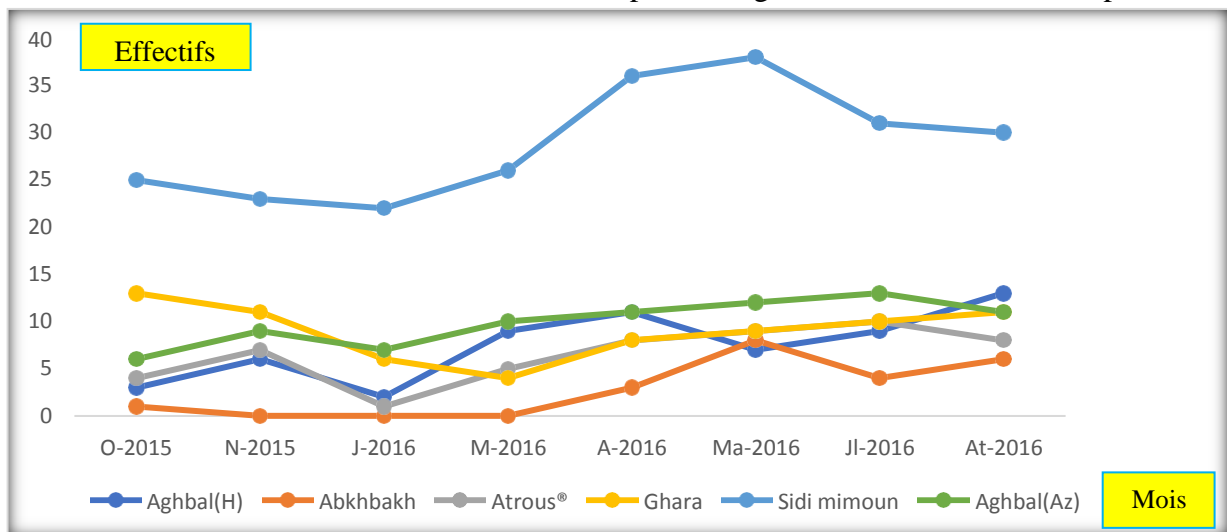


Figure45 : Evolution temporelle de *Simulium pseudoquinum* durant l'an 2015-2016

IV.4.2. *Simulium ornatum*

Simulium ornatum a une amplitude altitudinale plus large et se trouve dans des habitats plus variés : ruisseaux du crénel et du rhithral, cours inférieur des rivières de montagne. (Giudicelli et al., 2000). Cette espèce a été recensée dans les stations Abkhbakh, Atrous® et Sidi mimoun. Cette dernière constitue le refuge idéal pour la survie et la prolifération de *Simulium Ornatum* grâce au plus grand nombre d'individus qui y était récolté ainsi que sa présence continue au cours de l'an d'étude. En effet, le nombre d'individus recensés dans cette résurgence oscille entre 11 et 37. Cependant, pour les deux autres résurgences, le maximum d'individus enregistré est 14 et ce dans la station Atr® en out 2016 (figure46).

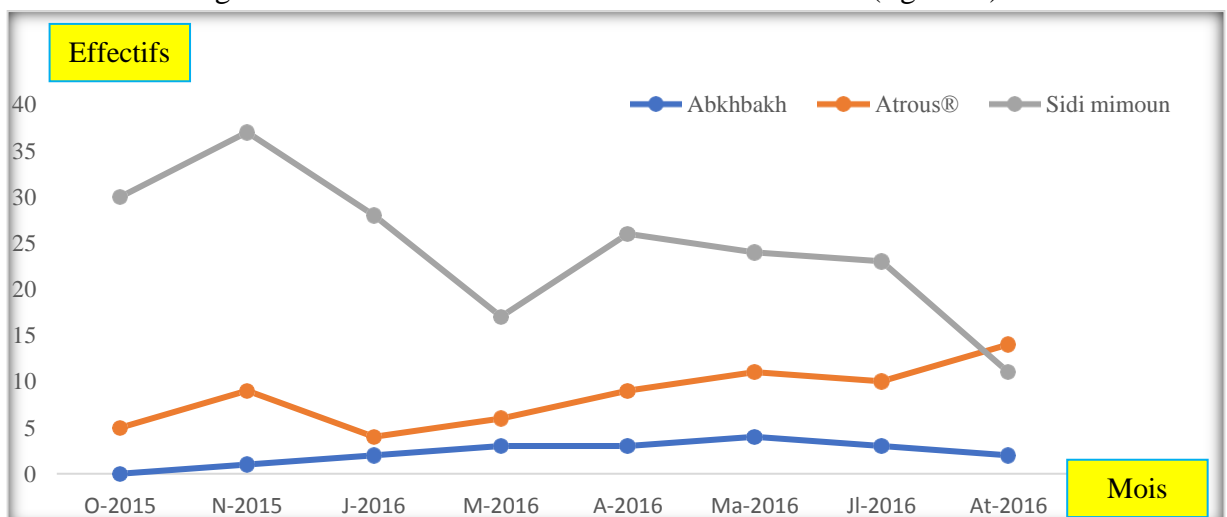


Figure46 : Evolution temporelle de *Simulium ornatum* durant l'année 2015-2016

IV.5 Ephéméroptères

IV.5.1. *Baetis rhodani*

Elle est la plus eurypote des espèces récoltées et se rencontre dans des biotopes très variés (sources, émissaires de sources, rivières) et à toutes les altitudes (El Alami et Dakii., 1998). Cette espèce a une très large distribution latitudinale couvrant l'Europe et les pays du pourtour méditerranéen. Au Maroc, elle constitue l'une des espèces les plus ubiquistes et elle présente une très large distribution horizontale (El Alami., 2002). Elle est citée de Tunisie par (Boumaiza., 1995) et de l'Algérie par (Thomas., 1998). Notre échantillonnage affirme cette préférence. *Baetis rhodani* pullule la majorité des sources prospectées : Tadout, Abkhbakh, Atrous®, Ghara, Sidi mimoun et Aghbal(H) avec une préférence remarquable pour cette dernière source. Cette résurgence est incontestablement le biotope idéal pour cette espèce (figure47).

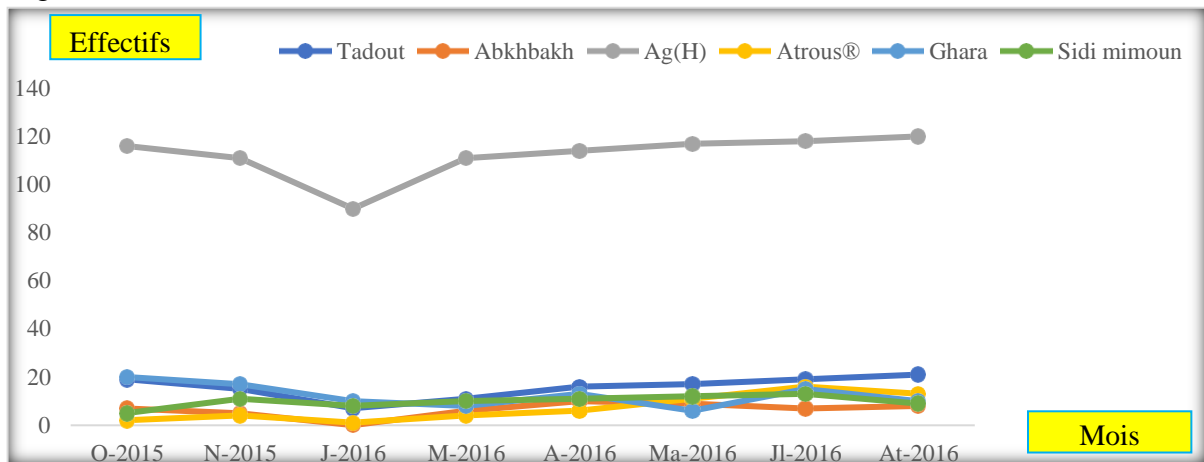


Figure47 : Evolution temporelle de *Baetis rhodani* durant l'année 2015-2016.

IV.5.2. *Baetis alpinus*

La première citation de *Baetis alpinus* en Afrique du nord a été signalée en 1979, dans les eaux de l'oued Guigou au Moyen Atlas (Dakki., 1979). Les larves de cette espèce semblent trouver aussi son biotope favori dans les émissaires de sources de haute et moyenne altitude. (El Alami et Dakki., 1998).

Cette espèce pullule les stations : Aghbal(H), Ghara, Louali et Atrous (OL) avec une distribution temporelle continue distinguée par plusieurs pics par an. Les effectifs d'individus récoltés dans ces résurgences oscillent entre 2 et 37 individus par collecte. La valeur maximale a été enregistrée dans la station Tadout en mois de Mai 2016 (figure48).

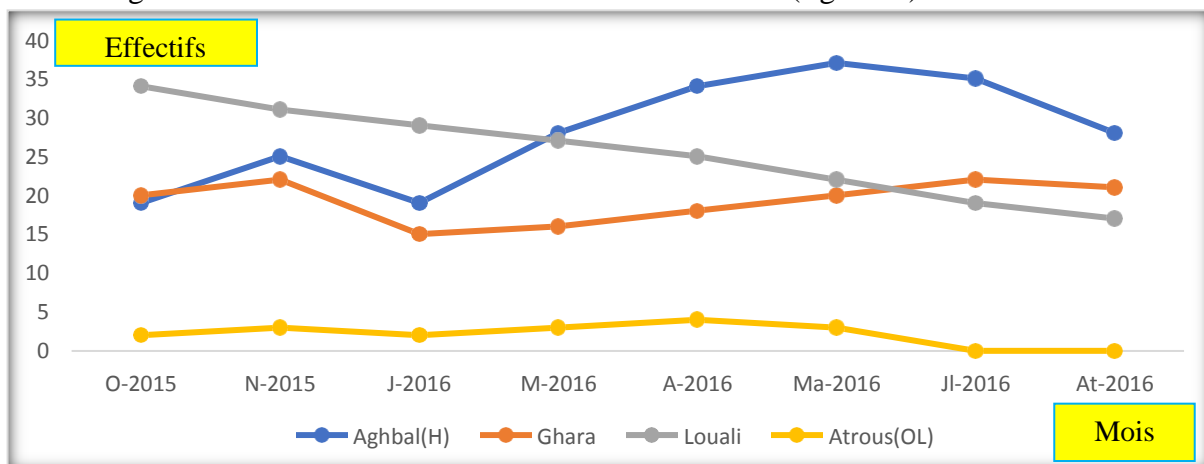


Figure48 : Evolution temporelle de *Baetis alpinus* durant l'année 2015-2016

IV.5.3. *Baetis pavidus*

Originellement décrite dans une province de l'Italie (Emilia) par Grandi en 1951, sa distribution géographique part de la péninsule ibérique et le sud de la France jusqu'au nord de l'Afrique, (Bauernfeind et Soldan., 2012). Les larves sont thermophiles et rhéophiles (Jacob., 2003). Dans le nord d'Afrique elle a été identifiée dans les grande rivière semi-aride (Hauts plateaux) tolérant des pollutions modérées (Soldan et thomas., 1983). Cette espèce présente une répartition moins large que celle de *Baetis rhodani*. Elle déserte les stations atrous®, Ras el ma et Aghbal (Az), probablement à cause de la fraîcheur de leurs eaux (figure49).

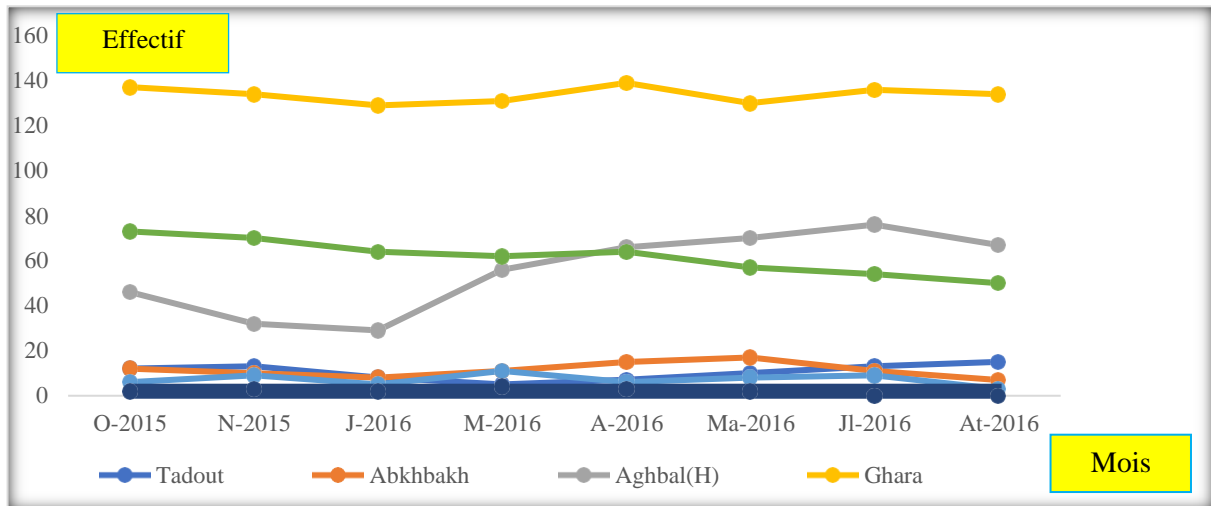


Figure49 : Evolution temporelle de *Baetis pavidus* durant l'an 2015-2016

IV.5.4. *Caenis luctuosa*

Eurytope et eurytherme, dans Ain Regrag, Sidi Bouali et Tataw, ce taxon pullule comme dans les autres réseaux marocains (Dakki et El Agbani., 1983) et tunisiens (Boumaiza et Thomas., 1986) dans les eaux minéralisées des cours moyen et inférieur (Alami et Dakki., 1998). Malgré son intermittence dans les sources Tadout, Ghara et Atrous (OL) connues par le phénomène des crues, sa présence est continue dans les stations Abkhabk, Atrous® et Aghbal(H). La plus forte abondance est enregistrée dans cette dernière résurgence (figure50).

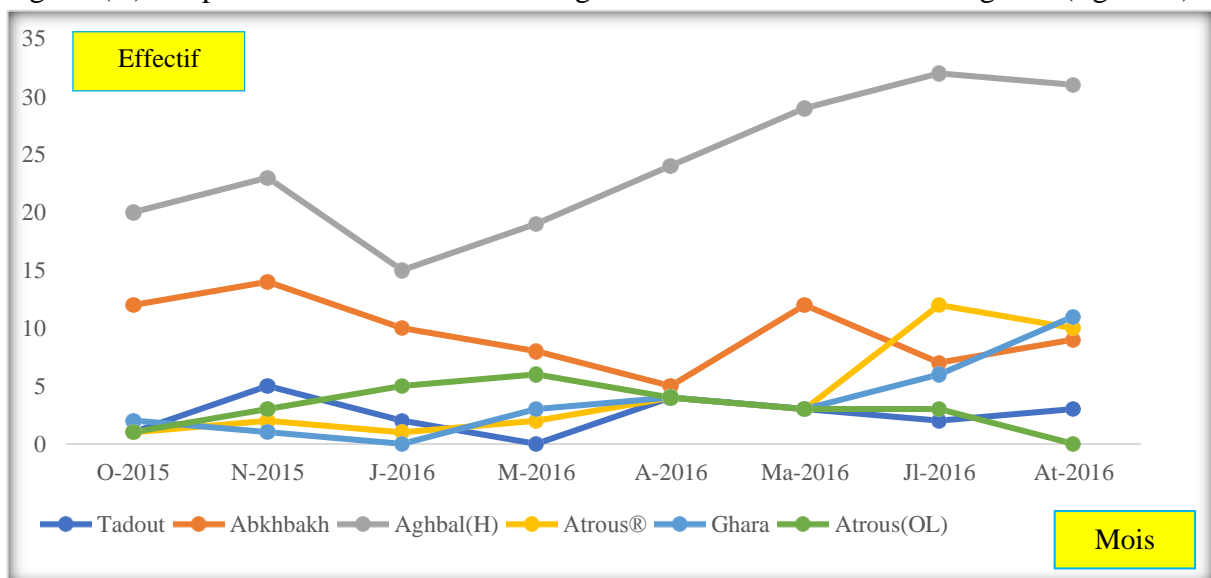


Figure50 : Evolution temporelle de *Caenis luctuosa* durant l'an 2015-2016.

IV.5.5. *Procleon sp.*

Au Maroc, jusqu'à présent, toutes les citations de *Procleon* n'ont pas dépassé le niveau générique. La première citation de ce genre au Maroc porte sur un imago femelle provenant de Tétouan (El Alami., 2002).

Cette espèce domicile les stations Ghara, Sidi mimoun, Aghbal (AZ), Louali et Atrous (OL) avec une distribution discontinue, affectionnant les eaux tempérées et chaudes (El Alami et Dakii., 1998), l'effectif d'individus le plus élevé a été récolté dans la station Louali avec un maximum de 25 spécimens en mois d'octobre 2015 (figure51).

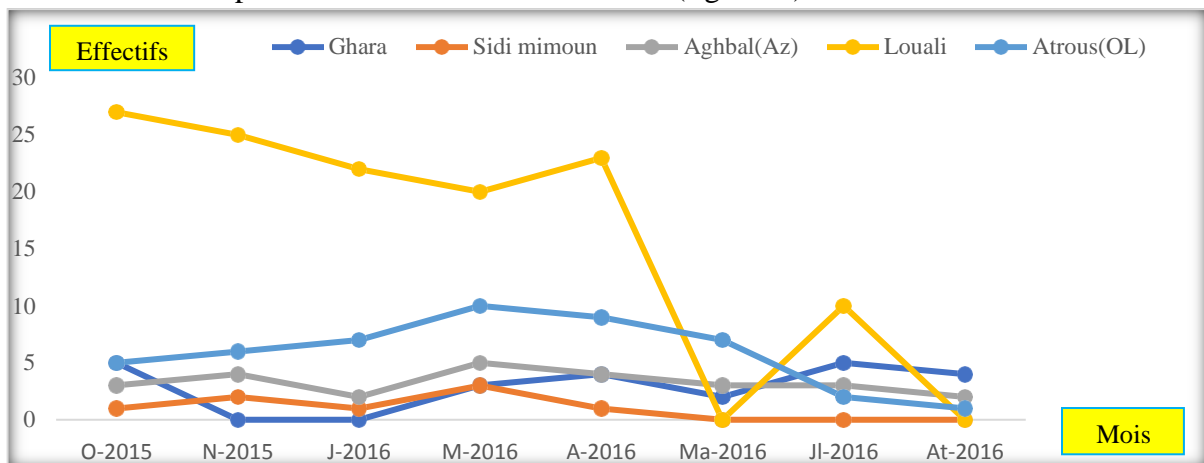


Figure51: Evolution temporelle de *Procleon sp.* durant l'an 2015-2016.

IV.6 Héétéroptères

- *Gerris sp.*

La *Gerris* possède un corps étroit recouvert par deux paires d'ailes. La première de pattes est ravisseuse, les deux autres aussi longues que le corps sont disposés en X et servant à la propulsion. Elle se nourrit essentiellement d'insectes tombés dans l'eau et de cadavres, sa pique est douloureuse, les *Gerris* sont d'excellents "bioindicateurs", leur mode de vie les rendant particulièrement sensibles aux pollutions (Baugnée., 2003), selon nos prospections, cette espèce a été recensée dans cinq stations à savoir : Aghbal(H), Atrous®, Ghara, Sidi mimoun et Atrous (OL) avec plusieurs générations chevauchantes. L'abondance la plus élevée a été observée dans la station Atrous® (figure52).

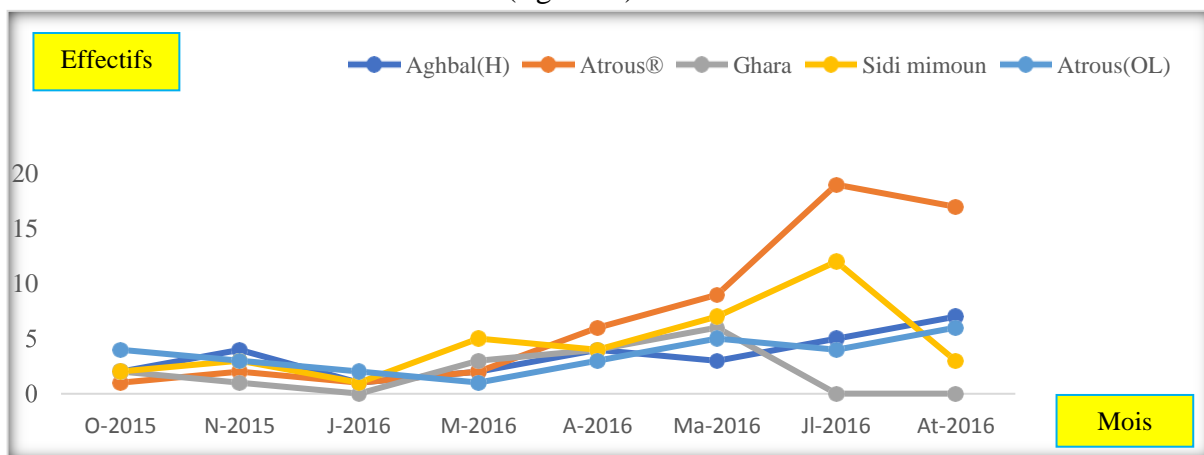


Figure52 : Evolution temporelle de *Gerris sp.* durant l'année 2015-2016

Chapitre V. Analyse statistique des données macrobenthiques

V.1 Analyse statistique des données par AFC

La méthode d'analyse multivariée AFC (Analyse Factorielle des Correspondances) a été employée pour mettre en évidence la structuration des communautés ainsi que la corrélation qui existe entre les espèces et les mois de prélèvements. Elle a été successivement effectuée en cherchant à discriminer d'une part, l'importance du facteur « espèce », et d'autre part le facteur « saison » sur l'ordination spatiale des stations et des espèces qu'elles abritent.

