

N° d'ordre : 13 /2009-M/S.N

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE
«USTHB»
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme MAGISTER


En : SCIENCES DE LA NATURE
Spécialité : Ecosystèmes Aquatiques Continentaux

Par : Sihem KHETTAR

**ETUDE DES PEUPELEMENTS DE MACROINVERTEBRES ET DES
CONDITIONS DE MILIEU DE L'OUED EL HAMMAM.
(W. MASCARA et SAIDA)**

Soutenu le 29/04/2009, devant le jury composé de :

Mr. ARAB Abdeslem	Maître de Conférences, U.S.T.H.B.	Président
Mr. ASSELAH Boualem	Professeur, U.S.T.H.B.	Dteur de thèse
Mr. BOUHADAD Rachid	Professeur, U.S.T.H.B.	Examineur
Mme.KHERBOUCHE Ourida	Maître de Conférences, USTHB.	Examinatrice
Mr. LOUNACI Abdelkader	Maître de Conférences, U.M.M.T.O.	Examineur
Mme CHERBI Malika	Chargée de Cours, U.S.T.H.B.	Invitée



RESUME

RESUME

Etude des peuplements de Macroinvertébrés et des conditions de milieu de l'oued El Hammam (W.Mascara-Saida)

Résumé

La présente étude porte sur la qualité de l'eau de l'oued El Hammam et ses trois (3) affluents. L'aspect physicochimique et la composition faunistique (Macroinvertébrés) y ont été abordés. Onze (11) stations échelonnées entre 130 et 510m d'altitude ont fait l'objet de prospection, entre septembre 2006 et février 2007 (six campagnes de prélèvements).

L'analyse physicochimique révèle que les eaux présentent une oxygénation moyenne à faible, Ce sont des eaux alcalines très fortement minéralisées. Les concentrations moyennes en éléments chimiques sont pour les cations de 453 mg/l pour le calcium, de 551 mg/l pour le magnésium. Pour les anions leurs moyennes sont de 322 mg/l pour les carbonates, de 293.64 mg/l pour les chlorures, de 382 mg/l pour les sulfates et de 7 mg/l pour les nitrates.

Cette étude a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 24976 individus appartenant à 7 classes d'invertébrés benthiques: Insectes, Crustacés, Arachnides, Oligochètes, Gastéropodes, Bivalves et Nématodes. La classe des Insectes représente le groupe dominant avec 89.97% de l'effectif total représentée par 6 groupes que sont par ordre décroissant d'abondance les Ephéméroptères, les Diptères, les Hétéroptères, les Trichoptères, les Coléoptères et les Odonates.

L'application de l'I.B.G.N. montre globalement une qualité hydro biologique moyenne à médiocre avec des IBGN compris entre 5 et 9.

Mots clés

Macroinvertébrés benthiques, physicochimie, indicateurs biologiques, qualité, distribution spatiale, diversité spécifique, oued El Hammam

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur ARAB A., Maître de conférence à l'U.S.T.H.B. pour l'honneur qu'il m'a fait en acceptant de présider le jury de ce mémoire.

C'est à mon encadreur, Monsieur ASSELAH B., Professeur à l'U.S.T.H.B., que je dois respect et gratitude pour m'avoir guidé afin de mener à bien cette étude. Sa haute compétence, ses remarques pertinentes et ses suggestions ont sans cesse permis l'amélioration de la qualité de ce document.

Je voudrais également exprimer mes vifs remerciements aux membres du jury : Mme KHERBOUCHE O., Mme CHERBI M., Chargée de cours à l'U.S.T.H.B., Monsieur LOUNACI A., Maître de conférence à l'U.M.M.T.O. et Monsieur BOUHADAD A., Professeur à l'U.S.T.H.B. qui ont bien voulu juger ce travail. Qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.


Je tiens à remercier toute l'équipe du laboratoire d'Ecologie Animale, de Neurosciences Comportementale et Cognitive et de zoologie pour leur soutien et leurs conseils.

