

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene

U.S.T.H.B

Faculté des Sciences Biologiques



MÉMOIRE DE MAGISTÈRE EN SCIENCE DE LA NATURE

Option : Écologie des Peuplements Animaux

SUJET :

***Impact des changements climatiques sur la répartition de la
macrofaune benthique de l'oued Saoura
(Wilaya de Bechar)***

Présenté par

HAMZAOUI Djamila.

Composition du jury :

Mr. BOUHADAD. R	Professeur	à « USTHB »	Président
Mr. ARAB. A	Maître de conférences	à « USTHB »	Rapporteur
Mme. KHERBOUCHE. O	Maître de conférences	à « USTHB »	Examinatrice
Mr. KARA. H	Professeur	à l'Université de ANNABA	Examineur
Mr. LOUNACI. A	Maître de conférences	à « UMMTO »	Examineur

Soutenu le 18 /11/2009

REMERCIEMENTS

Avant d'entreprendre l'exposé des résultats de la présente étude, qu'il me soit permis d'exprimer ma profonde gratitude à Monsieur BOUHADAD, professeur à l'Université des Sciences et de Technologie Houari Boumedién de Bab Ezzouar, pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de cette thèse.

Je tiens à remercier Monsieur ARAB Abdeslam, Maître de conférences à l'Université des Sciences et de Technologie Houari Boumedién de Bab Ezzouar, pour avoir accepté de diriger ce travail de sa haute compétence et pour les nombreux conseils éclairés qu'il n'a cessé de me prodiguer.

J'exprime aussi mes remerciements et ma profonde reconnaissance aux membres du jury : à Madame KHERBOUCHE Ourida, Maître de conférences à l'Université des Sciences et de Technologie Houari Boumedién de Bab Ezzouar et à Monsieur LOUNACI Abdelkader, Maître de conférences à l'Université Mouloud Mameri de Tizi Ouzou et à Monsieur KARA, Professeur à l'Université de Annaba, pour avoir accepté de juger ce travail en dépit de leurs nombreuses responsabilités.

A ces remerciements, j'ai le plaisir d'associer mes parents, tous les amis et collègues qui m'ont aidé, encouragé et soutenu tout au long de ce travail.

Résumé

L'oued Saoura, cours d'eau endoréique, situé dans la partie la plus occidentale du Sahara septentrionale à 240 Km au Sud de la wilaya de Béchar, il est limité au Nord par la plaine d'Ouakda à l'Est par le Grande Erg Occidental et au Sud Ouest par les Monts d'Ougarta. L'approche physico-chimique met en évidence les changements de la qualité des eaux le long des rives, en relation avec les rejets des villes situées à proximité de l'oued et en fonction du régime du cours d'eau.

Des variations saisonnières ont été observées pour l'ensemble des paramètres physicochimiques mesurés dans les eaux de l'oued Saoura. Elles varient essentiellement en fonction de la période de l'année, de l'impact anthropique qui induit une augmentation des concentrations en nitrates, en nitrites, en relation avec les terrains agricoles.

L'approche biologique utilisant les macroinvertébrés est basée sur la technique d'échantillonnage au filet surber. L'étude des macroinvertébrés fait ressortir 41 unités systématiques, réparties en 7 groupes faunistiques, dont le niveau de détermination est arrivé aux familles, genres et parfois à l'espèce. Les insectes avec un pourcentage de 98%, représentent la majorité des taxons prélevés, repartis en 6 ordres. Les Diptères dominent avec 71,19%, suivie par les Ephéméroptères 19,79 %, les autres groupes présentent des pourcentages inférieures à 1 %.

Généralement le climat est le facteur déterminant pour la répartition de la macrofaune benthique. En zone Saharienne, les précipitations et les températures et la granulométrie du substrat sont les facteurs prépondérants.

Concernant les crues de la Saoura, nos résultats montrent que ces crues n'ont pas d'effet catastrophique à long terme sur les écosystèmes lotiques, car la dérive normale des organismes vers l'aval, et leur déplacement vers l'amont, où depuis les affluents permet la recolonisation des zones dépeuplées par ces crues.

Mots-clés : Algérie, Saoura, macroinvertébrés benthiques, faunistique, écologie, climat, crues, étiages, cours d'eau.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
 CHAPITRE I: REGION D'ETUDE	
1- SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA REGION D'ETUDE	3
2- RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'OUED SAOURA.....	3
3-CADRE GEOLOGIQUE.....	5
4-LES NAPES PHREATIQUES.....	7
5- CLIMATOLOGIE	7
5-I -CLIMAGRAMME D'EMBERGER.....	8
5-2 -DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE.....	10
6-HYDROLOGIE.....	11
6-I-CRUES.....	11
7- COUVERTURE VEGETALE DU BASSIN VERSANT.....	12
8-PERTURBATIONS	12
 CHAPITRE II : SITE D'ETUDE	
1- CHOIX ET DESCRIPTION DES STATIONS.....	13
1-1- CHOIX DES SAISONS	13
1-2-DESCRIPTION DES STATION D'ETUDES.....	14
2-INTERET DU FACTEUR PENTE.....	18
 CHAPITRE III : ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU	
1-MATERIEL ET METHODES.....	19
1-1. ECHANTILLONNAGE POUR L'ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE.....	19
1-2. METHODES D'ANALUSE.....	19
1-2-1-PARAMETRES PHYSIQUES.....	19
1-3. PARAMETRES CHIMIQUES	20
2- RESULTATS ET INTERPRETATIONS.....	20
A- PARAMETRES ABIOTIQUES.....	20
1- PARAMETRES PHYSIQUES.....	20
1-1. TEMPERATURE DE L'EAU.....	20
1-2. POTENTIEL HYDROGENE (PH).....	21
1-3. CONDUCTIVITE ELECTRIQUE	21
1-4. MATIERES EN SUSPENSION.....	22
1-5. SALINITE.....	23
1-6. VITESSE DU COURANT.....	23

2- PARAMETRES CHIMIQUES.....	24
2-1.OXYGENE DISSOUS.....	24
2-2. SELS NUTRITIFS.....	25
2-3. PHOSPHATES.....	26
2-4. SULFATES.....	27
2-5. CALCIUM ET MAGNESIUM.....	27
2-7. CARBONATE.....	28
2-8. CHLORURES.....	
3- ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES.....	30
3-1 ANALYSE EN COMPOSANTE PRINCIPALE.....	30
CONCLUSION.....	32

CHAPITRE IV: ETUDE BIOLOGIQUE

I- MATÉRIEL ET METHODES.....	34
1-1. ECHANTILLONNAGE ET RECOLTE DES MACRO-INVERTEBRES.....	34
I-2-TRAITEMENT DES ECHANTILLONS.....	34
1-2. TRI ET DETERMINATION.....	34
II- ETUDE DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES.....	35
1. RICHESSE TAXONONIQUE.....	35
2. LES GRANDES GROUPES TAXONOMIQUES.....	36
3. LISTE FAUNISTIQUE.....	40
4. CLASSIFICATIONS TAXONOMIQUES.....	41
III-TRAITEMENT DE DONNEES.....	43
1-DIVERSITE.....	43
2- INDICE DE SIMILARITE.....	45
3-ANALYSE FACTORIELLE DES CORESPONDANCE.....	47
4-ANALYSE CANONIQUE DES CORESPONDANCE.....	48
IV- ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU PAR LES MÉTHODES BIOLOGIQUES.....	50
1- L'INDICE BIOLOGIQUE GLOBAL NORMALISÉ (I.B.G.N).....	50
2- BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY (B.M.W.P').....	55
2-2-CONCLUSION.....	60

CHAPITRE V:IMPACT DU CLIMAT SUR LA DISTRIBUTION DE LA FAUNE BENTHIQUE

V-BASSIN HYDROGRAPHIQUE DU CHELIF ET DE L'OUED EL ARAB.....	62
1- DESCRIPTION ET DONNEES GENERALE SUR LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DU CHELIF.....	62
2-DESCRIPTION ET DONNEES GENERALES SUR LE RESEAU HYDROGRAPHIQUE DE L'OUED EL ARAB.....	63
3-ANALYSE DU PEUPELEMENT FAUNISTIQUE.....	64
4- CHANGEMENT DE COMPOSITION DES COMMUNAUTES BENTHIQUES EN	



FONCTION DES ETAGES BIOCLIMATIQUES.....	65
4-1- LES EPHEMEROPTERES.....	65
4-2-LES DIPTERES.....	68
4-3- LES PLECOPTERES.....	70
CONCLUSION GENERALE.....	71
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

Sigles & abréviations

ACC	Analyse canonique des correspondances
ACP	Analyse en composantes principales
AFC	Analyse factorielle des correspondances
APHE	Aphelocherodae
BA1	Station de Béni Abbès au premier prélèvement
BA2	Station de Béni Abbès au deuxième prélèvement
BA3	Station de Béni Abbès au troisième prélèvement
BA4	Station de Béni Abbès au quatrième prélèvement
BA5	Station de Béni Abbès au cinquième prélèvement
BAE	<i>Baetis</i>
BI1	Station de Béni Ikhlef au premier prélèvement
BI2	Station de Béni Ikhlef au deuxième prélèvement
BI3	Station de Béni Ikhlef au troisième prélèvement
BI4	Station de Béni Ikhlef au quatrième prélèvement
BI5	Station de Béni Ikhlef au cinquième prélèvement
CAE	<i>Caenis</i>
CEN	<i>Centroptilum</i>
CER	Ceratopogonidae
CHI	Chironomidae
COL	Coléoptères
EO1	Station d'El Ouata au premier prélèvement
EO2	Station d'El Ouata au deuxième prélèvement
EO3	Station d'El Ouata au troisième prélèvement
EO4	Station d'El Ouata au quatrième prélèvement
EO5	Station d'El Ouata au cinquième prélèvement
EPHY	Éphydriidae
Fig	Figure
G1	Station de Guerzim au premier prélèvement
G2	Station de Guerzim au deuxième prélèvement
G3	Station de Guerzim au troisième prélèvement
G4	Station de Guerzim au quatrième prélèvement
G5	Station de Guerzim au cinquième prélèvement
GAS	Gastéropodes
GOR	Gordius
HET	Hétéroptère
HYD	Hydropsychidae
Ig1	Station d'Igli au premier prélèvement
Ig2	Station d'Igli au deuxième prélèvement
Ig3	Station d'Igli au troisième prélèvement
Ig4	Station d'Igli au quatrième prélèvement
Ig5	Station d'Igli au cinquième prélèvement
K1	Station de Kerzaz au premier prélèvement
K2	Station de Kerzaz au deuxième prélèvement
K3	Station de Kerzaz au troisième prélèvement
K4	Station de Kerzaz au quatrième prélèvement
K5	Station de Kerzaz au cinquième prélèvement
MES	Matières en suspensions
SIM	Simuliidae
V	Vitesse du vent

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Les écosystèmes aquatiques revêtent un intérêt social, culturel et économique. Toutes ces valeurs expliquent les différentes pressions auxquelles ils sont soumis. Ces pressions sont souvent à la base de nombreux déséquilibres écologiques.

L'eau dans la nature est rarement pure, sa composition dépend du milieu dans lequel elle s'écoule, de ses caractéristiques physiques (température, turbidité, couleur, ...), de ses caractéristiques chimiques (pH, teneur en calcaire, ...) et de tout ce qui lui est mélangé, volontairement ou non (BAISEL & USSEGLIO-POLATERA, 2003).

Parmi les différentes sources d'eau disponible (mer, aquifère, lac, cours d'eau, ...), les cours d'eau est celle qui est utilisée pour le plus grand nombre d'usages : production d'eau potable, sports aquatiques, navigation, baignade, pêche, exutoire d'eaux usées, irrigation, abreuvement de troupeaux, ...etc (CARDOT, 2002).

En outre, les cours d'eau avec leurs annexes (ripisylve, bras morts, zones humides, berges,...) constituent des écosystèmes dont la flore et la faune ne s'y développent que si chaque espèce y trouve les conditions de sa croissance et de sa reproduction. Or la richesse faunistique et floristique d'un écosystème aquatique agit en retour sur les usages anthropiques. En effet, si un cours d'eau assure de nombreuses fonctions biologiques, il héberge alors une grande variété d'êtres vivants qui contribuent à maintenir cette dernière en équilibre. En cas de modifications ponctuelles des caractéristiques du cours d'eau, certaines espèces vont être favorisées, d'autres vont se mettre en situation de survie (SOUCHON *et al*, 1996).

Les fonctions biologiques assurées par les cours d'eaux ne sont pas seulement dépendantes de la qualité de l'eau mais également de la morphologie de celui-ci (courant, ensoleillement, substrat...etc.), et des relations que la rivière entretient avec ses annexes (fréquence et intensités des périodes des crues) et des connections qui existent entre l'amont et l'aval.

La Saoura petit Nil du Sahara nord occidental (CONRAD & BLANC, 1968) est un cours d'eau où les mécanismes d'écoulement et de transports fluviaux sont des phénomènes actuels qui se déclenchent dans les zones arides et qui sont très intéressants à étudier, ils peuvent avoir des impacts sur la faune benthique qu'ils hébergent.

Le présent travail consiste en une étude hydrobiologique du réseau hydrographique de la Saoura situé dans la partie la plus occidentale du Sahara septentrionale.

Les études sur la faune et l'écologie des hydrosystèmes d'Algérie sont limitées et datent de 1895 par les travaux de BEDEL(1895), EDWARDS (1923), LESTAGE (1925), GAUTHIER (1928), NAVAS (1929), SEURAT (1934), VAILLANT (1955)...

Ce travail est un premier pas dans l'étude de la faune des macroinvertébrés de la Saoura après celui de GAUTHIER (1928) sur la faune du Sahara Algérien.

Cette étude a pour objectif d'étudier la distribution des communautés de macroinvertébrés sous la contrainte des facteurs climatiques et de mettre en évidence les facteurs qui contribuent significativement à la distribution des taxons le long du profil longitudinal de la Saoura. Les résultats de l'étude seront présentés suivant les points ci-dessous :

Un premier chapitre qui portera sur les généralités sera consacré au bassin de la Saoura.

Le deuxième chapitre a été consacré à la présentation des stations d'étude.

Un troisième chapitre présentera les caractéristiques physico-chimiques des eaux de la Saoura. Un quatrième chapitre traitera de l'étude des peuplements de macroinvertébrés.

Un cinquième chapitre analysera la distribution des communautés des macroinvertébrés en relation avec les facteurs environnementaux.

Enfin, une conclusion générale et des perspectives.

CHAPITRE I:
REGION D'ETUDE

1-Situation et cadre géographique de la région d'étude

L'oued Saoura, cours d'eau endoréique, situé dans la partie la plus occidentale du Sahara septentrionale (OZENDA, 1977), il se trouve dans une région désertique à 240 Km au sud de Béchar et à plus de 1000 Km de la Wilaya d'Alger, il est limité au nord par la plaine d'Ouakda à l'Est par le Grand Erg Occidental et au Sud Ouest par les Monts d'Ougarta.

Le secteur étudié se situe dans une région composée d'éléments forts différents. Cette diversité lui confère un caractère particulièrement représentatif des principaux aspects du Sahara. Le paléozoïque tantôt dressé en djebels, tantôt arasé, affleure dans la large bande NW-SE des monts d'Ougarta et de leurs abords. La partie méridionale de la hamada tertiaire du Guir s'étale au NW de Beni Abbès tandis que la lisière du grand erg occidental, un des éléments majeurs du Sahara, coïncide avec la rive gauche de la Saoura. Enfin des nappes d'épandages détritiques et de terrasses quaternaires, ainsi que de petits ergs couvrent de vastes étendues, notamment au SW des monts d'Ougarta. (CONRAD ET BLANC, 1968).

Le bassin de la Saoura est d'une surface de 50000 Km², il est drainé par l'oued Saoura orienté NE, correspondant aux bassins du Guir et de la Zousfana qui se rejoignent au nord de la palmeraie d'Igli, en passant à proximité de la ville de Beni Abbès, El Ouata, Gerzime, Beni Ikhlef, Kerzaz jusqu'à Fom El Khneg après avoir fait un parcours de 250 km (Fig. 1).

En aval, la Saoura change de direction et oblique vers le nord ouest et sous le nom de l'Oued Essuireg il se jette dans la Sebket el Melah qui est un vaste système évaporatoire où les eaux de crues forment un lac qui peut atteindre 100 à 200 Km².

2-Réseau hydrographique de l'oued Saoura

Le réseau hydrographique se regroupe dans le bassin de la Saoura, il est drainé par l'oued Saoura correspondant aux bassins du Guir et de la Zousfana qui se rejoignent au nord de la palmeraie d'Igli. Comme le suppose DUBIEF (1963), il devait exister pendant le quaternaire un grand axe d'écoulement, l'artère maîtresse *Guir-Saoura-Messaoud*, avec des affluents importants, les oueds Zousfana et Béchar. La partie vivante du cours d'eau se réduit actuellement à l'axe *Guir-Saoura-oued Essuireg* avec la Sebket El Melah comme niveau de base. Cet axe est alimenté en amont d'Igli par la Zousfana, oued Guir, oued Bechar.

2-1 -L'oued Bechar :

L'oued Bechar est un ancien affluent du Guir, il est devenue autonome et ne coule que jusqu'à dairet Tiour située à la latitude de l'Abadlla.

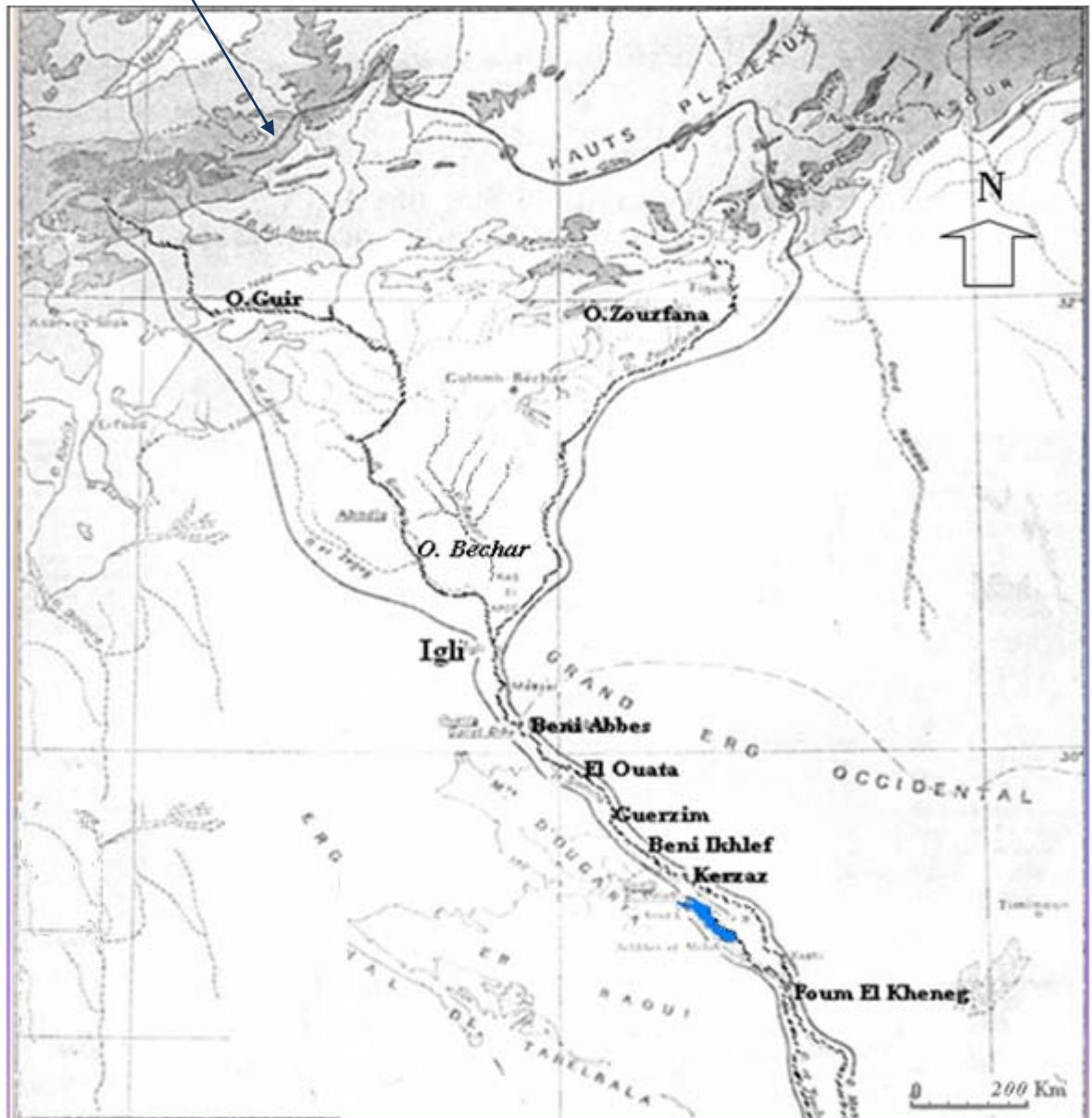


Figure 1 : Bassin de l'oued Saoura (Sahara nord occidental)

2-2- Le Bassin du Guir :

Le bassin du Guir présente une superficie de 27400 Km². Il prend sa source dans la partie orientale du haut atlas au pied du djebel Aicha à 3750 m d'altitude. Il se dirige vers le Sud Est et le Sud, avant de pénétrer dans la plaine située en amont du barrage de Djorf Torba qui constitue la limite entre les zones subarides et arides.

2-3-Le Bassin de la Zousfana :

La superficie du bassin de la Zousfana est estimée à 16600 Km². Il est alimenté par une série de petits affluents en rive droite avant de rejoindre le Guir après un parcours de 360 Km dont 300 Km en région saharienne (CONRAD ET BLANC, 1968).

3-Cadre géologique

La région d'étude appartient au cadre général de la géologie saharienne et plus particulièrement à celle du nord du Sahara occidental dont elle forme la partie située le plus à l'Est. La plate-forme Saharienne constitue le bord septentrional de la vieille masse occidentale et peut se résumer en : socle antécambrien, métamorphique et granitisé, une série paléozoïque plus ou moins plissée, des couvertures tubulaires, secondaire et tertiaire ; des placages quaternaire et sub-actuels (DOROTHÉE LE MAITRE, 1952).

Notre zone d'étude se caractérise par deux types :-

3-1- Les formations récentes : ce sont celles qui s'étalent du quaternaire au néogène

A- Les formations du quaternaires : ce sont toutes les formations à substrat sableux ou gypseux argileux qui se présentent sous forme de terrasses des regs, des ergs ou des sebkhas. Ces formations sont très répandues, elles s'étendent du nord au sud (CONRAD ET BLANC, 1968).

- **Les regs :**

Ils constituent les formations typiques du Sahara, ce sont des surfaces recouvertes de débris colisés à granulométrie variable à la surface desquelles il y'a des éléments graveleux, ou caillouteux protégeant un substrat de sable fin.

- **Les ergs :**

Les ergs sont des formations sableuses allant du simple voile sableux jusqu'aux dunes massives.

B- Les formations du néogène

Ce sont les formations à substrat calcaire plus ou moins silicifié se présentant sous forme de **Hamada**. Dans notre région d'étude, c'est la hamada du Guir qui est la plus importante, elle s'articule avec l'ensemble Est-Ouest de la hamada du Draa, par l'intermédiaire de la hamada du Daoura.

3-2-Les formations paléozoïques : elles présentent les substrats suivant :

Substrat calcaire, grès et schistes datant du carbonifère surtout au niveau d'Igli.

Schistes qui se trouvent dans une Petite partie d'Ougarta.

Les rhyolites de l'Infracambrien concentrés dans la région de Kerzaz.

4 -Les nappes phréatiques

Trois systèmes aquifères caractérisant l'ensemble du bassin de la Saoura :

La nappe du grand Erg occidental à l'Est de l'oued, qui offre une eau de bonne qualité.

La nappe de la Hamada du Guir à l'ouest, qui apparaît dans les calcaires gréseux de la base du Mio-Pliocène sur la bordure orientale de la Hamada du Guir.

La nappe des monts d'Ougarta au Sud de la précédente, elle est située dans les grès et quartzites de l'ordovicien. Elles sont au contact des schistes carburés siluriens.

L'oued Saoura possède un sous-écoulement rechargé par l'apport latéral de la nappe de l'erg tout au long de la rive gauche et régulièrement par les crues venues du nord qui peuvent atteindre la cuvette fermée de la Sebkha El Melah. Elle réalimente ainsi la nappe sous-jacente par infiltration dans les dépôts argilo-sableux et salins.

5- Climatologie

Le climat est un facteur déterminant pour la répartition de la macrofaune benthique. En zone saharienne, les précipitations et les températures semblent être les facteurs prépondérants.

La plupart des données climatiques sont empruntées des travaux de DUBIEF (1963). Le climat de la région d'étude est celui du Sahara Nord occidentale, climat désertique chaude est aride, il est caractérisé par :

- Une nébulosité faible (fraction du ciel exprimé en dixièmes, couvert par les nuages) de valeurs annuelle moyenne comprise entre 2 et 3 dixième.
- Une durée journalière moyenne d'insolation d'environ 10 heures (9.6 heures à Béni Abbes).
- Une température annuelle moyenne de l'air d'environ 25 °C (22.8 °C à Beni Abbes), avec un minimum en Décembre-Janvier (moyenne de 12 °C) et un maximum en Juillet- Août (moyenne 36°C). Cependant en hiver il fait froid la nuit et le matin au lever du soleil et, en été les températures maximales dépassent les 40°C.
- Des précipitations rares de faible quantité (moins de 10 mm de moyenne annuelle à Beni Abbes) et de courte durée.
- Des vents fréquents, agents de désertification, souvent chargés de particule de sable et une sécheresse élevée de l'air et du sol avec une évaporation énorme des nappes d'eau libres (GUERRE, 1976).