- Etudes des corrélations entre espèces et mois de prélèvements

Afin d'appréhender les conséquences de l'érosion de la biodiversité sur les grands équilibres écologiques des écosystèmes aquatiques, il est important, de comprendre les interactions qui existent entre les espèces qui y sont inféodées et de déterminer jusqu'à quel point ce réseau d'interactions peut être modifié avant que son fonctionnement devienne instable (Fonseca et Ganade., 2001).

a) Source Abkhakh

L'analyse factorielle des correspondances (figure 53) met en évidence sur le premier axe (valeur propre 67%) deux groupements différenciés. Le premier groupe regroupe exclusivement les espèces : *Dasyhelea sp.*, *Lumbricus sp.* et *Simullium sp.*. La présence de ces taxons, tolérants à la pollution organique est continue durant toute l'année de l'étude. Le second groupe s'oppose au premier et il est plutôt formé par les espèces : *Baetis rhodani*, *Caenis luctuosa* et *Ecdyonorus ifransensis* qui ont une présence continue durant l'an d'étude.

L'axe 2 (valeur propre : 22%) individualise un groupement formé uniquement des deux espèces : *Simullium sergenti* et *Naucauris maculatus* qui montrent une certaine affinité l'une à l'autre indépendamment des mois de prélèvement. Au milieu de la figure se concentre une communauté constituée des espèces : *Caenis luctuosa*, *Baetis pavidus*, *Melanopsis praemorsa*, *Heptagenia sp.*, *Gammarus marmouchensis*, *Agabus sp.* et *Ecdyonuurus ifransensis* et les mois de prélèvements. Bien que ce groupe ne nous donne pas d'informations intéressantes sur les corrélations existantes entre les espèces faunistiques et les mois d'échantillonnage, il a été révélé que la présence et l'abondance des espèces peuplant cette station n'est pas conditionnée par les mois de prélèvements. Cela pourrait être expliqué par le fait que cette source sujette au cours de toute l'année a des crues importantes qui perturbent son fonctionnement écologique normal.

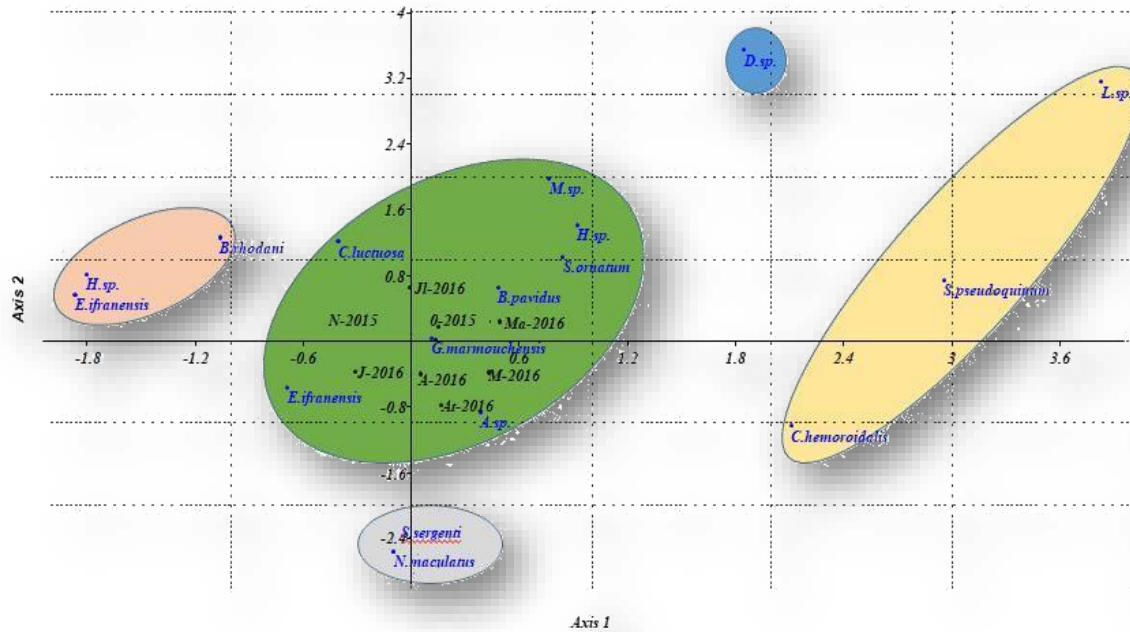


Figure53 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Abkhakh durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.

<i>S. pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
<i>N. maculatus</i>	<i>Naucoris maculatus</i>
<i>B. rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>B. pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>C. luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>
<i>E. ifranensis</i>	<i>Ecdyonurus ifranensis</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Heptagenia sp.</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>
<i>G. marmouchensis</i>	<i>Gammarus marmouchensis</i>
<i>D. sp.</i>	<i>Dasyhelea sp.</i>
<i>M. sp.</i>	<i>Monsonia sp.</i>
<i>S. ornatum</i>	<i>Simulium ornatum</i>

b) Source Tadout

Les deux premiers axes définis par l'AFC expliquent 89 % de la variabilité totale. L'axe horizontal F1 permet de discriminer deux groupements en abscisses positives et un groupement en abscisses négatives. Le premier relevé regroupe les mollusques : *Corosella sp.*, *Pseudomnicola sp.* et *Horatia sp.* qui montrent une certaine affinité pour la saison hivernale. Un résultat attendu, du fait que ces deux espèces ont été montrées polluosensibles et exigent des eaux bien oxygénées pour vivre et se reproduire. Ce qui caractérise l'hiver. Le second groupe associe les espèces *Baetis pavidus*, *Baetis alpinus*, *Ecdyonurus ifrensis* et *Dixa sp.* Cette dernière espèce est abondante en été, ce qui montre qu'elle est thermophile du coup que les autres éphéméroptères préfèrent la saison Automnale et hivernale caractérisées par des valeurs de température moyennes à basse. Ce résultat concorde avec celui trouvé par (Nechad., 2013) lors de sa prospection de la source Tataw, s'étendant sur la même entité géologique que Tadout. La troisième communauté est présentée par les espèces polluo-tolérantes : *Gammarus maroccanus*, *Gammarus rifatlensis* et *Lumbricus sp.* qui sont bien corrélées entre elles et elles sont plus abondantes en été et en automne. Le quatrième groupement est une alliance des deux espèces *Phagocata sp.* et *Hydropsyche sp.* qui montrent une affinité remarquable la saison estivale, caractérisée par des valeurs de température élevée et une pollution organique accentuée. Le cinquième groupement, situé au centre de la figure nous ne donne pas d'informations intéressantes sur la distribution temporelle des espèces faunistiques (figure 54).

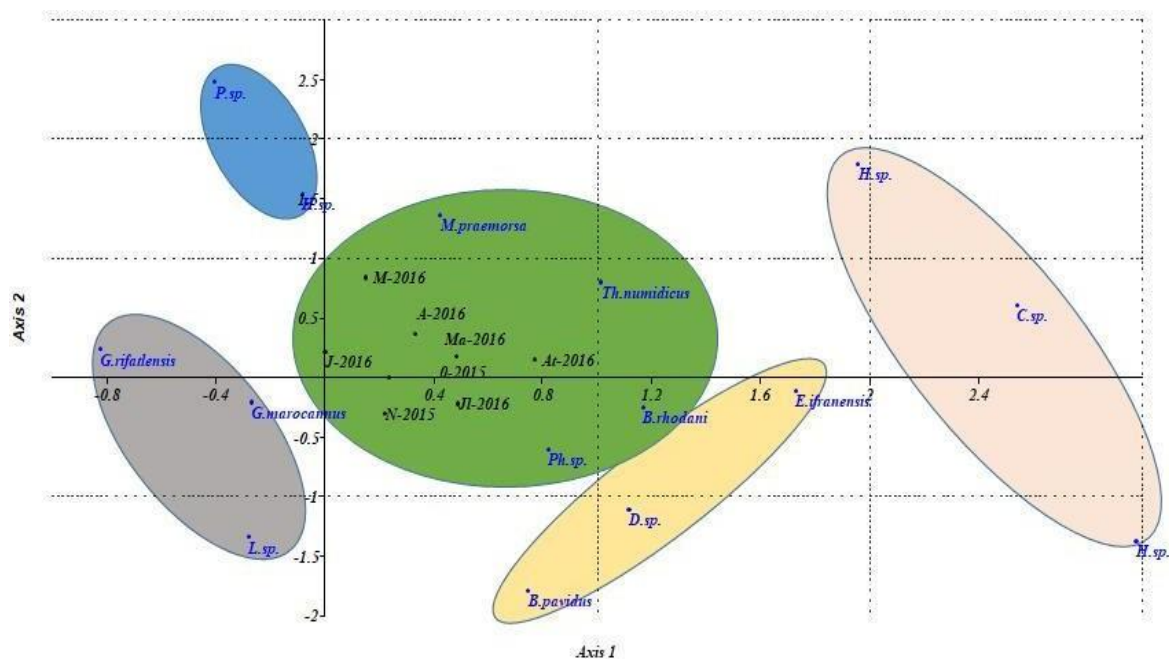


Figure 54 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Tadout durant les différentes saisons de l'année 2015-2016

<i>B.pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>E.ifranensis</i>	<i>Ecdyonurus ifranensis</i>
<i>Hy. Sp.</i>	<i>Hydropsyche sp.</i>
<i>Th.numidicus</i>	<i>Thiodoxus numidicus</i>
<i>G.maroccanus</i>	<i>Gammarus maroccanus</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>P.sp.</i>	<i>Pseudommicola sp.</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>
<i>Ph.sp.</i>	<i>Phagocata sp.</i>
<i>G.rifatensis</i>	<i>Gammarus rifatensis</i>
<i>D.sp.</i>	<i>Dixa sp.</i>
<i>C.sp.</i>	<i>Corosella sp.</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Horatia sp.</i>
<i>B.rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>

c) Aghbal (hajeb)

La figure 55 de l'ACP révèle la présence de cinq groupements différenciés. Le premier groupe expliqué par l'axe 1 (Valeur propre :46%), associe les espèces *Chironomus sp.*, *Agabus sp.* et *Dugesia sp.* qui montrent une certaine dépendance aux mois chauds. Le second groupe est mieux expliqué par l'axe 2 (valeur propre 26%). Il regroupe les deux espèces *Hydropsyche sp.* et *Baetis rhodani* qui montrent une certaine préférence pour le mois d'Avril. Le troisième et le quatrième groupe isolent successivement les espèces *Heptagenia sp.* et *Agapitus sp.* en faible abondance. Ce qui révèle que leur présence peut être accidentelle. Au centre de la figure se regroupent le reste des espèces associées aux mois de prélèvement. Ce groupement ne nous renseigne pas des corrélations existantes entre les espèces faunistiques et les paramètres physicochimiques caractérisant les eaux de ce milieu.

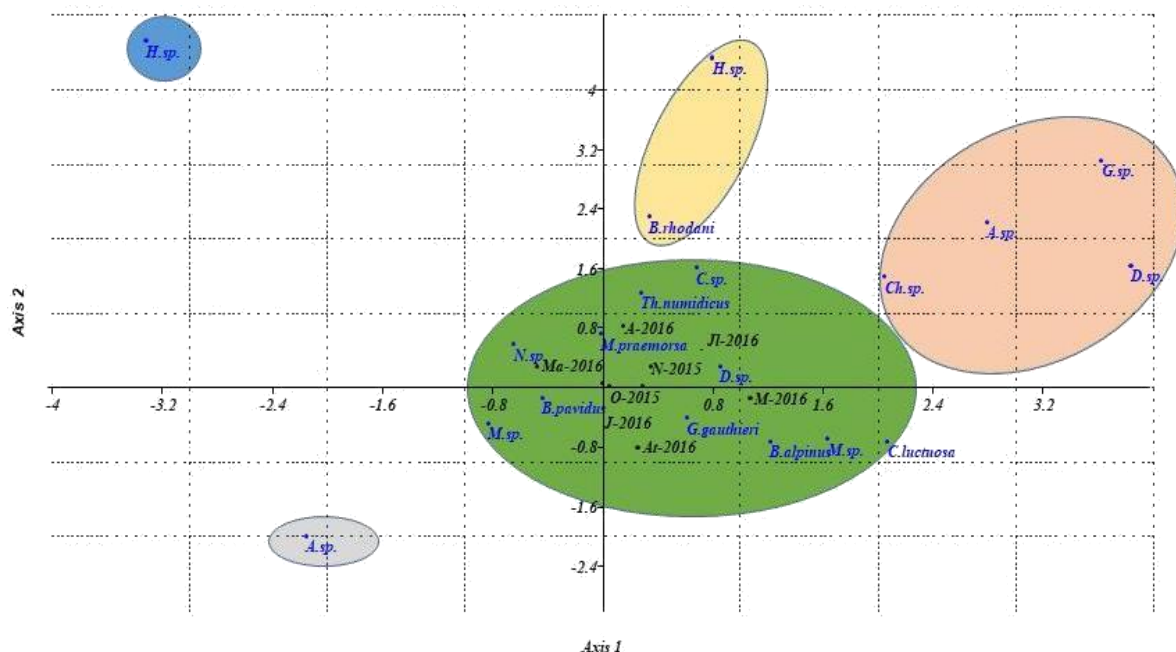


Figure55 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Aghbal (El hajeb) durant les différentes saisons de l'année 2015-2016

<i>M. praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>Th.numidicus</i>	<i>Thiodoxus numidicus</i>
<i>Ha. sp.</i>	<i>Haplotaxis sp.</i>
<i>D. sp.</i>	<i>Dugesia sp.</i>
<i>G. gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>B. rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>B. pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>B.alpinus</i>	<i>Baetis alpinus</i>
<i>Centr. sp.</i>	<i>Centroptilum sp.</i>
<i>C.luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>
<i>Ch. sp.</i>	<i>Chironomus sp.</i>
<i>S. pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
<i>Mes. sp.</i>	<i>Mesoveilia sp.</i>
<i>Micro. sp.</i>	<i>Microveila sp.</i>
<i>N.sp.</i>	<i>Notonecta sp.</i>

d) Source Atrous (secteur ribaa)

L'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a fait surgir l'implication du facteur « saison » dans la répartition des espèces macrobenthiques dans la station Atrous (riboo) (figure56). En effet, mis à part les espèces pollutotolérantes : *Gammarus gauthieri*, *Simulium ornatum* et *Willenia quadriphilata* : tous les taxons inféodés dans cette source montrent une nette dépendance pour les mois de prélèvements.

En se référant aux travaux menés par (Fadil., 2002), (Nechad et al., 2013) et (Trari et al., 2017), on peut présumer que l'abondance de l'espèce *Gammarus gauthieri* est principalement liée à la photopériode du coup que la présence des deux autres espèces est plutôt conditionnée par le type de substrat et la vitesse du courant caractérisant un écosystème aquatique.

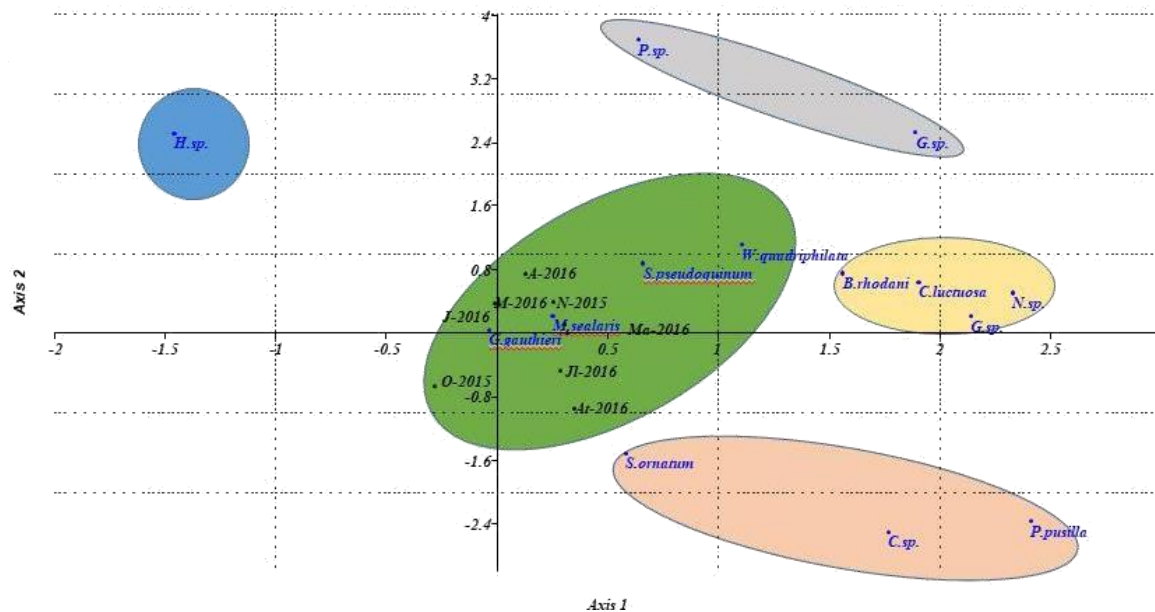


Figure56: Analyse de la répartition des espèces dans la source Atrous(ribaa) durant les différentes saisons de l’année 2015-2016.

<i>M.sealaris</i>	<i>Melanopsis sealaris</i>
<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>S.ornatum</i>	<i>Simulium ornatum</i>
<i>W.quadrifilata</i>	<i>Willenia quadrifilata</i>
<i>S.pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
<i>H. sp.</i>	<i>Hydrachnidia sp.</i>
<i>P.sp.</i>	<i>Piona sp.</i>
<i>B. rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>N. sp.</i>	<i>Naucoris sp.</i>
<i>G. sp.</i>	<i>Gerris sp.</i>
<i>C.luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>
<i>C. sp.</i>	<i>Calamoceras sp.</i>
<i>G. sp.</i>	<i>Glossosoma sp.</i>
<i>P. pusilla</i>	<i>Psychomyia pusilla</i>

e) Source Ghara

Contrairement à la source Atrous (ribaa). Les résultats de l’Analyse Factorielle des Correspondances illustrés par la figure57 révèlent que la majorité des espèces peuplant la source Ghara sont indépendantes des mois de prélèvement. L’effet de saisonnalité n’est donc pas bien dégagé dans cette station. Le couvert végétal, le substrat, la température, la vitesse du courant et bien d’autres paramètres seraient en cause. C’est toute une série de facteurs biotiques et abiotiques de cet écosystème crénel régissant d’une manière directe l’écologie de la biocénose limnique de Ghara.

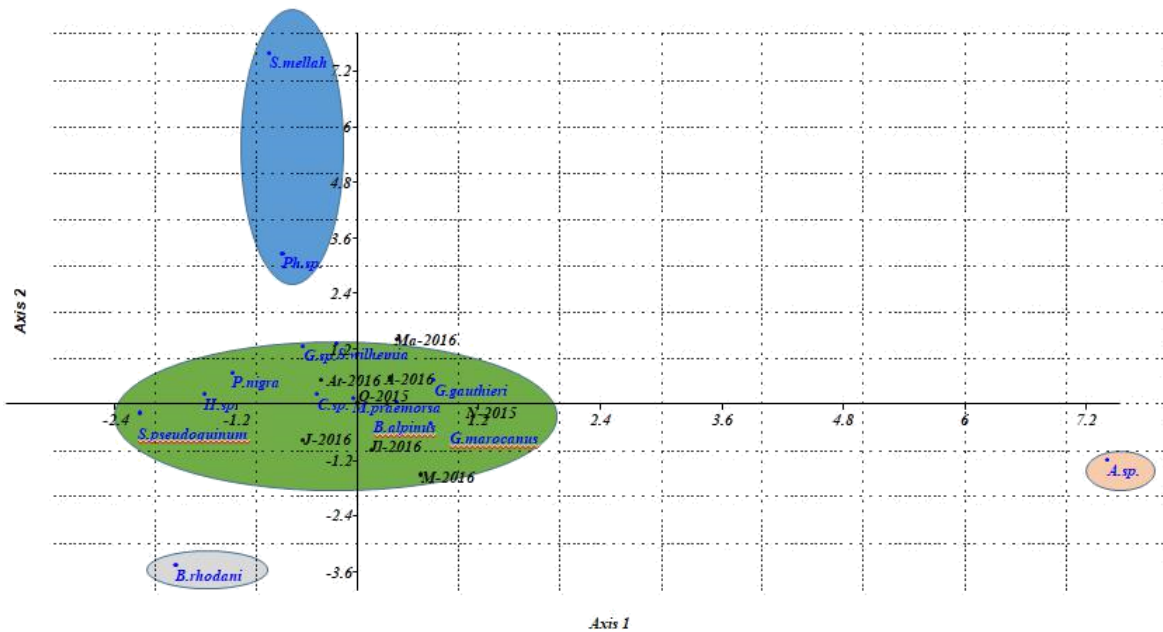


Figure57 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Ghara durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.