Nombreuses sont les personnes qui m'ont aidé à franchir les obstacles et les contraintes rencontrées durant la préparation de ce travail, mais je voudrais adresser mes remerciements plus particulièrement à Monsieur ARAB A., Mme KHERBOUCHE O., Monsieur LOUNACI A., et Monsieur MEBARKI M. pour les efforts déployés pour m'aider.

Je tiens à exprimer ma gratitude à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail, que ce soit par une aide sur le terrain ou au laboratoire, par leurs conseils ou leurs encouragements, en particulier BOUZIDI K., HAOUCHINE N. YASRI N., NAHARI Dj., et les chauffeurs de la F.S.B.

Je remercie tout particulièrement Monsieur GUECHAM, Directeur de l'Auberge de Jeunesse de Bou Hanifia (Mascara) pour tous les moyens qu'il a mis à ma disposition pour réaliser les analyses physicochimiques à l'auberge.

Un grand merci à ma famille pour m'avoir soutenue tout au long de cette étude et pour avoir été présente et réconfortante.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, frames the entire page.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Chapitre I	Cadre biogéographique et ses caractéristiques
biologiques	
1.1. Cadre d'étude et données hydrographiques	4
1.1.1. Localisation de la région d'étude.....	4
1.1.2. Topographie et structure géologique	5
1.1.3. Réseau hydrographique : oued El Hammam et ses affluents	6
1.2. Facteurs climatiques de la région étudiée	7
1.2.1. Données climatiques générales	7
1.2.2. Données de température et précipitations	7
1.2.2.1 Données thermiques et des précipitations des deux régions.....	7
1.2.2.2. Synthèse climatique	8
♦ Diagramme Ombrothermique	8
♦ Climagramme d'Emberger	9
1.2.3. Autres facteurs climatiques.....	10
1.2.3.1. Vent.....	10
1.2.3.2. Ensoleillement.....	11
1.2.4. Données hydrographiques et régimes des eaux	12
1.2.4.1. Apports mensuels en eau.....	13
1.2.4.2. Régime des crues.....	13
1.3. Facteurs édaphiques	14
1.3.1. Couverture végétale et ripisylve	14
1.3.2. Cultures végétales.....	15
1.3.3. Activités humaines et perturbation.....	15
1.4. Macrofaune des invertébrés des oueds	17
1.4.1. Données générales sur la faune de oued El Hammam	17
Chapitre II	Matériels et méthodes
2.1. Choix des stations de l'oued El Hammam	18
2.1.1. Localisation des stations étudiées sur oued El Hammam	18
2.1.2. Caractéristiques des oueds	19
2.1.2.1. Constitution lithographique des lits des oueds	19
2.2. Affluents de l'oued El Hammam	19
2.2.1. Oued Ouizert.....	19
2.2.2. Oued Hounet	20
2.2.3. Oued Melghigh	20
2.3. Description des stations étudiées	20
2.3.1. Profondeur et largeur du lit mouillé	20
2.3.2. Vitesse du courant	20
2.3.3. Stations étudiées	21

2.4. Profils topographiques	25
2.5. Etude des propriétés physicochimiques des milieux aquatiques	26
2.5.1. Prélèvement d'eau.....	26
2.5.2. Techniques utilisées.....	26
2.5.2.1. Matières en suspension (MES)	27
2.5.2.2. Dosage des Chlorures	27
2.5.2.3. Dosage des Sulfates.....	27
2.5.2.4. Dosage des Carbonates.....	27
2.5.2.5. Dosage du Calcium et du Magnésium.....	27
2.5.2.6. Dosage des nitrates.....	27
2.5.2.7. Dosage des Phosphores	27
2.6. Etude des biocénoses des différentes stations	28
2.6.1. Conditions de récoltes des macroinvertébrés	28
2.6.2. Evaluation de la qualité de l'eau par les méthodes indicielles	28
2.6.3. Technique de récolte	29
2.6.4. Détermination des échantillons.....	29
2.6.5. Calcul de l'indice biologique I.B.G.N.....	29
2.7. Analyse en Composantes Principales A.C.P.	30