Les données climatiques stationnelles nous auraient fournis des informations précises sur chaque type de microclimat, ce qui nous renseignerait plus sur les exigences des espèces locales, malheureusement nous manquons de ces données. Nous ne disposons que des données climatiques fournies par l'Office National de la Météorologie de DAR EL BAIDA (O.N.M, 2009) de la wilaya de Béchar pour les dix dernières années.

Le tableau 1 sera utilisé pour déterminer le climagramme d'EMBERGER et le diagramme ombrothermique de BAGNOULS ET GAUSSEN (1953).

Tableau 1 : Données climatiques de la wilaya de Béchar pour les dix dernières années (1991-2000).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
P (mm)	2.03	1.83	3.66	0.65	1.15	0.74	3.29	0.54	2.34	8.7	15.79	2.67
M (°C)	9.63	12.16	16.24	20.14	25.32	30.34	34.26	33.32	28.23	21.53	15.05	10.7
m (°C)	3.89	5.6	9.68	13.54	18.09	23.48	27.47	26.64	21.69	15.23	8.8	4.2
(M+m)/2	6.76	8.88	12.96	16.84	21.71	26.91	30.87	29.98	24.96	18.38	11.93	7.47

5-1-Diagramme ombrothermique.

Le diagramme ombrothermique de BAGNOUL & GAUSSEN (1953), est une représentation qui consiste à comparer mois par mois le rapport entre les précipitations et les températures, et les points d'intersection entre les deux courbes correspondant à la période sèche de la région d'étude.

Sur le même graphique nous portons :

* Sur l'axe des abscisses, les mois de l'année.

* Sur l'axe des ordonnées à double échelle : les températures (T°C) sur le côté gauche et les précipitations (Pmm) sur le coté droite de façon à ce que l'échelle des précipitations soit double de celle des températures. Ce diagramme permet de visualiser et de quantifier la période sèche qui correspond à toute la partie pour laquelle la courbe thermique se tient au dessus de la courbe pluviométrique, et la période humide qui correspond aux autres zones extrêmes, tout en tenant compte de la relation $P \leq 2T$.

L'analyse de la figure 2 montre les variations climatiques de la wilaya de Bechar des 10 dernières années (1991-2000). Cette région présente une période sèche qui s'étale de mi-janvier à mi-octobre tandis que la saison humide de mi octobre à décembre.

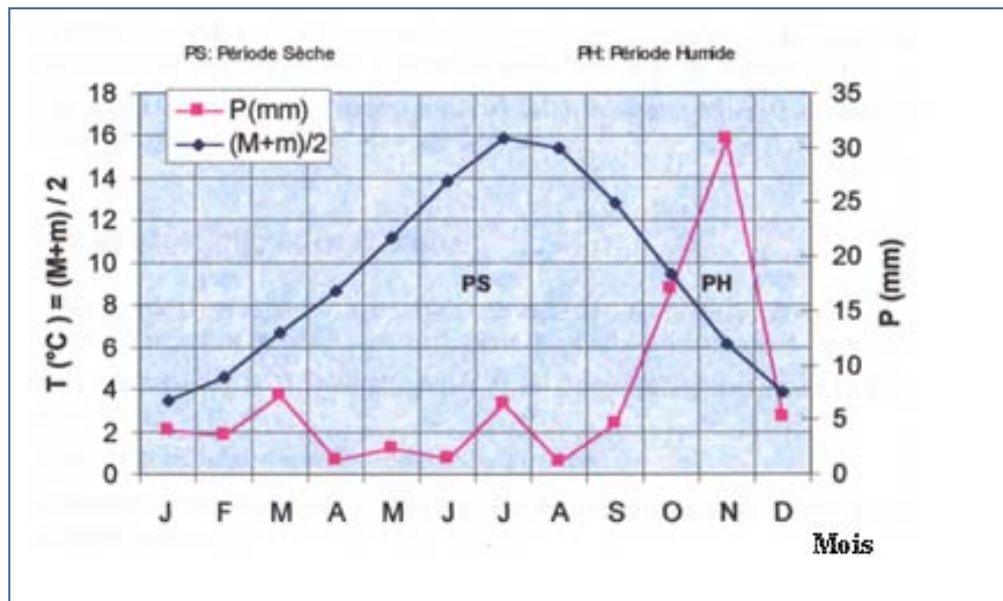


Figure 2 : Diagramme Ombrothermique de la Wilaya de Bechar

5 -2-Le Climagramme d'EMBERGER :

Le climagramme d'Emberger permet la classification des climats méditerranéens (DAJOZ, 2000). Le quotient pluviothermiques d'Emberger (Q_2) tient compte de la variation annuelle de la température dont est fonction l'évaporation, ce quotient est déterminé par la formule suivant :

$$Q_2 = 2000 P / M^2 - m^2$$

Avec :

P : moyenne annuelle des précipitations (mm).

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).

m : moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

La Figure 3 montre Climagramme d'Emberger de la wilaya de Béchar.

Le Q_2 de Béchar est de **3,99** pour une température minimale de $m = 3,89^\circ\text{C}$. Il montre que la région appartient à l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré.

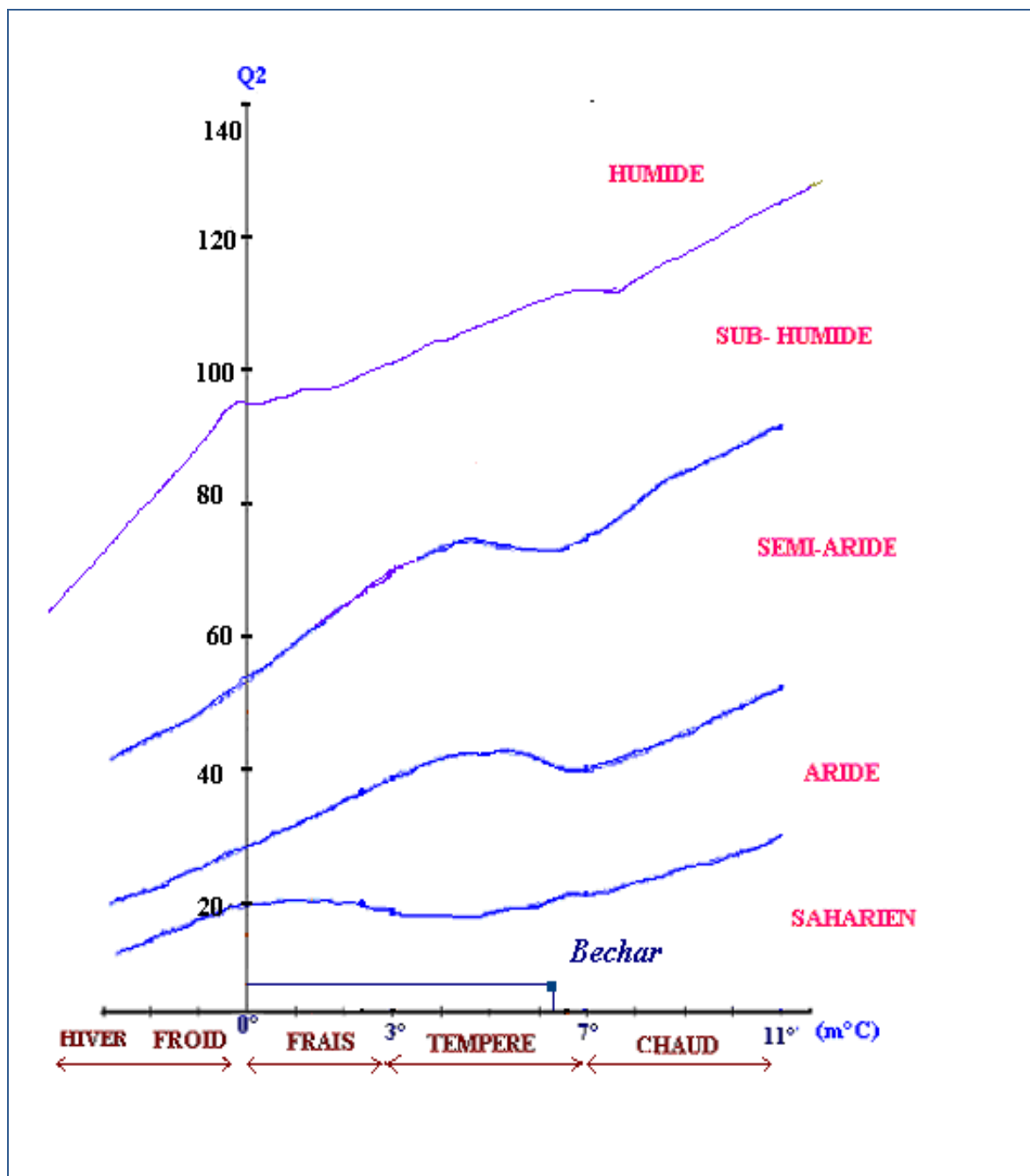


Figure 3 : Climagrammes d'Emberger de la wilaya de Béchar.

6- Hydrologie

6-1-Les crues

Des crues très importantes surviennent dans le bassin de la Saoura :

Pendant les crues, l'oued Saoura apporte des eaux du domaine atlasique maintenant ainsi une bande étroite de végétations azonales dans le domaine désertique du Sahara nord occidental. Les débits solides de l'oued au moment des crues de la Saoura sont formés de sables et d'argiles. Les modifications morphologiques du lit se font pendant une brève période qui coïncide avec le paroxysme de la crue. La concentration des sels s'opère de façon diffuse dans les alluvions tout au long de l'oued.

Mécanisme des crues :

La réunion des eaux du Guir et de la Zousfana provoque les grandes crues de la Saoura qui s'avancent vers le sud. En règle générale, les grandes crues franchissent le Foum el Khneg et vont inonder la sebkhet El Melah en empruntant l'oued Es Suireg. Lors des crues exceptionnelles, le niveau monte au Foum el Khneg, la Saoura s'écoule vers le Nord Ouest par l'oued Suireg mais également vers le Sud par l'oued Messaoud. Le mécanisme des écoulements dans les oueds Es suireg et Messaoud est exactement celui d'un écoulement normal avec déversoir. Les crues ne s'écoulent vers le Sud que lorsque le niveau d'eau au radier de Foum El Khneg dépasse 1,50 m environ (CONRAD ET BLANC, 1968). En fonction de la durée et de l'intensité des écoulements par ce déversoir naturel, les eaux de crue parcourent une longueur variable du cours de l'oued Messaoud en direction de la dépression du Touât.

Les Figures 4 et 5 représentent les crues de 2007 et 2008 au niveau de la Saoura. Au cours de la crue du 12-10-2008 : Des routes, rendues impraticables à la circulation routière par la violence des eaux de l'oued, des ponts de traversée ont été sérieusement endommagés.



**Figure 4 : Crue d'Octobre 2007
(Station Béni Abbas)**



**Figure 5: Crue de Février 2008
(Région dite Foum El Khneg)**

7- végétation

La région de la Saoura présente un climat saharien caractérisé par une végétation pauvre dont les éléments les plus importants sont : *Acacia raddiana* (nom commun: Talah), *Zizyphus lotus* (nom commun: Sedra), *Retama retam* (nom commun: Retem), *Aristida pungens* (nom commun: drinn) (CONRAD ET BLANC, 1968).

8- Perturbations

8-1. Phénomènes naturels

Les facteurs naturels contribuent très fortement à la dégradation des ressources du bassin de la Saoura. Ainsi la désertification, l'érosion hydrique et éolienne, et surtout l'ensablement du lit de l'oued ont pour conséquence la réduction du pouvoir auto-épurateur du cours d'eau et la compromission à long terme des écoulements en aval.

8-2- Perturbations anthropique

- **Pollution domestique :**

La population dans le bassin de la Saoura est estimée à environ 11000 habitants en 2006 avec la présence au bord du cours d'eau des importantes villes comme Beni abbes, Igli, El ouata, Kerzaz, Beni Ikhlef, et Beni Abbes. L'emplacement de ces villes qui ne sont pas dotées de système de collecte et de traitement adéquat des eaux usées domestiques est une menace réelle pour le cours d'eau de la Saoura qui constitue leur exutoire principal.

L'évacuation de ces rejets s'effectue sans traitement préalable donc sans respect des normes nationales de rejets.

CHAPITRE II :
SITE D'ETUDE

1-Choix et localisation des stations de prélèvement

Les raisons qui motivent le choix d'un site particulier sont fonction des caractéristiques de l'environnement qui pourrait influencer le biotope (ROSENBERG *et al*, 1993).

Le choix des stations de prélèvement est principalement basé sur la présence ou non des sources de pollution susceptibles de modifier la qualité des eaux de l'oued Saoura, et cela pour voir l'impact des rejets de la communauté urbaine sur les caractéristiques physico-chimiques et biologiques. En plus des rejets, les caractéristiques physiques des stations de prélèvement (substrats, profondeur, débit, végétation aquatique, hétérogénéité des faciès, pente...etc.) sont des facteurs importants à considérer dans toutes études qui visent à comparer les stations entre elles.

Six stations de prélèvement ont été retenues, elles sont réparties sur une distance de 213 Km de l'amont (station d'Igli) vers l'aval (station de Kerzaz) de l'oued Saoura (Fig. 6).

1-1- Choix des saisons

La première campagne de prélèvement a eu lieu en hiver 2008, Cette saison semblait propice à une bonne qualité des eaux et à une faune bien développée.

La seconde campagne est effectuée en été 2008 en période d'étiage, défavorable à l'écoulement des eaux, la faune n'a pas été échantillonnée à cette saison car le cours d'eau était à sec.

La troisième campagne de prélèvement a été effectuée en hiver 2008 (après la crue) car pendant l'automne 2008 (Octobre 2008) le cours d'eau a été en crue. L'échantillonnage des macroinvertébrés benthique était défectueux car le substrat est devenu trop vaseux.

Deux autres prélèvements ont été effectués au printemps 2009 (Février et Avril 2009) afin de mieux comprendre la réinstallation de la faune après la crue.

A tous ces prélèvements, nous avons rajouté un prélèvement qui a été effectué au printemps 2007. Le tableau suivant récapitule les dates (dans l'ordre chronologique) des prélèvements effectués dans l'oued Saoura.

Campagnes de prélèvements :

Prélèvement	Date
Premier	Mars 2007
Deuxième	Janvier 2008
Troisième	Juin 2008 : cours d'eau à sec
Quatrième	Octobre 2008 : cours d'eau en crue
Cinquième	Décembre 2008

Sixième	Février 2009
Septième	Avril 2009



Figure 6 : Réseau hydrographique de l'oued Saoura

1-2-Descriptif des stations d'études

1-2-1- Station d'Igli :

Cette station a une altitude de 500 m et se situe entre 27° 30' de latitude Nord et 2° 18' de longitude Ouest, elle se localise en amont du cours d'eau juste après la confluence de l'oued Guir et la Zousfana, principales affluents de l'oued Saoura. Elle est située sur la rive gauche de la ville du même nom. Cette station est marquée par la vitesse du courant qui est rapide et par une abondance très élevée d'algues filamenteuses dans le lit du cours d'eau.

A Igli, la Saoura peut subir une variation importante du niveau de l'eau suite au délestage des eaux du barrage de Djorf Torba (Fig. 7).

Selon les endroits, la profondeur moyenne de la lame d'eau varie entre 10 cm à 1,30 m au centre. La largeur moyenne du lit atteint les 13 mètres, cette dernière dépasse les 30 mètres pendant la période des crues.

La station est caractérisée par un substrat hétérogène à éléments grossiers (blocs, cailloux, graviers). Sur la rive gauche, la végétation est dense formée d'arbustes et de palmiers qui ne fournissent aucun ombrage à la station (Fig. 8). Dans cette station des égouts et des eaux usées provenant de la ville d'Igli se déversent dans le lit de l'oued.



Figure 8 : Station Igli (partie amont)

Figure 7 : Station Igli (partie aval)

1-2-2- Station de Beni Abbès :

Appelée aussi perle de la Saoura elle est située à 74 Km en aval de la station d'Igli, à une altitude de 498 m entre 30° 08' de latitude Nord et 2° 10' de longitude Ouest.

Elle présente un substrat à éléments fins (limon, sable) (Fig. 9). La largeur moyenne du lit est remarquable (20 m), et elle dépasse les 50 m en période des crues. La profondeur moyenne de la lame d'eau varie entre 30 cm à 50 cm. On note la présence de quelques débris végétaux, en plus des algues filamenteuses qui sont abondantes, la vitesse du courant est moyenne. Cette station reçoit aussi les déversements d'égouts et d'eaux usées provenant de la ville de Beni Abbès.



Figure 9 : Station Beni Abbes

1-2-3-Station El Ouata : latitude : 29° 51'N, longitude : 1° 49'O, altitude : 465 m.

Cette station se situe à l'aval de la station précédente à 69,5 Km. La largeur du lit varie entre 15 à 18 m et présente ainsi une vitesse moyenne à rapide. La profondeur moyenne de la lame d'eau varie entre 25

cm dans les rives à 80 cm au centre. La végétation aquatique est représentée par quelques plantes submergées. Le substrat est à base de sable et de vase. Cette station reçoit aussi les rejets d'eaux usées de la ville du même nom (Fig. 10).

Figure 10 : Station El Ouata

1-2-4- Station Guerzim : latitude : 29° 38'N, longitude : 1° 41'O

Cette station est située à 31.5 Km en aval de la station précédente à une altitude de 380 m.



Figure 11 : Station Guerzim

Le lit de l'oued est d'une largeur moyenne de l'ordre de 18 m mais fragmenté en plusieurs sections (Fig. 11). Le substrat est composé essentiellement de vase et de sable. La profondeur de la lame d'eau ne dépasse pas les 10 cm. La vitesse du courant varie de faible à moyenne. On note l'absence de végétation aquatique sauf quelques plantes au niveau des berges.

1-2-5-Station Beni Ikhlef : latitude : 29° 38'N, longitude : 1° 36'O

Cette station se situe à une altitude de 367 m, elle est distante d'une douzaine de kilomètres de la station de Guerzim. Le substrat de cette station est formé uniquement de vase avec une profondeur qui



ne dépasse pas les 50 cm. La largeur moyenne du lit de l'oued varie de 6 à 7 m. Pendant la période des crues, la largeur de ce dernier peut dépasser les 40 m. l'écoulement est souvent faible et la végétation riveraine est formée par des bosquets ne formant aucun ombrage à la station (Fig. 12).

Figure 12 : Station Beni Ikhlef

1-2-6-Station Kerzaz

Latitude : 29° 37'N

Longitude : 1° 35'O

Cette station est séparée d'une distance de 26,5 Km de la station de Beni Ikhlef à une altitude de 360 m. Elle présente un écoulement moyen à rapide surtout en période des crues. La largeur du lit varie entre 15 à 20 m, et une profondeur qui varie entre 35cm à 65cm.

La station est caractérisée par un substrat vaseux avec la présence de quelques éléments grossiers. On note la présence de végétations aquatiques et une végétation riveraine très dense mais qui ne forme pas d'ombrage à la station (Fig. 13 : A et B).



A



B

Figure 13 : Station Kerzaz (A : Partie aval, B : Partie amont)

2- Intérêt du facteur pente

Le macrobenthos est particulièrement sensible à la pente du cours d'eau, c'est un facteur prépondérant dans la répartition des organismes aquatiques et joue un rôle important dans la détermination de la vitesse du courant et la taille des éléments du substrat.

Le tableau 2 et la figure 14 montrent que l'oued Saoura présente des pentes très faibles entre les stations d'études. Elle varie de 0.001% au niveau du cours inférieure jusqu'à une valeur maximale de 1,2 au niveau de la station d'Igli point de confluence de l'oued Guir et Zousfana.

Tableau 02 : Altitudes et pentes des stations d'étude de l'oued Saoura

Stations	Kerzaz	Beni Ikhlef	Guerzim	El ouata	Beni Abbes	Igli
Altitude (m)	360	367	380	465	498	500
Pente a la station	0.11	0.11	0.06	0.06	0.09	1,2
Pente entre les stations (%)	0.001	0.14	0.03	0.03	0.09	1.2



Figure 14: Profil longitudinal du réseau hydrographique de l'oued Saoura.

CHAPITRE III :

ETUDE PHYSICO-CHIMIQUE DU MILIEU

Ce chapitre se limite à l'examen de l'impact des rejets des agglomérations situées de part et d'autre de l'oued Saoura sur la qualité des eaux à travers une approche physico-chimique car l'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur.

La physico-chimie indique les causes de la perturbation relevée au moment des prélèvements. Ces derniers sont souvent ponctuels dans le temps et peuvent donc être faits avant ou après un rejet. En plus, la physico-chimie ne permet pas d'en prédire les effets et se révèle toujours incomplète au vu du nombre de polluants présents dans les rejets (KOSMALA, 1998)

1- Matériel et Méthodes :

1-1.Échantillonnage pour l'étude physico-chimique:

Afin d'apprécier l'évolution spatio-temporelle des paramètres physico-chimiques de l'eau, des échantillonnages d'eau dans différentes stations de l'oued Saoura ont été réalisés. Pour chaque station l'eau est prélevée dans des bouteilles d'une capacité d'un litre. Lors du prélèvement les bouteilles seront à nouveau rincées avec l'eau de l'oued puis remplies jusqu'au bord. Le bouchon des bouteilles sera placé de telle façon qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport. Les échantillons sont conservés à l'obscurité à une température de 4°C dans des glacières.

Chaque prélèvement doit être rattaché à une fiche de terrain contenant les informations suivantes :

- La date, l'heure et le lieu du prélèvement.
- Remarques diverses faites lors du prélèvement.

Certain paramètres physico-chimiques seront mesurés in situ il s'agit de l'O₂ dissous, le pH, la température de l'eau et de l'air, la salinité, la conductivité et le potentiel redox.

D'autres paramètres ont été analysés au laboratoire, il s'agit des composés azotés sous forme de nitrites (NO₂⁻), nitrates (NO₃⁻), le phosphore, ainsi que les matières en suspension, les chlorures, le calcium, le magnésium, les sulfates et les carbonates.

1-2- méthodes d'analyse

Les méthodes utilisées par paramètre sont les suivantes :

1-2-1-Paramètres physiques :

Température de l'air et de l'eau (°C), potentiel hydrogène, conductivité (µS/cm), et salinité (p/1000), sont mesurés à l'aide d'un multi-analyseur de terrain de type W.T.W MULTI 340/SET.

La détermination de la quantité des MES est faite au laboratoire par la méthode de filtration exprimée en mg/l.

Pour la vitesse du courant, la mesure s'effectue à l'aide d'un flotteur : dans le lit de l'oued deux personnes se tiennent séparées d'une distance de 10 m, l'une des deux située à l'amont jette le flotteur dans le sens du courant et chronomètre le temps que met le flotteur pour arriver à l'autre personne, la vitesse sera égale au rapport distance /temps, exprimé en m/s.

1-2-2- Paramètres chimiques

1) Oxygène dissous et potentiel hydrogène sont mesurés in situ à l'aide du même multi-analyseur de terrain cité au dessus.

2) Chlorures, magnésium, calcium, carbonates, sulfates, sels nutritifs (nitrates, nitrites), phosphate, sont dosés au niveau de laboratoire d'écologie animale à partir des méthodes volumétriques, titrimétriques, gravimétriques, exprimés en mg/l.

2. Résultats et interprétation.

Tous les résultats des paramètres physicochimiques sont représentés dans le tableau 3 dans l'annexe I.

2. A. PARAMETRES ABIOTIQUES.

2. A.1.Paramètres physiques.

2. A.1.1. Température de l'eau :

La température est une caractéristique physique importante et qui a une influence sur l'activité biologique.

Les mesures de la température ponctuelles ont été prises à divers moments de la journée. Un profil thermique journalier peut se superposer au profil thermique longitudinal. La température de l'eau a tendance à se mettre en équilibre avec la température du milieu ambiant. D'après la figure 15 on note une augmentation de la température de l'eau aux mois d'Avril et Février avec un maximum de 31°C au niveau de la station de Guerzim, cette station est soumise à l'exposition directe des rayonnements

solaire. En revanche la valeur minimale de 9.9°C est obtenue au niveau de la station de Beni Abbes (prélèvement de décembre).