<i>G. marocanus</i>	<i>Gammarus marocanus</i>
<i>S. wilhemia</i>	<i>Simulium wilhemia</i>
<i>S. pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
<i>B.rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>B.alpinus</i>	<i>Baetis alpinus</i>
<i>C.sp.</i>	<i>Centroptilum sp.</i>
<i>G. gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Helobdella sp.</i>
<i>S.mellah</i>	<i>Simulium mellah</i>
<i>A. sp.</i>	<i>Arrenurus sp.</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>G.sp.</i>	<i>Glossiphonia sp.</i>
<i>Ph.sp.</i>	<i>Phagocata sp.</i>
<i>P. nigra</i>	<i>Polycelis nigra</i>

f) Source Sidi mimoun

L'analyse Factorielle des Correspondances de cette résurgence révèle la présence de 4 groupements importants (figure58). Le premier groupe associe les espèces : *Agriotypus sp.*, *Proclleon sp.* et *Helobdella sp.* qui présentent une tolérance aux mois chauds. Un résultat logique du fait qu'il est communément reconnu que ces espèces sont polluo-tollerantes. Le second groupe est une alliance entre les espèces : *Glossiphonia sp.*, *Lumbricus sp.* et *Dugesia sp.* qui ont de grandes similitudes et ce, en se référant à plusieurs travaux investiguant l'écologie de ces deux espèces (Anistratenko.,2005 ; Glöer.,2012.). Ces espèces montrent une préférence notable pour les mois chauds et secs caractérisant la saison hivernale. Le troisième groupement dégage l'espèce *Ecdyonurus ifranensis* qui paraît ubiquiste. A ces trois relevés, nous avons noté la présence d'une autre communauté situant au centre de la figure.

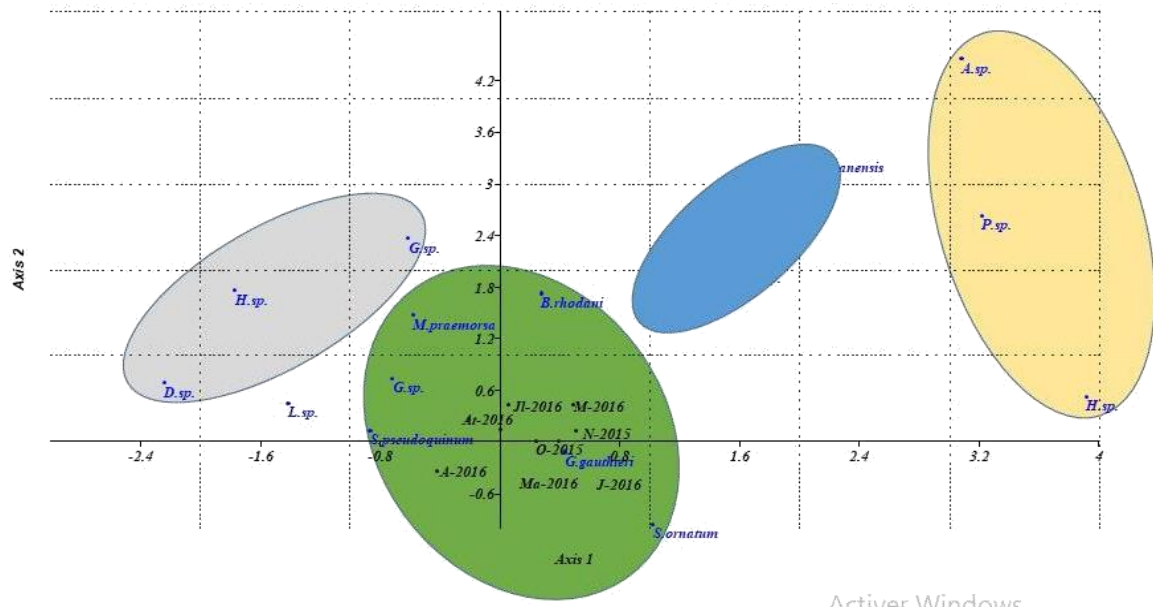


Figure58 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Sidi mimoun durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.

<i>L. sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>
<i>S.ornatum</i>	<i>Simulium ornatum</i>
<i>G.sp.</i>	<i>Gerris sp.</i>
<i>B. rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>B. pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>D.sp.</i>	<i>Dugesia sp.</i>
<i>G.sp.</i>	<i>Glossiphonia sp.</i>
<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>C.sp.</i>	<i>Centroptilum sp.</i>
<i>P.sp.</i>	<i>Proclon sp.</i>
<i>E.ifranensis</i>	<i>Ecdyonurus ifranensis</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Heptagenia sp.</i>
<i>A.sp</i>	<i>Agriotypus sp.</i>
<i>He.sp</i>	<i>Helobdella sp.</i>
<i>S.pseudoaquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>

g) Source Aghbal (secteur d'Azrou)

L'analyse Factorielle des Correspondances au niveau de cette source a révélé la présence de cinq groupements différents. Le premier groupe associe exclusivement l'espèce *Baetis rhodani* qui montre une certaine préférence à la saison printanière caractérisée par un climat relativement tempéré. Le second groupe individualise l'espèce *Dugesia tigrina* qui supporte bien les modifications climatiques du milieu. Cette espèce est abondante en été. Le troisième groupe est constitué exclusivement de l'espèce *Thiodoxus numidicus*. Le quatrième groupe associe les espèces : *Hydrachnidia sp.* et *Eisenilla sp.* qui sont dépendantes des mois chauds. Enfin le cinquième groupe situé au centre, n'apporte pas d'informations importantes (figure59).

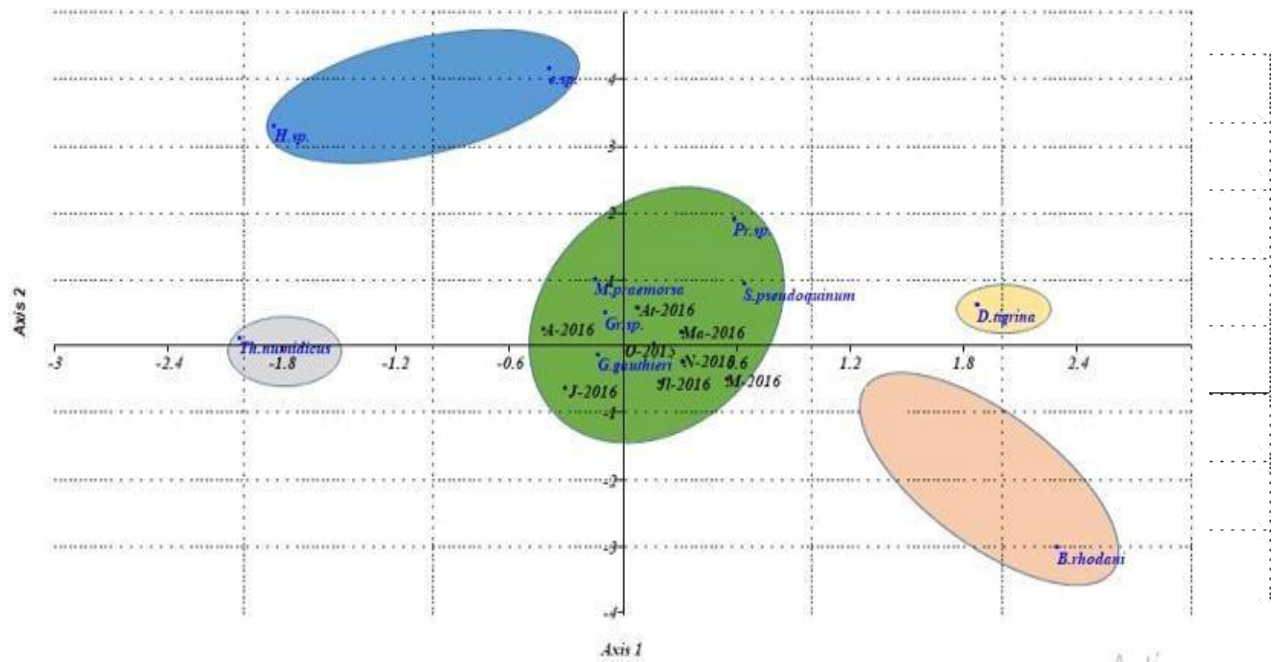


Figure59 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Aghbal (secteur d’Azrou) durant les différentes saisons de l’année 2015-2016.

<i>Th.numidicus</i>	<i>Thiodoxus numidicus</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>T. sp.</i>	<i>Tubifex sp.</i>
<i>D.tigrina</i>	<i>Dugesia tigrina</i>
<i>Gr.sp.</i>	<i>Grenobia sp.</i>
<i>Pr.sp.</i>	<i>Procleon sp.</i>
<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>S.pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
<i>B.rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Hydrachnidia sp.</i>
<i>e.sp.</i>	<i>eisenilla sp.</i>

h) Source Ras el ma

L’Analyse Factorielle des Correspondances de cette résurgence a permis d’individualiser quatre relevés principaux (figure60). A part l’espèce *Gammarus gauthieri*, qui domine cette source, on remarque que les autres espèces sont peu abondantes. Ce résultat s’explique par la faible diversité d’habitats dans ce milieu aquatique induit par la perturbation anthropique accentuée qui risque de lui porter préjudice.

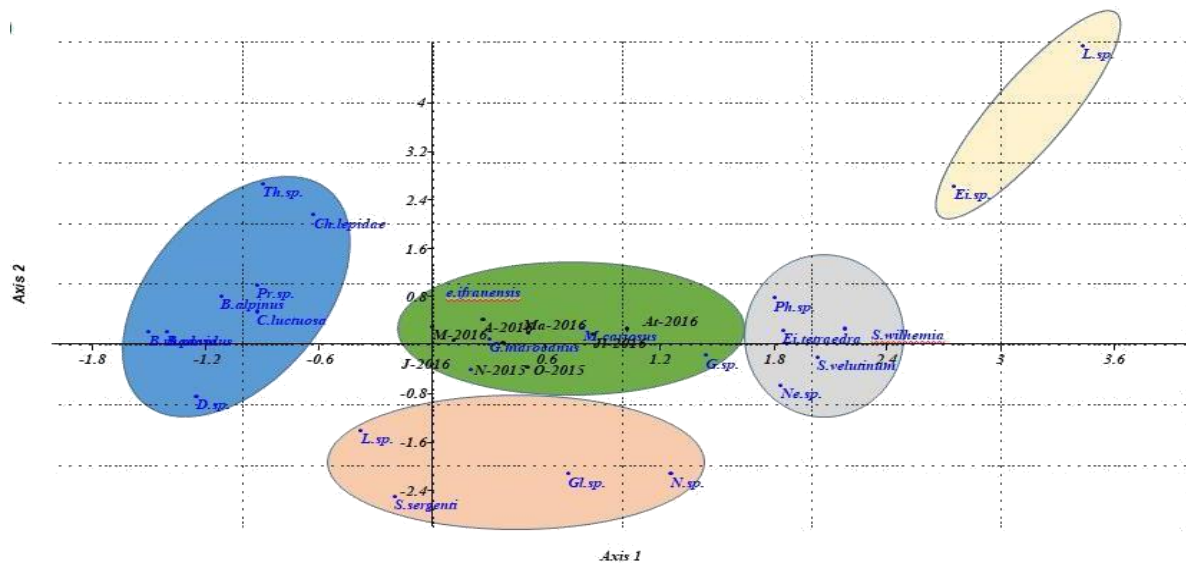


Figure60 :Analyse de la répartition des espèces dans la source Ras el ma durant les différentes saisons de l’année 2015-2016

<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>T.sp.</i>	<i>Tubifex sp.</i>
<i>E.sp.</i>	<i>Eisenilla sp.</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Helobdella sp.</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>
<i>Gr.sp.</i>	<i>Grenobia sp.</i>
<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>G. sp.</i>	<i>Glossiphonia sp.</i>
<i>D.tigrina</i>	<i>Dugesia tigrina</i>

i) Source Louali

A son tour, la station Louali est le milieu de vie de quatre associations (figure61). Le premier groupement est formé des deux espèces pollutotolérantes : *Helobdella sp.* et *Simillium velutinum* présentant un certain préférendum aux mois chauds et secs. Ce relevé s’oppose à un second groupe associant les deux espèces : *Procleon sp.* et *potamon fluviatilis* qui sont corrélées avec le printemps et l’été. Le troisième groupe isole l’espèce *Simillium Sergenti*, qui montre une affinité remarquable aux mois froids se caractérisant par une température basse et une grande quantité d’oxygène dissous. Enfin, le quatrième groupe, situé au centre associe les espèces restantes aux différents mois de prélèvements.

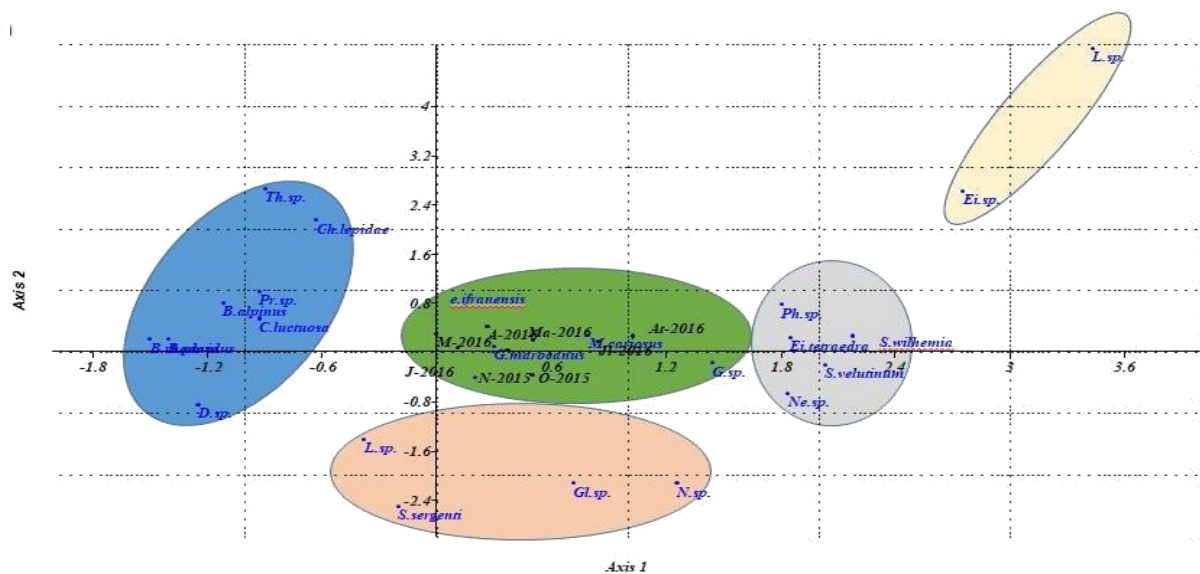


Figure61 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Louali durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.

<i>Th.numidicus</i>	<i>Thiodoxus numidicus</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>
<i>H.sp.</i>	<i>Helobdella sp.</i>
<i>E.sp.</i>	<i>Eisenilla sp.</i>
<i>E.tetraedra</i>	<i>Eisenilla tetraedra</i>
<i>Ph.sp.</i>	<i>Phagocata sp.</i>
<i>B.pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>B.alpinus</i>	<i>Baetis alpinus</i>
<i>D.sp.</i>	<i>Dugesia sp.</i>
<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>G.maroccanus</i>	<i>Gammarus maroccanus</i>
<i>P.fluviatilis</i>	<i>Potamon fluviatilis</i>
<i>S.velutinum</i>	<i>Simullium velutinum</i>
<i>S.pseudoquinum</i>	<i>Simullium pseudoquinum</i>
<i>S.sergenti</i>	<i>Simullium sergenti</i>
<i>Pr.sp.</i>	<i>Procleon sp.</i>

j) Source Atrous (Oued Lyhoudi)

La source Atrous (Oued Lyhoudi) regroupe cinq communautés bien diversifiées (figure62). Le premier groupement regroupe les espèces : *Phagocata sp.*, *Simullium wilhemia*, *Simullium velutinum*, *Nepa sp.* et *Eisenilla tetraedra* corrélées positivement avec les mois chauds et secs. Le second groupe associe les espèces polluo-tolérantes : *Lumbricus sp.*, *Simullium sergenti*, *Gerris sp.*, *Lasiocephalus sp.* et *Naucoris sp.* présentant une certaine affinité pour le printemps et l'été. La troisième communauté est formée principalement des espèces polluo-sensibles : *Procleon sp.*, *Baetis alpinus*, *Cenis luctuosa* et *Baetis pavidus* qui préfèrent vivre dans la gamme de température basse de l'hiver. Le quatrième groupe isole les espèces *Eisenilla sp.* et *Lasiocephalus sp.* qui ne montrent pas une préférence notable pour les mois de prélèvements du coup que le cinquième groupe, situé au centre de la figure ne nous donne pas d'informations importantes concernant les corrélations existantes entre les espèces faunistiques et les mois de prélèvements.

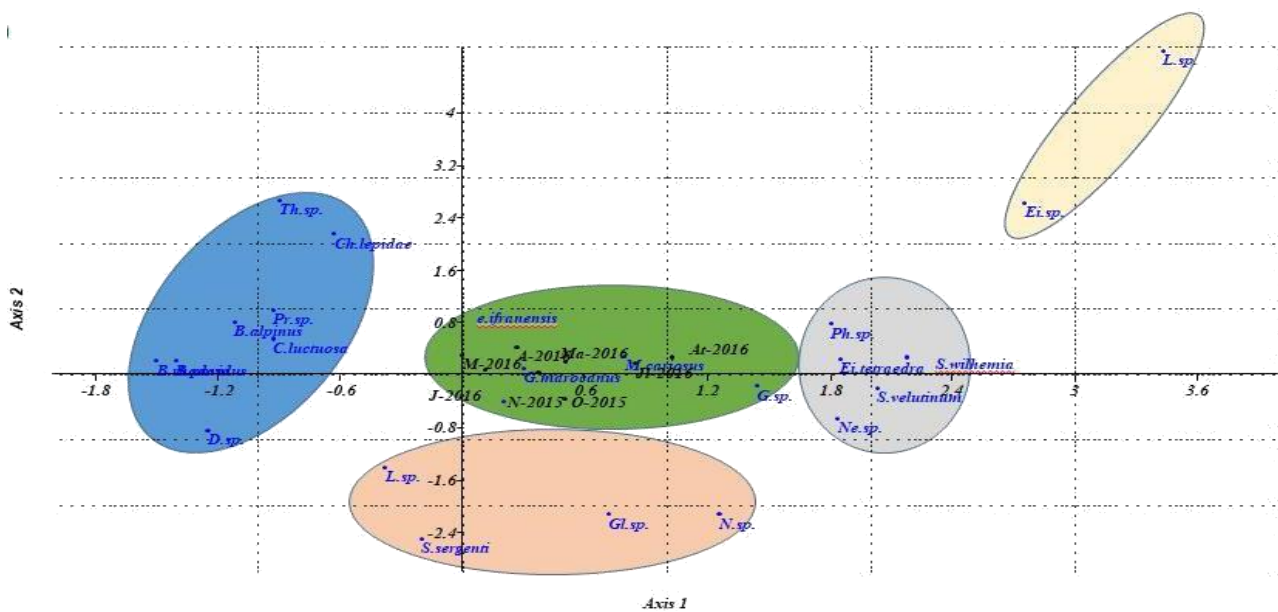


Figure62 : Analyse de la répartition des espèces dans la source Atrous (Oued Lyhoudi) durant les différentes saisons de l'année 2015-2016.

<i>B.pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>
<i>B.alpinus</i>	<i>Baetis alpinus</i>
<i>Th.sp.</i>	<i>Thraulius sp.</i>
<i>C.luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>
<i>Pr.sp.</i>	<i>Procleon sp.</i>
<i>e. ifranensis</i>	<i>ecdyonurus ifranensis</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lasiocephalus sp.</i>
<i>D.sp.</i>	<i>Diplectronea sp.</i>
<i>G.marocanus</i>	<i>Gammarus marocanus</i>
<i>Ei.tetraedra</i>	<i>Eisenilla tetraedra</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>
<i>S.velutinum</i>	<i>Simulium velutinum</i>
<i>B.rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>S.sergenti</i>	<i>Simulium sergenti</i>
<i>S.wilhemia</i>	<i>Simulium wilhemia</i>
<i>G.sp.</i>	<i>Gerris sp.</i>
<i>N.sp.</i>	<i>Naucoris sp.</i>
<i>Ne.sp.</i>	<i>Nepa sp.</i>
<i>Ch.lepidae</i>	<i>Chematopsyche lepidae</i>
<i>Gl.sp.</i>	<i>Glossiphonia sp.</i>
<i>M.cariosus</i>	<i>Melanopsis cariosus</i>
<i>Ei.sp.</i>	<i>Eisenilla sp.</i>
<i>Ph.sp.</i>	<i>Phagocata sp.</i>

V.2 Analyse statistique des données par ACP.