Chapitre III

Résultats et Discussion

3.1. Etude physicochimique de l'eau.....	31
3.1.1. Variation spatiotemporelle de la température de l'eau.....	31
3.1.2. Variation spatiotemporelle de la teneur en oxygène dissous.....	32
3.1.3. Variation spatiotemporelle du pH de l'eau.....	33
3.1.4. Variation spatiotemporelle du potentiel redox.....	34
3.1.5. Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique de l'eau.....	36
3.1.6. Variation spatiotemporelle de la salinité de l'eau	37
3.1.7. Variation spatiotemporelle des Matières en Suspension (MES).....	38
3.1.8. Variation spatiotemporelle des chlorures.....	39
3.1.9. Variation spatiotemporelle des sulfates.....	41
3.1.10. Variation spatiotemporelle des carbonates.....	42
3.1.11. Variation spatiotemporelle de la dureté de l'eau	43
3.1.11.1. Variation spatiotemporelle de la dureté calcique de l'eau.....	43
3.1.11.2. Variation spatiotemporelle de la dureté magnésienne de l'eau.....	44
3.1.12. Etude des sels nutritifs.....	45
3.1.12.1. Variation spatiotemporelle des nitrates.....	45
3.1.12.2. Variation spatiotemporelle du phosphore.....	46
3.2. Qualité physicochimique de l'eau des stations étudiées	47
3.2.1. Critères de qualité de l'eau.....	47
3.2.2. Résultats de % de saturation dans les stations étudiées.....	47
3.3. Analyse en Composantes Principales	48
3.4. Analyse faunistique	50
3.4.1. Analyse globale de la faune	50
3.4.2. Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique.....	51
3.4.2.1. Les Insectes	51
3.4.2.1.1. Les Ephéméroptères	51
3.4.2.1.2. Les Diptères	52
3.4.2.1.3. Les Hétéroptères	52

3.4.2.1.4. Les Trichoptères	53
3.4.2.1.5. Les Coléoptères	53
3.4.2.1.6. Les Odonates.....	57
3.4.2.2. Les Crustacés	57
3.4.2.3. Les Mollusques	57
3.4.2.4. Les Oligochètes	57
3.4.2.5. Les Hydracariens	58
3.4.2. 6. Les Nématodes.....	58
3.5. Etude des peuplements en fonction des paramètres écologiques	61
3.5.1. Etude de la répartition spatiale des Diptères.....	61
3.5.2. Etude de la répartition spatiale des Hétéroptères Naucoridae	62
3.5.3. Etude de la répartition spatiale des Trichoptères Hydropsychidae	62
3.5.4. Etude de la répartition spatiale des Coléoptères.....	63
3.5.5. Etude de la répartition spatiale des Crustacés Gammaridae.....	64
3.5.6. Etude de la répartition spatiale des Mollusques	65
3.6. Etude du peuplement des Ephéméroptères	66
3.6.1. Données faunistiques	66
3.6.1.1. Limites altitudinales.....	68
3.6.1.2. Abondance, fréquence et richesse spécifique.....	69
3.6.2. Facteurs de répartition des Ephéméroptères	71
3.6.3. Autoécologie des espèces	73
3.6.4. Considérations biogéographiques	77
3.6.5. Affinité cénotique entre les espèces.....	78
3.7. Qualité biologique de l'eau de l'oued El Hammam et ses affluents....	79
CONCLUSION	81
Références bibliographiques	84
ANNEXES	

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, framing the entire page.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

De tous temps, l'humanité s'est développée en étroite liaison avec la ressource en eau. L'homme sera toujours l'utilisateur d'eau, il ne peut s'en passer. Mais l'eau n'est plus cette ressource inépuisable dont chacun pensait pouvoir user à sa guise. Elle est désormais un patrimoine de l'humanité à gérer en habitants responsables d'une planète délicatement marquée de bleu au coin de la froide indifférence de l'espace. Son étude s'inscrit par les aspects évolutifs de ses écosystèmes, dans le cadre de chaque oued qui chacun, présente ses caractéristiques propres.