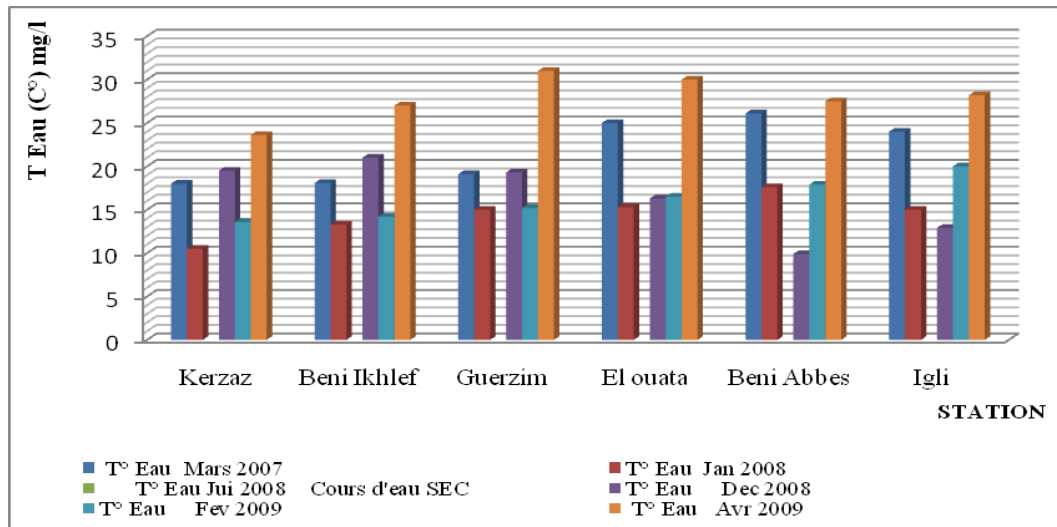


Figure 15 : Variations de la température de l'eau en fonction des stations de l'oued Saoura

2. A.1.2. Potentiel hydrogène : pH

Le pH des eaux naturelles varie normalement en fonction du système bicarbonate-carbonates (ANONYME, 2005).

D'après la figure 16 on remarque que les valeurs du pH mesurées dans les stations de prélèvements fluctuent entre 8 au niveau de la station de Guerzim et 9,66 au niveau de la station de Kerzaz, ces valeurs correspondent à une alcalinité moyenne à forte (Classe 6.7) de Nisbet et Verneaux, (1970) (in ARRIGNON, 1982) (Annexe I).

Cette élévation de pH est liée à l'ensoleillement qui favorise la prolifération des algues. Ces dernières par le phénomène de photosynthèse conduisent à la dissolution de l'anhydride carbonique (CO₂) dans l'eau et par conséquent la formation de l'acide carbonique (H₂CO₃) qui donne des ions HCO₃. Sa dissolution augmente quand la température augmente. Selon RODIER (1996), ces valeurs peuvent être attribuées aux natures calcaires de la région.

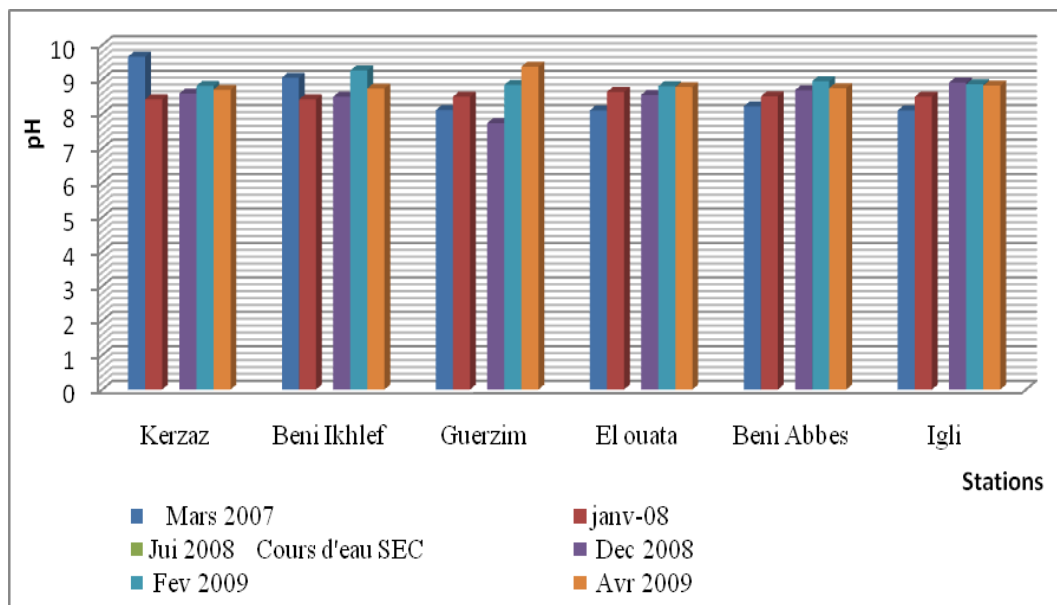


Figure 16: Variations du pH en fonction des stations de l'oued Saoura

2. A.1.3. Conductivité électrique :

La conductivité électrique permet d'évaluer la minéralisation globale de l'eau. Elle s'élève progressivement de l'amont vers l'aval des cours d'eau. (RODIER, 1996) admet que la situation est particulière au-delà de 2000 μ s/cm.

Dans la majorité des stations on remarque que la minéralisation est très élevée (Fig.17). Cette forte minéralisation des eaux est liée à la nature calcaire et marneuse des terrains du bassin versant. Les valeurs maximales ont été enregistrées durant le mois d'Avril dans la station de Kerzaz (7620 μ s/cm.) et qui correspondent à la période de plus faible débit.

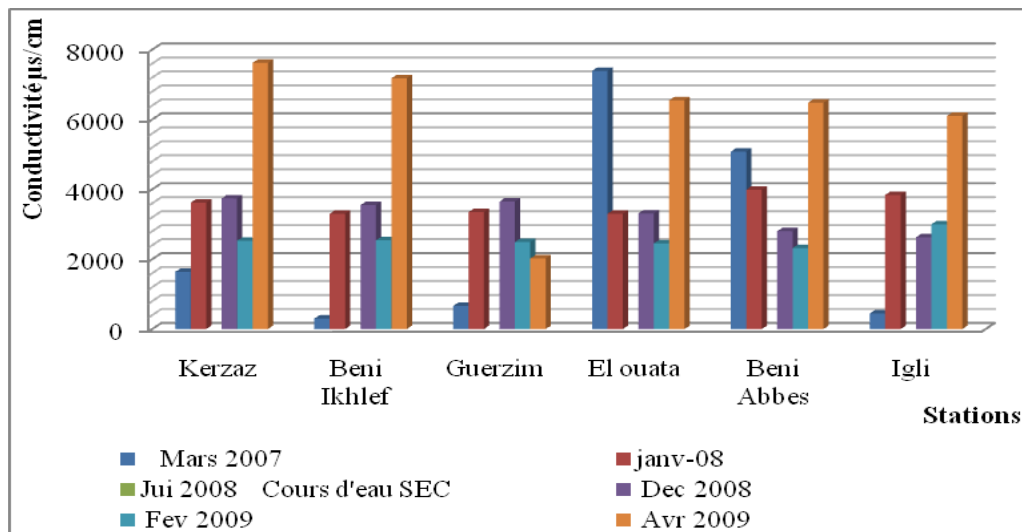


Figure 17 : Variations des conductivités en fonction des stations de l'oued Saoura

2. A.1.4. Matières en suspension :

Les M.E.S. sont des particules de forme hétérogène, et d'origines variées dans les eaux de surfaces (BERNE, 1991). Elles se composent d'argiles, de limons, de sables, de boues diverses, de particules colloïdales organiques, de plancton, et de micro-organismes (SAVARY, 2003)

La différence de concentration des matières en suspension est très marquée entre les différentes périodes d'échantillonnage (Fig.18). Par contre les valeurs ne varient pas beaucoup entre les stations.

Les pics sont atteints aux mois de décembre 2008, février 2009, avril 2009 avec un maximum au niveau de la station d'Igli (1600 mg/l) qui reçoit les eaux de crue de l'oued Guir principal affluent de l'oued Saoura. Ces saisons correspondent respectivement aux périodes des crues et à la décrue du cours d'eau. En dehors des périodes des hautes eaux (prélèvement mars 2007, janvier 2008) ce sont les particules phytoplanctoniques qui envahissent les surfaces du cours d'eau. D'après la classification de Nisbet et Verneaux (1970) (*in* ARRIGNON, 1982) (Annexe I), les valeurs indiquent une situation anormale, rare à l'état nature. Cela est dû au lessivage du sol par les fortes crues et à l'érosion du sol qui est constitué essentiellement de sable fin et de vase. Cette quantité de M.E.S peut concourir à la dégradation de la qualité des eaux de l'oued Saoura et au colmatage du lit de l'oued. Elles altèrent la respiration des animaux aquatiques à respiration branchiales.

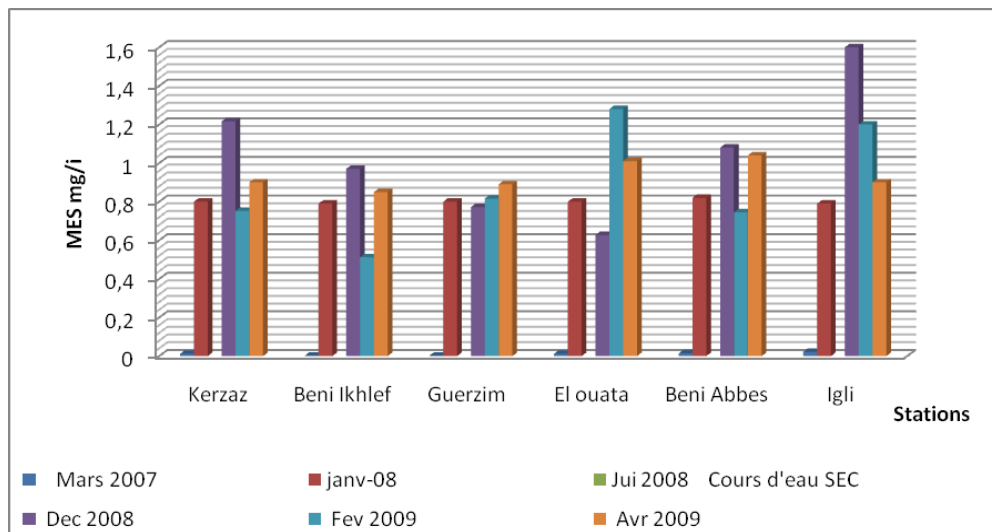


Figure 18: Variations des MES en fonction des stations de l'oued Saoura

2. A.1.5. Salinité :

En eau douce, la salinité est de l'ordre de $1p/1000$. Elle représente la masse en gramme des substances solides contenues dans l'eau. Selon MULHAUSER et MONNIER (1995), les teneurs en sels sont dépendantes de la géologie du bassin, du renouvellement des eaux et du climat.

Au niveau de l'oued Saoura les valeurs des salinités varient de $0,96 p/1000$, comme valeurs minimales au niveau de la station de Guerzim car l'analyse a été effectuée au niveau d'un bras mort où la vitesse du courant était nulle. par contre la valeur la plus élevée a été obtenue au niveau de la station

de Kerzaz avec 4,2 p/1000 .On remarque l'existence d'un gradient croissant de l'amont (station Igli) vers l'aval (station Kerzaz) (Fig. 19). Cela a été confirmé pour le mois d'avril lorsque nous avons mesuré la salinité au niveau d'une station dite Fom El Khneg située à l'aval de la station de Kerzaz où on a obtenue une valeur de 4,4 p/1000.

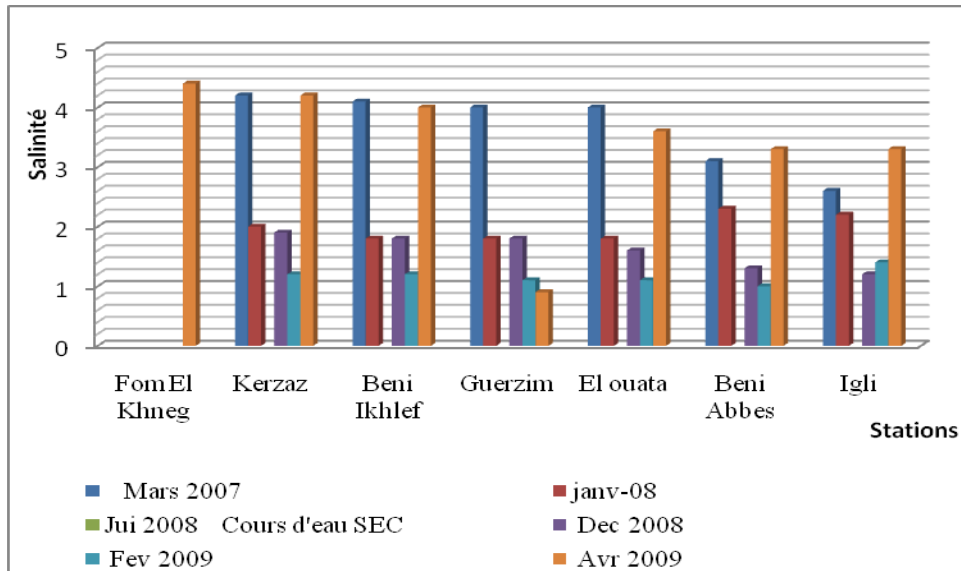


Figure 19 : Variations de la salinité en fonction des stations de l'oued Saoura

2. A.1.6. Vitesse d'écoulement :

Le courant est un facteur écologique essentiel qui conditionne les possibilités d'existence des organismes en fonction de leurs limites de tolérance (CHAPOUX & CLAUDE, 1993). Les invertébrés benthiques présentent d'ailleurs des adaptations morphologiques en fonction du type de milieu qu'ils colonisent : ventouses chez les Diptères, griffes chez les Plécoptères, branchies en plaques chez les Éphéméroptères, crochet anal chez les Trichoptères.

la vitesse d'écoulement de l'eau dépend essentiellement du débit, et de la pente. A une échelle plus fine, elle dépend localement de la configuration du fond, de la largeur et la profondeur du lit (GENIN *et al*, 2003).

Globalement Selon la classification de Berg (*in* Decamps 1971) la majorité de nos stations présentent des eaux avec des vitesses moyennes à rapides. Les valeurs moyennes ont été obtenues pendant le prélèvement de Janvier avec un gradient décroissant de l'amont vers l'aval et avec un maximum de 1m/s à la station de d'Igli (Fig. 20). Par contre les valeurs rapides sont obtenues pendant la période des crues au niveau de toutes les stations (station Igli avec un maximum de 3m/s).

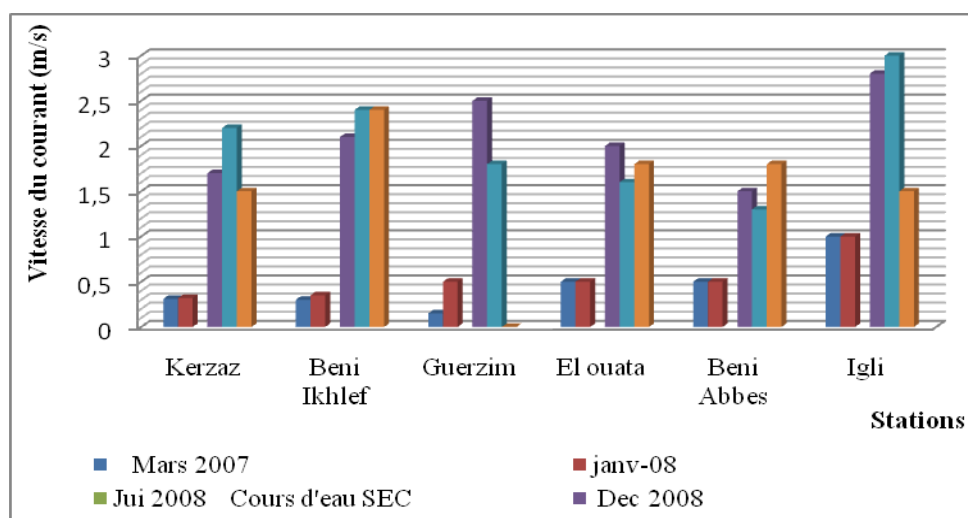


Figure 20 : Variations de la vitesse de l'écoulement en fonction des stations de l'oued Saoura

2. B.1. Paramètres chimiques

2.B.1.1. Oxygène dissous :

Le taux de l'oxygène dissous dans une eau détermine directement la nature de l'écosystème aquatique (BONTOUX, 1993). Ce dernier reflète tant par son déficit que par son excès une pollution en milieu aquatique. Il traduit d'une part les processus de dégradation de la matière organique qui s'accompagne d'une consommation en oxygène dissous et d'autre part la prolifération des autotrophes qui s'accompagne d'une augmentation en oxygène dissous.

Les teneurs en oxygène dissous varient en fonction de divers facteurs dont la température, la charge organique et l'activité biologique. Au niveau de la Saoura les valeurs les plus significatives au point de vue écologique sont les valeurs minimales qui sont rencontrées généralement en hiver (vue l'aridité de la région, cette période présente un faible débit).

Pendant les prélèvements de décembre et février les fortes crues entraînent une augmentation de la charge des matières en suspensions sur toutes les stations et contribuent à leur déficit en oxygène dissous. On remarque aussi la valeur de 6,81 mg/l dans la station de Beni Abbas au mois de Mars et la valeur de 6,3 mg/l dans la station d'El Ouata qui sont dus aux faibles débits et aux effluents provenant des villages du même nom (Fig. 21).



Figure 21 : Rejet des eaux usées au niveau de la station de Beni Abbas

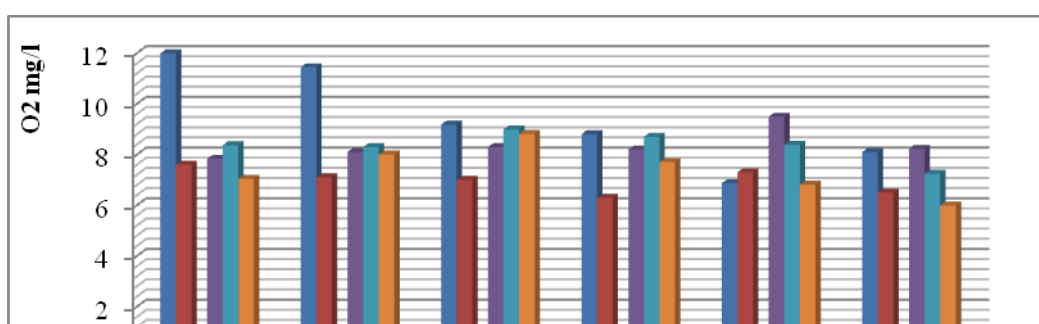


Figure 22: Variations de l'oxygène dissous en fonction des stations de l'oued Saoura

2. B.1.2.Sels nutritifs

➤ Nitrate :

Les nitrates (NO_3^-) sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, ils se trouvent dans les couches superficielles du sol. Ils peuvent provenir de la minéralisation des matières organiques, d'éléments agricoles, des rejets domestiques ainsi que de l'épandage des engrais ammoniacaux (ANONYME, 2005). D'après nos résultats (Fig. 23), nous remarquons des valeurs faibles dans la majorité des stations des eaux de la Saoura.

La concentration maximale enregistrée en nitrates est de 2,2 mg/l au mois de Mars à la station de Kerzaz (période d'étiage ainsi que les rejets de la ville du même nom). Les plus faibles concentrations ont été enregistrées pendant la période des crues avec un minimum de 0,02 mg/l à Guerzim.

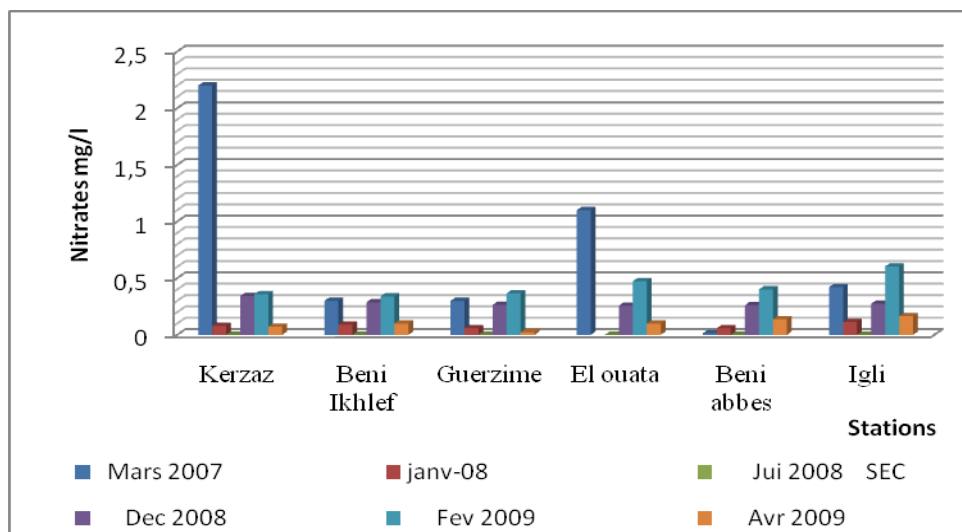


Figure 23 : Variations des teneurs en Nitrates en fonction des stations de l’oued Saoura

➤ **Nitrites**

Les concentrations en nitrites évoluent en sens inverse avec les nitrates. Les concentrations en nitrites sont plus élevées lors de la saison des pluies.

Selon les normes de Nisbet et Verneaux (1970) (*in* ARRIGNON, 1982) une pollution sensible a été relevée au mois d’ Avril au niveau des stations : El Ouata, Beni Abbas, Igli avec respectivement 0,124 mg/l, 0,154 mg/l, 0,156 mg/l, et la valeur maximale de 0,4 mg/l, a été relevée au niveau de la station de El Ouata au mois de décembre (rejet d’effluent urbains) (Fig. 24)

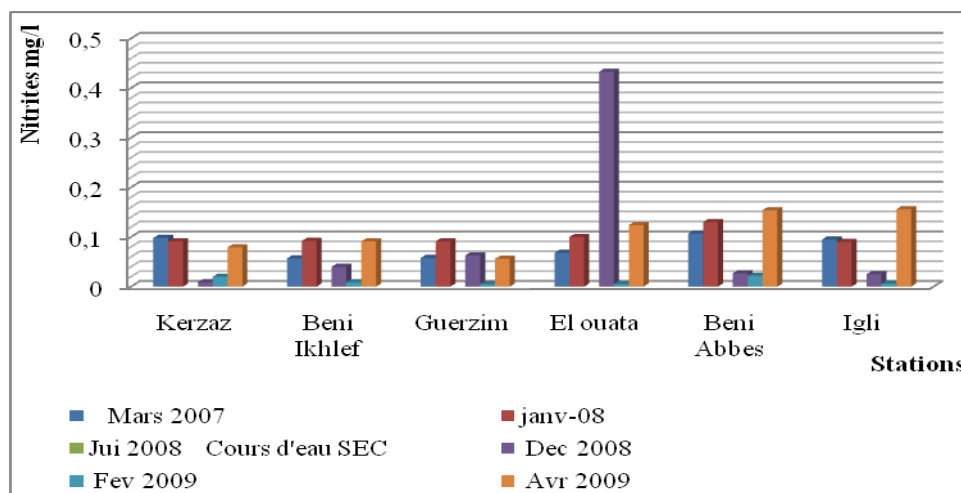


Figure 24 : Variations des teneurs en nitrites en fonction des stations de l’oued Saoura

2. B.1.3. Phosphates:

Le phosphore est un élément nutritif qui peut être dissous ou associé à des particules (ANONYME, 2005). Sa présence en excès dans le milieu récepteur peut se traduire entre autres par un développement important du phytoplancton et des macrophytes (GRADY et al, 2003).

La Figure 25 présente les teneurs en phosphates dans les différentes stations de l'oued Saoura. On remarque que la majorité des stations présentent des teneurs faibles en phosphore (< 1 mg/l). Notant cependant un seul pic au mois de décembre avec une valeur de 2.38 mg/l ce qui explique que la forte concentration en phosphore a été rejeté par les eaux usées de la ville d'El Ouata au niveau de la station du même nom.

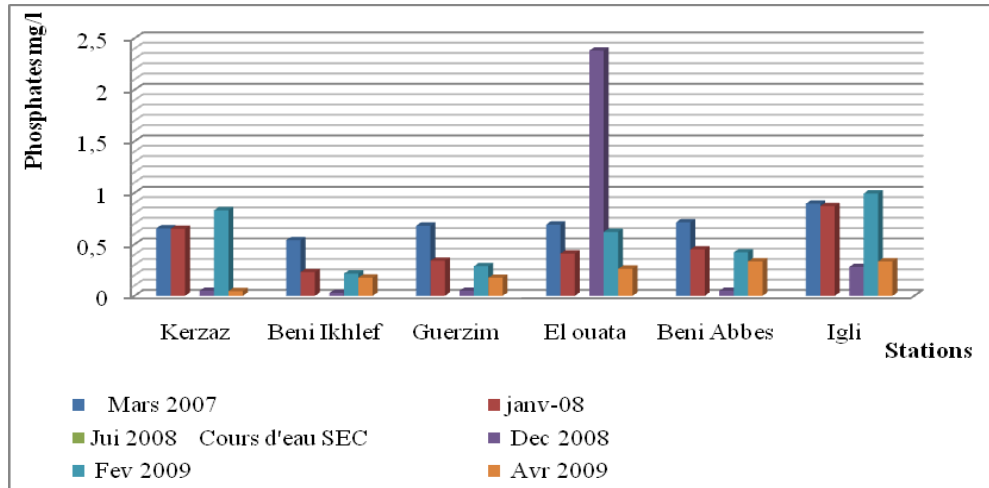


Figure 25 : Variations des teneurs en phosphate en fonction des stations

2. B.1.4. Sulfates :

Les sulfates sont liés à la nature géologique des substrats et à la présence d'effluents urbains (TAZEROUTI, 1993). Un excès de ces éléments peut limiter la production biologique des cours d'eau (RODIER, 1996).

La figure 26 montre que les teneurs en sulfates dans notre cours d'eau sont plus élevées que la normale avec un maximum de 1,36 mg/l au niveau de la station de Béni Ikhlef surtout pendant la décrue de l'oued (mois d'Avril). Ce phénomène est dû aux apports du Guir, qui draine les argiles et les marnes gypsifères du Haut Atlas.