- Etude des corrélations existantes entre les espèces faunistiques et les paramètres physicochimiques

Il est mondialement reconnu que les macroinvertébrés constituent de bons indicateurs biologiques, du fait qu'elles intègrent les conditions physicochimiques présentes et passées du milieu. La structure de ces peuplements a l'inconvénient d'être déterminée à la fois par les facteurs abiotiques externes et les facteurs biotiques internes (concurrence entre espèces), ce qui rend l'interprétation des résultats délicate. L'objectif de cette analyse par l'ACP est d'étudier l'influence des paramètres physicochimiques des dix sources sur la faune benthique qui y sont inféodée.

a) Source Abkhbakh

L'ACP représentée par la figure 63 montre la présence de quatre groupes distincts : Le premier groupement composé des coléoptères : *Agabus sp.* et *Elmis maugetti* ainsi que les Hétéroptères : *Naucoris maculatus*, *Naucoris sp.*, *Gerris sp.* et *Mesovelgia sp.* est négativement corrélé avec la température, le calcium et l'indice permanganate. Cette corrélation reflète la sensibilité de ces taxons à la pollution organique et phosphatée. Le deuxième groupe, formé exclusivement par les trichoptères : *Berraeodos sp.*, *Agapitus incertilus*, *Hydropsyche fezana* et *Agabus sp.* présente une affinité avec l'oxygène dissous. Cela veut dire que ces taxons préfèrent vivre dans les eaux bien oxygénées. Ce résultat concorde parfaitement avec celui trouvé par (Bassirou et al., 2009) lors de leur étude portant sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. Le troisième nuage de point regroupe les éphéméroptères : *Baetis pavidus*, *Ecdyonurus ifranensis*, *Caenis luctuosa*, *Heptagenia sp.*, *Centroptilum sp.* et l'hyménoptère *Agriotypus sp.*. Ce groupe montre une affinité remarquable avec l'oxygène dissous et la température. Cela montre que ces taxons sont polluosensibles. Ce résultat a été approuvé par (Ben moussa et al., 2014) lors de leur étude portée sur l'oued khoumane. Le quatrième groupe individualisant le crustacé *Gammarus marmouchensis* est corrélé positivement avec le Ca^{2+} et IP. Ce qui montre que cette espèce préfère vivre dans les eaux calcaïques et tolère bien la pollution organique. Par ailleurs, une étude menée par (Fadil., 2002) sur cette espèce a révélé qu'elle cantonne les eaux calcaïques. Ce qui prouve le résultat que nous avons trouvé.

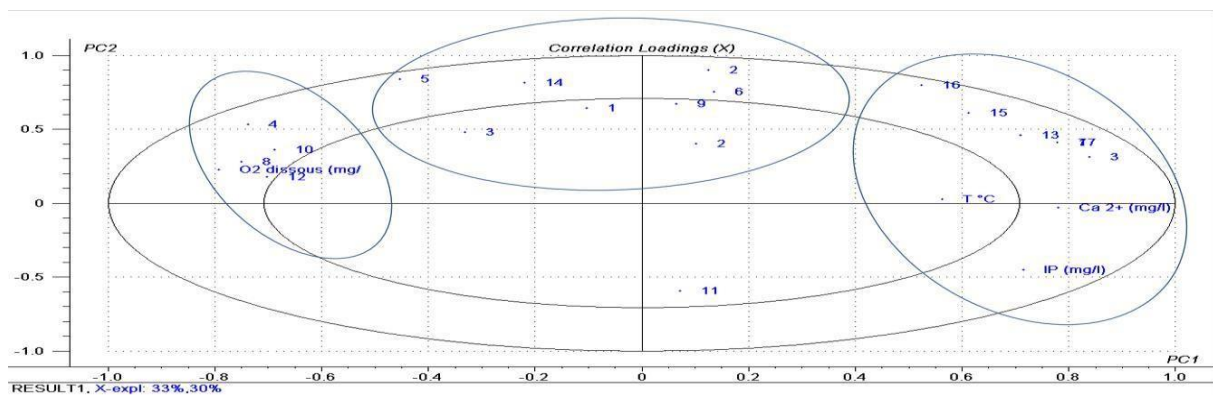


Figure 63 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Abkhbakh durant l'an 2015-2016

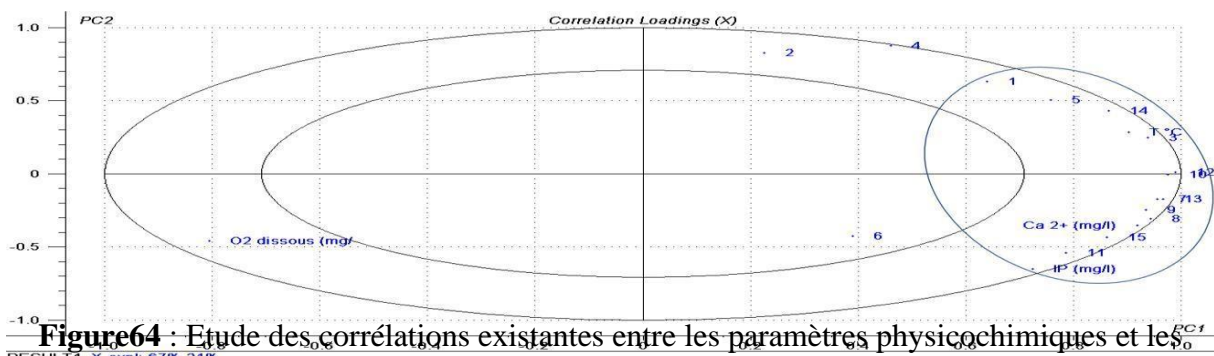
- | | | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|
| -1 : <i>Baetis pavidus</i> | -2 : <i>Ecdyonurus ifranensis</i> | -3 : <i>Baetis rhodani</i> | -4 : <i>Berraeodos sp.</i> |
| -5 : <i>Caenis luctuosa</i> | -6 : <i>Heptagenia sp.</i> | -7 : <i>Agabus sp.</i> | -8 : <i>Hydropsyche fezana</i> |
| -9 : <i>Centroptilum sp.</i> | -10 : <i>Agapitus incertilus</i> | -11 : <i>Gammarus marmouchensis</i> | |
| -12 : <i>Agabus sp.</i> | -13 : <i>Elmis maugetti</i> | -14 : <i>Agriotypus sp.</i> | -15 : <i>Naucoris sp.</i> |
| -16 : <i>Naucoris maculatus</i> | -17 : <i>Gerris sp.</i> | | |

b) Source Tadout

L'analyse de la figure 64 résultant de l'ACP sur les liens liant les espèces faunistiques avec les paramètres physicochimiques qui caractérisent les eaux de la station Tadout fait ressortir quatre groupements répartis dans le plan formé par les deux premières composantes (axe1 et 2). Ces composantes expliquent 88% de la variabilité observée dont 67% sont expliqués par l'axe 1 et 21 % par l'axe 2. Les taxons et les paramètres physicochimiques formant ces groupes présentent une distribution inégale au niveau des deux axes. En effet, le maximum d'informations a été

fourni par l'axe 1 qui nous a permis de séparer nettement en 3 groupes les relevés faunistiques et physicochimiques : le premier groupement, placé au niveau des ordonnées négatifs est formé par les espèces : *Melanopsis praemorsa*, *Thiodoxus numidicus*, *Gammarus rifatlensis*, *Gammarus marrocanus*, *Dasyheleina sp.*, *Dixa sp.* et *Simullium sergenti*. Ces taxons montrent une affinité avec le Ca^{2+} et IP. Ce résultat est approuvé par (Nechad., 2013) lors de son étude qui a ciblé la source Tataw appartenant à la même entité hydrogéologique que la station Tadout.

Le second et le troisième groupe sont plutôt situés au niveau des ordonnées positives ; le deuxième relevé rassemble exclusivement les éphéméroptères : *Baetis rhodani*, *Baetis pavidus* et *Ecdyonorus ifransis* qui sont corrélées négativement avec IP et le Ca^{2+} . Le même résultat a été enregistré par (Dakki., 1987) lors de sa prospection de la même source. Quant au troisième groupe, il isole plutôt les Oligochètes *Lumbricus sp.* et *Haplotaxis sp.* qui tolèrent les eaux peu oxygénées tandis que le quatrième groupe est représenté par le turbellarié : *Dugesia gonocephala* qui, contrairement aux autres espèces, n'exige pas de conditions physicochimiques particulières pour survivre. Il s'agit d'une espèce qui tolère bien la pollution organique.



- 1 : *Pseudomnicola sp.*
- 2 : *Lumbricus sp.*
- 3 : *Simullium sergenti*
- 4 : *Haplotaxis sp.*
- 5 : *Corosella sp.*
- 6 : *Dugesia gonocephala*
- 7 : *Dasyheleina sp.*
- 8 : *Thiodoxus numidicus*
- 9 : *Gammarus maroccanus*
- 10 : *Melanopsis praemorsa*
- 11 : *Dixa sp.*
- 12 : *Horatia sp.*
- 13 : *Gammarus rifatlensis*

c) Source Aghbal(hajeb)

L'analyse des variables de l'ACP dans le plan C1-C2 est présentée par la figure 139. Ce graphe met en évidence quatre grands regroupements des paramètres étudiés. Pareillement à Tadout, le maximum d'informations est expliqué par l'axe 1 (54%). Il individualise deux groupes opposés. Le premier formé par les espèces : *Melanopsis praemorsa*, *Thiodoxus numidicus*, *Gammarus gauthieri* et *Chironomus sp.*, corrélé positivement avec l'IP et le Ca^{2+} . Ce qui est en convergence directe avec les données de la littérature (Fadil., 1994, 2002) affirmant que les gammares peuvent bien vivre dans un milieu calcique riche en matière organique. Quant au second groupe, il est constitué plutôt des espèces *Mesovelgia sp.*, *Microveila sp.*, *Notonecta sp.*, *Baetis rhodani*, *Baetis pavidus*, *Baetis alpinus*, *Centroptilum sp.* et *Caenis luctuosa*. En plus de ces deux groupes s'ajoute le troisième relevé formé par les espèces : *Dugesia sp.*, *Haplotaxis sp.* et *Simulium pseudoquinum* qui ne sont pas trop exigeants. En ce qui concerne le groupe 4 formé uniquement par l'oxygène dissous, il est plus expliqué par l'axe 2 que l'axe 1 et montre que les eaux de cette source sont bien oxygénées (figure 65).

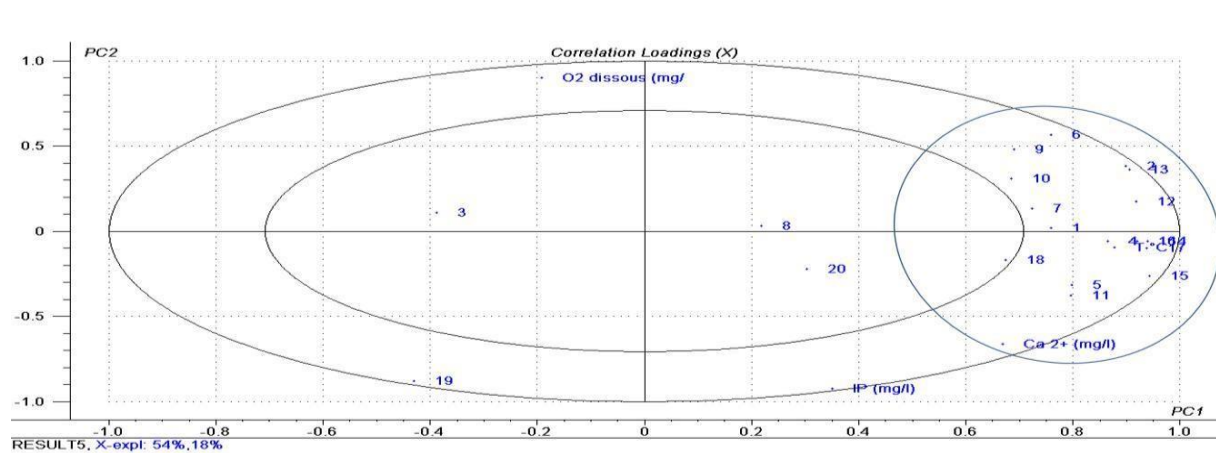


Figure 65 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Aghbal(Hajeb) durant l'an 2015-2016

1	<i>Melanopsis praemorsa</i>	6	<i>Chironomus sp.</i>
2	<i>Thiodoxus numidicus</i>	7	<i>Simulium pseudoquinum</i>
3	<i>Haplotaxis sp.</i>	8	<i>Mesovelgia sp.</i>
4	<i>Dugesia sp.</i>	9	<i>Microveila sp.</i>
5	<i>Gammarus gauthieri</i>	10	<i>Notonecta sp.</i>

d) Source Atrous (ribaa)

La figure 66 met en évidence cinq groupements bien différenciés. Le premier regroupe les espèces : *Melanopsis sealaris*, *Gammarus gauthieri*, *Hydrachnidia sp.* et *Piona sp.* qui montrent une affinité avec le Ca^{2+} et la $T^{\circ}C$. A ce groupement s'oppose, du côté négatif de l'axe 1 un autre relevé constitué des espèces : *Baetis rhodani*, *Naucoris sp.*, *Caenis luctuosa*, *Gerris sp.*, *Calamoceras sp.*, *Glossosoma sp.* et *Psychomyia pusilla* qui sont corrélées négativement avec le Ca^{2+} et la $T^{\circ}C$. Cela veut dire que ces espèces préfèrent vivre dans les eaux froides et peu calciques. Ce résultat est approuvé par (Dakki., 1987) lors de sa

prospection de la source Tadout appartenant à la même entité géologique que la station en question. Le troisième groupement est formé par l'espèce *Simulium ornatum* qui tolère la pollution organique. Le quatrième groupe est formé par l'espèce *Simulium pseudoquinum* chez qui la présence n'est conditionnée ni par les autres espèces faunistiques ni par les paramètres physicochimiques étudiés.

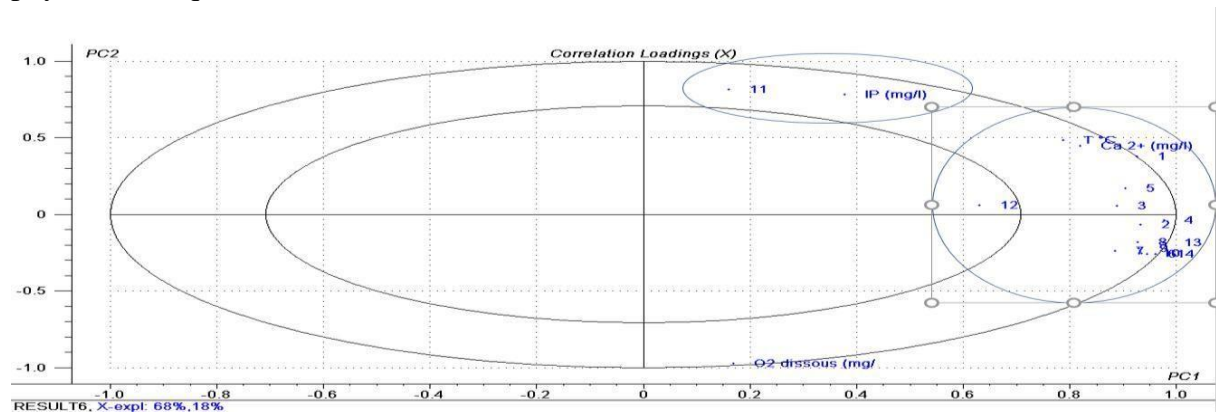


Figure66 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Atrous (ribaa) durant l'an 2015-2016

1	<i>Melanopsis sealaris</i>	6	<i>Gerris sp.</i>
2	<i>Gammarus gauthieri</i>	7	<i>Caenis luctuosa</i>
3	<i>Simulium ornatum</i>	8	<i>Calamoceras sp.</i>
4	<i>Willenia quadriphilata</i>	9	<i>Glossosoma sp.</i>
5	<i>Simulium pseudoquinum</i>	10	<i>Psychomyia pusilla</i>

e) Source Ghara

La figure 67 de l'ACP illustre la présence de relevés bien différenciés. Les deux premiers groupements sont bien expliqués par l'axe 1, qui fournit 49% de l'information totale. Le premier groupement regroupe les espèces : *Melanopsis praemorsa*, *Gammarus gauthieri*, *Gammarus maroccanus* et *Polycelis nigra* qui présentent une affinité remarquable au Ca^{2+} et à l'IP. Cela prouve que ces taxons tolèrent la pollution organique et aiment vivre dans les eaux calciques. De tels résultats ont été confirmés par (Nechad., 2013) lors de sa prospection de la source Ain regrab appartenant à la même aire géographique que la station Ghara. Quant au second groupement, il est formé exclusivement des espèces : *Glossiphonia sp.*, *Phagocata sp.*, *Simulium wilhemia*, *Simulium pseudoquinum*, *Baetis rhodani*, *Baetis pavidus* et *Baetis alpinus* qui montrent une certaine affinité les uns aux autres mais leur présence n'est pas conditionnée par aucun paramètre physicochimique. Leur abondance pourrait être plutôt influencée par les types d'habitats qui existent dans leur milieu de vie. Pour le troisième groupe, il est mieux expliqué par l'axe 2 que l'axe 1, il met en évidence l'espèce *Simulium mellah* qui n'exige pas une eau très oxygénée pour survivre. Enfin, le quatrième relevé est formé par les deux espèces : *Helobdella sp.* et *Arrenurus sp.* qui paraissent ubiquistes.

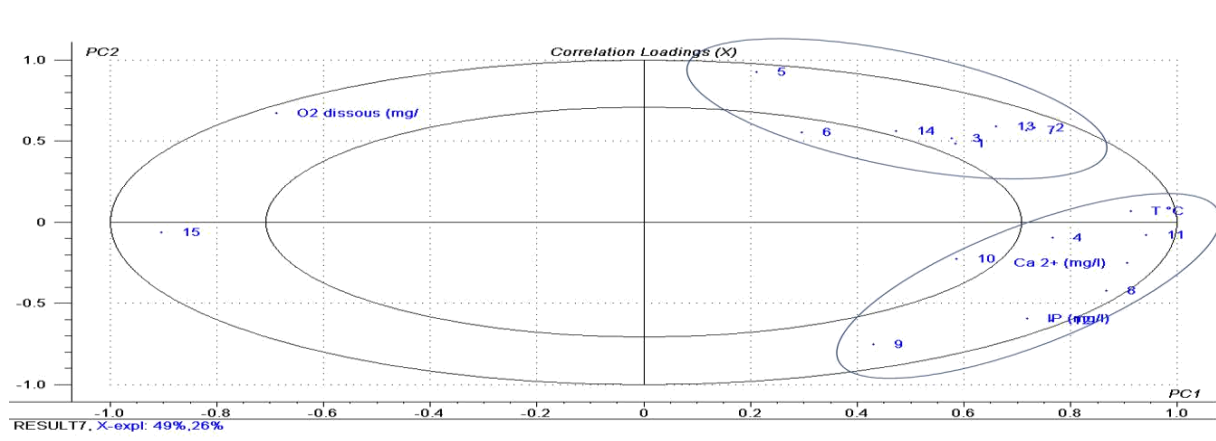


Figure67 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Ghara durant l’an 2015-2016

1	<i>Melanopsis praemorsa</i>	6	<i>Gammarus maroccanus</i>
2	<i>Glossiphonia sp.</i>	7	<i>Simulium wilhemia</i>
3	<i>Phagocata sp.</i>	8	<i>Simulium pseudoquinum</i>
4	<i>Polycelis nigra</i>	9	<i>Baetis rhodani</i>
5	<i>Gammarus gauthieri</i>	10	<i>Baetis pavidus</i>

f) Source Sidi mimoun

La figure 68 de l’ACP révèle la présence de quatre relevés diversifiés. Le premier regroupe les espèces : *Baetis rhodani*, *Baetis pavidus*, *Centroptilum sp.*, *Dugesia sp.* et *Glossiphonia sp.*; Les trois premières espèces présentent une affinité remarquable avec l’oxygène dissous. Cela veut dire qu’elles sont polluosensibles. Du coup que les deux autres espèces tolèrent les eaux peu oxygénées. Ce qui prouve qu’elles sont polluo-tollerantes. Le second groupement est formé par les espèces : *Lumbricus sp.*, *Gammarus gauthieri* et *Gerris sp.* qui tolèrent la pollution organique. Le troisième groupement associe les deux espèces : *Proclon sp.* et *Centroptilum sp.* à la T°C et au Ca²⁺. Ces espèces sont thermophiles et exigent des eaux riches en Ca²⁺ pour subsister. De tels résultats ont été enregistrés par (Nechad., 2013) lors de son étude portée sur la source Sidi bouali appartenant à la même unité hydrogéologique que la station en question. Le quatrième groupement rassemble les deux espèces : *Simulium pseudoquinum* et *Simulium ornatum* qui se montrent dépendante l’une à l’autre mais indépendantes à tous les paramètres physicochimiques. La même remarque s’observe pour le groupe 4 qui isole uniquement l’espèce *Heptagenia sp.*