En effet les dernières décennies ont été le théâtre des changements très importants avec l'ère des aménagements, de l'agriculture intensive, de l'industrie lourde et nucléaire ; le terme de pollution s'est alors imposé dans le vocabulaire consacré à l'eau. Les pollutions ont évidemment toujours existé : nées avec l'homme, elles n'ont fait que s'amplifier au fil du temps. Autrefois, elles étaient surtout organiques, mécaniques : extraction de graviers, pompage de l'eau à des fins agricoles, malgré le déficit des stations d'épuration ; l'autoépuration suffisait alors à une récupération de la qualité originelle mais depuis, la concentration des activités humaines et même animales, le déversement des effluents, l'usage abusif des engrais et des pesticides ont rendu ces eaux de plus en plus impropres à la consommation.

Désormais, on a pris conscience de la fragilité et de la valeur de cette ressource naturelle utilisée et souvent gérée jusqu'alors considérée comme un capital illimité. Ce qui oriente la recherche vers une meilleure connaissance et une plus grande compréhension du fonctionnement des écosystèmes aquatiques, complexes et évolutifs dans l'espace et dans le temps. En effet l'écosystème aquatique est, maintenant, considéré comme un espace multidimensionnel : longitudinal, vertical, temporel à travers lequel circulent des flux de différents compartiments interconnectés ; et son étude requiert d'être entreprise en tenant compte de tous les facteurs qui petit à petit transforment le paysage et ses réseaux hydrographiques.

Quand on parle des problèmes de l'environnement aujourd'hui, ce n'est plus pour déplorer la dégradation des milieux naturels, les pollutions multiples (destruction de la couche d'ozone, réchauffement de la planète, les pics de pollutions atmosphériques les rivières et océans devenus des dépotoirs, les déchets radioactifs, les masses de déchets solides), ces activités humaines irréfléchies qui concourent à la disparition des espèces, de la biodiversité, mais pour promouvoir une attitude responsable vis-à-vis de ces questions, en attirant l'attention des autorités, de tout un chacun, sur la nécessité d'agir !!

Notre contribution se présente sous forme d'une étude d'un cours d'eau et des mesures à prendre indispensables à sa sauvegarde.

Dans ces situations, il est de plus en plus fait allusion aux risques écologiques potentiellement encourus qui menacent non seulement les écosystèmes, mais la qualité de vie et la santé des êtres vivants. Depuis quelques années en ciblant ces éléments tels que : substances chimiques, les changements climatiques, les modifications de paysages, on parle de facteurs de stress (RIVIERE, 1998) qui doivent être pris en compte dans l'évaluation des risques écologiques. En effet, tous les organismes ont besoin pour vivre et prospérer qu'un certain nombre de conditions de milieu soient réunies ; le physiologiste allemand LIEBIG (1831) a formulé la loi du minimum selon laquelle, la vie, la croissance d'un individu peut se trouver limitée par l'absence ou l'insuffisance de certains facteurs (facteurs limitants) notamment chimiques en qualité et en quantité. Les facteurs dits abiotiques font référence, pour tous les organismes qu'ils soient aquatiques, terrestres ou aériens, à ces conditions naturelles perturbées, où manque le minimum vital nécessaire pour rétablir les équilibres nécessaires à une vie normale.

Les premières recherches en limnologie datent du XIX^e siècle. Les travaux pionniers ont été réalisés par GAUTHIER (1928) sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie, et VAILLANT (1955) sur la faune macroléontine d'Afrique du Nord.

Durant la période 1980-1998, des études hydrobiologiques ont été lancées par :

GAGNEUR *et al.* (1986) : Les Oligochètes d'Algérie ;
KADDOURI (1986) : Les Coléoptères du Maroc, d'Algérie et de Tunisie ;
LOUNACI (1987), AIT MOULOUD (1988) : La faune des cours d'eau de l'oued Aissi (Kabylie du Djurdjura) ;
MALICKY et LOUNACI (1987) : Les Trichoptères de Tunisie, d'Algérie et du Maroc,
GAGNEUR et CLERGUE GAZEAU (1988) : Les Diptères Simuliidae d'Algérie ;
GAGNEUR et THOMAS (1988) : Les Ephéméroptères d'Algérie ;
ARAB (1989) : Les peuplements aquatiques des oueds Mouzaia et de la Chiffa ;
GAGNEUR et ALIANE (1991) : Les Plécoptères du bassin de la Tafna ;
MOUBAYED *et al.* (1992) : Les Diptères Chironomidae d'Algérie ;
LOUNACI-DAOUDI (1996) : Le réseau hydrographique du Sébaou ;
ZOUAKH (1995) : Les macroinvertébrés de l'oued El Harrach et ses affluents ;
THOMAS (1998) : Les Ephéméroptères d'Algérie, du Maroc et de la Tunisie.