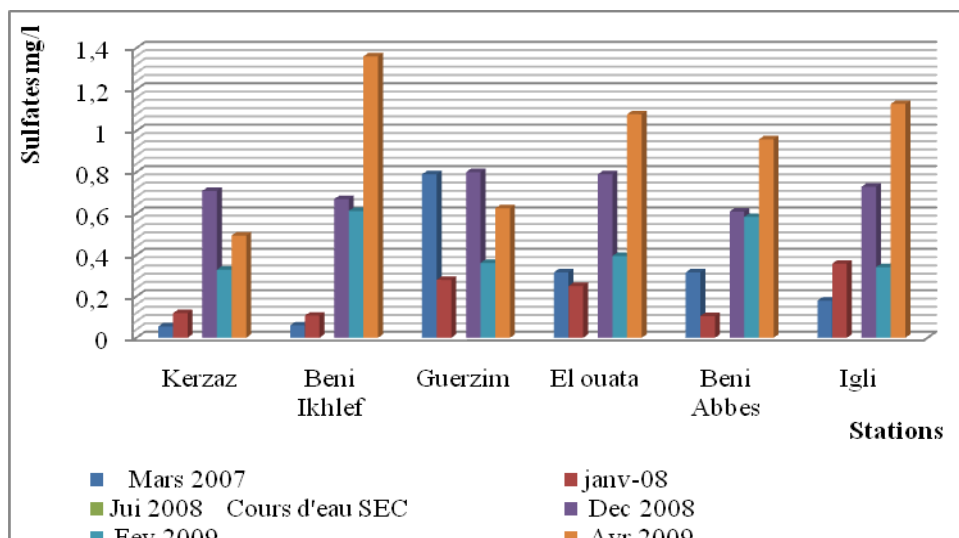


Figure 26 : Variations des teneurs en sulfates en fonction des stations de l'oued Saoura

2. B.1.5. Calcium et magnésium:

Les figures 27 et 28 présentent l'évolution spatiotemporelle de la concentration du calcium et du magnésium le long du profil longitudinal de la Saoura.

Ces figures montrent que les teneurs du calcium présentent un degré croissant de l'amont vers l'aval pour les mois de février et décembre avec respectivement 117,8 et 168,3 mg/l au niveau de la station de Kerzaz. Des valeurs plus élevées ont été relevées aux mois d'avril et janvier avec des maxima au niveau de la station de Guerzim (376,5 mg/l).

Le magnésium présente les teneurs les plus élevées qui apparaissent aussi aux mois d'avril et janvier mais avec un maximum cette fois si au niveau de la station de Kerzaz (381.5 mg/l).

Ces concentrations sont plus élevées que la normale, et comme le suppose (GAUJOUS, 1995), ils peuvent être d'origine naturelle (dissolution des roches).

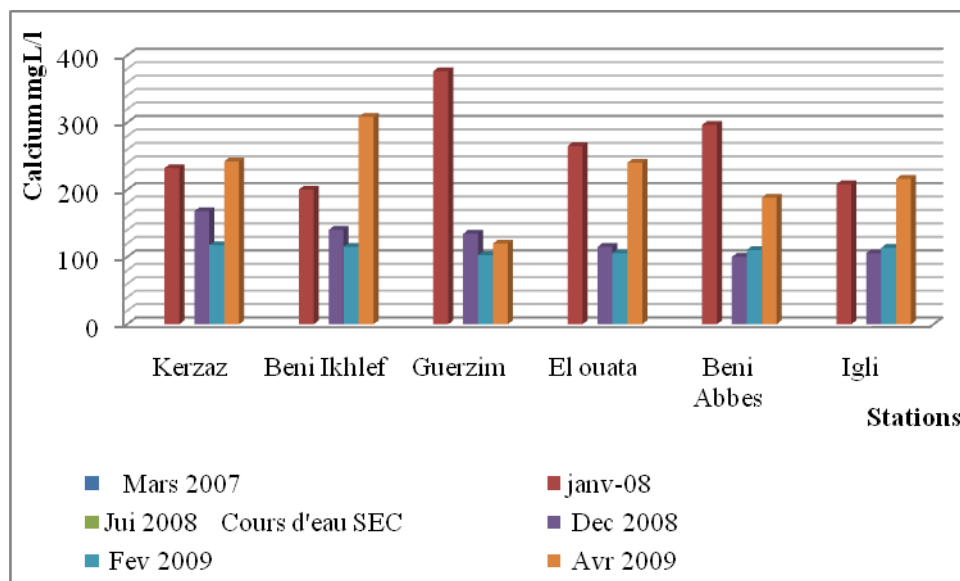


Figure 27 : Variation des teneurs en calcium en fonction des stations de l'oued Saoura

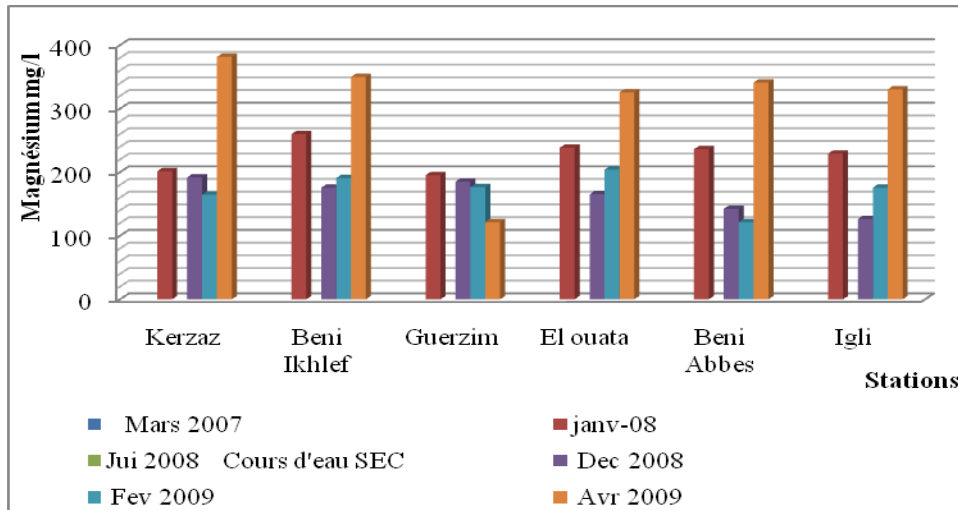


Figure 28 : Variations des teneurs en magnésium en fonction des stations de l'oued Saoura

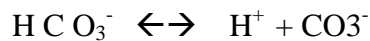
2. B.1.7. Carbonates :

L'alcalinité des eaux est liée principalement aux carbonates, aux bicarbonates et aux hydroxydes.

Selon SIGG *et al* (2000), l'ion bicarbonate (HCO_3^-) provient de la dissolution des roches calcaires par les eaux chargées en gaz carbonique (CO_2) d'après la réaction suivante :



On peut considérer les carbonates comme des dérivés des bicarbonates, formés selon la réaction suivante:



Selon BERNE, (1991), cette réaction n'a lieu que lorsque le $\text{pH} > 8,3$.

Les dosages des carbonates ont été effectués dans toutes les stations ($\text{pH} > 8,3$). Nos résultats sont variables d'une station à l'autre, avec des maxima pour le mois de Mars (Fig. 29).

Ces valeurs sont élevées pendant la période des basses eaux à cause de la dissolution des roches calcaires des terrains traversés par le cours d'eau.

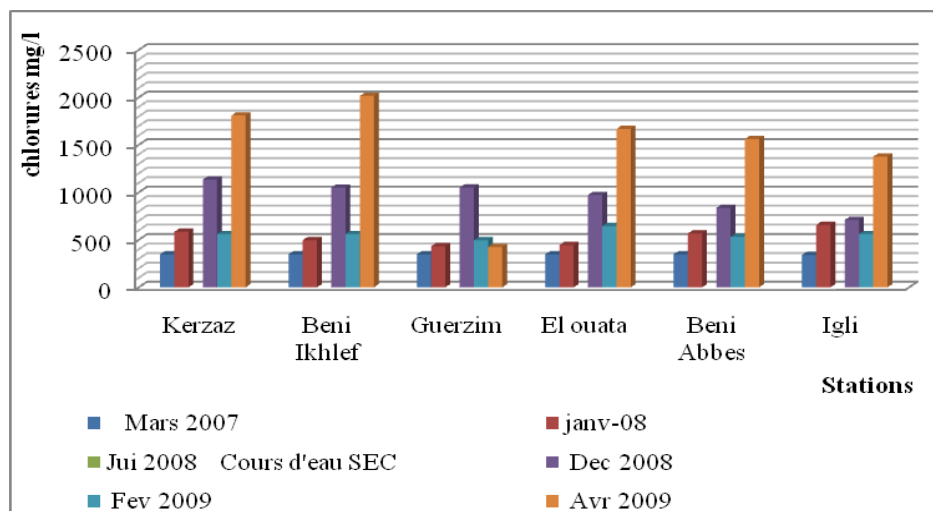


Figure 29 : Variations des teneurs en carbonates en fonction des stations de l'oued Saoura

2. B.1.8. Chlorure :

Les teneurs en chlorures dans un cours d'eau sont liées au substrat géologique de son bassin versant. C'est un élément très répandu dans la nature, généralement sous forme de chlorure de sodium (NaCl), de chlorure de potassium (KCl) et de chlorure de calcium (CaCl₂).

La teneur en chlorure est importante à connaître en raison de son influence sur certaines espèces, affectées par le degré de chlorite de l'eau (ARRIGNON, 1982). Les valeurs mesurées sont relativement élevées variant de 347 à 2016 mg/l (Fig. 30). Selon l'échelle proposée par Nisbet et Verneaux, (1970) *in* (ARRIGNON, 1982), (Annexe I), ces valeurs dépassent les normes, et présentent un degré croissant de l'amont vers l'aval dans certains prélèvements. Selon Rodier (1996), ces teneurs élevées en chlorure sont liées principalement à la nature des terrains traversés, et au lessivage superficiel en cas de forte pluie.

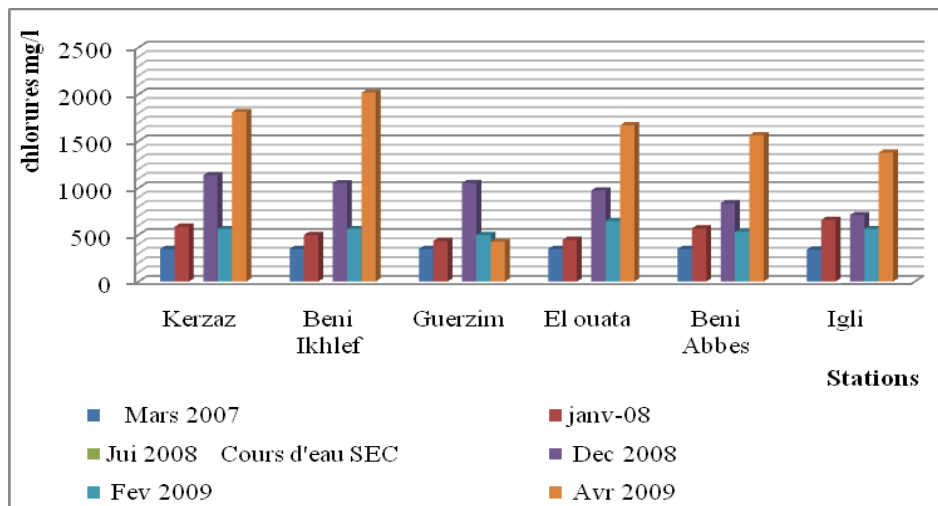


Figure 30: Variations des teneurs en chlorure en fonction des stations de l'oued Saoura

3- Analyses statistiques des données

Les écosystèmes sont des systèmes stochastiques : toutes les variables qu'on y mesure possèdent une variabilité naturelle. Cette variabilité se manifeste dans les données d'inventaire recueillies à l'aide de plans d'échantillonnage qui nous conduisent à échantillonner en différents sites (variabilité spatiale) et à différents moments (variabilité temporelle), ou encore dans les résultats des expériences de terrain dans lesquelles la source principale de variabilité est générée par l'expérimentateur (LEGENDRE *et* BORCARD, 2003).

3-1-Analyse en composante principale des paramètres physiques et chimiques :

L'analyse en composante principale normée est une analyse multifactorielle beaucoup utilisée dans le traitement des données écologiques. Elle permet une expression simplifiée de l'information contenue dans un tableau à plusieurs variables à partir d'un nombre réduit de variables.

L'analyse en composante principale a été réalisée dans le but d'établir une classification des stations de prélèvement en fonction de leur qualité physico-chimique.

L'analyse effectuée sur l'ensemble des données collectées de janvier 2008 à Avril 2009 en plus des données collectées en Mars 2007 exprime le maximum de variabilité (50,73 %) sur les deux premières composantes principales c'est-à-dire 29,60 % sur l'axe 1 et 21,14 % sur l'axe 2 (Fig. 31).

La corrélation entre les deux axes factoriels F1 et F2 montre la formation des groupes suivant :

Le premier groupe rassemble les paramètres qui sont en relation avec la géologie du terrain (Ca^{2+} , Mg^{2+} , sulfates, chlorure).

Le deuxième groupe est formé par la vitesse du courant, les MES et l'altitude.

Le troisième groupe est formé par les nitrates, le phosphore, la conductivité, la salinité, les températures de l'eau et de l'air.

Le quatrième groupe est formé par l' O_2 , pH, NO_3^- et les carbonates.

Selon l'axe F2 la température de l'eau est négativement corrélée avec l'oxygène dissous car la solubilité de ce dernier est inversement proportionnelle à la température de l'eau.

Les nitrates et les nitrites présentent une corrélation négative car les nitrites se transforment en NO_3^- par oxydation biologique. Dans la partie positif de l'axe factoriel F1, les matières en suspension évoluent dans le même sens avec la vitesse du courant et cela en fonction de l'Altitude.

La conductivité est corrélée positivement avec la salinité et il est de même pour la température de l'eau et la température de l'air.

La Figure 32 montre la corrélation entre les variables physico-chimiques et les stations. Les plans factoriels F_1 - F_2 détiennent l'ensemble de l'information (50,73%) de l'inertie totale.

Les résultats de cette analyse permettent d'identifier quels sont les paramètres à l'origine des principales différences observées dans la structure physico-chimique des différentes stations.

La classification des stations d'échantillonnages est fortement influencée par des valeurs de concentrations élevées souvent enregistrées lors de la saison des pluies. Les stations sont très rapprochées les unes des autres sur les deux axes.

La qualité des eaux de la Saoura est nettement différente selon les saisons. Ainsi, la saison des pluies et la période des crues sont opposées à la période d'étiage sur l'axe 2.

Toutes les stations du troisième prélèvement (période de crues) et du quatrième prélèvement (début de la décrue) ont le même regroupement dans les valeurs positives de F_2 . Ces dernières sont bien corrélées entre elles pour les facteurs : vitesse du courant, matières en suspensions, le Mg^{2+} et le Ca^{2+} qui sont plus élevées en période de hautes eaux.

Les stations du deuxième prélèvement sont aussi corrélées à ce groupe mais non pas pour la vitesse du courant (ces stations présentent des vitesses des courants moyens) mais pour les quantités élevées de matières en suspension.

A l'opposé et dans la partie négative de l'axe F₂, on trouve les stations du premier prélèvement et du cinquième prélèvement qui correspondent aux périodes de basses eaux.

Cette opposition est à la base de la présence des grandes quantités des chlorures, phosphores et des sulfates au niveau des toutes les stations du cinquième prélèvement. Les autres facteurs : carbonates, salinité, température de l'eau et la température de l'air sont corrélés avec les stations du premier prélèvement.

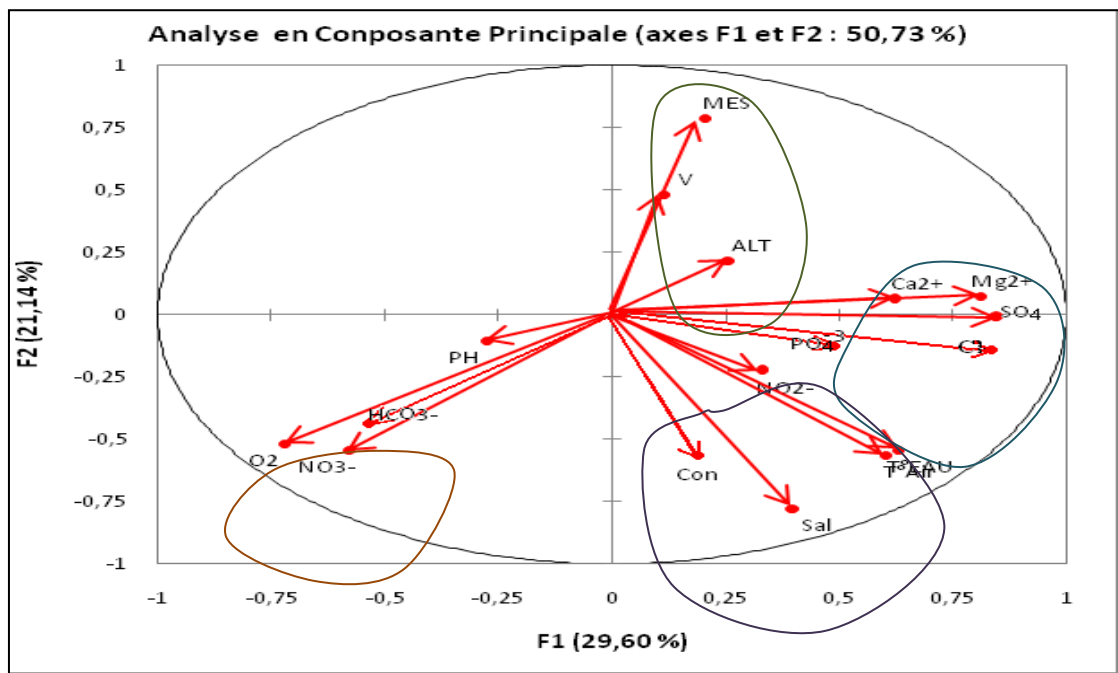


Figure 31: corrélation des paramètres physico-chimiques (F₁X F₂).

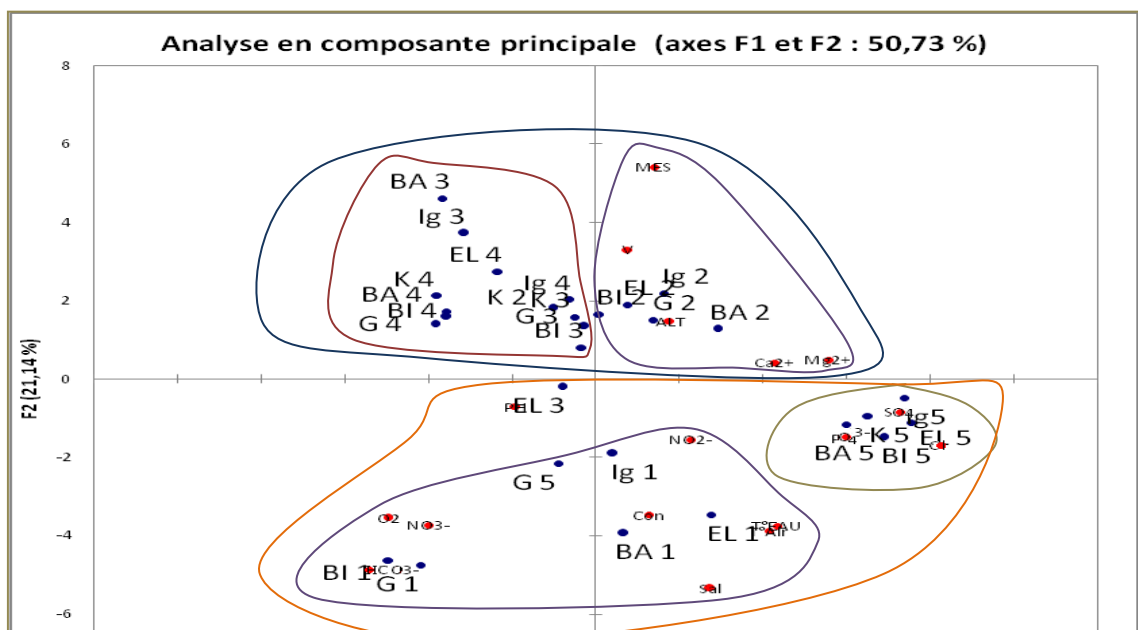


Figure 32: corrélation des relevés physico-chimiques en fonction des stations (F₁X F₂).

Conclusion

Des variations saisonnières ont été observées pour l'ensemble des paramètres physico-chimiques mesurés dans les eaux de l'oued Saoura. Elles varient essentiellement en fonction de la période de l'année, de l'impact anthropique qui induit une augmentation des concentrations en nitrates, en nitrites, en relation avec les terrains agricoles.

Concernant la pollution organique, l'effet de cette dernière conduit à un appauvrissement du milieu en oxygène, cela entraîne une colmatation des fonds, une asphyxie des organismes vivants.

D'autres particularités sont en relation avec la nature du substrat riche en calcium et magnésium, il s'agit d'une situation naturelle, ces fortes teneurs ne semblent pas avoir une influence défavorable sur la faune.

Pour la pollution minérale on distingue la pollution par les sulfates et les chlorures. Ces éléments se trouvant généralement dans la nature mais à faible concentration. Ils sont tolérés par la faune.

Au niveau de la Saoura on distingue deux types de pollution :

La pollution aigues : Elles entraînent une perturbation momentanée du milieu aquatique, par exemple à la sortie d'un rejet brusque dans l'oued.

Pollution chronique : elles sont plus dangereuses, la zoocénose disparaît progressivement et lentement le long de l'oued ce qui est le cas pour les poissons.

Le changement du climat au niveau de la Saoura peut avoir des actions et des effets sur le régime d'écoulement de l'oued. Il peut avoir un débit particulièrement faible (étiage) ou élevé (la crue).

Dans les deux cas, il en résulte des effets favorables et/ ou néfastes sur le cours d'eau.

Les crues dévastatrices peuvent provoquer d'important dégât mais permet également la dilution des rejets déversés par les villes qui se situent à proximité de l'oued , et déposent sur les berges une végétation qui constitue différentes types d'habitat et permet l'installation de nouveaux types d'espèces.

Les forts apports de matière en suspension lors des crues contribuent sans doute au phénomène d'ensablement progressif du lit de la Saoura.

CHAPITRE IV:

ETUDE BIOLOGIQUE

Ce chapitre permettra de faire l'inventaire de la diversité taxonomique des macroinvertébrés benthique de l'oued Saoura à partir d'un échantillonnage au filet surber, d'étudier leurs distributions, et de voir quels sont les groupes qui traduisent le mieux la différence entre les caractéristiques des stations échantillonnées sous la contrainte des changements climatiques (crue, étiage).

Les communautés vivantes sont la résultante des organismes qui les composent, à utiliser les caractéristiques du milieu. Ces caractéristiques intègrent aussi bien les contraintes physiques que

chimiques, ainsi que les ressources en nutriments. Ainsi comme ces organismes sont le reflet des conditions environnementales, ils permettent de révéler certains dysfonctionnements du milieu (CHARVET, 1999).

I : Matériel & Méthodes

I-1-Méthode d'échantillonnage et récolte des macro-invertébrés :

Les cours d'eau peuvent être considérés comme des mosaïques de microhabitats, caractérisés par des conditions environnementales différentes (TOWNSEND ET HILDREW, (1994) *in* (LOUNACI, 2005).

L'unité de base que nous avons choisie est la station. C'est une portion du cours d'eau d'une longueur moyenne de 50 m qui regroupe en son sein tout un ensemble d'habitats particuliers.

Les échantillons ont été prélevés à l'aide d'un filet surber (vide de mailles de 250 µm), le cadre avec une base de surface de 0,06 m² (25cm x 25cm). L'opérateur se place en aval du filet en le posant face au courant. Le sédiment du substrat est mis en suspension par quelques mouvements du pied. Les organismes entraînés par le courant sont récupérés dans le filet.

Pour une seule station, l'échantillonnage de la faune benthique est constitué de huit prélèvements (pour maximiser la diversité des types d'habitats échantillonnés) effectués séparément et pendant un temps effectif identique, dans des micro-habitats distinctes, selon la nature du substrat (pierres, cailloux, herbiers, sable, vase, des endroits protégés : site non perturbée par l'activité anthropique) car chacun de ces habitats héberge probablement des faunes différentes. L'échantillonnage se fait aussi selon le type de faciès (lenticule ou lotique).

Ce protocole d'échantillonnage est celui préconisé par l'IBGN (norme AFNOR, 2001).

I-2-Traitement des échantillons :

I-2-1- Tri des échantillons :

Le tri des macro-invertébrés récoltés se fait en deux temps :

- pour chaque station le contenu du filet est versé dans un bac contenant de l'eau, nous agitions un peu le bac et nous le recueillons dans un tamis de 180 µm de diamètres. On rince abondamment avec de l'eau. La vase et certains sédiments traversent le tamis, seuls les macroinvertébrés sont retenus et conservés dans des piluliers avec du formole dilué à 5%.

- Au laboratoire, le tri consiste à séparer les différents groupes pour chaque station.