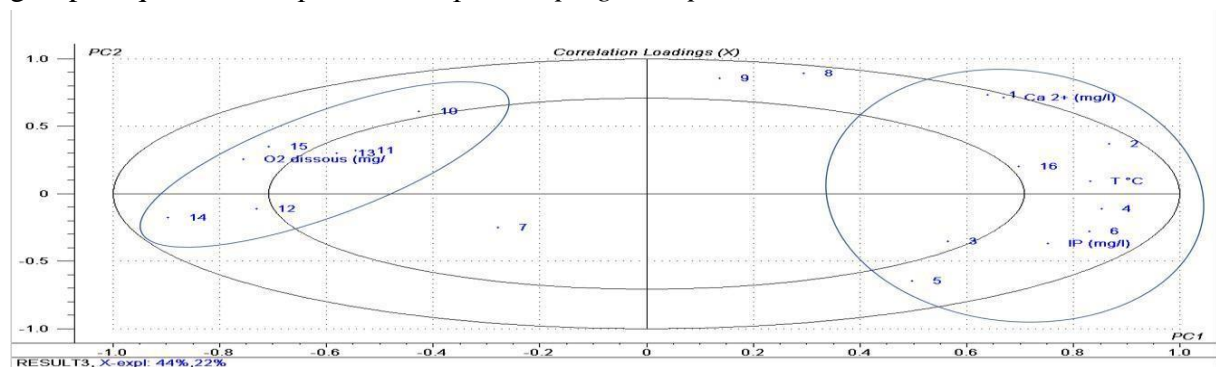


Figure68 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Sidi mimoun durant l’an 2015-2016

1	<i>Melanopsis praemorsa</i>	6	<i>Simulium pseudoquinum</i>
2	<i>Dugesia sp.</i>	7	<i>Simulium ornatum</i>
3	<i>Glossiphonia sp.</i>	8	<i>Gerris sp.</i>
4	<i>Lumbricus sp.</i>	9	<i>Baetis rhodani</i>
5	<i>Gammarus gauthieri</i>	10	<i>Baetis pavidus</i>

g) Source Aghbal (secteur d'Azrou)

La figure 69 de l'ACP montre que la plupart des espèces qui peuplent la source Aghbal (Azrou) sont indépendantes aux paramètres physicochimiques étudiés. Leur présence est alors conditionnée par la présence d'habitats divers dans cette station. D'après la figure, trois groupes associant les espèces faunistiques aux paramètres physicochimiques ont été mis en évidence. Ces groupements sont expliqués plus par l'axe 1 que l'axe 2. Le premier groupe associé du côté négatif d'abscisses les espèces : *Melanopsis praemorsa*, *Gammarus gauthieri*, *Thiodoxus numidicus* et *Hydrachnidia sp.* au Ca^{2+} et elles sont corrélées négativement avec IP. Ce qui prouve que ces espèces ne tolèrent pas la pollution organique mais elles préfèrent plutôt cantonner les eaux calciques. Un résultat évident puisque la station en question appartient au MA tabulaire riche en Calcium. Le deuxième groupement formé par le diptère : *Simulium pseudoquinum* montre une tolérance à l'IP. Enfin, le troisième groupe regroupe du côté positif d'abscisses les deux espèces : *Baetis rhodani* et *Procleon sp.* avec l'oxygène dissous. Cela veut dire que ces espèces ont une nette préférence pour les eaux bien oxygénées.

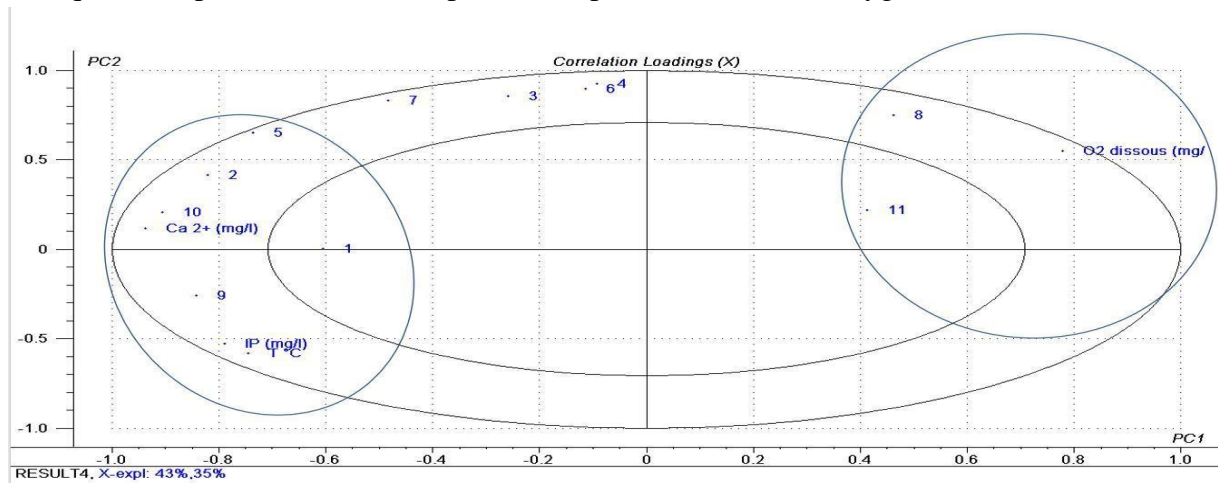


Figure 69 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Aghbal (Azrou) durant l'an 2015-2016

1	<i>Thiodoxus numidicus</i>	6	<i>Gammarus gauthieri</i>
2	<i>Melanopsis praemorsa</i>	7	<i>Simulium pseudoquinum</i>
3	<i>Tubifex sp.</i>	8	<i>Baetis rhodani</i>
4	<i>Dugesia tigrina</i>	9	<i>Hydrachnidia sp.</i>
5	<i>Grenobia sp.</i>	10	<i>eisenilla sp.</i>
		11	<i>Procleon sp.</i>

h) Source Ras el ma

La figure 70 de l'ACP met en évidence la présence de deux groupements isolés et expliqués par l'axe 1. Le premier groupe associe l'espèce *Glossiphonia sp.* à la température et IP. Ce qui prouve que ce taxon tolère bien la pollution organique. Tandis que le second groupe regroupe les espèces restantes avec le Ca^{2+} , l'ion caractérisant par excellence la nature lithologique du terrain traversé par les eaux de la source en question. L'absence remarquable des taxons polluosensibles dans cette résurgence pourrait indiquer la forte pression anthropique affectant cet écosystème aquatique et qui risque de lui porter préjudice d'où la nécessité de le sauvegarder.

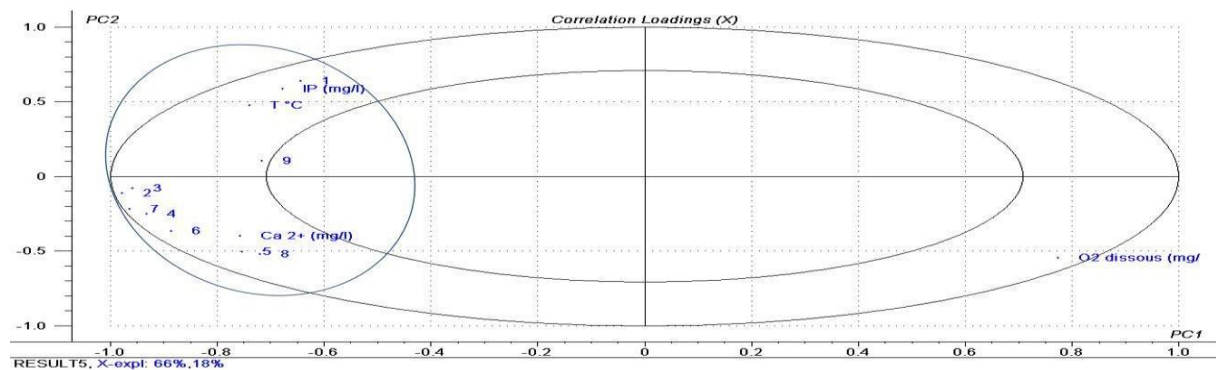


Figure70 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Ras el ma durant l'an 2015-2016.

1	<i>Melanopsis praemorsa</i>	7	<i>Grenobia sp.</i>
2	<i>Tubifex sp.</i>	8	<i>Gammarus gauthieri</i>
3	<i>Eisenilla sp.</i>	9	<i>Glossiphonia sp.</i>
4	<i>Helobdella sp.</i>		
5	<i>Lumbricus sp.</i>		
6	<i>Dugesia tigrina</i>		

i) Source Louali

D'après la figure 71 de l'ACP, quatre groupes reliant les espèces faunistiques aux paramètres physicochimiques ont été différenciés. Le premier groupe, expliqué par l'axe 1 regroupe les espèces : *Thiodoxus numidicus*, *Melanopsis praemorsa*, *Gammarus gauthieri* et *Gammarus marocanus* qui montrent une certaine affinité avec le Ca^{2+} et la T°C. Cela résulte de la nature hydrochimique de la station Louali qui est riche en Calcium. Le second groupement associe les espèces : *Potamon fluviatilis*, *Baetis pavidus*, *Baetis alpinus* et *Proclion sp.* avec l'oxygène dissous. Cela signifie que ces espèces sont polluosensibles, elles exigent des eaux bien oxygénées pour survivre. Des résultats similaires ont été mentionnée par (Dakki, 1995) lors de son étude portée sur la même source. Le troisième groupe, situé au centre de la figure réunit les espèces : *Glossiphonia sp.*, *Dugesia sp.* et *Phagocata sp.* Indépendamment des paramètres physicochimiques. Ces taxons sont ubiquistes. Enfin, le quatrième groupement isole les espèces : *Eisenilla tetraedra*, *Eisenilla sp.*, *Simulium velutinum*, *Simulium pseudoquinum* et *Simulium sergenti* sans faire appel à aucun paramètre physicochimique. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la présence de ces espèces est plutôt conditionnée par la diversité d'habitats que par la nature physicochimique des eaux de la source qui les abrite.

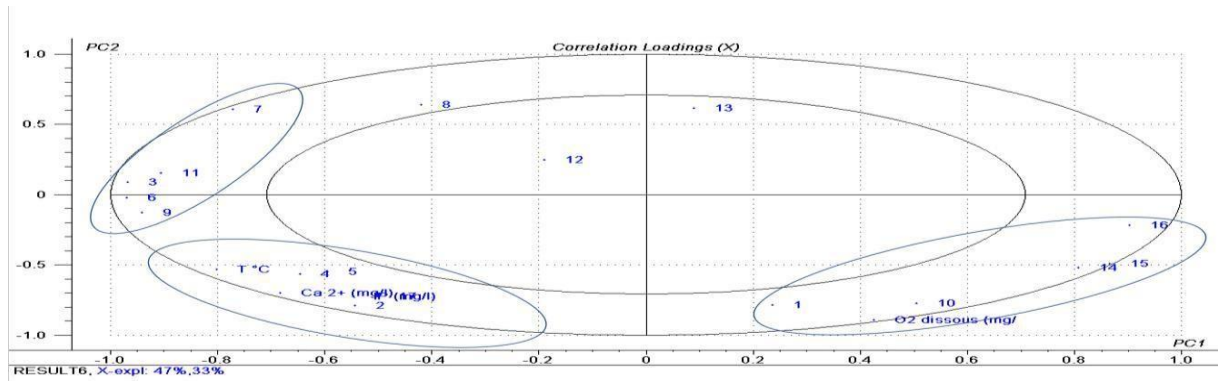


Figure71 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Louali durant l'an 2015-2016

<i>Th.numiducus</i>	<i>Thiodoxus numidicus</i>	<i>D.sp.</i>	<i>Dugesia sp.</i>
<i>M.praemorsa</i>	<i>Melanopsis praemorsa</i>	<i>G.gauthieri</i>	<i>Gammarus gauthieri</i>
<i>H.sp</i>	<i>Helobdella sp.</i>	<i>G.maroccanus</i>	<i>Gammarus maroccanus</i>
<i>Ei.sp</i>	<i>Eisenilla sp.</i>	<i>P.fluviatilis</i>	<i>Potamon fluviatilis</i>
<i>Ei.tetraedra</i>	<i>Eisenilla tetraedra</i>	<i>S.velutinum</i>	<i>Simulium velutinum</i>
<i>P.sp</i>	<i>Phagocata sp.</i>	<i>S.pseudoquinum</i>	<i>Simulium pseudoquinum</i>
		<i>S.sergenti</i>	<i>Simulium sergenti</i>

j) Source Atrous (Oued Lyhoudi)

La figure 72 de l'ACP révèle la présence de trois groupements différenciés. Le premier groupe associe les espèces : *Baetis rhodani*, *Baetis pavidus*, *Baetis alpinus*, *Thraulius sp.*, *Caenis luctuosa*, *Proclleon sp.* et *ecdyonurus ifranensis* avec l'oxygène dissous. Ce qui montre que ces taxons cantonnent les eaux qui sont bien oxygénées. Le second groupement associe les taxons : *Melanopsis cariosus*, *Gammarus maroccanus*, *Eisenilla tetraedra*, *Eisenilla sp.*, *Lumbricus sp.*, *Phagocata sp.*, *Simulium velutinum*, *Simulium sergenti*, *Simulium wilhemia*, *Gerris sp.*, *Naucoris sp.* et *Nepa sp.* avec le Ca^{2+} , l'IP et la T°C. Cela prouve que ces espèces sont thermophiles, tolèrent la pollution organique et peuplent les eaux calciques. Les espèces restantes forment le troisième groupe. Elles ne montrent pas de corrélation significative avec les paramètres physicochimiques.

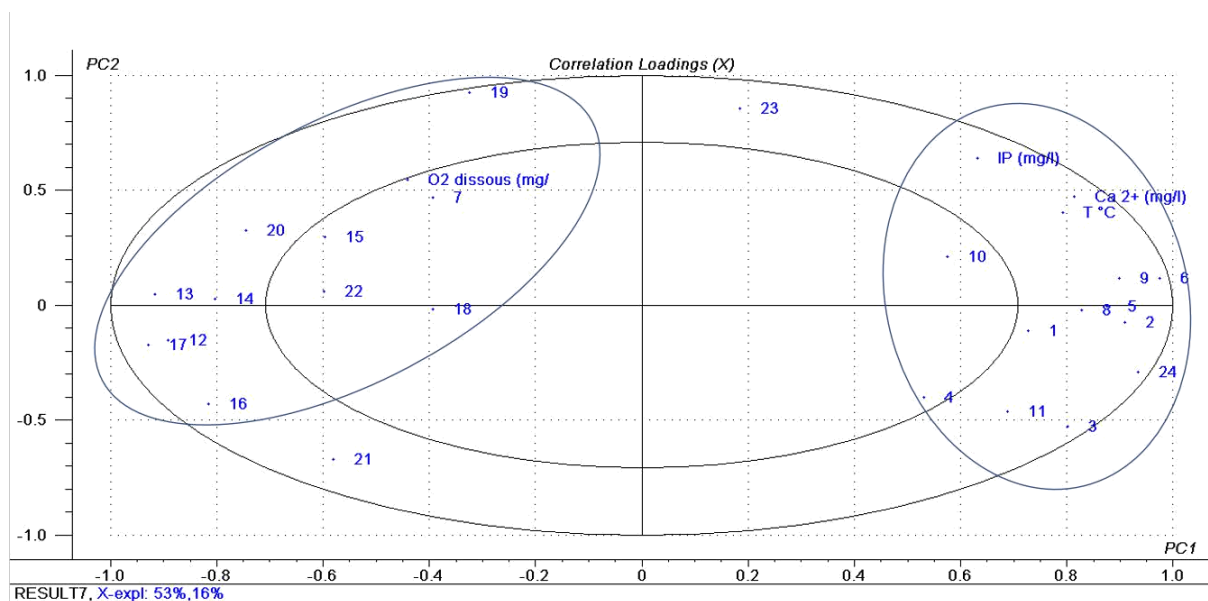


Figure72 : Etude des corrélations existantes entre les paramètres physicochimiques et les espèces faunistiques de la station Atrous (Oued lyhoudi) durant l’an 2015-2016

<i>B.pavidus</i>	<i>Baetis pavidus</i>	<i>B.rhodani</i>	<i>Baetis rhodani</i>
<i>B.alpinus</i>	<i>Baetis alpinus</i>	<i>S.sergenti</i>	<i>Simulium sergenti</i>
<i>Th.sp.</i>	<i>Thraulius sp.</i>	<i>S.wilhemia</i>	<i>Simulium wilhemia</i>
<i>C.luctuosa</i>	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>G.sp.</i>	<i>Gerris sp.</i>
<i>Pr.sp.</i>	<i>Procleon sp.</i>	<i>N.sp.</i>	<i>Naucoris sp.</i>
<i>e. ifranensis</i>	<i>ecdyonurus ifranensis</i>	<i>Ne.sp.</i>	<i>Nepa sp.</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lasiocephalus sp.</i>	<i>Ch.lepidae</i>	<i>Chematopsyche lepidae</i>
<i>D.sp.</i>	<i>Diplectrona sp.</i>	<i>Gl.sp.</i>	<i>Glossiphonia sp.</i>
<i>G.marocanus</i>	<i>Gammarus marocanus</i>	<i>M.cariosus</i>	<i>Melanopsis cariosus</i>
<i>Ei.tetraedra</i>	<i>Eisenilla tetraedra</i>	<i>Ei.sp.</i>	<i>Eisenilla sp.</i>
<i>L.sp.</i>	<i>Lumbricus sp.</i>	<i>Ph.sp.</i>	<i>Phagocata sp.</i>
<i>S.velutinum</i>	<i>Simulium velutinum</i>		

VI. Conclusion :

Pour satisfaire leurs besoins vitaux, les gens exploitent, d’une manière irrationnelle les écosystèmes aquatiques. Ce qui pourra causer des conséquences préjudiciables pour les espèces faunistiques qui y sont inféodées. Les sources faisant objet de notre étude n’échappent pas à ce problème majeur. De ce fait, une évaluation de la qualité biologique de leurs eaux s’avérait nécessaire et c’était par ailleurs l’objectif de cette étude. Pour se faire, nous avons commencé par dresser un inventaire taxonomique complet des macroinsectes peuplant les sites prospectés. Dans l’ensemble des relevés effectués, nous avons pu recenser 32537 individus appartenant à 100 espèces parmi lesquelles *Corosella sp.* est signalée pour la première fois dans les sources Tadout et Sidi mimoun. Ensuite, nous avons procédé à l’étude de leur évolution saisonnière. Les résultats ont révélé que la majorité des espèces ont une présence continue au cours de la période d’étude.

Pour mieux comprendre la structure des macroinvertébrès, nous avons eu recours à différents indices écologiques à savoir : l'indice de diversité spécifique, l'indice d'équitabilité spécifique et l'indice de Jaccard. Parmi les dix stations prospectées, il s'est révélé que c'est la source Aghbal(h) qui possède le plus haut indice de diversité spécifique avec une valeur de 2,05. Cette source prime aussi en termes d'équitabilité avec une valeur égale à 0,87. Quant à l'indice de Jaccard, il a été signalé que les sources Tadout et Abkhbakh montraient une affinité élevée.

Afin d'avoir une vision plus approfondie de la structuration des communautés ainsi que les corrélations existantes entre les macroinvertébrès et les différentes saisons de prélèvements, nous avons eu recours à l'analyse Factorielle des Correspondances (AFC). Les résultats des analyses ont révélé que la présence et l'abondance de la majorité des espèces est liée au facteur saison.

Dans l'objectif de mettre en évidence l'influence des paramètres physicochimiques des dix sources sur les macroinvertébrès qui y sont inféodés, nous avons analysé les données recueillies par l'analyse en Composantes Principales (ACP). Les résultats nous ont permis d'une part, de regrouper les espèces selon leur affinité (espèces polluosensibles et espèces pollutotolérantes). D'autre part, cette analyse a dévoilé les corrélations existantes entre les macroinvertébrès et les paramètres physicochimiques. A vrai dire, il a été révélé que les espèces appartenant aux groupes polluosensibles tels que les Ephéméroptères et les Coléoptères présentent une affinité remarquable pour l'oxygène dissous, paramètre de caractérisation de la pollution des eaux, alors que les taxons pollutotolérants tels que *Gammarus gauthieri* sont corrélés positivement avec l'IP, ce qui prouve qu'ils tolèrent bien la pollution organique.

Conclusion générale

Il est mondialement reconnu que la biodiversité des écosystèmes aquatiques est fortement menacée. Leur surveillance demeure ainsi nécessaire pour les sauvegarder. Les sources de la région Fès-Meknès n'échappent pas à ce problème. En effet, la population humaine croissante affecte la qualité écologique de ces écosystèmes précieux en les considérant uniquement pour leurs ressources hydrologiques. Par ailleurs, la diversité faunistique de nombreuses sources restait jusqu'à présent méconnue. Ainsi, pour les sources prospectées, nous ne disposons pas d'inventaire taxonomique actualisé et complet. Dans ce contexte général, un inventaire taxonomique doublé d'une synthèse des connaissances biologiques/écologiques de la faune a été dressé. Sur la base d'un travail bibliographique et de terrain, couvrant dix sources appartenant à la région Fès-Meknès (Abkhakh, Tadout, Aghbal(H), Aghbal (Az), Atrous(rihaa), Sidi mimoun, Ras el ma, Ghara, Atrous(ol) et Louali). Parallèlement à cette étude biologique, une évaluation de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux des dix sites prospectés a été menée et ce, dans l'objectif d'avoir une idée globale sur l'état de santé écologique de ces systèmes créneaux.