I-2-2- Détermination :

La détermination des unités systématiques a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire et l'identification des taxons est effectuée principalement à l'aide des clés de détermination : TACHET *et al*, 1987; RICHOUX, 1982; BELFIORE, 1983; BOUMAIZA ET CLERGUE-GAZEAU, 1986; VITTE ET THOMAS, 1988;

DAVIES, 1968; MICHA ET NOISET., 1982.

II- Étude des macroinvertébrés benthique.

L'analyse des données porte sur la structure des peuplements de macroinvertébrés notamment la richesse taxonomique, la diversité spécifique et l'équitabilité au sein des stations échantillonnées. La diversité est déterminée grâce à l'indice de Shannon-Weaver de même que l'équitabilité.

II-1- Richesse taxonomique :

La richesse taxonomique rencontrée dans chacune de nos stations, au cours des prélèvements de Mars 2007 à Février 2009 ont permis de recenser 41 unités systématiques réparties en 7 groupes faunistiques (Tab. 4) (Annexe II), dont le niveau de détermination est arrivé aux familles, genres et parfois à l'espèce.

Les insectes avec un pourcentage de 98 %, représentent la majorité des taxons prélevés (Fig. 34), repartis en 6 ordres. Les Diptères dominent avec 71,19 %, suivie par les Ephemeroptères 19,79 %, et les Coléoptères avec 5.26 %, les Trichoptères avec 0,92 % . Le groupe des Hétéroptères est faiblement représenté, il ne constitue que 0, 67% et les Odonates avec 0, 15 % (Tab. 5).

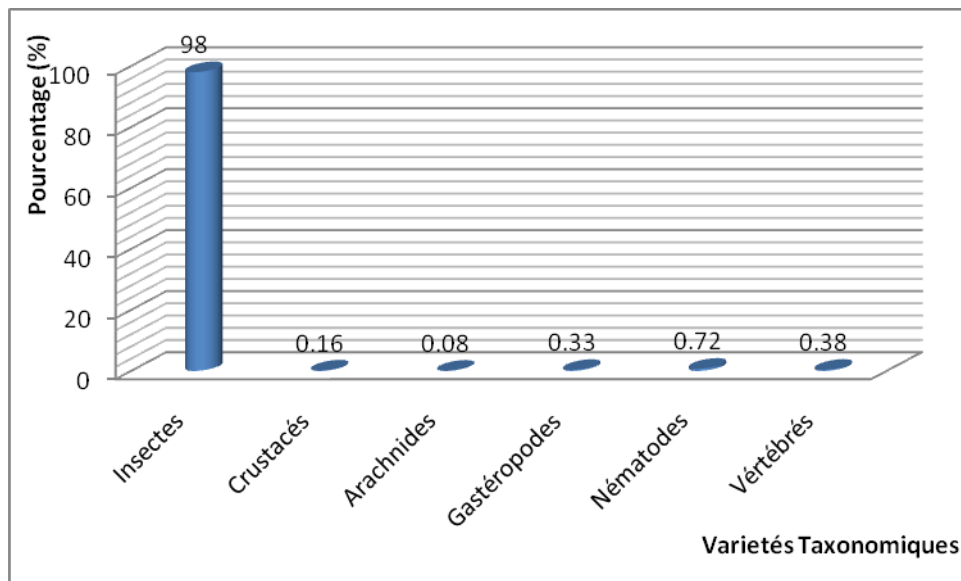


Figure 34 : Proportions des différents groupes taxonomiques recensés

Tableau 5: Proportion des insectes

Groupes faunistiques	Effectif total	Pourcentage (%)	Nombre d'unités systématiques (Insectes)
Trichoptères	55	0,92	2
Éphéméroptères	1178	19,79	3

Odonates	9	0,15	2
Coléoptères	313	5,26	7
Diptères	4237	71,19	12
Hétéroptères	40	0,67	4

II-2- les grands groupes taxonomiques :

Les prélèvements effectués au cours des six campagnes nous ont permis de récolter un total de 5952 individus répartis en 39 familles. Les figures 35 et 36 montrent la répartition des différents groupes faunistique en fonction des prélèvements et des stations.

• Les Éphéméroptères

Les larves des Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. D'après THOMAS (1998), elles occupent souvent dans les principaux biotopes des torrents, des ruisseaux et des rivières, les premiers rangs des insectes aquatiques. En effet nous avons récoltés dans la Saoura 1178 individus (1979 % de la faune totale) appartenant à deux familles : les Baetidae, et les Caenidae. Dans ce groupe d'insecte les Baetidae sont dominant, ils constituent (78, 18%) du totale d'Ephéméroptères récoltés, représentés essentiellement par le genre *Centroptilum*.

En amont de la Saoura au niveau de la station d'Igli nous avons récolté quatre individus du genre *Baetis* pendant le 4^{ème} et le 5^{ème} prélèvement. Cette espèce est connue pour son eurytopie et son eurythermie. Cette espèce n'est pas abondant cela peut être due à la turbidité élevée de l'eau par les grandes quantités des M.E.S dû aux crues périodiques que subit la Saoura ces derniers temps. De plus la nature vaseuse du substrat qui se dépose sur les branchies des éphéméroptères bloque la respiration de ces derniers (espèces à respiration branchiale).

• Les Trichoptères

Ce groupe n'a été échantillonné qu'au niveau de la station d'Igli (partie supérieure du cours d'eau). Il est représenté par deux familles, avec un total de 55 individus ce qui correspond à un pourcentage de 0.92 % de la totalité de la faune. La famille des Hydropsychidae représente 98% de cet effectif tandis que la famille des Phylopotamidae n'est représentée que par un seul individu au niveau de la même station.

La prolifération du genre *Hydropsyche* est souvent le signe d'une charge organique importante (FAESSEL, 1985) in ARAB, (1989).

• Les Diptères

Les Diptères occupent le premier rang du total des insectes récoltés au niveau du cours d'eau de la Saoura. Ils sont relativement abondants dans la plupart des stations. Ils ont une large distribution: on les trouve dans tous les milieux pollués ou non pollués, mais aussi une grande aptitude à recoloniser les milieux perturbés par les crues.

La diversité de cette famille masque celle des autres groupes taxonomiques. Dans ce groupe d'insecte, les Chironomidae sont dominants, ils constituent 75,55% (3201 individus) du total des diptères récoltés. Les familles des Culcidae, Simulidae, Ceratopogonidae, Ephydriidae, Ptychopteridae, sont relativement bien représentées avec respectivement (15.18%, 2.69%, 2, 36%, 2, 22%, 1, 11%). Les autres groupes, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Tipulidae, Dixidae, Chaoboridae, Empididae, Tabanidae sont peu représentés avec des pourcentages inférieurs à 1%.

NEVEU (1974) signale que les espèces de chironomidae changent en fonction du milieu. En amont, se retrouvent des espèces d'eau froide, très rhéophiles, tandis qu'en aval, se retrouvent des espèces d'eau plus chaudes et calmes. Dans nos résultats les Chironomidae colonisent l'amont et l'aval du cours d'eau de la Saoura et que vraisemblablement les espèces qui se retrouvent dans les stations d'Igli, Beni Abbes, El Ouata, Guerzim sont différentes de celles qui colonisent les stations de Kerzaz et Beni Ikhlef.

De plus ils peuvent atteindre des proportions considérables dans les milieux riches en matière organique suite à leur résistance à la pollution. C'est le cas de la station de Kerzaz qui présente 7 familles de Diptères et la station de Beni Ikhlef avec 6 familles de Diptères avec la dominance toujours de la famille des Chironomidae. Le développement des chironomidae dans les zones riches en matière organique a été souvent signalé (GIUDICELLI *et al*, 1986).

L'effectif des Simulidae est peu abondant il représente 114 individus surtout au niveau de la station d'Igli située en amont du cours d'eau et qui présente un milieu ouvert où la vitesse du courant est très importante avec la présence d'éléments grossiers, cela semble être en accord avec les données de la littérature qui établissent une grande relation entre les importantes densités des Simulidae et les fortes dénivellations combinées à une bonne luminosité dans les secteurs amonts des cours d'eau (CLERGUE- GAZEAU, 1987).

• Les Coléoptères

Dans la Saoura les Coléoptères sont assez fréquents et assez abondants. Ils constituent 5,26% de la faune totale ils sont surtout représentés par les familles des Elmidae, Hydraenidae, Helodidae, Dytiscidae, Haliplidae, et les Hyrophilidae. Leur densité diminue de l'amont vers l'aval avec des effectifs variables d'une station à l'autre.

Les Elmidae abondent généralement dans les zones où l'ensoleillement est favorable au développement d'herbiers qu'ils affectionnent (ECHAUBARD & NEVEU, 1975). Au niveau de la Saoura ces espèces abritent la végétation (palmier, débris végétaux) qui est emportée par les courants vers les berges.

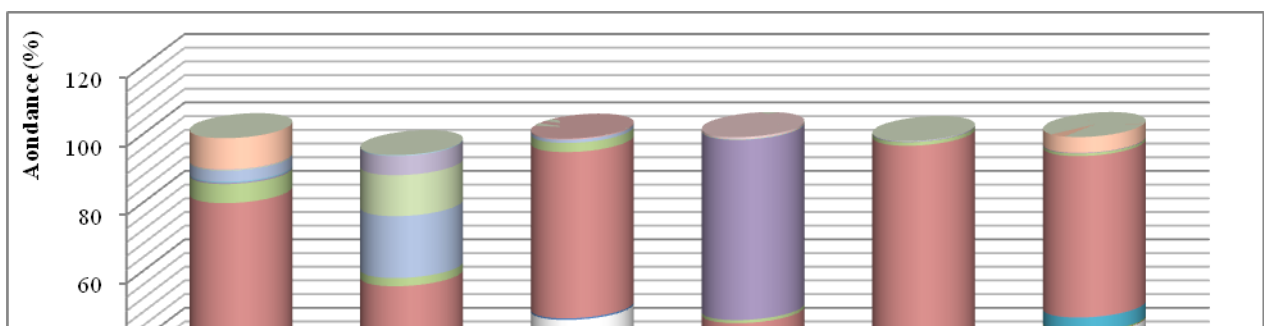


Figure 35 : Variation de l'abondance relative des macro-invertébrés de l'oued Saoura en fonction des stations

- **Les Mollusques (Gastéropodes)**

Le principal facteur responsable de la répartition des mollusques dans les cours d'eau est la richesse de l'eau en Calcium, il intervient surtout dans la diversité spécifique, d'après GIROD *et al* (1980) in LOUNACI, (1987), une teneur de 9 à 25 mg/l est indispensable à la présence de la quasi-totalité des mollusques. Ainsi MOUBAYED (1986) signale que la nature du substrat dont la végétation est la résultante la plus visible, peut jouer un rôle prépondérant dans leurs répartitions.

Dans le cours d'eau de la Saoura nous avons recensé quatre familles : La famille des Physidae avec deux individus du genre *Physa*, la famille des Hydraenidae représentée par le genre *Bithinella* et l'espèce *Potamopyrgus antipodarum*, la famille des Planorbidae représentée par le genre *Planorbis* ainsi que la famille de Lymneidae.

Les espèces recensées (20 individus représentés par 4 espèces) ne sont pas représentatives du peuplement réel de la Saoura. En effet il s'agit d'un bassin calcaire dont les eaux sont à forte teneur en calcium comme le montre la figure 27 dans le chapitre physicochimie.

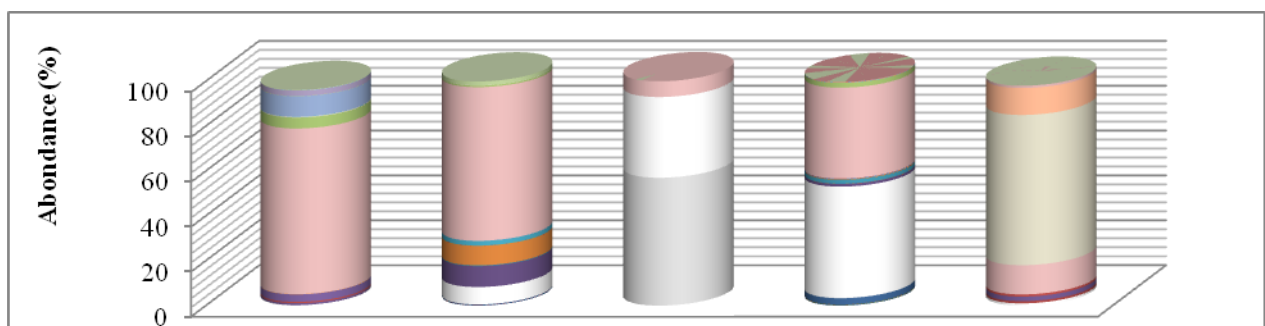


Figure 36 : Variation de l'abondance relative des macro-invertébrés de l'oued Saoura en fonction des prélèvements

- **Les Crustacés**

Ce groupe est représenté par l'espèce *Atyaephyra desmarestii*. Elle est plus abondante dans le benthos après une variation de débit. Elle a été récoltée en nombre de dix individus en décembre 2008 et février 2009 (mois correspondant aux périodes des crues) dans le cours inférieur au niveau de la station Kerzaz, Beni Ikhlef et Guerzim.

- **Les Oligochètes**

Cette classe est représentée par la famille des Tubificidae avec 4 individus pendant le prélèvement de janvier 2008) au niveau de la station de Guerzim

- **Achètes**

Cette classe est représentée par la famille des Piscicolidae avec un seul individu au niveau de la station de Kerzaz pendant le prélèvement de Février 2009.

- **Némathelminthes**

Le groupe des Némathelminthes n'est représenté que par le genre *Gordius* lors du prélèvement de l'hiver 2008 et le printemps 2009 au niveau de la partie inférieure du cours d'eau à la station de Kerzaz et celle de Beni Ikhlef .

II-3-Liste faunistique des taxons récoltés au niveau de l'oued Saoura :

La liste ci-dessous correspond aux différentes espèces recensées au niveau du cours d'eau de la Saoura.

Les insectes

TRICHOPTERES

Hydropsychidae
Diplectrona felix
Philopotamidae

EPHEMEROPTERES

Baetidae
Baetis sp.
Centroptilum sp.
Caenidae
Caenis sp.

HETEROPTERES

Nepidae
Nepa sp.
Aphelocheridae
Aphelocherus aestivalis
Notonectidae
Notonecta sp.
Corixidae
Corixa sp.

COLEOPTERES

Hydraenidae
Elmidae
Helolydae
Hydrocyphon sp.
Dytiscidae
Copelatus sp.
Haliplidae
Hydrophilidae

DIPTERES

Chironomidae
Ceratopogonidae
Culcidae
Culex sp.
Chaoboridae
Mochlonyx sp.
Dixidae
Ptychopteridae
Tipulidae
Ephydriidae
Psychodidae
Empididae
Dolichopodidae
Simulidae

ODONATES

Coenagrionidae

Ishnura sp.
Libellulidae

CRUSTACES

Atydae
Atyaephyra desmarestii

GASTEROPODES

Physidae
Physa sp.
Hydrobiidae
Bithinella sp.
Potamopyrgus antipodarum
Lymnaidae
Planorbidae
Planorbis sp.

OLIGOCHETES

Tubificidae
Piscicola sp.
Nemathelminthes
Gordius sp.

ACHÈTE

Piscicolidae

II-4-Classifications taxonomiques selon BOURNAUD (1980) (in ARAB, 1989):

La classification taxonomiques de BOURNAUD (1980) (*in* ARAB, 1989), a été retenue pour caractériser la hiérarchie des taxons dans l'ensemble des stations de l'oued Saoura.

Cette classification est donnée par le tableau ci-dessous qui nous permet de distinguer 03 taxons dominants : Chironomidae, (53.78%), Baetidae (15,47%), Culcidae (10,80%). Seuls les Elmidae et les Caenidae sont des taxons subdominants, les résidents sont représentés par les Ceratopogonidae (1,68%), Ephydriidae (1,58%), Simuliidae (1,92%), tandis que les autres taxons sont considérés comme des subrésidents (Tab. 6).

BOURNAUD (1980)	
1-Espèces dominantes	2- Espèces subdominantes
$A \geq 5 \%$	$2\% \leq A < 5 \%$
3- Espèces residents	4- Espèces subrésidentes
$1 \% < A < 2 \%$	$A < 1 \%$
<i>A : Abondance relative (%)</i>	

Tableau 6: Classification des familles des macroinvertébrés de l'oued Saoura

Taxons	Total	Abondance	Classification
Baetidae	921	15,47	Dominantes
Culcidae	643	10,80	
Chironomidae	3201	53,78	
Elmidae	226	3,80	Sub-dominantes
Caenidae	257	4,32	
Ceratopogonidae	100	1,68	Résidentes
Ephydriidae	94	1,58	
Simuliidae	114	1,92	
Lymnaeidae	1	0,02	Subrésidentes
Planorbidae	2	0,03	
Tubificidae	4	0,07	
Physidae	4	0,07	
Piscicolidae	1	0,02	
Atyidae	10	0,17	
Hydrobiidae	8	0,13	
Coenagrionidae	8	0,13	
Libellulidae	1	0,02	
Nepidae	1	0,02	
Aphelocheiridae	7	0,12	
Notonectidae	1	0,02	
Corixidae	31	0,52	
Hydraenidae	24	0,40	
Helodidae	3	0,05	
Dytiscidae	22	0,37	
Haliphidae	4	0,07	
Hydrophilidae	34	0,57	
Hydropsychidae	53	0,89	
Limnadiidae	1	0,02	
Philopotamidae	1	0,02	
Tipulidae	3	0,05	
Dixidae	1	0,02	
Chaoboridae	2	0,03	
Ptychopteridae	47	0,79	
Psychodidae	24	0,40	
Empididae	1	0,02	
Tabanidae	1	0,02	
Stratiomyidae	6	0,10	
Dolichopodidae	1	0,02	

III-Traitement des données:

L'analyse des données porte sur la structure des peuplements de macroinvertébrés notamment la diversité et l'équitabilité au sein des stations échantillonnées. La diversité est déterminée grâce à l'indice de Shannon-Weaver de même que l'équitabilité.

L'indice de similarité est utilisé en vue de comparer la similitude entre les différentes stations échantillonnées.

Les méthodes d'analyses statistiques multidimensionnelles sont l'un des moyens d'études de la structure spatiotemporelle des communautés d'êtres vivants, et de leurs relations fonctionnelles avec l'environnement (CHESSEL, 1992), pour cela une Analyse factorielle des Correspondances et une Analyse Canonique des Correspondances seront utilisées pour traiter les relations qui existent entre les macroinvertébrés et les facteurs du milieu.

III-1-La diversité

La diversité est un facteur essentiel en écologie, il existe en effet une relation entre la diversité et la stabilité de l'écosystème. Elle renforce la stabilité du milieu (COURT, 1987).

La diversité spécifique peut se définir comme étant une mesure de la composition en espèce d'un écosystème, en termes de nombre d'espèces et de leur abondance relative (EVRARD, 1996). Plusieurs travaux relatifs à la diversité des macro-invertébrés benthiques sont basés sur l'indice de SHANON WEAVER qui devient un indice important dans l'étude de la qualité de l'eau, car il donne une image assez fidèle mais non absolue de l'équilibre d'une biocénose.

Pour chaque station et pour chaque série de prélèvement l'indice de diversité de SHANON WEAVER (H') a été calculé comme suit :

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \times \log_2 P_i$$

n : le nombre de taxa présent

PI : n_i / N = l'abondance relative de l'espèce où :

n_i : nombre d'individus de l'espèce

N : nombre total d'individus dans le peuplement.

Cet indice reflète les modifications de la structure des peuplements et visualise leur variation dans l'espace. Plus H' est élevé, plus le milieu contient un nombre d'espèces à abondance relativement élevée, impliquant une communauté benthique diversifiée.

L'indice se découpe en trois classes : (ARAB, 2004)

- $2 < H' =$ eau propre
- $1 < H' < 2 =$ eau modérément polluée
- $H' < 1 =$ eau polluée

Pour cet indice il n'existe pas de seuil fixe, pour cela il est difficile de comparer la diversité de deux peuplements.

L'indice de Shannon est souvent accompagné de l'indice d'équitabilité E, appelé également indice d'équirépartition (BLONDEL, 1979), qui représente le rapport de H à l'indice maximal théorique dans le peuplement (H_{\max}). Cet indice se calcule selon la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\log_2 S}$$

S = richesse spécifique totale.

Cet indice est limité entre 0 et 1, il tend vers 0 lorsque un petit groupe d'espèces domine quantitativement par rapport aux autres espèces, il tend vers 1 quand les espèces sont représentées équitablement (RAMADE, 1992).

• **Diversité spécifique et Equitabilité des stations en fonction des prélèvements :**

La figure 37 représente la variation de l'indice de diversité et de l'équitabilité des stations en fonction des prélèvements effectués au niveau de l'oued Saoura:

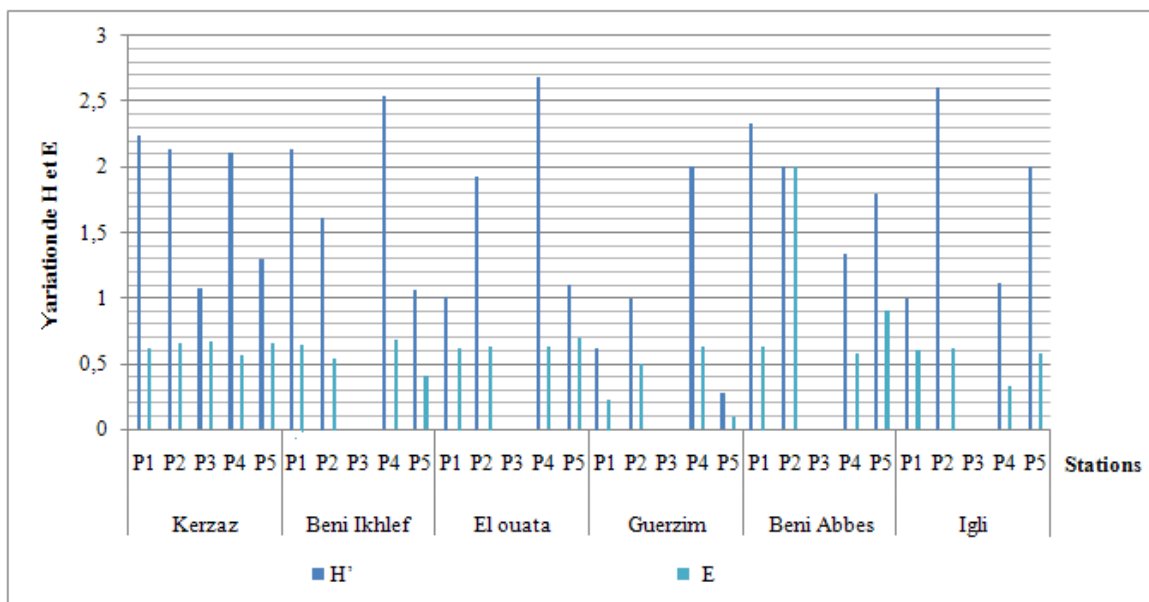


Figure 37 : variation de l'indice de diversité et de l'équitabilité

On remarque une valeur minimale de l'indice de diversité H' de 0,65 bits/cellule au niveau de la station d'El Ouata (prélèvement de Mars qui correspond à la période de faible débit) exprimant une diversité faible du biotope.

Des valeurs faibles ont été obtenues pendant les périodes des crues au niveau de la station de Kerzaz avec $H' = 1,08$ bits/cellule, Igli avec 3 individus seulement, car il y a disparition de toute la macrofaune benthique. Des valeurs faibles peuvent être obtenues lorsque le substrat devient relativement homogène.

Après la période des crues ce sont les stations de Guerzim, Beni Ikhlef, et Kerzaz qui présentent les richesses taxonomiques les plus élevées avec respectivement $H' = 2,69$ bits/cellule ; 2,54 bits/cellule et 2,11 bits/cellule. Cela est dû à l'entraînement des espèces par le courant vers la partie inférieure du cours d'eau.

Des valeurs encore élevées ont été obtenues pendant le prélèvement de l'hiver avec $H' = 2,31$ bits/cellule au niveau de Kerzaz, $H' = 2$ bits/cellule à Beni Abbes et $H' = 2,6$ bits/cellule à Igli, cela est dû à l'hétérogénéité du milieu qui favorise l'installation des différents groupes faunistiques.

Les valeurs de l'équitabilité tendent généralement vers 1 dans la majorité des stations et pour la plupart des prélèvements elles traduisent une équi-répartition entre les groupes faunistiques.

Par contre pour les mois de Février et Mars E tend vers 0, au niveau de la station d'Igli, et El Ouata, cela est lié à la dominance des Éphéméroptères pour la première station et à la dominance des Diptères pour la deuxième station.

III-2-Indice de similarité

L'indice de similarité de Jaccard (ANGELIER, 2000) de formule:

$$IS = N_C \cdot 100 / (N_a + N_b - N_C)$$

IS: Indice de Jaccard.

N_a et N_b : Nombre total de taxons dans respectivement la première et la deuxième station.

N_C : Nombre de taxons communs aux deux stations.

Pour sa fiabilité et son utilisation simple, nous avons choisi cet indice pour comparer les différents types d'échantillonnage sur la base de la présence/absence des taxons.

Le dendrogramme de similarité de Jaccard de la figure 38, illustre la disposition des stations en fonction des espèces récoltées durant les Cinq prélèvements. On remarque que les stations représentent des valeurs très proches de l'indice similitude. Cette ressemblance a été marquée surtout après la période

des crues où les stations présentent des richesses taxonomiques très proches. Cela est dû au substrat qui devient homogène surtout au niveau de la partie amont qui reçoit directement les crues de l'oued Guir et la partie aval qui reçoit tous les alluvions qui viennent de l'amont du cours d'eau.