L'analyse faunistique et physicochimique des échantillons d'eau a été effectuée à une fréquence saisonnière sur une période annuelle couvrant l'année 2015-2016. Quant aux évaluations microbiologiques, les relevés d'eau à analyser ont été prélevés dans chaque résurgence à une seule reprise.

L'analyse des résultats des analyses physicochimiques effectuées sur les échantillons d'eau des dix stations étudiées a montré que les valeurs trouvées sont au-dessous des seuils tolérables fixés par les normes marocaines (N.M., 2007). Cependant, la comparaison des résultats avec des données antérieures portant sur les mêmes sources et sur des émergences appartenant à la même zone de notre étude permet de conclure que, pour la Conductivité électrique et l'indice permanganate, la qualité des eaux de ces sources reste globalement médiocre tandis que pour les autres paramètres, les valeurs trouvées témoignent d'un état physicochimique relativement bon.

L'analyse Factorielle des correspondances (AFC) de la distribution interstationnelle des onze paramètres physicochimiques nous a permis de différencier la typologie de la qualité des eaux des dix stations étudiées. En effet, à part la station Aghbal (Azrou), il a été révélé que toutes les stations sont affectées par une activité anthropique accentuée. Ce qui risque de leur porter préjudice.

Afin de détecter une éventuelle pollution microbiologique des dix stations prospectées, nous avons réalisé une évaluation bactériologique des échantillons de leurs eaux. Les résultats des analyses des eaux de toutes les résurgences ne répondent pas aux normes de potabilité fixées par (N.M., 2007), vu qu'elles sont anormalement contaminées par les germes indicateurs y compris : les CT, CF et les SF. Cela résulte de la pression croissante des pollutions (microbiologiques, et organiques) générées par les activités anthropiques. Cette situation alarmante montre que tous les sites prospectés exigent une attention particulière et nécessitent une désinfection poussée suite à la présence incroyable des bactéries indicatrices de la pollution fécales qui peuvent avoir des conséquences lourdes sur la qualité écologique des écosystèmes ainsi que sur la santé humaine.

L'étude du peuplement benthique, (à travers les descripteurs classiques (abondance, diversité...)) a permis de montrer que la faune benthique récoltée dans les dix stations étudiées est représentée par un nombre important de taxons spécialisés en comparaison avec d'autres travaux de (Dakki., 1987) et (Nechad., 2013) sur le Moyen Atlas, le couloir Fès-Taza et la plaine de saïs. En effet, l'inventaire faunistique établi pour les dix sources étudiées a permis d'inventorier 32537 individus. Mis à part la source Ras el ma qui est gouvernée par les Crustacés, toutes les autres stations sont gouvernées par les insectes. Sur les 32537 individus recensés, nous avons identifié 100 espèces possédant des préférences écologiques différenciées dont une : *Corosella sp.* est signalée pour la première fois au Maroc dans les sources Tadout et Sidi mimoun.

En termes de richesse spécifique, il a été révélé que c'est la station Aghbal(hajeb) qui détient le devant avec une collecte de 43 espèces du coup que la source Ras el ma a été placée en queue de ce classement avec un total de 9 espèces.

En ce qui concerne l'abondance totale, c'est la station Aghbal(hajeb) qui prime aussi avec un recensement de 6745 individus tandis que l'effectif le plus faible a été enregistré au niveau de la source Atrous(ol). Quant à l'abondance relative, à l'exception de la source Ghara qui est gouvernée par les Ephéméroptères, toutes les autres sources sont plutôt dominées par les Gammarens.

Afin d'avoir une meilleure compréhension de la structure des communautés peuplant les sources étudiées et ainsi une meilleure gestion de ces milieux et de leurs habitats, nous avons eu recours à différents indices plus précis et apportant une quantité importante d'information. Il s'agit d' :

- Indice de diversité spécifique : En termes de cet indice, c'est la source Aghbal(hajeb) qui a révélé la valeur la plus élevée (2,05) tandis que la valeur la plus faible a été enregistrée au niveau de la source Ras el ma (0,03).
- Indice d'équitabilité spécifique : c'est la source Aghbal(h) qui tient encore le devant avec une valeur égale à 0,87 alors que la source Ras el ma vient en dernière position avec une valeur égale à 0,07.
- Indice de Jaccard : les résultats ont révélé que la valeur la plus élevée est de 0,92. Elle a été enregistrée par les sources Tadout et Abkhabk.
- Fréquence d'occurrence : Toutes les espèces cotonnent les stations Ras el ma et Louali sont constantes. Cependant, pour les autres stations, ces taxons représentent plus des trois quarts de la population totale. Le reste est réparti entre espèces accessoires et accidentelles.

Afin de mieux comprendre les interactions intraspécifiques des macroinvertébrés peuplant les dix stations prospectées, leur évolution spatiotemporelle ainsi que leurs corrélations avec les onze paramètres physicochimiques étudiés, nous avons eu recours à l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse en Composantes principales (ACP). La première métrique nous a permis de révéler que l'effet du facteur saison est bien dégagé dans toutes les sources étudiées sauf la source Ghara qui est caractérisée par la présence des espèces indépendantes des mois de prélèvements. Leur distribution est liée à d'autres facteurs tels que la nature du substrat. En ce qui concerne les résultats de l'analyse par l'ACP, il a été montré que pour toutes les stations étudiées, les taxons polluosensibles comme les Ephéméroptères sont corrélés positivement avec l'Oxygène dissous alors qu'ils n'aiment pas les eaux chaudes riches en IP et en PO4²⁻, deux éléments caractéristiques de la pollution organique. Ce scénario est inversé pour les taxons polluo-tolérants tels que les Diptères. Par

ailleurs, il a été révélé qu'il y'a quelques espèces qui sont indépendantes des paramètres physicochimiques. Leur présence et leur abondance pourraient être en relation avec d'autres facteurs biotiques et abiotiques tels que : le type d'habitat, la vitesse du courant et l'altitude de leur milieu de vie.

A la lumière de ces résultats, Il ressort que ce type de recherche, orienté vers la connaissance de la biodiversité de la faune des sources aquatiques notamment dans les régions rurales où l'approvisionnement en eau des populations y dépend strictement, présente un intérêt appliqué à l'amélioration de la santé publique. Il faut mentionner également que de telles investigations présentent un intérêt fondamental et patrimonial, dans la mesure où elles permettent de découvrir une part cachée de la biodiversité de chaque région étudiée, donc une part du patrimoine national. De ce fait, afin de compléter et d'enrichir l'inventaire faunistique des sources aquatiques marocaines, d'autres travaux devraient être menés dans ce sens y compris :

- La gestion durable des ressources hydriques, bien communes et essentielles à toute forme de vie en lançant des programmes de dépollution des eaux des sources et en favorisant la création de régies publiques de l'eau au niveau local pour une gestion démocratique.
- La lutte contre l'artificialisation des sources naturelles.
- La protection des sources qui abritent une faune endémique ou des espèces rares en continuant à signer des conventions internationales visant l'établissement des textes juridiques qui préservent les écosystèmes aquatiques.
- Extension des recherches sur toutes les sources du Maroc afin d'établir un inventaire complet.

Références bibliographiques

- Abboudi Akil., Tabyaoui Hassan et El Hamichi Fatima., 2014. Etude de la qualité physico-chimique et contamination métalliques des eaux de surface du bassin versant de Guigou, Maroc. *European Scientific Journal*, vol.10, No.23 ISSN : 1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857-7431.11p.
- Aboura R., Benmansour D et Benabadji N., 2006. Comparaison et phytoécologie des Atriplexaies en Oranie (Algérie). *Rev. ecol med.*32 :73-84.
- Agence du Bassin Hydraulique de Sebou (A.B.H.S., 2011) Courrier ABH/DAR/REDV/0138/13.
- Amraoui F., 2005. Contribution à la connaissance des aquifères karstiques : Cas du lias de la plaine du saïs et du causeuse Moyen Atlasique tabulaire (Maroc). Doctorat en sciences en géologie, discipline : Hydrogéologie.227 pages.
- Arboleya M.L., Teixell A., Charroud M et Julivert M., 2004. A structural transect through the high and Middle Atlas of Morocco. *Journal of African Earth Sciences*, numéro 39(3/4), pp : 319-327.
- Atiki., 2002. Eutrophisation d'un réservoir récemment mis en eau, Sahela (Maroc) : Dynamique et métabolisme des protozoaires ciliés planctoniques. Thèse d'état, Université Sidi Med Ibn Abdellah, Fès, Maroc.
- Avenard J.-M., 1962. La solifluxion ou quelques méthodes de mécanique des sols appliquées aux problèmes géomorphologiques des versants. Centre de Documentation Universitaire, Paris 164 p.
- Baali., 1998. Genèse et évolution au plio-quadernaire de deux bassins intramontagneux en domaine carbonate méditerranéen : les bassins versants des dayets Afourgagh et Agoulmam (Moyen Atlas, Maroc). Thèse Doctorat d'état en sciences naturelles, Université Sidi Mohammed ben Abdellah, Fès.
- Badri, A.,1985. Etude hydrobiologique d'un cours d'eau de plaine en zone semi-aride : le Tensift. Impact des crues sur la biocénose. Thèse de 3ème cycle, Fac. Sei. Marrakech, 124 p.
- Bassirou A., Jean-Claude M., DODO A et Aboubacar AWAISS.,2009. Etude de la qualité physico-chimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 3(2) : 240-254, ISSN 1991-8631.pp :16.
- Bauernfeind E et Soldan T., 2012. The mayflies of Europe (Ephemeroptera). Apollo books. Ollerup. Danemark
- Benkhaddour A., 1993. Changements hydrologiques et climatiques dans le Moyen Atlas Marocain : chronologie, minéralogie, géochimie isotopique et élémentaire des sédiments lacustres de Tiglmamine. Thèse de doctorat en sciences, Université de Paris-sud, 170p.
- Ben moussa A., Chahlaoui A., Rour E et Chahboune M., 2014. Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay

Idriss Zerhoun, Maroc (Taxonomic diversity and structure of benthic macrofauna of surface water of Khoumane River. Moulay Idriss Zerhoun, Morocco). *J. Mater. Environ. Sci.* 5 (1) 183-198. ISSN : 2028-2508 CODEN : JMESC. 16p.

- Berrahou A., 1995. Recherches sur la distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques : cas du Rhône français et des cours d'eau marocains. Thèse de doctorat, Univ. Oujda, Maroc, 211 p.

-Bagnée, J.Y., 2003. La présence en Belgique du Cicadellidae *Kyboasca maligna* (WALSH, 1862) et du Psyllidae *Cacopsylla fulguralis* (KUWAYAMA, 1907) (Hemiptera Homoptera). *Bull. de la SrBE*, 139-2003 : 72-73.

-Botosaneanu L, Iliffe TM., 2002. Stygobitic isopod crustaceans, already described or new, from Bermuda, the Bahamas, and Mexico. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Biologie* 72 : 101–111.

-Bourgeois C.M., Leveau J.Y., 1991. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. Vol III : le contrôle microbiologique. (Ed). Lavoisier. Paris :451.

- Boumaïza M et Thomas A.G.B., 1986. Répartition et écologie des Ephéméroptères de Tunisie, première partie (Insecta, Ephemeroptera). *Archs.Inst. Pasteur Tunisie*, 4, pp.567-599.

- Boumaïza M et M. Clergue G., 1995. Les Simuliidae de Tunisie. III. Notes écologiques. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Tunisie*, 24 :32–40.

- Boumir Kh., 1990. Paléoenvironnement de dépôt et transformations post-sédimentaires des sables fauves du bassin de saïs (Maroc). Thèse de doctorat de l'université Nancy I. France. 181p.

- Brawn D.S., 1994. *Freshwater snails of Africa and their medical importance*. ed. Taylor and Francis Ltd, London.

- Castany, M., G., Megnien M., C., Desprez, M., N., Duermael G., Guillaume M., Rampon G., ROUX, J., C., Tirat M et DE LA Querriere P., 1974. Les bassins de la Seine et des cours d'eau normands. Ressources d'eau et données hydrologiques. Tome 1, fascicule 4 (eaux souterraines). Nancy : Berger-Levrault. 157 p.

- Centre d'écologie fonctionnelle et évolutive., 2012.

-Chillasse L et Dakki M et Abbassi M., 1999. Les lacs naturels du Moyen Atlas, zone d'intérêt majeur pour la conservation de la biodiversité. *Proceeding of First International Conference on Biodiversity and Natural Resources Preservation*, school of science et engineering, Al Akhawayn University, Ifrane.

-Chillasse L., Dakki M et Abassi M., 2001. Valeurs et fonctions écologiques des zones humides du Moyen Atlas (Maroc). *Humedales Mediterraneos, Sehumed, Valencia (España)*, pp :139-146.

- Chillasse L et Dakki M., 2004. Potentialités et statuts de conservation des zones humides du Moyen Atlas (Maroc), avec référence aux influences de la sécheresse, numéro4, Vol.15, pp.337-345.
- Cirac, P., 1985. Le bassin sud-rifain occidental au Néogène supérieur. Evolution de la dynamique sédimentaire et de la paléogéographie au cours d'une phase de comblement, thèse d'Etat, Univ, Bordeaux 1, France, 283p.
- Commission de Pédologie et de Cartographie des sols est un groupe., 1967. Document diffusé par le Laboratoire de Géologie-Pédologie de l'ENS. France.
- Dakki M.,1979. Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau du moyen Atlas (Maroc). Thèse de 3ème cycle, Aix Marseille II, 126 p.
- Dakki M., 1982.Trichoptères du Maroc. Bull. Inst. Scient Rabat, 6: 139-155.
- Dakki M.,1986. Recherches hydrobiologiques sur le haut Sebou (Moyen Atlas) ; une contribution à la connaissance Jaunistique, écologique et historique des eaux courantes Sud-méditerranéennes. Thèse es. Sci. Fac. Sci. Rabat, 181 p.
- Dakki, M.,1987. Ecosystèmes d'eau courante du haut Sebou (Moyen Atlas) ; Etudes typologiques et analyses écologiques et biogéographie des principaux peuplements entomologiques. Trav. Inst. Sci., Serie Zoologie, 42, 99 p.
- Dakki M., 1997. Etude nationale sur la biodiversité. Biodiversité de la faune aquatique continentale (invertébrés et poissons). Secrétariat d'état à l'Environnement. Rapport du projet GEF/6105-92,117pp.
- Dakki M et El Agbani M.A., 1983. Ephéméroptères d'Afrique du Nord :3. Eléments pour la connaissance de la faune marocaine.Bull. inst. Sci. Rabat, 7, pp. 115-126.
- Dakki M. et El Agbani M.A.,1995. The Moroccan Wetlands: diversity and human impacts. In : Montes et al. (eds) - Bases ecológicas para la restauración de humedales en la cuenca mediterránea. Consejería de Medio Ambiente, España, pp 299-307.
- Dakki M et Tachet H., 1987. Les larves d'hydropsyche du Maroc (Trichoptères, Hydropsychidae). In : Bournaud, M et H. Tachet(eds). Proceedings of the 5th Symposium on Trichoptera. Dr.W. Junk Publishers, The Hague, pp : 25-28.
- Directive-cadre du parlement européen sur l'eau., 2000. établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau.
- EL Agbani, M.A.,1984. Le réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Bouregreg (plateau central marocain). Essai de biotypologie. Thèse de 3ème cycle. Univ. Claude Bernard. Lyon 1, 147 p.
- EL Agbani, M.A. ; Dakki, M. & Bournaud, M., 1992. Etude typologique du Bouregreg (Maroc) : Les milieux aquatiques et leurs peuplements en macroinvertébrés. Bull. Ecol, 23, 1-2, pp. 103-113.

- El Alami M., 2002. Taxonomic, écologie et biogéographie des Ephéméroptères du rif (Nord du Maroc). Thèse d'état en sciences. Université Abdelmalek Essaadi, Tétouan.
- El Alami M et Dakki M., 1998. Peuplements d'Ephéméroptères et de Trichoptères de l'oued Laou (rif occidental, Maroc) : distribution longitudinale et biotypologie. Bulletin de l'institut scientifique, Rabat, numéro 21. pp : 51-70.
- El joubari M., Hajji K., Himmi O., El Alami M., El Agbani M.A et Louah A., 2015. Etude des macroinvertébrés (Gastéropodes, Diptères et Odonates) des marais de Smir Restingua (nord-ouest du Maroc). Faunistic Entomology, pp : 17-31.
- El Mezdi, Z. et Giudicelli, J.,1985. Etude d'un écosystème limnique peu connu : les Khetaras de la région de Marrakech (Maroc) habitats et peuplements. *Sciences de l'eau*, 6, 3, 281–297.
- Emberger L.,1979. Sur un formule climatique applicable en géographie botanique. *Compt. Rend. Séances Acad. Sci.* 191 : 389-390.
- Errochdi S., El Alami M., Bennis N., Belquat B., Ater M et Fadil F., 2012. Etude de la qualité physicochimique et microbiologique de deux réseaux hydrographiques nord marocains : Laou et Tahaddart. *Ecologie, biologie et paysages des systèmes fluviaux méditerranéens occidental, Maroc Méditerranée*. Numéro 118. Pp : 19-31.
- Fadil F., 2002. Les Gammaridès épigés des eaux continentales du Maroc (Crustacés, Amphipodes) : systématique, écologie, biologie et intérêt éco toxicologique. Thèse d'état, Université Moulay Ismail, Faculté des sciences. Meknès, 148p.
- Fadil F et Dakki M., 2001. Remarques sur la présence du genre *gammarus* (Crustacés, Amphipodes), au Maroc avec description d'une nouvelle espèce. *Beaufortia*, 51, 153-162.
- Fadil F et Dakki M., 2006. Deux espèces nouvelles du genre *Gammarus* (Crustacés, Amphipodes) du Maroc. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, n°28, 13-24.83-100.
- Fadil F et Dakki M., 2009. Dynamique et cycle de reproduction de deux populations de *gammarus gauthieri* Karaman (Crustacés, Amphipodes) du Moyen Atlas (Maroc) *Bull.Ins.*
- Fonseca C.R. et Ganade, G.,2001. Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*, 89, 118–125.
- Gayral P., 1954.Recherches phytolimnologiques au Maroc. Thèse de Doctorat es sciences, Université Paris : 301 p.
- Geldreich, E. E.; Kenner, B. A., 1969: Concepts of fecal streptococci in stream pollution. *Journal of the Water Pollution Control Federation* 41: 8, Part 2, R336-R352.
- Giudicelli J et Dakki M., 1984. Les sources du Moyen Atlas et du rif : faunistique (description de deux espèces nouvelles des Trichoptères) écologie, intérêt biogéographique. *Bijdragen töt de Dierkunde*, 54(1) :

- Giudicelli J., Dakin A et DIA A. 1985. Caractéristiques abiotiques et hydrobiologiques des eaux courantes méditerranéennes.
- Giudicelli J., Bouzidi A., et Ait Abdelaali N., 2000. Contribution à l'étude faunistique et écologique des simulides (Diptera : simuliidae) du Maroc IV. Les Simulidès du haut Atlas. Description d'une nouvelle espèce. *Ann.Limnol.*, 36, 57-80.
- Haouchine S., 2011. Recherches sur la faunistique et l'écologie des macro-invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Mémoire de magister. Univ. Mouloud Mammeri. Tizi-Ouzou, 116 p.
- Harmand, C. & Cantagrel, J. M., 1984. Le volcanisme alcalin Tertiaire et Quaternaire du Moyen Atlas (Maroc): chronologie K/Ar et cadre géodynamique. *Journal of African Earth Sciences*.
- Harmand C & Moukadiri A., 1986. Synchronisme entre tectonique compressive et volcanisme alcalin : exemple de la province quaternaire du Moyen Atlas (Maroc). - *Bull. Soc. Géai. FraI/ce*, (8), II, n°4, p. 595-603.
- Kabbaj & Combe., 1977. Présentation du domaine atlasique. In : *Ressources en eau du Maroc : domaine atlasique et sud atlasique. Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc*, numéro 231, pp : 29-39.
- Karr J.R et Chu E.W., 1999. *Restoring Life in Running Waters : Better Biological Monitoring*. Island Press, Washington DC.
- Lecompte M., 1986. *Biogéographie de la montagne marocaine : Le Moyen Atlas central*. CNRS (éd), Paris, 202p.
- Lepoutre B., 1961. Recherches sur les conditions édaphiques de régénération des cédraies marocaines. *Ann. Rech. Forest., Maroc*, t.6, fasc. 2.211p.
- Lepoutre B et Martin J., 1967. Le causse moyen atlasique. *Les cahiers de la recherche agronomique*, numéro24 : Congrès de pédologie méditerranéenne. Madrid. Excursion au Maroc. T1, 2^{ème} partie : description des régions traversées, chap IV, pp : 207-226.
- Leynaud G., 1968. Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. *B.T.I. Ministère de l'agriculture*, 224-881.
- Meybeck M., Kuusito E., Maleka A., Malkki E., 1996. A practical guide to the design and implementation of fresh water quality studies and monitoring programme. Spon, *Water quality monitoring*. In : J.Bartram, R. Balance(eds).London, 9-34.
- Karrouch L., 2012. *Bio-évaluation de la qualité des eaux courantes de la région Meknès (Centre-Sud, Maroc)-Impact sur l'environnement et la santé*. Thèse de doctorat en sciences en biologie. Faculté des sciences Meknès.216pp.
- Lancellotti, D.A. and Stotz, W.B., 2004. Effects of shoreline discharge of iron tailings on a marine soft-bottom community in northern Chile. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 303–312.
- Louis Emberger., 1935. *Mémoires de la Société des Sciences Naturelles du Maroc. Tableau phytogéographique du Maroc*. Publications de la Société Linnéenne de Lyon. p. 118.