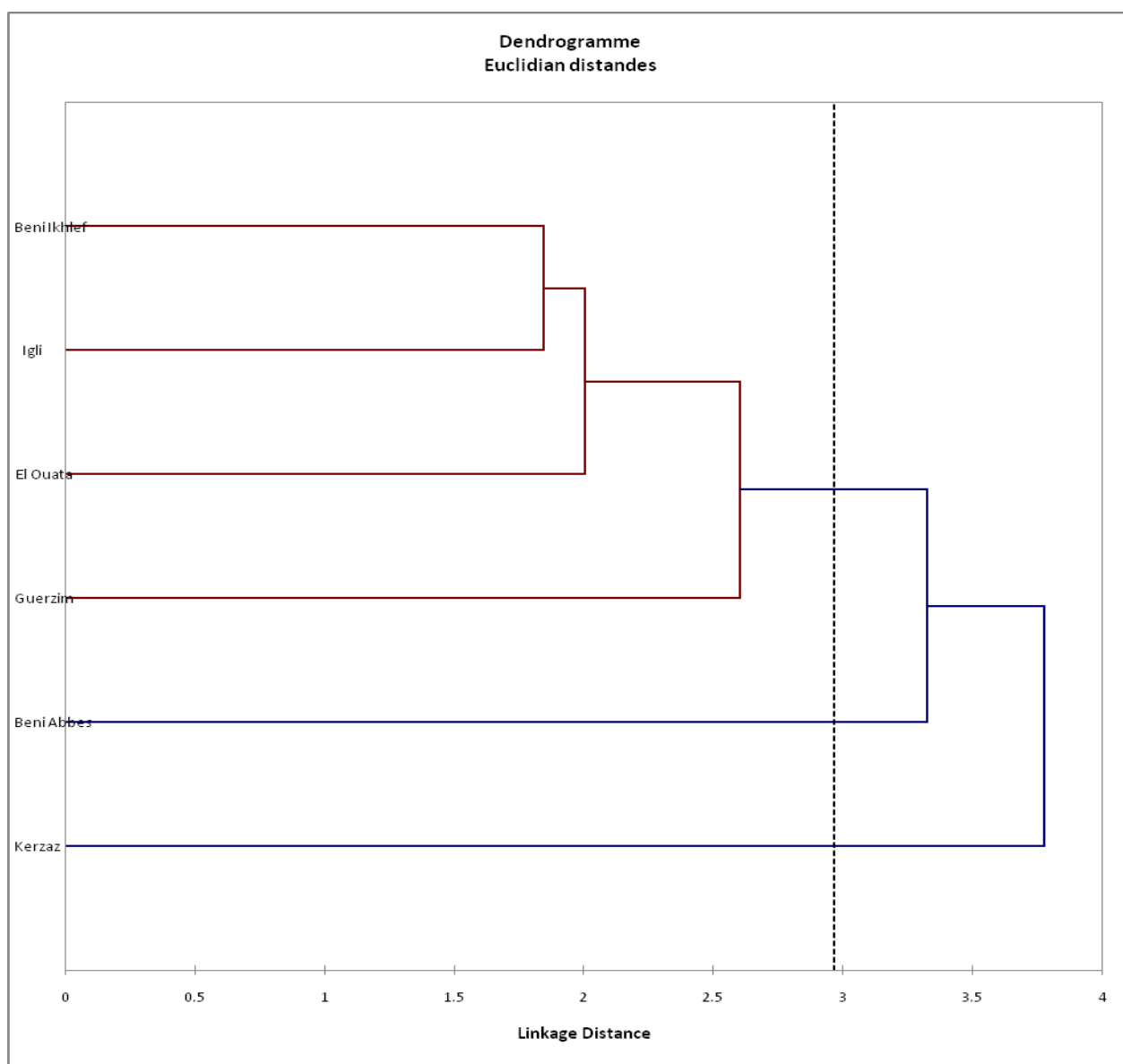


Figure 38 : Dendrogramme de similarité de Jaccard des stations en fonction des espèces récoltées dans l'oued Saoura

Analyse factorielle de correspondance des macros invertébrés:

Les méthodes d'analyses statistiques multidimensionnelles sont l'un des moyens d'études de la structure spatiotemporelles des communautés d'êtres vivantes, et de leurs relations fonctionnelles à l'environnement (CHESSEL, 1992).

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) est utilisée pour déterminer les différentes communautés de macroinvertébrés le long de l'oued Saoura. L'analyse factorielle de correspondance est appliquée sur la matrice de corrélation entre les abondances des variables (macro invertébrés benthiques) et les stations.

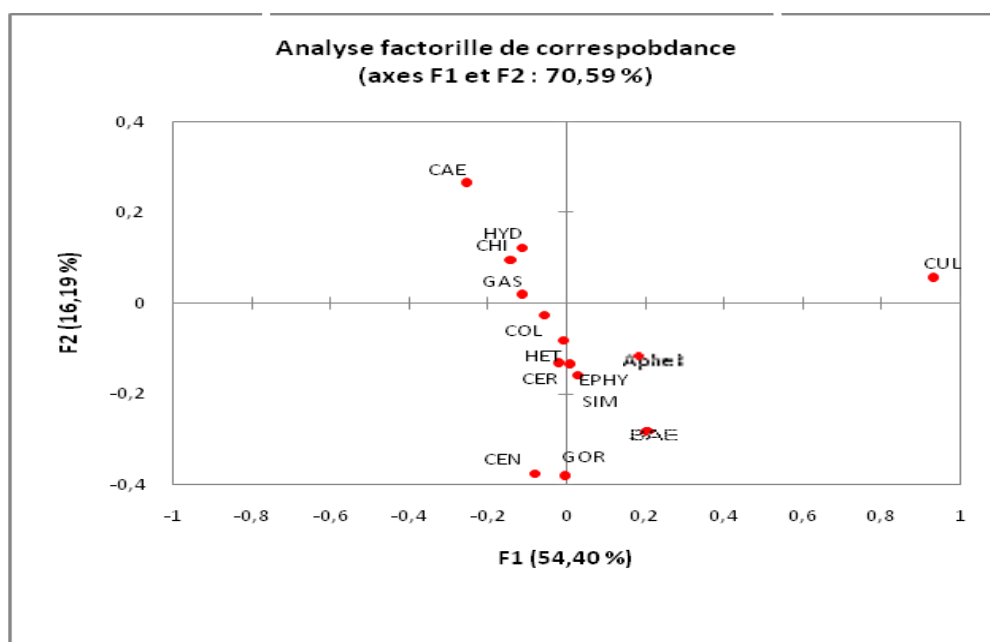
L'analyse de la figure 39 (A et B) résultant de l'AFC sur les abondances de macroinvertébrés récoltés fait ressortir 13 familles réparties dans le plan formé par les deux premières composantes (axes 1 et 2). Ces composantes expliquent 70,59 % de la variabilité observée dont 54,40 % sont expliqués par l'axe 1 et 16,19 % par l'axe 2. Les taxons composant ces différents groupes présentent une distribution assez large et variée. Ils réduisent la mise en évidence d'un gradient amont aval.

Dans la partie positive de F1, il y a regroupement de la famille des Baetidae : genre *Baetis* les Aphelocheridae et les Simulidae, ces espèces ont été récoltées uniquement au niveau de la station d'Igli (amont du cours d'eau) pendant le quatrième et le cinquième prélèvement.

Les Culcidae présentent eux-mêmes une corrélation positive avec la station d'El Ouata, cette famille a été récoltée uniquement au niveau de cette station pendant le cinquième prélèvement.

À l'opposé dans la partie négatif de F1, les autres groupe Hétéroptères, Coléoptères, Gastéropodes Éphéméroptères, Diptères, Trichoptères) sont corrélés négativement avec le groupe précédent.

A



B

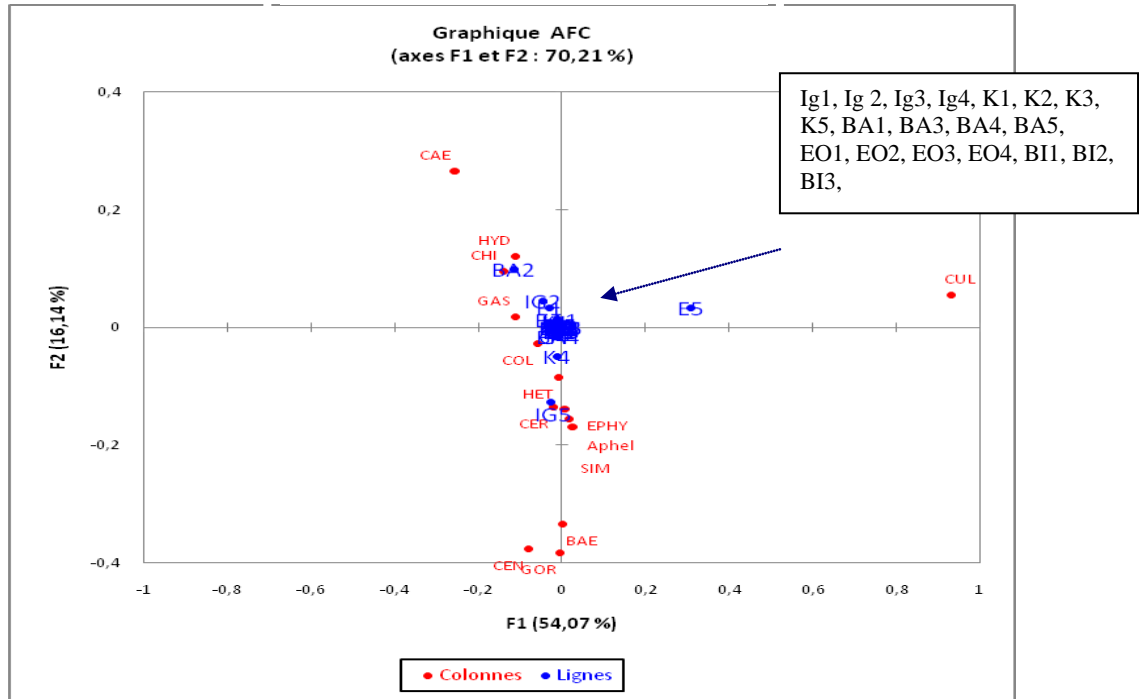


Figure 39: corrélations entre variables (macro-invertébrés et stations) (F₁X F₂)

III-3-Analyse canonique des correspondances:

L'analyse canonique des correspondances ou ACC (canonical correspondance Analysis) a été développée dans le but de permettre aux écologues de relier les abondances d'espèces à des variables environnementales (TER BRAAK, 1986).

On appelle cette méthode l'analyse canonique des correspondances qui se trouve être l'analyse discriminants des occurrences (milieu) par la variable qualitative (nom d'espèces).

Elle donne des combinaisons linéaires des variables de milieu de variance unité qui maximisent la variance des positions moyenne des espèces (TER BRAAK 1986, TER BRAAK 1987, CHESSEL *et al* 1987, LEBRETON *et al.* 1991).

L'utilisation de l'analyse canonique des correspondances (ACC) permet d'apporter une explication entre les ensembles identifiés, sur la base des variations des paramètres écologiques. Cette analyse met en évidence les variables du milieu qui contribuent le plus à la variance entre les relevés.

L'ACC se pratique après une AFC du tableau faune et une ACP normé du tableau de milieu.

L'analyse canonique de correspondance (ACC) réalisée sur les données de macroinvertébrés recueillies au filet surber au niveau de l'oued Saoura permet de voir aussi un changement de structure des communautés de l'oued. Elle explique 64,22 % de la variabilité observée dont 37,67 % sont

expliqués par l'axe 1 et 26,56 % par l'axe 2. Ce changement se traduit sur la figure 40 par la distribution

le long de l'axe 1 de deux groupes taxonomiques :

Positivement à l'axe 1 est positionné le groupe des Diptères qui est représenté par la famille des Simuliidae. Ce groupe est bien corrélé avec la vitesse du courant qui caractérise généralement la partie amont du cours d'eau (station Igli). Cette station présente un substrat hétérogène (présence d'éléments grossiers : blocs, cailloux, galets) ce qui favorise l'augmentation de la vitesse du courant. Cette caractéristique permet l'installation de différents groupes faunistiques telles que les Trichoptères, les Diptères Simuliidae, les Éphéméroptères et surtout le genre *Baetis* qui a été récolté uniquement au niveau de cette station et qui est bien corrélé avec l'altitude.

La position des prélèvements sur l'axe 1 indique un effet temporel qui se traduit par un net décalage vers la partie positive de F1 des prélèvements du mois d'Avril 2009 (cinquième prélèvement). Et vers la partie négative de F1 le troisième prélèvement et le quatrième prélèvement, périodes caractérisées par un écoulement rapide et un substrat plus ou moins homogène. Sur la partie négative de F2 on trouve également les stations du premier prélèvement et les stations du deuxième prélèvement où on remarque la corrélation des familles des Hydropsychidae, Chironomidae, Baetidae Caenidae, Certopogonidae avec la station d'Igli pendant le deuxième prélèvement et cela à base de la présence de NO_3^- , O_2 .

Igl 2: Hyd, Cer, Chi,
Bae, Cae

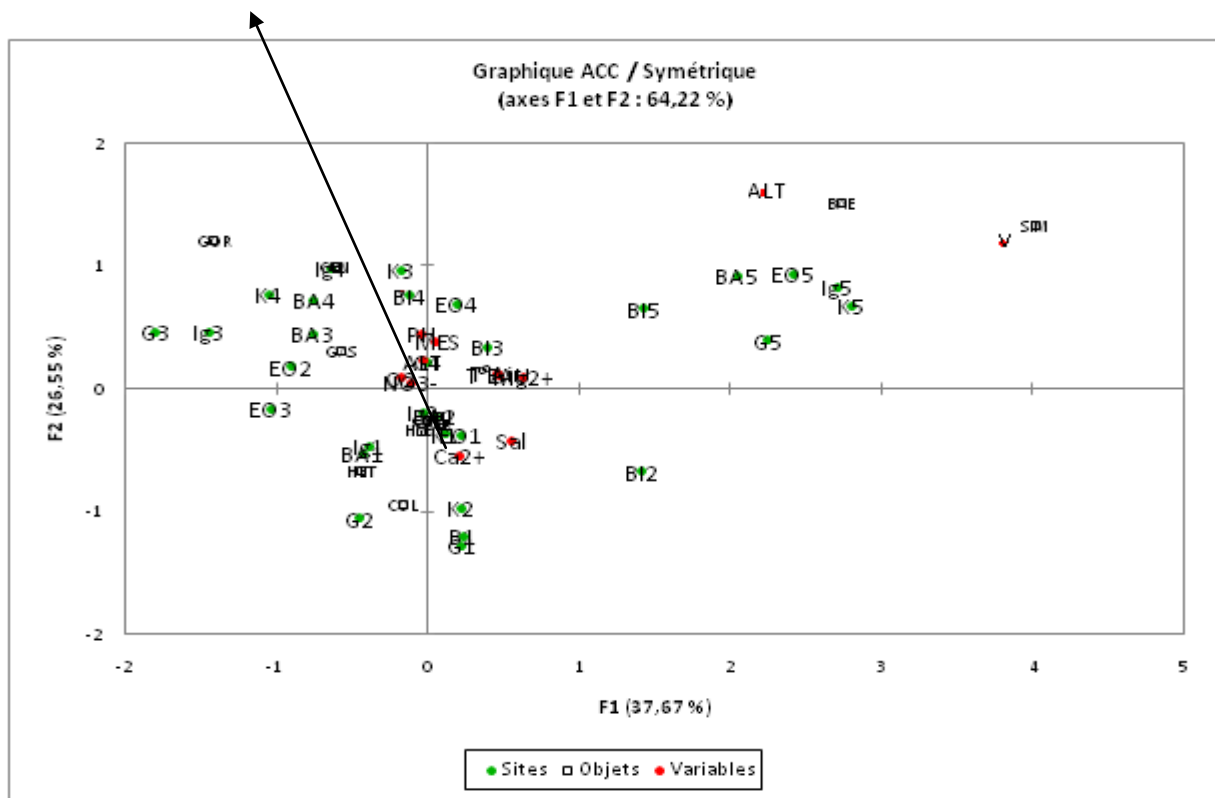


Figure 40: corrélation des relevés et des observations (F₁X F₂)

CHAPITRE V:

***IMPACT DU CLIMAT SUR
LADISTRIBUTIONDE LA
FAUNE BENTHIQUE***

Le Sahara algérien couvre une superficie de plus de deux millions de kilomètres carrés et s'étend de l'Atlas saharien et des Aurès jusqu'aux frontières maliennes, nigériennes et libyennes, soit une distance de plus de deux mille kilomètres (Nord-sud).

La grande majorité de ce vaste territoire est occupée par des grandes étendues représentées par des regs, ergs et chotts, qui sont des espaces inaptes à toute culture. Le Sahara est subdivisée en plusieurs régions naturelles, regroupées en grandes entités, à savoir : La Saoura

Les contraintes climatiques concernent essentiellement les températures, l'évaporation, les précipitations et le vent. Dans la région d'étude l'évaporation est élevée durant toute l'année. La fréquence des vents est très grande.

Les températures de 40°C sont plus fréquentes d'avril à octobre. Les amplitudes thermiques journalières sont également importantes.

Les climatologues prévoient une augmentation entre 1 et 2,5°C d'ici 2050. Si de telles valeurs étaient atteintes des modifications substantielles des systèmes benthiques et pélagiques sont à craindre si le réchauffement se poursuit.

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer l'impact du changement climatique sur la biodiversité des macroinvertébrés benthique

On peut évaluer les modifications induites sur la faune aquatique par une élévation de la température, en comparant le peuplement des réseaux hydrographiques du nord avec celui des réseaux des régions où les températures estivales atteignent ou dépassent 30°C dans les cours d'eau.

La réponse des peuplements aquatiques aux stress hydriques et thermiques se traduira par des changements adaptatifs de la biologie, de la dynamique et de la répartition des populations, de la composition et de la richesse taxonomique des communautés.

L'étude de la distribution des macroinvertébrés sera faite grâce à une comparaison interrégionale entre le réseau hydrographique du Chélif, celui de l'oued El Arab, et l'oued Saoura. Ces trois cours d'eau présentent des caractéristiques totalement différentes vue que chaque cours d'eau se situe dans un étage bioclimatique différent de celui des autres.

V-Bassin est réseau hydrographique du Chélif et de l'oued El Arab:

1-Description et données générales sur le réseau hydrographique du Chélif:

Le Chélif constitue un des plus longs oueds de l'Algérie. Il prend naissance à l'aval du barrage de Boughzoul et s'écoule le long d'un parcours d'environ 700Km avant de se jeter dans la mer près de la ville de Mostaganem (Fig. 51).

Le bassin du Chélif occupe une superficie totale de 44,630 Km², il est situé entre 34° et 36° 30' de latitude Nord et 0° et 3° 30' de longitude Est. Cette région limitée au nord par les crêtes de l'Atlas Tellien Littoral occupe successivement et parallèlement du Nord au Sud la dépression Intertellienne, l'Atlas Sub tellien, les hautes plaines et sa limite Sud coïncide avec les crêtes de l'Atlas saharien (ARAB, 2004).

Le climat de la région est typiquement méditerranéen avec des étés chauds et secs et des hivers frais et pluvieux. L'écart entre les moyennes des mois les plus chauds (juillet-août) et les plus froids (décembre-janvier) atteint 22°C. Les précipitations sont inégalement réparties dans l'année. Seulement 1,31% du total annuel tombe de juin à Août, contre 74% de novembre à janvier.

Le cours d'eau reçoit une série d'affluents, des industries situées le long du cours d'eau peuvent contribuer à sa dégradation.

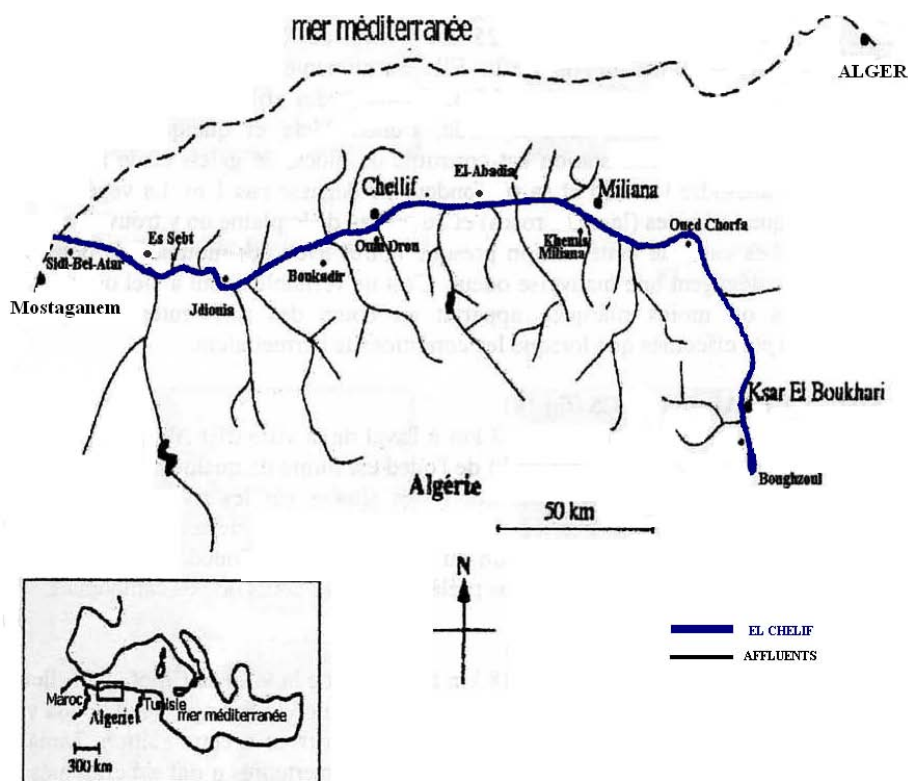


Figure 51: Réseau hydrographique du Chélif

2-Description et donnée générale sur le réseau hydrographique de l'oued El Arab:

Le bassin versant de l'oued EL ARAB couvre une superficie de 1900 km², il est situé sur le versant Sud de la partie orientale de l'Atlas saharien, et sur le versant Sud-Est du massif des Aurès.

Le cours d'eau se situe entre la wilaya de Khenchela et la wilaya de Biskra, il appartient ainsi à l'étage bioclimatique semi aride à hiver frais (Khenchela) et possède une période sèche qui s'étend de début juin jusqu'à fin octobre. Il appartient aussi à l'étage bioclimatique saharien à hiver tempéré (Biskra) et présente ainsi une période sèche qui débute en juin et s'étend sur toute l'année (BOUCHELOUCHE & HAMZAOU, 2006).

Le bassin versant de l'oued El Arab a une forme allongée orientée Nord Est –Sud Ouest. Il prend naissance à partir de la confluence de l'oued EL ABIOD et l'oued MELLAGOU. Ces deux affluents sont très importants du point de vue largeur et débit.

Le débit moyen liquide mensuel de l'oued EL ARAB est très irrégulier. Il est sec en été et coule très fort après chaque pluie d'averse.

Le cours d'eau reçoit les rejets des activités d'une population répartie sur plusieurs agglomérations, ces rejets sont généralement des ordures ménagères, et des égouts urbains. Il est soumis à des perturbations d'origine agricole qui apparaissent le long du cours d'eau (Fig. 52).

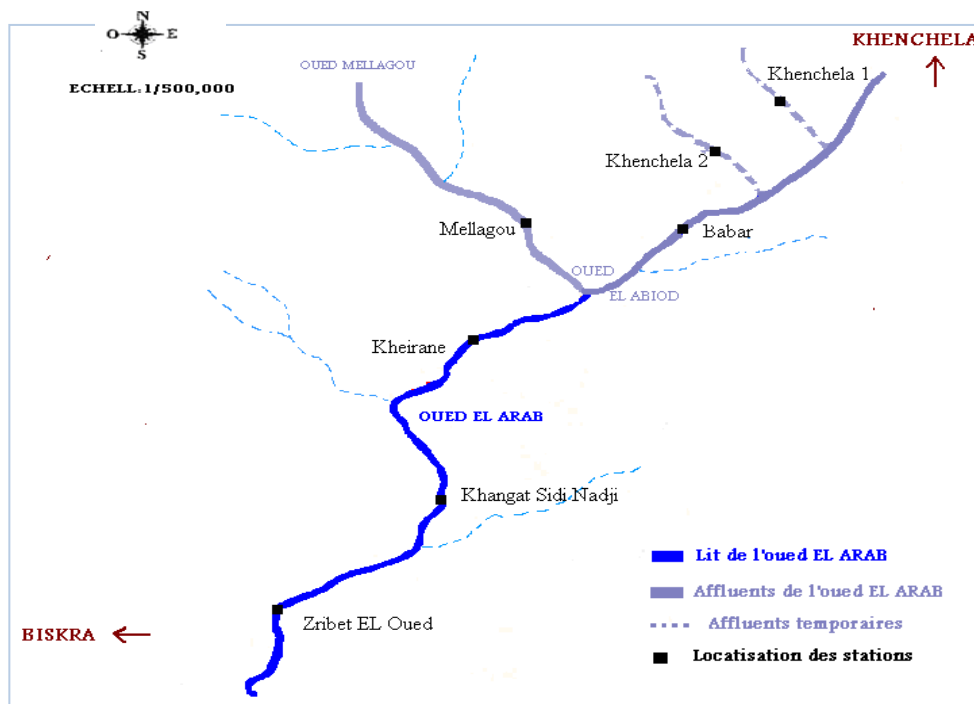


Figure 52 : réseau hydrographique de l'oued EL ARAB.

3- Le peuplement faunistique

Sur l'ensemble du réseau hydrographique du Chélif 148 taxons ont été recensés, cette faune est composée essentiellement de larves d'insectes en particulier l'ordre des Éphéméroptères 47,18%, les Diptères se placent en deuxième position avec 17,9% de l'effectif total, les Hémiptères avec 17,8%, puis les Mollusques avec 14%, les Coléoptères avec 1,6%, les Trichoptères avec 1,26%, les autres ordres (Plécoptères, Odonates, Hydracariens) présentent des effectifs inférieurs à 1% (ARAB, 2004) (Fig.53).

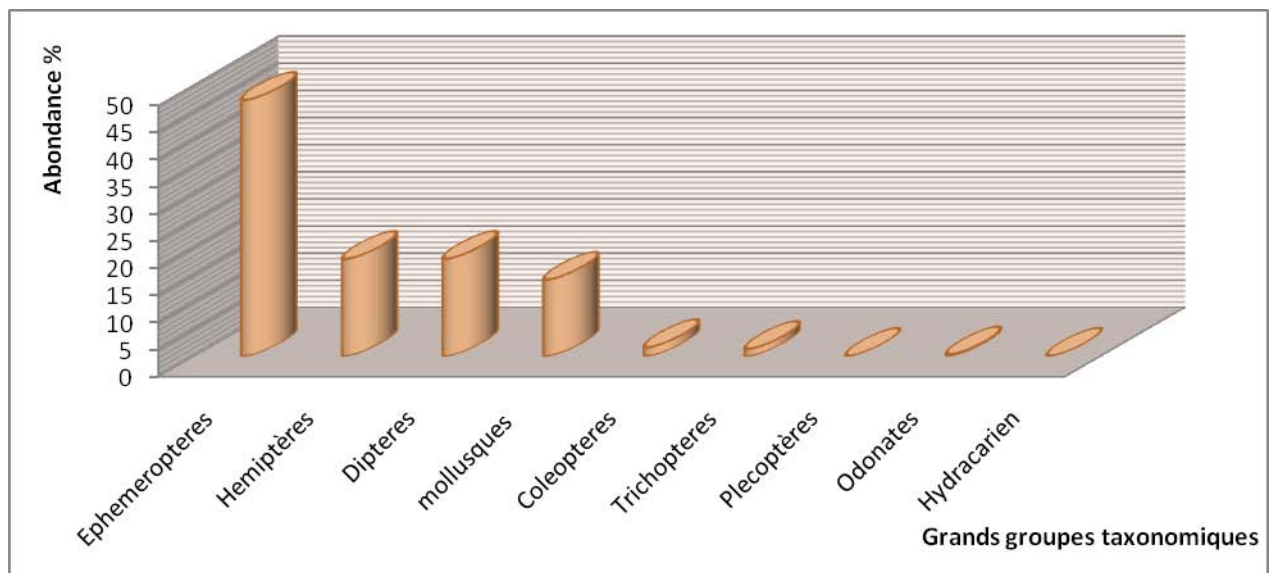


Figure 53 : proportions des différents ordres d'Insectes dans le Chélif.

L'ensemble des prélèvements réalisés au niveau de l'oued EL ARAB entre Février 2005 et Février 2006, ont permis de recenser 62 unités systématiques réparties en 6 groupes faunistiques, dont le niveau de détermination est arrivé aux familles, genres et parfois à l'espèce.

Les insectes avec un pourcentage de 99,56%, représentent la majorité des taxons prélevés, répartis en 8 ordres (Fig. 54). Les Diptères dominent avec 69,252 %, suivies par les Éphéméroptères 19,011 %, et les Hémiptères avec 8,601 %, les autres ordres (Trichoptères, Coléoptères, Plécoptères, Odonates, Hyménoptères) sont faiblement représentés.

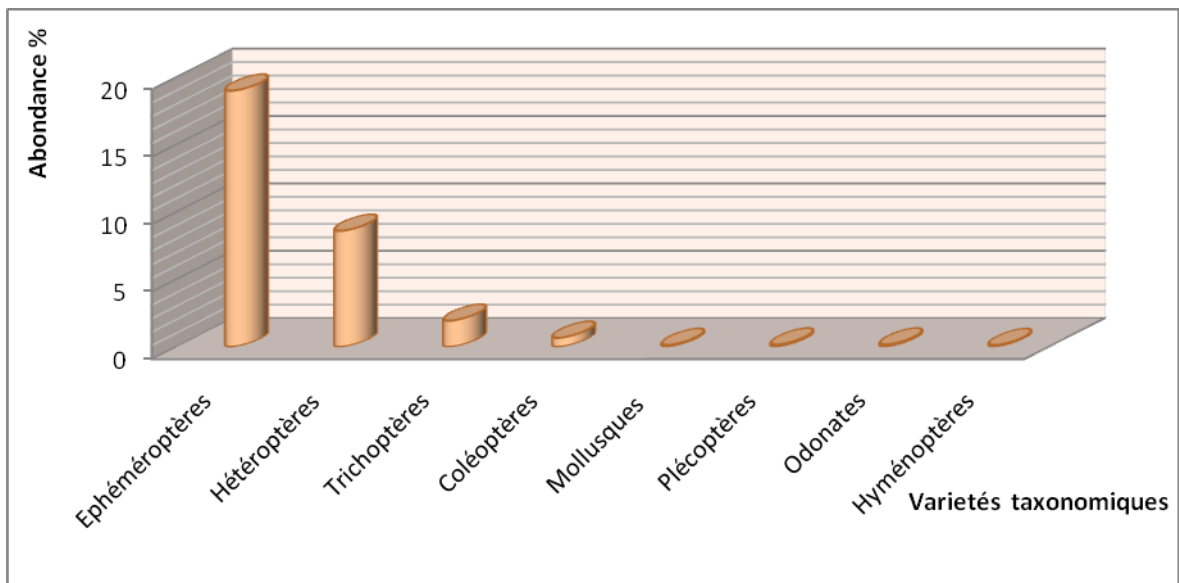


Figure 54 : proportions des différents ordres d’Insectes dans l’oued El Arab

4- Changement de composition des communautés benthiques en fonction des différents Étages bioclimatiques

4-1- Les Éphéméroptères

A partir de la figure 55 on remarque que l’abondance des Éphéméroptères est importante au niveau des trois réseaux hydrographiques (Saoura, Chélif, Oued El Arab), caractérisée par des étages bioclimatiques différents.

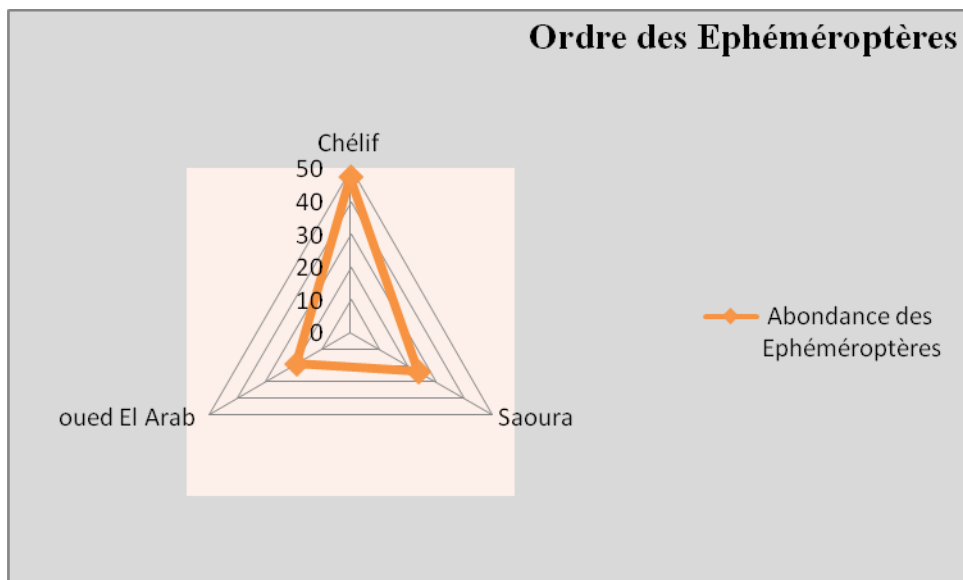


Figure 55: Abondance des éphéméroptères au niveau des trois réseaux hydrographiques (Saoura, Chélif, Oued El Arab)

Dans le Chélif le groupe des Éphéméroptères occupe le premier rang avec 47.18% de la faune totale il renferme 14 Taxons. Ce groupe est représenté par quatre familles : les Heptagenidae avec 0,16%, les Baetidae avec 53,27%, les Caenidae représentent 46,51%, les Éphémérides sont faiblement représentés avec 0,04% (Fig. 56).

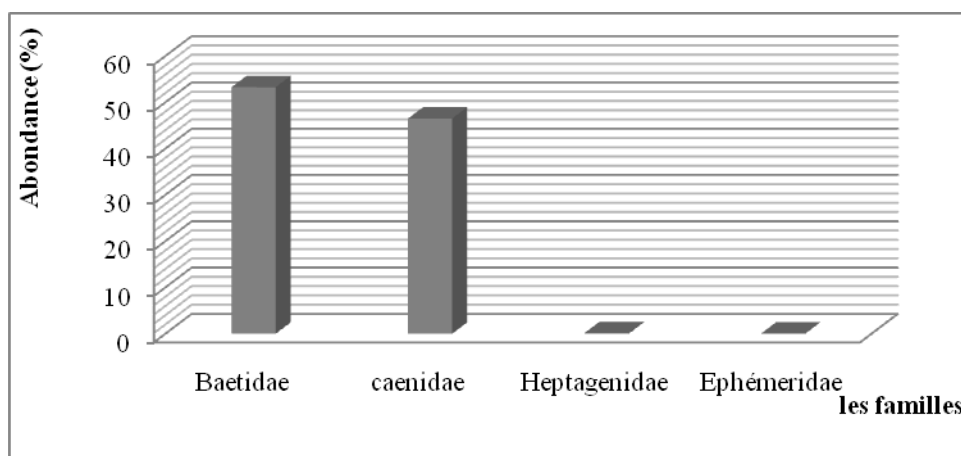


Figure 56: proportions de différentes familles d'éphéméroptères dans le Chélif.

Dans le réseau hydrographique de l'oued El Arab le groupe des Éphéméroptères occupent le deuxième rang avec 19.01% de la faune totale il renferme 12 Taxons. Cette ordre est représentée par sept familles : les Caenidae représente 44,27%, les Baetidae avec 42,5%, les Héptagénidae avec 12,15%, les Léptophlebiidae avec 0,51%, les Némouridae 0.85%, la famille des Éphéméridae et des Potamantidae ne sont représenté que par 1 seul individu chacune (Fig. 57).

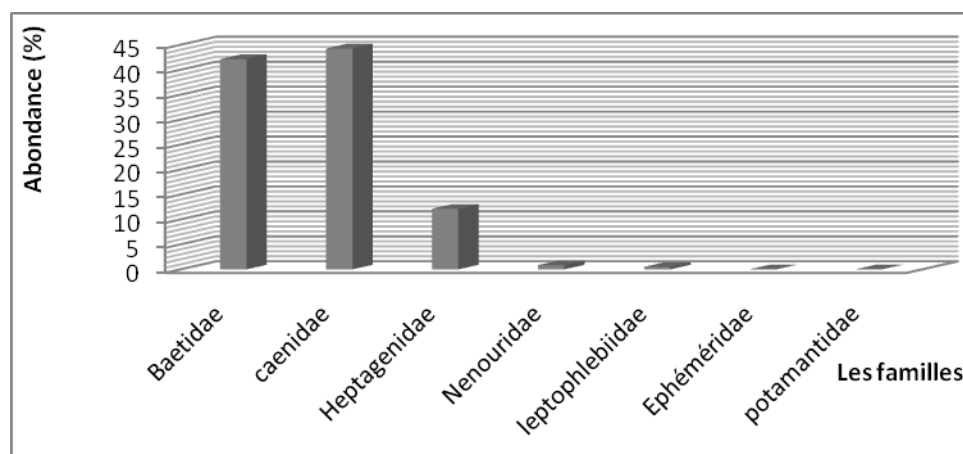


Figure 57 : proportions de différentes familles d'éphéméroptères dans l'oued El Arab.

Dans la Saoura caractérisé par un climat Saharien l'ordre des Ephéméroptères n'est représenté que par la famille des Baetidae (genre *Centroptilum* et le genre *Baetis*) et la famille des Caenidae (*Caenis luctuosa*).

- *Caenis luctuosa* :

Au Maroc, DAKKI et EL-AGBANI (1983) et BOUZIDI (1989) ont montré que cette espèce est très fréquentes aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante, elle est thermophile et eurypote, elle peut se développer dans tous les types de biotope et peut aller jusqu'à 2000m d'altitude.

Selon (GAGNEUR et THOMAS, 1988) cette espèce est particulièrement représentée dans les cours d'eau des moyennes et basse altitudes, dans notre cas cette espèce a été recensée dans toutes les stations et en abondance dans les stations amont allant de 465 à 500 m d'altitudes.

- Familles des Heptagenidae : *Ecdyonurus rothschildi* & *Rhithrogena germanica*

En Algérie, dans les climats sub-humide à semi aride, ARAB (2004), a inventorié deux espèces *Rhithrogena germanica* et une seule espèce : *Ecdyonurus rothschildi*.

Cette dernière est endémique d'Afrique du nord, elle est connue d'Algérie, du Maroc et de Tunisie.

Au Maroc d'après DAKKI et EL-AGBANI (1983), cette espèce présente une large distribution et occupe presque tous les cours d'eau de plaine et de piémont et on peut remonter jusqu'à 1500 m d'altitude dans les oueds où la température estivale dépassent les 20°C.

Dans la Saoura cette espèce n'a pas été recensée cela peut être du à la variation des températures qui dépasse les 40°C pendant la période estivale. Leur absence peut être aussi du à la grande quantité de matière en suspension surtout pendant les crues périodiques que subit l'oued Saoura pendant l'année.

- Famille des Baetidae :

En Algérie, dans l'oued du Chélif ARAB (2004), a récolté 9 taxons entre 28 à 630 d'altitudes, 4 taxon ont été trouvés dans le réseau hydrographique de l'oued El Arab.

Deux genres ont été recensés dans l'oued Saoura :

Le genre *Centroptilum* a été récolté surtout dans les stations amont caractérisées par un substrat grossier (station Igli, Beni Abbes) caractérisées par des galets, rochers, et débris végétaux. Cette abondance diminue dans les stations de la partie aval caractérisées par un substrat sableux.

Dans le cours d'eau étudié le genre *Baetis* est peu abondant. Nous l'avons récolté dans la station d'Igli. En Algérie, selon LOUNACI-DAOUDI (1996), ce taxon tolère les grandes variations thermiques (8 à 31°C) et la présence de la matière organique.

Au Maroc d'après BOUMAIZA(1994) cette espèce est rhéophile, elle peuple les parties supérieures des cours d'eau.

Nos résultats évoluent généralement dans le même sens mais avec la présence de quatre individus seulement. Cette faible abondance peut être attribuée à la grande quantité de matières en suspensions du aux crues périodiques qu'a subit la Saoura durant notre étude.

4-2-Les Diptères

D'après ECHAUBARD et NEVEU (1975), les Chironomidae se caractérisent par une grande diversité écologique. Ils sont parmi les macroinvertébrés les mieux représentés en nombre d'espèces et individus avec une capacité de coloniser les milieux les plus divers. Ils peuvent être relativement abondants dans les zones d'eau calme non polluées et atteindre des proportions considérables dans les milieux très riches en matières organiques suite à leur résistance à la pollution.

L'évolution stationnelle des Diptères montre que les Chironomidae dominent nettement sur le plan numérique. Cette constatation est en accord avec celle de TOURENQ (1975) qui signale l'augmentation massive des populations des Chironomidae dans les zones riches en matières organiques.

L'ordre des Diptères est représenté par 10 familles dans le cours d'eau du Chéelif, et par 11 familles dans le cours d'eau de la Saoura, et 9 familles dans le réseau hydrographique de l'oued El Arab (Fig.58, 59, 60).

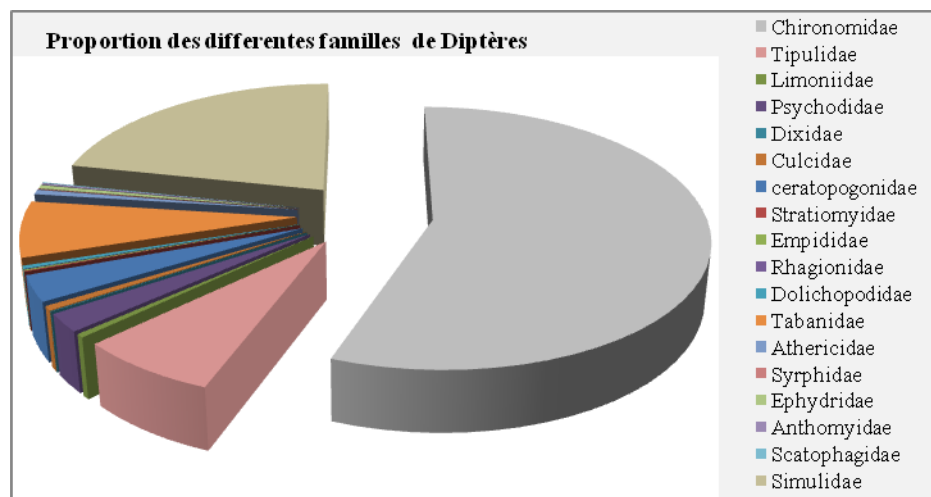


Figure 58: proportions de différentes familles de Diptères dans le Chélif.

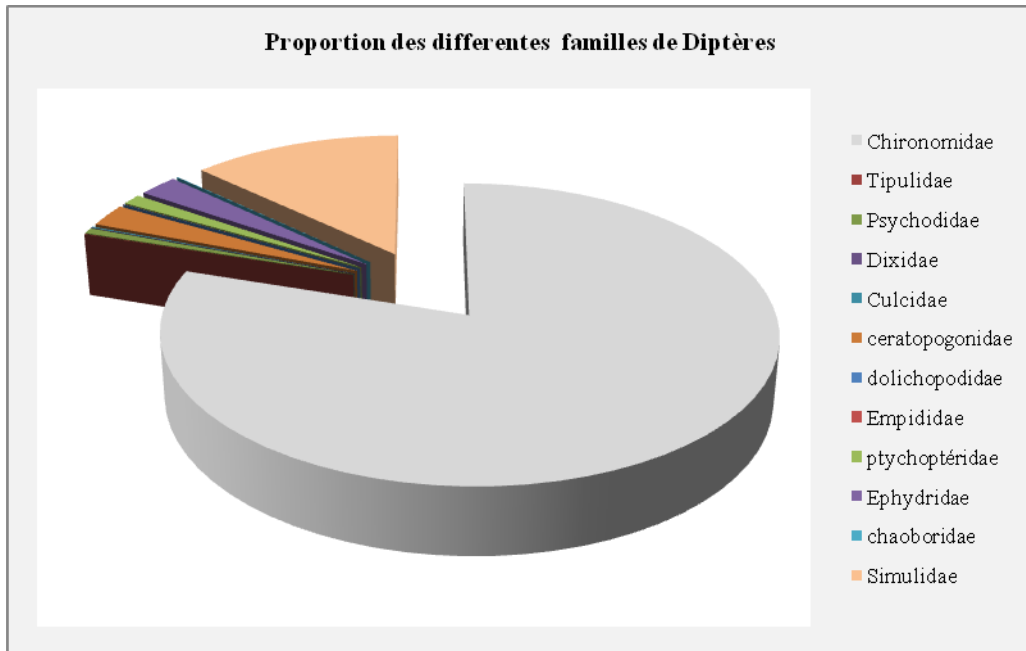


Figure 59 : proportions de différentes familles de Diptères dans la Saoura.

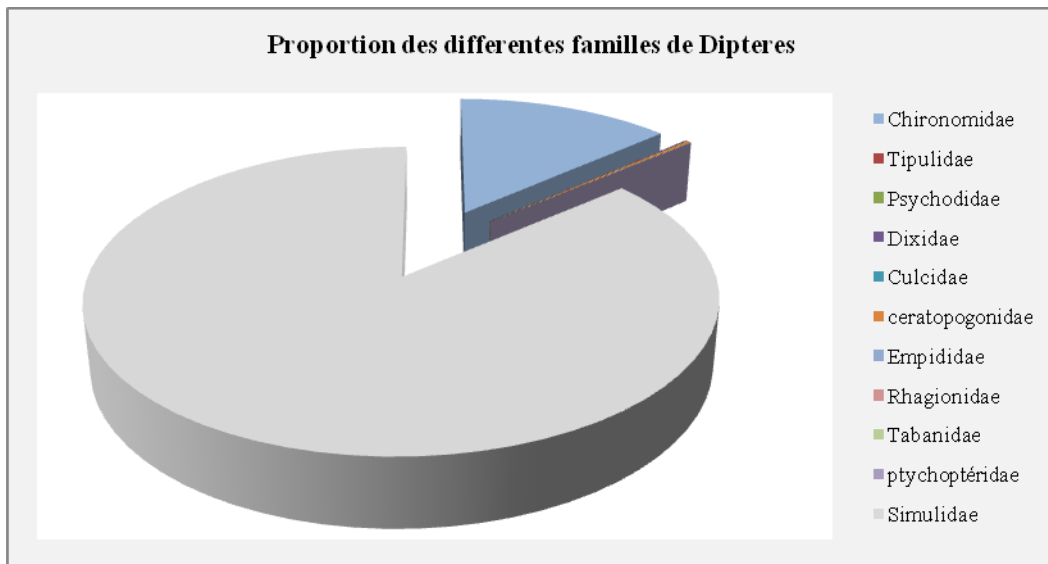


Figure 60 : proportions de différentes familles de Diptères dans le réseau hydrographique de l'oued El Arab.

4-3-Les Plécoptères

Les Plécoptères sont très polluosensibles. Ils subissent l'influence néfaste de la pollution, même légère. Globalement, la distribution des Plécoptères correspond à la zone des eaux non polluées à températures n'excédant pas 25°C, avec une ripisylve de feuillus. D'après BERTHELMEY (1973), les Plécoptères ne sont abondants que dans les cours d'eau bordés à feuilles caduques. Cela semble être le cas pour le cours d'eau du Chélif où les Plécoptères sont représentés par cinq familles.

Ce n'est pas le cas pour le réseau hydrographique de l'oued El Arab où nous avons recensé 27 individus de la famille des Némouridae avec une végétation limitée à quelques algues aquatiques, et l'absence de végétations riveraines.

Dans le cours d'eau de la Saoura les fortes températures surtout pendant la période estivale (supérieure à 40 °C) semblent être un facteur limitant la distribution des Plécoptères en plus de la rareté du couvert végétale (végétations riveraines, végétations aquatiques) source de nourriture pour les larves de Plécoptères (Fig. 61).

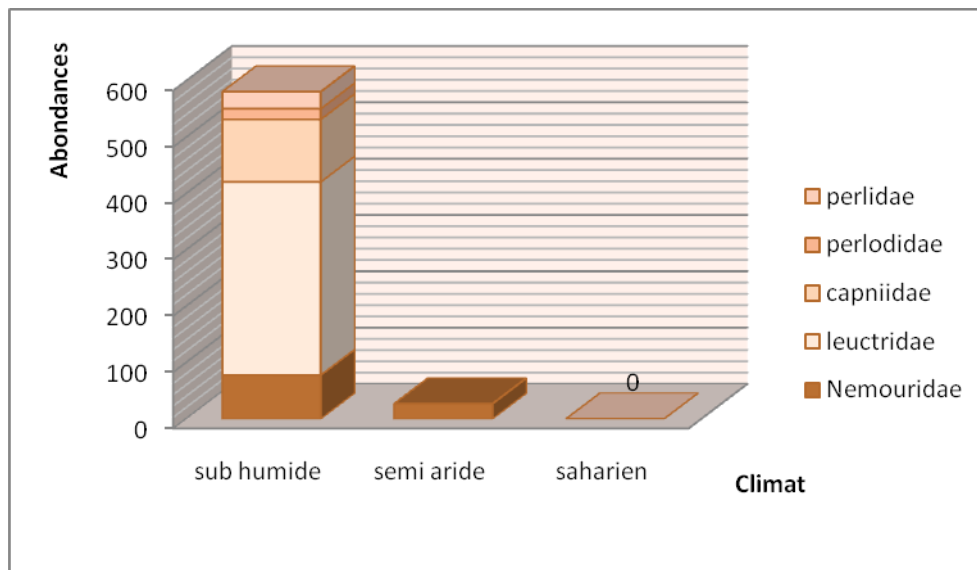


Figure 61 : proportions de différentes familles de Plécoptères dans les réseaux hydrographiques de l'oued El Arab, Saoura, Chélif

Conclusion générale

Conclusion générale

La vallée de la Saoura formée par la jonction à Igli des vallées du Guir et de la Zousfana, constitue une frontière naturelle entre le grand erg à l'Est et les massifs d'Ougarta à l'Ouest. Sur une distance de près de 250Km, entre Igli et le Foum El Khneg au sud de Kerzaz sa direction est approximativement NW-SE, puis le cours d'eau incline vers le Sud en se dirigeant vers Adrar.