- Malmqvist, B. et C. Otto, 1987. L'influence de la stabilité du substrat sur la composition des benthos des cours d'eau : étude expérimentale. *Oikos* 48 : 33-38.
- Martin J., 1981. Le Moyen Atlas central étude géomorphologique. Notes et Mémoires du service géologique, numéro 258 bis. Rabat (Maroc) :sn, 1981,447p.
- MDDEP., 2011. Politique québécoise de gestion des matières résiduelles ; Plan d'action 2011-2015. Québec, MDDEP, 33p.
- Meybeck, M., Chapman, D. and Helmer, R. [Eds] 1989 *Global Freshwater Quality : A First Assessment*. Blackwell Reference, Oxford, 306 pp.
- Mhirit O., et al., 1999. Le Grand livre de forêt marocaine - Edition Mardaga - Belgique ; 280 p.
- Michard A., 1976. *Eléments de géologie marocaine*. Notes et mémoires du service géologique du Maroc, numéro 252, 408 pages.
- Ministère de l'Energie, des Mines, de l'eau et de l'environnement, Maroc., 2015. « Normes de qualité, eaux destinées à l'irrigation ».
- Mouhcine M.,2015. Terrassements sur terrains marneux sensibles aux glissements : cas des terrains et remblais autoroutiers entre Oued Amlil et Taza (Rif, Maroc)
- Moukadiri A., 1983.Les enclaves ultrabasiques associées aux basaltes alcalins dans le district volcanique d'Azrou Timahdite (Moyen Atlas, Maroc). - Thèse 3e cycle, Clermont-Ferrand II, 150 p.
- Mouthon, J., 1980. Contribution à l'écologie des mollusques des eaux courantes. Esquisse biotypologique et données écologiques. – Thesis, University of Paris VI, Paris, pp. 1–169
- Nechad., Fadil K., Fadil F., 2014. Qualité physicochimique des eaux des sources Ain Regrag et Ain Sidi bouali dans la région de Séfrou (Moyen Atlas, Maroc). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n°20, Décembre 2014, pp. 127-146.
- Nechad I., Fadil M et Fadil F., 2014. Regard Sur L'état Physicochimique Et Bactériologique De Trois Grandes Sources Au Moyen Atlas (Maroc). *Research Inventory : International Journal Of Engineering And Science* Vol.4, Issue 11 (November2014), PP 40-50 Issn (e): 2278-4721, Issn (p):2319-6483.
- Nechad I et Fadil F., 2016. Taxonomic diversity of benthic stands of the Tataw source (ImouzerMarmoucha, Middle Atlas - Morocco). *International Journal of Scientific & Engineering Research*, Volume 7, Issue 8, ISSN 2229-5518.
- Nechad I., Fadil F et Dakki M., 2018. Changes in benthic communities in the Middle Atlas springs (Morocco) and their relationship with the climate changes. Volume 12, numéro1,p :96-108.
- NM 03.07.001., 2007. Normes marocaines eaux-aliments. Eaux d'alimentation Humaines-qualité des eaux d'alimentation humaine.

- Nouayti N., Khattach D et Hilali M., 2015. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) Assessment of physico-chemical quality of groundwater of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High Atlas, Morocco). *J. Mater. Environ. Sci.* 1068-1081. ISSN : 2028-2508 CODEN : JMESCN.14p.
- Olsgard F et Gray J.S., 1995. A comprehensive analysis of the effects of offshore oil and gas exploration and production on the benthic communities of the Norwegian continental shelf. *Marine ecology progress series* 122,277-306.
- Organisation mondiale de la Santé., 1972.
- Plan directeur des aires protégées., 2016.
- Person T.H et Rosenberg R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and marine biology an annual review* 16,229-311.
- Peyré C., 1976. Contribution à l'étude De la végétation du Moyen Atlas oriental. Le versant sud du massif Bouiblanc est sa bordure méridionale éléments de climatologie. *Bull.ins.Sci.* Rabat, numéro 1.P : 173-197.
- Raghni., 1992. Différenciations des sols du plateau de Meknès : relations avec le modelé et le substrat calcaire. Th. Pédol., Université Paris 6 : Paris. 1992/10. Paris : Université Paris 6 ; ORSTOM, 1992, 327 p.
- Ramdani M., Dakki M., Kharboua M., El Agbani M.A., Metge G., 1987. Les gastéropodes dulcicoles du Maroc : Inventaire commenté. *Bull.Inst. Sci, Rabat. Marocain : les lacs Ifrah et Iffer (Région d'Ifrane)*. Thèse de doctorat d'état, université Chouaib Doukkali, Eljadida, 186p.
- Rhoujjati A., 2007. Changements paléoenvironnementaux et paléoclimatiques depuis 21000 ans 14C dans le Moyen Atlas.
- Rhoujjati., Nourelbait M., Benkaddour A., Damnati B., Baali A., Taieb M., Decobert M., Malek F. & Cheddadi R., 2012 - Significations paléoenvironnementales des dépôts du remplissage holocène du lac Iffer (moyen atlas, Maroc). *Quaternaire*, 23 (2), 197-208., Dunod 9^{ème} édition, 1579p.
- Rodier J., Legube B., Merlet N., 2009. *L'Analyse de l'eau*. Paris
- Sanchez Ortega & Azouz M., 1998. Faunistique et phénologie des Plécoptères (Insecta, Plecoptera) du Rif marocain (Afrique du Nord). Relation avec les autres aires de la région méditerranéenne occidentale. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 71 : 449-461.
- Schoeller H., 1949. La température des eaux souterraines, laboratoire de géologie, faculté des sciences, Bordeaux. France, volume1, 214pp.
- Shin P.K.S., Huang, Z.G et Wu R.S.S., 2004. An undated baseline of subtropical macrobenthic communities in Hong Kong. *Marine pollution bulletin* 49,119-141.

- Soldan T. et Thomas A. G. B., 1983. New and little-known species of Mayflies (Ephemeroptera) from Algeria. Acta. Entomol. Bohemoslov. 80 (5): 356-376.
- Soufiani N et Fedan B., 2002. Les dépôts bathoniens du synclinal d'El Mers (Moyen Atlas, Maroc) : unités formationnelles, analyse et cadre, numéro 24, pp : 1-14.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M., Usseglio-Polatera P., 2006. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie,écologie. CNRS 2^{ème} éditions, Paris 588pp.
- Taltasse P., 1953. Recherche géologique et hydrogéologique dans le bassin de Fès-Meknès. Notes et Mémoires du service géologique, Rabat, Maroc, 115, 300 p.
- Taous A., Tribak A et Obda K.,2009. Karst et ressources en eau au Moyen Atlas nord-oriental, Geomaghreb.pp : 41–59.
- Tayoub H.,1989. Etude hydrobiologique d'un réseau hydrographique rifain, l'oued Laou: Typologie et Ecologie des Trichoptères. Thèse Doctorat 3ème cycle, Fac. Sci. Rabat, 137 p.
- Thomas A.G.B., 1986. Ephéméroptères du Sud-Ouest de la France IV. *Baetis catharus* n.sp. Des Pyrénées (Baetidae). Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de Toulouse, 122 :175-179.
- Totin V.S.H., Houndénou C., Boko M., Afouda A., 2009 : Variabilité pluviométrique et bilan climatique dans le bassin de la Volta au Bénin. Climat et développement, 8,81-94.
- Trari B., 1991. Culcidae (Diptera) : Catalogue raisonné des peuplements du Maroc et études typologiques de quelques gîtes du Gharb et de leurs communautés larvaires. Thèse 3ème cycle. Université Mohammed V, Faculté des sciences, Rabat : 209p.

Annexes

Annexe1 : Composition du milieu de culture des Bactéries

Milieu	Composition	Concentration (g/l)
Gélose nutritive	Extrait de viande	1
	Extrait de levure	2,5
	Peptone	5
	Chlorures de sodium	5
	Agar	15
	pH	7
Tergitol 7 Agar (TTC)	Peptone	10
	Extrait de viande	5
	Extrait de levure	6
	Lactose	20
	Tergitol 7	0,01
	TTC(chlorures de 2-3-5 triphényl-tétrazolium)	0,025
	Bleu de bromothymol	0,05
	Agar	13
Milieu Slanetz	pH	7,2
	Agar-agar	10
	Peptone	0,01
	Azide de sodium	0,025
	Glucose	0,05
	TTC(Chlorures de 2-3-5 triphényl-tétrazolium)	13
	pH	7,2

Annexe 2 : Méthodes de prélèvements et de dénombrement des bactéries

	Technique de prélèvement	Volume de prélèvement	Milieu de culture	Température d'incubation
Microorganismes revivifiables	Incorporation en milieu solide	1 ml	Gélose à l'extrait de levure	20°C et 37°C
Coliformes totaux	Filtration	100ml	Gélose Lactosée au TTC	37°C
Coliformes fécaux	Filtration	100ml	Gélose Lactosée au TTC	44°C
Streptocoques fécaux	Filtration	100ml	Gélose Slanetz	37°C

Annexe 3 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station Tadout durant l'année 2015-2016.

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis praemorsa</i>	25	20	16	26	33	25	28	30
<i>Pseudonnicola sp.</i>	1	2	4	5	7	6	5	7
<i>Corosella sp.</i>	8	3	0	4	6	7	8	10
<i>Horatia sp.</i>	9	6	8	10	12	11	10	12
<i>Thiodoxus numidicus</i>	17	15	10	17	22	23	26	28
<i>Helobdella sp.</i>	10	2	2	5	11	7	9	11
<i>Lumbricus sp.</i>	5	8	3	4	6	5	4	6
<i>Phagocata sp.</i>	15	16	8	10	14	15	17	19
<i>Gammarus rifaensis</i>	58	56	50	51	53	55	57	60
<i>Gammarus maroccanus</i>	31	34	24	26	28	30	32	35
<i>Cypridopsis sp.</i>	0	0	0	0	2	0	1	0
<i>Cypridina sp.</i>	3	0	3	4	5	3	2	4
<i>Dasyheleina sp.</i>	3	1	3	4	0	1	2	4
<i>Dixa sp.</i>	9	8	5	4	6	8	10	12
<i>Simulium wilhemia</i>	3	2	2	1	3	0	2	4
<i>Simulium sergenti</i>	4	1	1	0	5	4	3	6
<i>Gerris sp.</i>	1	0	0	0	2	3	5	4
<i>Baetis rhodani</i>	19	15	7	11	16	17	19	21
<i>Baetis pavidus</i>	12	13	8	5	7	10	13	15
<i>Caenis luctuosa</i>	1	5	2	0	4	3	2	3

<i>Héptagenia sp.</i>	3	1	0	2	5	3	2	4
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	7	5	2	4	5	6	8	10
<i>Liminus sp.</i>	3	0	0	2	3	4	4	5
<i>Oxyethira sp.</i>	4	3	0	1	3	5	3	5
<i>Hydropsyche sp.</i>	8	5	0	2	3	5	9	11

<i>Hydrachnidia sp.</i>	2	0	0	1	3	2	1	3
<i>Piona uncata</i>	0	0	0	0	0	1	0	0

**Annexe 4 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station
Abkhabk durant l'année 2015-2016.**

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Pisidium personatum</i>	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Glossiphonia sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Lumbricus sp.</i>	0	0	0	1	0	9	4	3
<i>Phagocata sp.</i>	0	0	0	2	1	0	0	1
<i>Dugesia gonocephala</i>	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gammarus marmouchensis</i>	290	494	481	686	640	635	731	742
<i>Cypridopsis sp.</i>	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Cypridina sp.</i>	0	0	0	2	3	2	0	0
<i>Dasyhelea sp.</i>	0	3	0	0	2	5	3	1
<i>Monsonia sp.</i>	0	0	1	1	3	2	1	0
<i>Simulium ornatum</i>	0	1	2	3	3	4	3	2
<i>Simulium pseudoquinum</i>	1	0	0	0	3	8	4	6
<i>Simulium sergenti</i>	3	1	2	5	3	1	4	8
<i>Naucoris maculatus</i>	5	7	4	7	10	8	5	3
<i>Baetis rhodani</i>	7	5	0	6	10	9	7	8
<i>Baetis pavidus</i>	12	10	8	11	15	17	11	7
<i>Caenis luctuosa</i>	12	14	10	8	5	12	7	9
<i>Caenis pusilla</i>	5	8	7	12	10	8	6	4
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	5	7	4	8	6	5	7	10

<i>Heptagenia sp.</i>	3	4	2	5	8	9	11	5
<i>Agabus sp.</i>	1	3	2	4	2	3	4	6
<i>Elmis maugetii</i>	1	2	0	0	2	3	5	2
<i>Berraeodos sp.</i>	0	1	0	1	3	3	2	0
<i>Hydropsyche fezana</i>	2	4	2	1	3	1	2	1
<i>Agapitus incertilus</i>	0	0	3	7	11	15	20	25
<i>Sialis sp.</i>	0	1	1	3	2	4	1	0
<i>Agriotypus sp.</i>	0	0	0	1	1	2	3	1
<i>Calopteryx splendens</i>	1	0	1	2	0	2	1	2
<i>Calopteryx hemoroidalis</i>	2	0	0	3	5	7	11	13
<i>Hydrachnidia sp.</i>	1	0	1	2	4	2	3	2
<i>Piona uncata</i>	1	0	0	0	1	2	1	0

Annexe 5 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station Aghbal(Secteur El hajeb) durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis praemorsa</i>	36	38	36	40	34	50	46	44
<i>Thiodoxus numidicus</i>	23	29	24	32	34	38	35	32
<i>Pseudomnicola sp.</i>	1	2	0	0	2	5	1	4
<i>Helobdella sp.</i>	0	0	2	6	3	0	1	0
<i>Glossiphonia sp.</i>	3	5	2	7	4	6	3	5
<i>Haplotaxis sp.</i>	4	10	5	6	7	4	3	2
<i>Polycelis nigra</i>	2	4	0	3	1	2	5	8
<i>Dugesia gonocephala</i>	2	4	0	2	3	9	4	6
<i>Dugesia sp.</i>	1	3	1	3	5	11	7	12

<i>Gammarus gauthieri</i>	180	200	174	170	200	240	280	300
<i>Chironomus sp.</i>	1	2	3	6	8	7	9	5
<i>Simulium mellah</i>	3	5	1	4	6	8	10	7
<i>Simulium pseudoquinum</i>	3	6	2	9	11	7	9	13
<i>Simulium sergenti</i>	0	1	0	1	3	5	6	7
<i>Gerris sp.</i>	2	4	1	2	4	3	5	7
<i>Mesovelia sp.</i>	100	104	96	111	109	90	112	110
<i>Microveila sp.</i>	84	86	80	92	94	97	89	85
<i>Notonecta sp.</i>	12	13	8	14	17	20	15	10
<i>Glaenocorisa sp.</i>	0	0	1	0	4	7	9	5
<i>Baetis rhodani</i>	116	111	90	111	114	117	118	120
<i>Baetis pavidus</i>	46	32	29	56	66	70	76	67
<i>Baetis alpinus</i>	19	25	19	28	34	37	35	28
<i>Centroptilum sp.</i>	14	8	3	12	17	22	24	18
<i>Caenis luctuosa</i>	20	23	15	19	24	29	32	31
<i>Caenis pusilla</i>	2	0	0	4	7	10	12	8
<i>Erochrus sp.</i>	0	1	0	1	3	2	3	1
<i>Elmis maugetii</i>	3	6	0	1	4	5	7	5
<i>Hydranea sp.</i>	0	2	0	5	6	7	5	4
<i>Gyrinus sp.</i>	2	6	2	0	3	1	2	3
<i>Lasiocephalus sp.</i>	2	3	1	0	4	0	3	2
<i>Calamoceras sp.</i>	0	0	0	5	3	1	3	2
<i>Rhyacophila sp.</i>	0	3	0	0	1	4	5	2
<i>Diplectrona sp.</i>	1	4	1	2	4	9	10	7
<i>Glossosoma sp.</i>	2	5	1	3	5	8	10	7

<i>Agapitus sp.</i>	3	7	2	3	5	7	6	4
<i>Agapitus incertilus</i>	2	1	0	2	3	5	6	4
<i>Agriotypus sp.</i>	1	4	2	5	6	7	8	5
<i>Elophila sp.</i>	0	1	0	0	2	0	3	1
<i>Euleuctra sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Brachyptera sp.</i>	0	0	0	2	0	0	0	0
<i>Hydrachnidia sp.</i>	10	9	7	5	4	5	6	8
<i>Piona sp.</i>	1	2	1	2	3	4	6	3
<i>Arrenurus sp.</i>	6	5	4	3	7	6	5	4

Annexe 6 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station
Atrous (Ribaa) durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis sealaris</i>	14	17	8	11	14	17	20	19
<i>Pisidium personatum</i>	0	0	0	0	1	1	3	1
<i>Pseudomnicola sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0
<i>Gammarus gauthieri</i>	317	320	290	259	380	420	450	413
<i>Simulium ornatum</i>	5	9	4	6	9	11	10	14
<i>Willenia quadriphilata</i>	4	5	2	3	5	9	13	10
<i>Simulium pseudoquinum</i>	4	7	1	5	8	9	10	8
<i>Gerris sp.</i>	1	2	1	2	6	9	19	17
<i>Naucoris sp.</i>	0	1	0	1	5	8	14	12
<i>Nepa sp.</i>	2	5	1	5	8	7	5	4
<i>Micronecta sp.</i>	0	1	0	1	3	5	11	9
<i>Baetis rhodani</i>	2	4	1	4	6	11	16	13
<i>Caenis luctuosa</i>	1	2	1	2	4	3	12	10
<i>Brachycerus sp.</i>	1	3	2	3	4	5	9	7
<i>Erochrus sp.</i>	1	0	0	1	0	1	0	0
<i>Gyrinus sp.</i>	0	0	0	2	0	0	1	0
<i>Calamoceras sp.</i>	1	2	0	2	4	5	7	10
<i>Glossosoma sp.</i>	0	1	0	1	3	5	7	4
<i>Psychomyia pusilla</i>	0	1	0	1	4	7	11	14

<i>Hydrachnidia sp.</i>	4	9	1	3	5	4	5	2
<i>Piona sp.</i>	1	2	0	2	3	4	4	1

Annexe 7 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station

Ghara durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis praemorsa</i>	5	7	4	8	11	9	15	17
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1	2	0	4	6	7	9	11
<i>Haplotaxis sp.</i>	3	5	2	6	7	8	10	6
<i>Glossiphonia sp.</i>	4	6	2	3	7	9	8	6
<i>Helobdella sp.</i>	3	5	2	4	6	7	11	7
<i>Polycelis nigra</i>	11	9	4	7	11	9	8	10
<i>Phagocata sp.</i>	6	5	2	4	8	11	5	7
<i>Dugesia sp.</i>	2	1	0	2	5	6	2	5
<i>Gammarus gauthieri</i>	90	94	97	100	107	119	115	98
<i>Gammarus maroccanus</i>	89	92	95	97	100	102	133	95
<i>Simulium wilhemia</i>	6	5	3	5	7	8	7	6
<i>Simulium mellah</i>	1	0	0	1	1	3	1	3
<i>Simulium pseudoquinum</i>	13	11	6	4	8	9	10	11
<i>Simulium velutinum</i>	2	1	0	1	3	1	4	0
<i>Gerris sp.</i>	2	1	0	3	4	6	0	0
<i>Mesovelia sp.</i>	2	1	0	2	1	1	4	2
<i>Microveila sp.</i>	0	1	0	2	1	3	1	0
<i>Naucoris sp.</i>	2	1	0	1	3	4	5	3
<i>Baetis rhodani</i>	20	17	10	8	13	6	15	10
<i>Baetis pavidus</i>	137	134	129	131	139	130	136	134
<i>Baetis alpinus</i>	20	22	15	16	18	20	22	21
<i>Centropitulum sp.</i>	59	56	30	34	36	40	44	52
<i>Traulius sp.</i>	1	0	0	0	1	2	0	0
<i>Procleon sp.</i>	5	0	0	3	4	2	5	4
<i>Caenis luctuosa</i>	2	1	0	3	4	3	6	11
<i>Caenis pusilla</i>	0	0	0	2	4	1	2	3
<i>Elmis sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Riolus sp.</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Hydranea sp.</i>	0	0	1	0	0	3	0	3
<i>Rhartus sp.</i>	1	0	0	1	0	1	1	1

<i>Rhyacophila sp.</i>	0	0	1	3	4	2	0	0
<i>Diplectrona sp.</i>	0	0	0	1	2	1	0	0
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	0	0	0	3	1	2	1	0