L'étude climatique nous permet de classer la région d'étude dans le climat méditerranéen avec l'étage bioclimatique Saharien à hiver tempéré.

Le bassin versant de l'oued Saoura est caractérisé par un substrat géologique typiquement calcaire, ce qui confère à nos eaux une alcalinité moyenne.

L'approche physico-chimique est basée sur des paramètres reflétant la pollution produite par les différents types de sources de pollution qui pour la plupart sont des rejets domestiques.

L'eau est excessivement minéralisée, les teneurs en calcium, magnésium, les sulfates, les chlorures, sont plus élevées que la normale, il s'agit d'une situation naturelle qui est en relation avec la nature du terrain. Concernant les paramètres liés à la pollution organique, nous notons des valeurs généralement faibles en nitrates, nitrites et phosphore.

L'apport de matière en suspension lors des crues contribue sans doute au phénomène d'ensablement progressif du lit de la Saoura.

Au cours de ce travail, les travaux effectués dans les six stations retenues ont permis de récolter 5952 individus dans le benthos, malgré le nombre faible d'individus, 36 familles ont été trouvées. La faune est constituée essentiellement d'Éphéméroptères, de Diptères, de Coléoptères, d'Hétéroptères et de Trichoptères.

Parmi les insectes récoltés : les Diptères sont dominantes (71,19%) sur le plan numérique, aussi bien pour les périodes des crues que pour les saisons normales (non affectées par les changements climatiques). Ils sont abondant dans la plupart des stations et représentent plus de la moitié de la faune récolté. Ils sont représentés essentiellement par les Chironomidae.

Les Éphéméroptères, les Coléoptères et les Mollusques sont relativement abondants avec respectivement 19,79 %, 5,26 %, 1,06% tandis que les autres groupes sont faiblement représentés avec des pourcentages inférieurs à 1%.

On distingue 03 taxons dominants : Chironomidae, (53,78%), Baetidae (15,47%), Culcidae (10,80%), seuls les Elmidae et les Caenidae sont des taxons subdominants, les résidents sont représentés par les Ceratopogonidae (1,68%), Ephydridae (1,58%), Simuliidae (1,92%), tandis que les autres taxons sont considérés comme des subrésidents.

Les perturbations dans la composition faunistique sont importantes. Beaucoup de groupes à faible résistance tendent à disparaître alors que d'autres qui sont indices de forte charge en matière organique (polluo-résistants) se développent fortement.

La variation de la densité suivant les stations est liée à la diversité structurale des biotopes.

Dans la parties supérieure du cours d'eau caractérisée par un écoulement rapide à moyen, une ripisylve assez dense et une hétérogénéité en taille et en nature des éléments constituant le substrat créant ainsi une mosaïque variées d'habitat benthique et présente ainsi une bonne diversification des niches écologiques.

Dans la partie aval le substrat devient plus ou moins homogène sous l'effet des fortes crues où la variation des débits présente une grande intensité sur la richesse spécifique des différentes stations.

L'indice de diversité de Shannon varie d'une station à l'autre, ces variations traduisent vraisemblablement un changement des structures biocénétiques le long du cours d'eau. Ceci s'explique par le fait que dans chaque communauté stationnelle une à deux familles dominant (Chironomidae et Beatidae)

Le genre *Baetis rhodani* a été récolté en amont de la Saoura à 500 m d'altitude dans un milieu caractérisé par un substrat composé de rochers, de galets et de graviers riche en débris végétaux (station d'Igli). Cette espèce semble affectionner les milieux à eau relativement fraîche et à écoulement rapides.

L'importante diversité de la famille des Chironomidae (11 Familles) dans ce cours d'eau offre de bonnes perspectives pour son utilisation dans l'étude de la qualité des eaux de la Saoura.

Le substrat est assez varié le long du profile longitudinal de la Saoura mais très peu diversifié au sein d'une station. Les assemblages des taxons de macroinvertébrés qui colonisent les différentes stations semblent être influencés par ce dernier (granulométrie du substrat), mais elle est en étroite dépendance de la température en fonction des différents étages bioclimatiques étudiés.

Concernant les crue de la Saoura, nos résultats montrent que les crues n'ont pas d'effet catastrophique à long terme sur les écosystèmes lotiques, car la dérive normale des organismes vers l'aval, et leur déplacement vers l'amont, où depuis les affluents permet la recolonisation des zones dépeuplées par les crues.

Pour l'étude biologique par les indices les valeurs des deux indices (BMWP', IBGN) différent peu, les deux montrent une sensibilité aux variations du milieu et reflètent bien le niveau d'altération des stations.

L'absence d'une faune de macroinvertébrés de référence (mis à part les études de Gauthier 1928) nous a amené à comparer les résultats des stations de l'oued Saoura (saharien) à ceux des stations de l'oued El Arab (semi aride) et aux stations du Chélif (sub humide) et pour lequel on a constaté que le climat est le facteur déterminant pour la répartition de la macrofaune benthique. En zone Saharienne, les précipitations et les températures et la granulométrie du substrat sont les facteurs prépondérants.

Un inventaire de la biodiversité des macroinvertébrés de l'oued Saoura et plus particulièrement les Chironomidae et l'établissement d'une faune et d'une station de référence pouvant servir au suivi de la qualité des eaux de cet oued.

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE

ALBA-TERCEDOR J., 2000– The BMWP'; Ecological status of surface waters: monitoring and management strategies in rivers. Vol 29, n°1. P285-290.

ANGELIER E., 2000- Écologie des eaux courantes, Edition Technique et document. P 199.

ANNONYME., 2005 – Détermination du phosphore total dans les eaux naturelles : minéralisation au persulfate ; méthode colorimétrique automatisée ; procédures adaptées pour le phosphore en teneur élevée et a l'état de trace. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec. P 29.

ARAB A., 1989-Etude des peuplements d'invertébrés et de poissons appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux et des ressources piscicoles des oueds Mouzaia et Chiffa.Thèse Magister, U.S.T.H.B. P 145.

ARAB A., 2004- Recherches faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin versant du Mazafran.Thèse Doctorat, U.S.T.H.B. P 145.

ARRIGNON J., 1982-Aménagement piscicole des eaux douces. 4^{ème} Edition Lavoisier. P 340.

ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (A.F.N.O.R), 2001-Qualité de l'eau. 6^{ème} Edition. P 621.

BAGNOULS F & GAUSSEN H., 1953-Saison sèche et indice xérothermique. Document pour les cartes de production végétal. Série généralité cartographie de l'unité écologique. Edition Edward.Privat.Toulouse. P 47.

BEDEL L., 1895 - Catalogue raisonné des Coléoptères du Nord de l'Afrique (Maroc, Algérie, Tunisie et Tripolitaine) avec notes sur la faune des Iles Canaries et de Madère. Première partie. Soc. Ent. Fr. (édition), Paris : P 402.

BEISEL J. & USSEGLIO-POLATERA P., 2003-INTERNATIONAL BIOMONITORING OF THE MEUSE RIVER: SPATIO-TEMPORAL ANALYSE OF BENTHIC MACRO-

INVERTEBRATE COMMUNAUTÉS (1998-2001), RAPPORT FINAL. FRANCE. P 135.

BELFIORE C., 1983– Guid per il riconoscimentodelle specie animali dell acque interne italiane. Ephemeroptera .Consiglio Nazionale Delle Ricerche. P12-20.

BERNE F., 1991- traitements des eaux : Epurations des eaux résiduaires de raffinage. Conditionnement des eaux de réfrigération. Edition Techni. P 306.

BERTHELEMY C., 1973 -Données préliminaires sur les Plécoptères de Tunisie. Vehr. Internat. Verein. Limnol., 18 : 1554-1548.

BLONDEL J., 1979- Biogéographie et écologie. Ed. Masson, Paris. P 173.

BONTOUX J.1993- introduction à l'étude des eaux douces (eaux naturelle, eaux usées, eaux de boisson). Ed : CEBEDOC. P 169.

BOUCHELOUCHE D. & HAMZAOUI D., 2006-Évaluation de la qualité de l'eau du réseau hydrographique de l'oued El Arab (wilaya de Khenchela). Mémoire d'Ingénieur, U.S.T.H.B. P 47.

BOUMAIZA M., 1994 - Recherches sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, écologie et biogeography. Thèse Docteur ès-sciences, Univ. Tunis II : P 429.

BOUZIDI A., 1989- Recherches hydrologique sur les cours d'eau des massifs du Haut-Atlas (Maroc). Bioécologie des macroinvertébrés et distribution spatiale des peuplements. These es-science. Faculté des sciences de S^t Jérôme. Université d'Aix. Marseille III : 80-153.

CARDOT C., 2002-Les traitements de l'eau : procédé physico-chimique et biologiques, Cours et problème résolus. P 306.

CHAPOUX M & CLAUD T., 1993- Élément d'hydrologie. 1^{ère} édition revue et corrigée- les éditions : griffon d'argile. P 257.

CHARVET S., 1999 –intégrations des acquis théoriques récents dans le diagnostique de la qualité écologique des cours d'eau a l'aide de bioindicateurs invertébrés. Thèse Doctorat. Université Claude Bernard- Lyon. P 57.

CHESEL D., 1992-Echanges interdisciplinaires en analyse des données écologiques. P 105.

-
- CHESEL, D., LEBRETON, J.D. & YOCCOZ, N. (1987)**- propriétés de l'analyse canonique des correspondances. Une utilisation en hydrobiologie. *Revue de statistique appliquée* : 35, 55-72.
- CLERGUE M. & BOUMAIZA M., 1986**- Simuliidae (Diptera. Nematocera) de la Tunisie. Clé pour la reconnaissance des espèces actuellement recensées. 36(04). P601-637.
- CLERGUE-GAZEAU M., 1987**- Influence du climat méditerranéen sur la faune simulidiens (Diptera, Nematocera) d'une rivière pyrénéenne : la massane *Ecol. Med.* 13 (1/2) :1-13P
- CONRAD G & BLANC P, 1968**- évolution géochimique des eaux de l'oued Saoura (Sahara nord occidentale). Extrait de la revue de Géographie physique et de géologie dynamique. P 429.
- COURT L., 1987**-Le coût économique et social de la pollution de l'eau. P 190.
- DAJOZ R., 2000**-*Precis d'écologie* .7^{ème} Edition. P 615.
- DAKKI M & EL AGBANI M.A 1983**- **Ephéméroptères** d'Afrique du nord. 3. Element pour la connaissance de la faune marocaine. *Bull. Inst. Sc. Nat. Rabat.*7: 115-126.
- DAVIES L., 1968**-A key to the British species of simuliidae (Diptera) in the larval, pupal and adulte stages. *Fresh water biological association scientific publication n°24*. P 125.
- DECAMPS H, 1971**- la vie dans le cours d'eau. Presses universitaires de France, paris. P128.
- DOROTHEE LE MAITRE K, 1952**- la faune du dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des ABORDS de l'ERG EL DJEMEL-1^{ER} série paléontologie, P 122.
- DUBIEF J 1963**- étude isotopique de l'oxygène des eaux de la haute Saoura (Sahara nord occidentale, *bull.soc.géol.* P45.
- ECHAUBARD M., & NEVEU A, 1975** - Perturbations qualitatives et quantitatives de la faune benthique d'un ruisseau à truites : la Couse Pavin (Puy de Dôme), dues aux pollutions agricoles et urbaines. *Lab. Zool, Bio. Animale - Ethologie. INA - INRA, France:* P 24.
- EDWARDS F.W., 1923** - On some algerian species of *Simulium*. *Arch. Inst. Pasteur, Algérie*, 1 (4): 647-653.

EVARD M., 1996- Utilisation des exuvies nymphales de chironomidae (Diptères) en tant qu'indicateurs biologiques de la qualité des eaux de surface Wallonnes. P 205.

GAGNEUR J & THOMAS A.J.B., 1988- contribution à la connaissance des éphéméroptères d'Algérie. I. REPARTITION ET ECOMOGIE (1^{er} partie) (insecta, éphéméroptera). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 124 :213-223.

GAUJOUS D., 1995- la pollution des milieux aquatiques. Aide mémoire. 2^{ème} Edition. Paris. P 217.

GAUTHIER H, 1928-Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie, thèse Doct. SC. Nat., Alger, P 419.

GENIN, B., CHAUVIN C. & MENARD F., 2003 - Cours d'eau et indices biologiques -Pollutions - Méthodes -IBGN. *Educagri* 2^e Edition, P 221.

GIUDICELLI J., LEGIER P., MUSSON J.J. et PREVOT G., 1986-impacte d'une perturbation polluante d'origine organique sur les populations et les communautés d'invertébrés benthique et en dérive d'une rivière méditerranéenne, le Tavignano (corse). *Ecol. Médit.* XII. (1-2) :31-61P.

GRADY H., MARTHA G., WILLIAM A. H. and PAUL J. W., 2003. Evaluation of phosphorus concentration in relation to annual and seasonal physico-chemical water quality parameters in a UK chalk stream. *Water Research*, 3579-3589PP.

GUERRE C, 1976- étude hydrogéologique de la basse vallée de l'oued Saoura (de Foug El Erg à Foug El Khneg. Rapport de direction des études de milieu et de la recherche Hydraulique, P 68.

KOSMALA A., 1998. Évaluation écotoxicologique de l'impact des effluents de stations d'épuration sur les cours d'eau : intérêt d'une approche intégrée. Thèse de doctorat, Univ. de Metz (France), P 189.

LEBRETON, J.D., SABATIER, R., BANCO, G & BACOU, A. M. (1991). Principale component and correspondence analyses with respect to instrumental variables : an overview of their role in studies of structure – activity and species- environment relationships. In : *Applied multivariate analysis in sar and environmental studies.* DEVILLERS ? J. &karcher, W. (Eds) kluwer Academic Publishers.85-114

LEGENDRE P & BORCARD D., 2003-Analyses statistiques de données spatiales .Edition TECHNIP. P 08.

LESTAGE J.A., 1925 - Ephéméroptères, Plécoptères et Trichoptères recueillis en Algérie par M.H Guathier et liste des espèces connues actuellement de l'Afrique du Nord. *Bull. Soc. Hist.Nat.* Afrique Nord, 16 : 8-18.

LOUNACI A., 1987- Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued AISSI (grand Kabylie).Thèse Magister-ISN. U.S.T.H.B. P 122.

LOUNACI-DAOUDI D., 1996 - Travaux sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des insectes aquatiques du réseau hydrographique du Sébaou. Thèse Magister, Univ Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. P 152.

LOUNACI A., 2005- Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macro-invertébrés des cours d'eaux de Kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie).Thèse Doctorat. Université Mouloud. Mammeri. Tizi-Ouzou. P 209.

MICHA J-C & NOISET., 1982- Évaluation biologique de la pollution des ruisseaux et rivières par les invertébrés aquatiques .3^{ème} tirage corrigé. Vol 5 n°01. P 143.

MOUBAYED Z., 1986 - Recherches sur la faunistique, l'écologie et la zoogéographie de trois réseaux hydrographiques du Liban: l'Assi, le Litani et le Beyrouth. Thèse de Doctorat es Sciences, Université. Paul Sabatier, Toulouse : P 496.

MULHAUSER B., et MONNIER G., 1995- Guide de la faune et de la flore des lacs et des étangs d'Europe, Edition DELACHAUX ET NISTELE Paris, 335 P.

NAVÂS L., 1929 - Insectes Névroptères et voisins de Barbarie. Septième série. *Bull. Soc. Hist. Nat.* Afrique Nord, 7 (20) : 57-60.

NEVEU A., 1974- la dérive des stades aquatiques de quelques familles de Diptères torrenticoles. *Ann. Hydrobiol.* 5(1) :15-42.

OFFICE NATIONALE DE LA METEROLOGIE (O. N.M), 2009-Données Climatiques des Wilaya de Bechar.

OZENDA P., 1977-Flore et végétation du Sahara. 3^{ème} Ed. Paris : CNRS. P 662.

RAMADE F., 1992- Précis collection d'écologie. Edition MASSON. P 300.

RAMADE F., 2005- Éléments d'écologie. Écologie appliquée. 6^{ème} Edition. DUNOD. P 864.

RICHOUX PH., 1982-Introduction pratiques a la systématique des organismes des eaux continentales français. Coléoptères aquatiques (genre ; adultes et larves). Bulletin de la société linnéenne de Lyon. 51^e année, n°4. P104-301.

RODIER J., 1996 –L’analyse de l’eau. Eaux naturelles. Eaux résiduaires. L’eau de mer. Chimie. Physico-chimie. Bactériologie. 8^{ème} Edition. DUNOD. P 1383.

ROSENBERG D, DAVIES I-J, COBB D & WIENS A., 1993-Protocoles de mesure de la biodiversité: les macroinvertébrés benthiques dulcicole. P 44.

SAVARY P., 2003–Guide des analyses de la qualité de l’eau. Edition Techni-Cités. P 283.

SEURAT L.G., 1934 - Etudes zooliques sur le Sahara Central. Ms. Hoggar. III (Fev-Mai 1928). *Miss. Soc. Hist. Nat.* Afrique du Nord. 4 : 5-195.

SIGG L & BEHRA P & STUMM W., 2000- Chimie des milieux aquatiques. Chimie des eaux naturelles et des interphases dans l’environnement. 3^{ème} Edition. DUNOD. P 567.

SOUCHON Y. PHILIPPE M. COHEN P. MARIDET L. WASSON J-G., 1996-Function and effects of the drought in streams .Are the droughths a threath to the vegetal and animal communities in running waters. Rapport final .Lyon . P 83.

TACHET H. & BOURNAUD M. & RICHOUX P., 1987 -**INTRODUCTION A L’ETUDE DES MACROINVERTEBRES DES EAUX DOUCES (SYSTEMATIQUE ELEMENTAIRE ET APERÇU ECOLOGIQUE). 3^{EME} EDITION. P 155.**

TAZEROUTI F., 1993-Contribution à l’étude de la biologie de la reproduction d’un poisson téléostéen Cyprénidé d’eau douce, *Barbus callensis*. Thèse de Magistère. U.S.T.H.B. 157 P.

TER BRAAK, C.J.F. (1986)- Canonical correspondance analysis : a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* :67,1167-1179.

TER BRAAK, C.J.F. (1987)- CANOCO, à FORTRAN program for Canonical commnity ordination by partical detrended canonical correspondance analysis and redundancy analysis. Software documentation. Version 2.1, TNO Institute of Applied Computer Science, Wageningen.

THOMAS A., 1998 - A previsional checklist of thé Mayflies of North Africa (Éphéméroptèra). *Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse*, 134 : 13-20.

TOURENQ I.N., 1975 - **RECHERCHES ECOLOGIQUES SUR LES CHIRONOMIDAE (DIPTERA) DE CAMARGUE. THESE DOCT. ES SCIENCES, TOULOUSE : P 424.**

VAILLANT F., 1955 - Recherches sur la faune madicole de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris (Zool), 11 : P 258.

VITTET B & THOMAS A .G. B, 1988- **ADDITIONS AND CORRECTIONS TO THE EPHEMEROPTRA FAUNA OF NORTH AFRICA. UNIVERSITÉ PAUL SABATIR. FRANCE. P270- 273.**

ANNEXES

Tableau 4 : richesse taxonomique

Embranchements	Classes	Effectif total	Pourcentage	Nombre d'US
Arthropodes	Insectes	5833	98	29
	Crustacés	10	0.16	1
	Arachnides	5	0.08	1
Mollusques	Gastéropodes	20	0.33	5
	Oligochètes	43	0.72	3
vertébrés	Poissons	1	0.01	1
	Têtards	40	0.67	1
Total		5952	100	41

Tableau 7: variation des indices de H' et E en fonction des prélèvements et des stations

Stations	Les prélèvements	H'	E
Kerzaz	Prélèvement 1	2,24	0,62
	Prélèvement 2	2,13	0,66
	Prélèvement 3	1,08	0,67
	Prélèvement 4	2,11	0,56
	Prélèvement 5	1,3	0,65
Beni Ikhlef	Prélèvement 1	2.13	0.66
	Prélèvement 2	1.6	0.53
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	2,54	0,68
	Prélèvement 5	1,06	0,4
El ouata	Prélèvement 1	1.05	0.65
	Prélèvement 2	1.96	0.61
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	2,69	0,63

	Prélèvement 5	1,1	0,69
Guerzim	Prélèvement 1	0.65	0.21
	Prélèvement 2	1	0,5
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	2,01	0,63
	Prélèvement 5	0,28	0,09
Beni Abbes	Prélèvement 1	2.35	0.65
	Prélèvement 2	2	2
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	1,34	0,57
	Prélèvement 5	1,8	0,9
Igli	Prélèvement 1	1	0,6
	Prélèvement 2	2.6	0.69
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	1,11	0,33
	Prélèvement 5	2	0,57

Tableau 10 : variation des indices (IBGN & BMWP') en fonction des prélèvements et des stations.

prélèvements		BMWP'	IBGN
Stations Igli	Prélèvement 1	5	5
	Prélèvement 2	39	11
	Prélèvement 3	3	2
	Prélèvement 4	22	7
	Prélèvement 5	44	13
Beni Abbes	Prélèvement 1	18	6
	Prélèvement 2	24	8
	Prélèvement 3	0	1
	Prélèvement 4	12	5
	Prélèvement 5	12	4
El ouata	Prélèvement 1	23	8
	Prélèvement 2	0	5
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	22	7
	Prélèvement 5	25	7
Guerzim	Prélèvement 1	8	3
	Prélèvement 2	19	7
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	50	14
	Prélèvement 5	9	3
Beni Ikhlef	Prélèvement 1	16	5
	Prélèvement 2	25	9
	Prélèvement 3	0	0
	Prélèvement 4	30	9
	Prélèvement 5	26	7
Kerzaz	Prélèvement 1	27	8
	Prélèvement 2	30	8
	Prélèvement 3	12	3
	Prélèvement 4	37	9
	Prélèvement 5	16	5

Tableau 13 : Abondance des familles des insectes au niveau de l'oued Saoura.

STATIONS	Kerzaz		Beni Ikhlef		Guerzim		EL Ouata		Beni Abbes		Igli		Totale
	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N	%	
hydrobiidae	0	0	3	0,80	2	0,31	0	0	3	0,16	0	0	8
lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05	0	0	1
planorbidae	0	0	1	0,27	1	0,16	0	0	0	0	0	0	2
Tubificidae	0	0	0	0	4	0,63	0	0	0	0	0	0	4
physidae	1	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,24	4
piscicolidae	1	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
gordiidae	41	6,95	1	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	42
aetydae	8	1,36	1	0,27	1	0,16	0	0	0	0	0	0	10
baetidae	115	19,49	16	4,26	108	16,98	42	3,47	205	11,00	435	34,12	921
caenidae	1	0,17	1	0,27	5	0,79	1	0,08	186	9,98	63	4,94	257
coenagrionidae	8	1,36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
libellulidae	0	0	0	0	1	0,16	0	0	0	0	0	0	1
nepidae	0	0	1	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Aphelocheiridae	1	0,17	1	0,27	0	0	0	0	0	0	5	0,39	7
notonectidae	0	0	0	0	1	0,16	0	0	0	0	0	0	1
corixidae	4	0,68	3	0,80	8	1,26	0	0	9	0,48	7	0,55	31
hydraenidae	4	0,68	9	2,39	9	1,42	0	0	0	0	2	0,16	24
elmidae	2	0,34	3	0,80	156	24,53	1	0,08	35	1,88	29	2,27	226
helodiidae	0	0	0	0	3	0,47	0	0	0	0	0	0	3
dytiscidae	4	0,68	5	1,33	0	0	3	0,25	9	0,48	1	0,08	22
haliphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0,31	4
hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	34	2,81	0	0	0	0	34
hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53	4,16	53
Limnadiidae	0	0	0	0	0	0	1	0,083	0	0	0	0	1
philopotamidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,08	1
chironomidae	286	48,47	167	44,41	309	48,58	470	38,84	1368	73,43	601	47,14	3201
ceratopogonidae	33	5,59	9	2,39	17	2,67	11	0,91	20	1,07	10	0,78	100
culcidae	2	0,34	0	0	0	0	637	52,64	2	0,11	2	0,16	643

tipulidae	2	0,34	0	0	0	0	1	0,08	0	0	0	0	3
dixidae	0	0	0	0	0	0	1	0,08	0	0	0	0	1
ephyrididae	19	3,22	68	18,09	6	0,94	0	0	1	0,05	0	0	94
chaoboridae	0	0	0	0	2	0,31	0	0	0	0	0	0	2
ptychopteridae	1	0,17	45	11,97	0	0	1	0,08	0	0	0	0	47
psychodidae	1	0,17	21	5,59	0	0	0	0	2	0,11	0	0	24
empididae	0	0	1	0,27	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Similidae	54	9,15	0	0	0	0	1	0,08	0	0	59	4,63	114
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	1	0,08	0	0	0	0	1
Stratiomyidae	0	0	0	0	0	0	6	0,50	0	0	0	0	6
dolichopodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,05	0	0	1
Araignés	1	0,17	0	0	3	0,47	0	0	1	0,05	0	0	5
Hydracarien	1	0,17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
poisson	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,08	1
Tetard	0	0	20	5,32	0	0	0	0	20	1,074	0	0	40
somme	590	376	636	1211	1863	1276	5952						