<i>Hydrachnidia sp.</i>	0	1	0	2	3	1	0	0	0
<i>Arrenurus sp.</i>	0	1	2	3	1	0	0	0	0

Annexe 8 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station Sidi mimoun durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis praemorsa</i>	6	9	4	7	10	11	13	10
<i>Horatia sp.</i>	4	6	2	3	5	6	9	7
<i>Corosella sp.</i>	1	0	0	1	1	0	0	0
<i>Pisidium personatum</i>	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Galba sp.</i>	0	0	1	0	2	1	0	0
<i>Physella acuta</i>	0	0	0	0	1	0	1	0
<i>Polycelis nigra</i>	2	1	1	3	2	4	6	5
<i>Dugesia sp.</i>	3	2	1	2	4	5	7	8
<i>Helobdella sp.</i>	4	7	3	9	6	7	11	18
<i>Glossiphonia sp.</i>	6	8	3	6	4	5	4	10
<i>Lumbricus sp.</i>	3	4	2	1	3	5	3	6
<i>Gammarus gauthieri</i>	243	247	250	234	240	245	238	236
<i>Simulium mellah</i>	1	2	1	0	1	2	0	0
<i>Simulium pseudoquinum</i>	47	59	22	26	36	38	41	64
<i>Simulium ornatum</i>	30	37	28	17	26	24	23	11
<i>Gerris sp.</i>	2	3	1	5	4	7	12	3
<i>Hebrus sp.</i>	0	1	0	0	1	2	1	5
<i>Baetis rhodani</i>	5	11	8	10	11	12	13	9
<i>Baetis pavidus</i>	6	9	5	11	6	8	9	3
<i>Centroptilum sp.</i>	1	1	2	3	5	2	1	1
<i>Procleon sp.</i>	1	2	1	3	1	0	0	0
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	1	3	2	4	1	4	1	0
<i>Heptagenia sp.</i>	1	1	2	3	1	0	0	0
<i>Elmis sp.</i>	0	0	0	2	1	0	0	0

<i>Ceraclea sp.</i>	1	1	0	2	1	0	0	0
<i>Glossosoma sp.</i>	1	3	2	5	1	0	0	0
<i>Agapitus incertilus</i>	1	3	1	1	0	0	0	0

<i>Agriotypus sp.</i>	0	1	1	3	1	0	1	0
-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

**Annexe 9 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station
Aghbal (Azrou) durant l'année 2015-2016**

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Thiodoxus numidicus</i>	1	1	1	2	0	0	2	4
<i>Melanopsis praemorsa</i>	5	7	6	5	7	8	12	10
<i>Pseudomnico la sp.</i>	0	0	0	0	1	0	2	0
<i>Tubifex sp.</i>	6	4	7	9	12	14	12	11
<i>eisenilla sp.</i>	1	2	0	1	2	1	3	4
<i>Dugesia tigrina</i>	14	19	15	39	36	38	38	27
<i>Grenobia sp.</i>	20	23	22	24	26	28	30	32
<i>Gammarus gauthieri</i>	200	240	260	266	270	268	271	270
<i>Simulium Pseudoquinum</i>	6	9	7	10	11	12	13	11
<i>Procleon sp.</i>	3	4	2	5	4	3	3	2
<i>Baetis rhodani</i>	2	1	3	6	5	3	4	2
<i>Potamophilus sp.</i>	1	2	0	1	0	0	0	0
<i>Glossosoma sp.</i>	0	1	0	1	2	1	0	0
<i>Apatania sp.</i>	1	2	1	3	2	1	0	0
<i>Hydrachnidia sp.</i>	5	7	3	2	4	6	5	8

**Annexe 10 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station
Ras el ma durant l'année 2015-2016**

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis praemorsa</i>	17	15	13	10	12	14	16	15
<i>Tubifex sp.</i>	6	7	5	4	5	8	10	13

<i>Eisenilla sp.</i>	5	6	5	3	4	6	9	12
<i>Helobdella sp.</i>	4	5	4	3	5	6	7	10
<i>Glossiphonia sp.</i>	6	8	7	7	8	10	12	10
<i>Lumbricus sp.</i>	6	8	7	7	8	10	12	10
<i>Dugesia tigrina</i>	7	11	8	7	9	12	14	15
<i>Grenobia sp.</i>	7	8	6	5	8	10	12	15
<i>Gammarus gauthieri</i>	102	100	103	114	111	116	119	130

Annexe 11 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station Louali durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Thiodoxus numidicus</i>	12	10	8	9	9	10	8	9
<i>Melanopsis praemorsa</i>	31	29	20	22	24	26	28	30
<i>Horatia sp.</i>	2	1	0	0	0	0	1	0
<i>Helobdella sp.</i>	3	2	2	3	5	4	7	9
<i>Glossiphonia sp.</i>	7	6	5	4	6	5	6	7
<i>Eisenilla sp.</i>	10	9	8	6	7	9	10	11
<i>Eisenilla tetraedra</i>	7	5	4	6	5	4	6	8
<i>Phagocata sp.</i>	9	7	7	8	9	10	12	14
<i>Dugesia sp.</i>	5	7	8	9	11	10	13	12
<i>Gammarus gauthieri</i>	66	65	67	70	73	71	74	68
<i>Gammarus maroccanus</i>	44	43	40	44	45	43	48	50
<i>Potamon fluviatilis</i>	5	4	3	2	1	0	0	2
<i>Simulium velutinum</i>	0	2	0	1	2	2	3	4
<i>Simulium pseudoquinum</i>	2	3	1	3	3	4	3	2
<i>Simulium sergenti</i>	0	2	3	1	2	3	1	2
<i>Baetis pavidus</i>	73	70	64	62	64	57	54	50
<i>Baetis alpinus</i>	34	31	29	27	25	22	19	17
<i>Proclon sp.</i>	27	25	22	20	23	0	10	0
<i>Heptagenia sulphurea</i>	2	0	0	0	0	0	3	0
<i>Electrogena sp.</i>	1	0	2	0	0	0	3	0

Annexe 12 : Evolution saisonnière de l'abondance de la macrofaune benthique dans la station Atrous (oued Lyhoudi) durant l'année 2015-2016

Espèces	Oct	Nov	Janv	Mars	Avr	Mai	Juil	Aout
<i>Melanopsis cariosus</i>	17	15	12	15	18	21	24	19

<i>Physella acuta</i>	0	0	1	0	1	2	3	1
-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---

<i>Thiodoxus numidicus</i>	0	0	0	0	1	1	2
<i>Helobdella sp.</i>	1	1	0	0	0	2	4
<i>Glossiphonia sp.</i>	5	2	0	0	0	3	2
<i>Eisenilla tetraedra</i>	4	3	2	1	4	6	9
<i>Eisenilla sp.</i>	0	0	0	1	3	4	5
<i>Lumbricus sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Phagocata sp.</i>	3	2	0	1	3	4	4
<i>Dugesia sp.</i>	1	1	1	0	1	1	3
<i>Gammarus maroccanus</i>	36	38	41	45	42	38	36
<i>Simulium velutinum</i>	3	2	1	0	2	3	4
<i>Simulium pseudoquinum</i>	4	3	2	3	5	7	10
<i>Simulium sergenti</i>	3	5	4	3	1	3	3
<i>Simulium wilhemia</i>	2	1	0	1	1	3	5
<i>Gerris sp.</i>	4	3	2	1	3	5	4
<i>Naucoris sp.</i>	2	3	2	0	1	2	2
<i>Nepa sp.</i>	0	1	2	0	1	3	1
<i>Notonecta sp.</i>	0	0	0	0	1	2	3
<i>Baetis rhodani</i>	1	3	2	4	3	2	0
<i>Baetis pavidus</i>	2	3	2	4	3	2	0
<i>Baetis alpinus</i>	2	3	2	3	4	3	0
<i>Thraulius sp.</i>	3	1	1	2	3	2	0
<i>Caenis luctuosa</i>	1	3	5	6	4	3	3
<i>Proclon sp.</i>	5	6	7	10	9	7	2
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	4	4	5	3	6	7	3
<i>Peltodyte sp.</i>	1	1	0	0	0	1	0
<i>Hydranea sp.</i>	3	2	1	1	1	0	0
<i>Orectochilus sp.</i>	2	1	0	1	1	0	0
<i>Lasiocephalus sp.</i>	3	2	1	1	1	1	1
<i>Dipletrona sp.</i>	2	2	3	1	2	1	0
<i>Chematopsyche lepidae</i>	2	2	1	2	4	2	1

Annexe13 : Fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Tadout

Espèces	Fréquence%	Présence
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Pseudomnicola sp.</i>	100	
<i>Corosella sp.</i>	87,5	
<i>Horatia sp.</i>	100	
<i>Thiodoxus numidicus</i>	100	
<i>Helobdella sp.</i>	100	
<i>Lumbricus sp.</i>	100	
<i>Phagocata sp.</i>	100	
<i>Gammarus rifatlensis</i>	100	
<i>Gammarus marocannus</i>	100	
<i>Cypridina sp.</i>	87,5	
<i>Dasyheleina sp.</i>	87,5	
<i>Dixa sp.</i>	100	
<i>Simulium wilhemia</i>	87,5	
<i>Simulium sergenti</i>	87,5	
<i>Gerris sp.</i>	62,5	
<i>Baetis rhodani</i>	100	
<i>Baetis pavidus</i>	100	
<i>Caenis luctuosa</i>	87,5	
<i>Héptagenia sp.</i>	87,5	
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	100	
<i>Liminus sp.</i>	75	
<i>Oxyethira sp.</i>	87,5	
<i>Hydropsyche sp.</i>	87,5	
<i>Hydrachnidia sp.</i>	75	
<i>Piona uncata</i>	12,5	50<accessoire
<i>Cypridopsis sp.</i>	25	<25

Annexes 14 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Atrous (Oued Lyhoudi)

Espèces (Ain Atrous (Oued Lyhoudi))	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis cariosus</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Physella acuta</i>	62,5	
<i>Helobdella sp.</i>	62,5	
<i>Glossiphonia sp.</i>	50	
<i>Eisenilla tetraedra</i>	100	
<i>Eisenilla sp.</i>	62,5	
<i>Phagocata sp.</i>	87,5	
<i>Dugesia sp.</i>	87,5	
<i>Gammarus maroccanus</i>	100	
<i>Simulium velutinum</i>	87,5	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Simulium sergenti</i>	100	
<i>Simulium wilhemia</i>	87,5	
<i>Gerris sp.</i>	100	
<i>Naucoris sp.</i>	87,5	
<i>Nepa sp.</i>	75	
<i>Notonecta sp.</i>	50	
<i>Baetis rhodani</i>	75	
<i>Baetis pavidus</i>	75	
<i>Baetis alpinus</i>	75	
<i>Thraulius sp.</i>	75	
<i>Caenis luctuosa</i>	87,5	
<i>Procleon sp.</i>	100	
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	100	
<i>Hydranea sp.</i>	62,5	
<i>Orectochilus sp.</i>	50	
<i>Lasiocephalus sp.</i>	87,5	
<i>Diplectrona sp.</i>	75	
<i>Chematopsyche lepidae</i>	87,5	
<i>Thiodoxus numidicus</i>	37,5	25<accessoire<50

<i>Peltodyte sp.</i>	37,5	
<i>Lumbricus sp.</i>	25	Accidentelle ≤ 25

Annexes 15 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Louali

Espèces (Ain Louali)	Fréquence (%)	Présence
<i>Thiodoxus numidicus</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	
<i>Horatia sp.</i>	75	
<i>Helobdella sp.</i>	100	
<i>Glossiphonia sp.</i>	100	
<i>Eisenilla sp.</i>	100	
<i>Eisenilla tetraedra</i>	75	
<i>Phagocata sp.</i>	100	
<i>Dugesia sp.</i>	50	
<i>Gammarus gauthieri</i>	75	
<i>Gammarus maroccanus</i>	100	
<i>Potamon fluviatilis</i>	75	
<i>Simulium velutinum</i>	50	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Simulium sergenti</i>	75	
<i>Baetis pavidus</i>	100	
<i>Baetis alpinus</i>	100	
<i>Procleon sp.</i>	75	
<i>Heptagenia sulphurea</i>	50	Constante (≥50%)
<i>Electrogena sp.</i>	75	

Annexes 16 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Ras el ma

Espèces (Ain Ras el ma)	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Tubifex sp.</i>	100	
<i>Eisenilla sp.</i>	100	
<i>Helobdella sp.</i>	100	
<i>Glossiphonia sp.</i>	100	
<i>Lumbricus sp.</i>	100	
<i>Dugesia tigrina</i>	100	
<i>Grenobia sp.</i>	100	

Annexes 17 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Aghbal (Azrou)

Espèces (Ain Aghbal (Azrou))	Fréquence (%)	Présence
<i>Thiodoxus numidicus</i>	75	Constante (≥50%)
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	
<i>Tubifex sp.</i>	100	
<i>Eisenilla sp.</i>	87,5	
<i>Dugesia tigrina</i>	100	
<i>Grenobia sp.</i>	100	
<i>Gammarus gauthieri</i>	100	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Procleon sp.</i>	100	
<i>Baetis rhodani</i>	100	
<i>Glossosoma sp.</i>	50	
<i>Apatania sp.</i>	75	
<i>Hydrachnidia sp.</i>	100	
<i>Potamophilus sp.</i>	37,5	
<i>Pseudomicola sp.</i>	25	Accidentelle≤25

Annexes 18 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Sidi mimoun

Espèces (Ain sidi mimoun)	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Horatia sp.</i>	100	
<i>Polycelis nigra</i>	100	
<i>Dugesia sp.</i>	100	
<i>Helobdella sp.</i>	100	
<i>Glossiphonia sp.</i>	100	
<i>Lumbricus sp.</i>	100	
<i>Gammarus gauthieri</i>	100	
<i>Simulium mellah</i>	62,5	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Simulium ornatum</i>	100	
<i>Gerris sp.</i>	100	
<i>Hebrus sp.</i>	62,5	
<i>Baetis rhodani</i>	100	
<i>Baetis pavidus</i>	100	

<i>Centropilum sp.</i>	100	
<i>Procleon sp.</i>	62,5	
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	87,5	
<i>Heptagenia sp.</i>	62,5	
<i>Ceraclea sp.</i>	50	
<i>Glossosoma sp.</i>	62,5	
<i>Agapitus incertilus</i>	50	
<i>Agriotypus sp.</i>	62,5	
<i>Corosella sp.</i>	37,5	25<accessoire<50
<i>Galba sp.</i>	37,5	
<i>Elmis sp.</i>	25	Accidentelle≤25
<i>Physella acuta</i>	25	
<i>Pisidium personatum</i>	12,5	

Annexes 19 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Ghara

Espèces (Ain Ghara)	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Thiodoxus numidicus</i>	87,5	
<i>Haplotaxis sp.</i>	100	
<i>Glossiphonia sp.</i>	100	
<i>Helobdella sp.</i>	100	
<i>Polycelis nigra</i>	100	
<i>Phagocata sp.</i>	100	
<i>Dugesia sp.</i>	87,5	
<i>Gammarus gauthieri</i>	100	
<i>Gammarus maroccanus</i>	100	
<i>Simulium wilhemia</i>	100	
<i>Simulium mellah</i>	75	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Simulium velutinum</i>	75	
<i>Gerris sp.</i>	62,5	
<i>Mesovelia sp.</i>	87,5	
<i>Microveila sp.</i>	62,5	
<i>Naucoris sp.</i>	87,5	
<i>Baetis rhodani</i>	100	

<i>Baetis pavidus</i>	100	
<i>Baetis alpinus</i>	100	
<i>Centroptilum sp.</i>	100	
<i>Proclon sp.</i>	75	
<i>Caenis luctuosa</i>	87,5	
<i>Caenis pusilla</i>	62,5	
<i>Rhartus sp.</i>	62,5	
<i>Rhyacophila sp.</i>	50	
<i>Cheumatopsyche lepida</i>	50	
<i>Hydrachnidia sp.</i>	50	
<i>Arrenurus sp.</i>	50	
<i>Dipterona sp.</i>	37,5	25<accessoire<50
<i>Hydranea sp.</i>	37,5	
<i>Tralulus sp.</i>	37,5	
<i>Elmis sp.</i>	12,5	Accidentelle<25
<i>Riolus sp.</i>	12,5	

Annexes 20 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Atrous (Secteur ribaa)

Espèces (Ain Atrous (secteur ribaa))	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis sealaris</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Pisidium personatum</i>	50	
<i>Gammarus gauthieri</i>	100	
<i>Simulium ornatum</i>	100	
<i>Willenia quadriphilata</i>	100	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Gerris sp.</i>	100	
<i>Naucoris sp.</i>	75	
<i>Nepa sp.</i>	100	
<i>Micronecta sp.</i>	75	
<i>Baetis rhodani</i>	100	
<i>Caenis luctuosa</i>	100	
<i>Brachycerus sp.</i>	100	
<i>Calamoceras sp.</i>	87,5	
<i>Glossosoma sp.</i>	75	
<i>Hydrachnidia sp.</i>	100	
<i>Piona sp.</i>	87,5	

<i>Erochrus sp.</i>	37,5	25<accessoire<50
<i>Pseudomicola sp.</i>	12,5	Accidentelle≤25
<i>Gyrinus sp.</i>	25	
<i>Psychomyia pusilla</i>	25	

Annexes 21 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Aghbal (secteur el hajeb)

Espèces de Ain Aghbal (secteur el hajeb)	Fréquence (%)	Présence
<i>Melanopsis praemorsa</i>	100	Constante (≥50%)
<i>Thiodoxus numidicus</i>	100	
<i>Pseudomnicola sp.</i>	75	
<i>Helobdella sp.</i>	50	
<i>Glossiphonia sp.</i>	100	
<i>Haplotaxis sp.</i>	100	
<i>Polycelis nigra</i>	87,5	
<i>Dugesia gonocephala</i>	87,5	
<i>Dugesia sp.</i>	100	
<i>Gammarus gauthieri</i>	100	
<i>Chironomus sp.</i>	100	
<i>Simulium mellah</i>	100	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	100	
<i>Simulium sergenti</i>	87,5	
<i>Gerris sp.</i>	100	
<i>Mesovelia sp.</i>	100	
<i>Microveila sp.</i>	100	
<i>Notonecta sp.</i>	100	
<i>Glaenocorisca sp.</i>	62,5	
<i>Baetis rhodani</i>	100	
<i>Baetis pavidus</i>	100	
<i>Baetis alpinus</i>	100	
<i>Centroptilum sp.</i>	100	
<i>Caenis luctuosa</i>	100	
<i>Caenis pusilla</i>	75	
<i>Eochrus sp.</i>	75	
<i>Elmis maugetii</i>	87,5	
<i>Hydranea sp.</i>	87,5	
<i>Gyrinus sp.</i>	87,5	
<i>Lasiocephalus sp.</i>	75	
<i>Calamoceras sp.</i>	62,5	
<i>Rhyacophila sp.</i>	62,5	

<i>Diplectrona sp.</i>	100	
------------------------	-----	--

<i>Glossosoma sp.</i>	100	
<i>Agapitus sp.</i>	100	
<i>Agapitus incertilus</i>	87,5	
<i>Agriotypus sp.</i>	100	
<i>Elophila sp.</i>	50	
<i>Hydrachmidia sp.</i>	100	
<i>Piona sp.</i>	100	
<i>Arrenurus sp.</i>	100	
<i>Euleuctra sp.</i>	12,5	
<i>Brachyptera sp.</i>	12,5	

Annexes 22 : fréquence d'occurrence des espèces colonisant la source Ain Abkhbakh

Espèces (Ain Abkhbakh)	Fréquence (%)	Présence
<i>Lumbricus sp.</i>	50	Constante ($\geq 50\%$)
<i>Gammarus marmouchensis</i>	100	
<i>Dasyhelea sp.</i>	62,5	
<i>Monsonia sp.</i>	62,5	
<i>Simulium ornatum</i>	87,5	
<i>Simulium pseudoquinum</i>	62,5	
<i>Simulium sergenti</i>	100	
<i>Naucoris maculatus</i>	100	
<i>Baetis rhodani</i>	87,5	
<i>Baetis pavidus</i>	100	
<i>Caenis luctuosa</i>	100	
<i>Caenis pusilla</i>	100	
<i>Ecdyonurus ifranensis</i>	100	
<i>Heptagenia sp.</i>	100	
<i>Agabus sp.</i>	100	
<i>Elmis maugetii</i>	75	
<i>Berraeodos sp.</i>	62,5	
<i>Hydropsyche fezana</i>	100	
<i>Agapitus incertilus</i>	75	
<i>Sialis sp.</i>	75	
<i>Agriotypus sp.</i>	62,5	
<i>Calopteryx splendens</i>	75	
<i>Calopteryx hemoroidalis</i>	75	
<i>Hydrachnidia sp.</i>	87,5	
<i>Piona uncata</i>	50	25<accessoire<50
<i>Phagocata sp.</i>	37,5	
<i>Cypridina sp.</i>	37,5	
<i>Pisidium personatum</i>	12,5	Accidentelle ≤ 25
<i>Glossiphonia sp.</i>	12,5	
<i>Dugesia gonocephala</i>	12,5	
<i>Cypridopsis sp.</i>	25	