A partir des années 2000, les travaux ont porté sur :

Le bassin de l'oued Sébaou par LOUNACI *et al.* (2000_a) et LOUNACI *et al.* (2000_b) ;
Etude hydrobiologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National de Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni par MEBARKI (2001) ;
Recherches faunistiques et écologiques sur les réseaux hydrographiques du Chélif et du bassin du Mazafran par ARAB (2004) ;
Recherche sur la faunistique, l'écologie et biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de Kabylie par LOUNACI (2005)...etc.

Le projet de recherche envisagé dans le cadre de cette étude comprend deux parties axées pour la première sur les facteurs abiotiques, notamment hydrographiques de l'oued El Hammam ; c'est celle qui est présentée, ici se limitant dans un premier temps aux facteurs climatiques de la région étudiée et aux facteurs physicochimiques du milieu aquatique considéré. La deuxième partie concerne le domaine de la démographie, celui des peuplements de macroinvertébrés dans ces écosystèmes.

Notre problématique s'inscrit dans ces formes d'influences multiples et réciproques entre les activités des collectivités humaines et les écosystèmes aquatiques ; ces milieux reçoivent toutes les sortes de rejets domestiques, agricoles, industriels, plus ou moins toxiques dont les effets nocifs se répercutent sur la vie de la faune des macroinvertébrés de l'oued El Hammam. C'est dans cette rivière de l'ouest algérien et ses affluents, en des sites-stations choisis, que pour répondre à nos objectifs, nous avons procédé sur une bonne partie de l'année à des prélèvements doubles, destinés à l'étude physicochimique du milieu aquatique et à la caractérisation des facteurs démographiques des biocénoses relatives aux invertébrés considérés comme bons indicateurs de la qualité globale de l'eau (Indice Biologique Global Normalisé IBGN).

Les objectifs assignés à cette étude sont multiples :

1. Etudier les facteurs abiotiques notamment hydrographiques de l'oued El Hammam (facteurs géologiques, climatiques et physicochimiques de l'eau) ;
2. Réaliser un inventaire de la faune aquatique en vue de connaître la faune benthique et ses conditions de vie dans son écosystème ;

3. Faire ressortir les relations écosystème– faune (facteurs écologiques de répartition), ainsi que l'étude démographique des peuplements de macroinvertébrés.

4. Montrer les éléments caractéristiques sur le plan biogéographique, qui sont à l'origine de la dégradation.

5. Etudier la qualité biologique du cours d'eau dans l'espace, sur un transect amont – aval de 11 stations prospectées en tenant compte des pollutions diverses rencontrées.

6. Etablir un suivi de l'évolution des peuplements de macroinvertébrés par leur récolte, leur détermination, leur dénombrement en fonction des campagnes de prélèvements.

Les objectifs visés s'avèrent multiples puisqu'en même temps qu'il s'agit d'appréhender les facteurs abiotiques, en particulier les conditions physicochimiques, il y a lieu de tenir compte des altérations des conditions de vie par les diverses pollutions et effluents déversés dans cet oued et ses affluents. La dégradation de la qualité de vie du biotope se répercute, dans le temps, nécessairement sur ses habitants qui en pâtissent sur les plans de leur santé, leur croissance, leur taux de fécondité, de survie et leur potentiel biotique.

L'ensemble de cette étude s'articule autour de trois parties traitant respectivement:

1. La première partie rapporte toutes les données relatives au cadre biogéographique et à ses caractéristiques, à la revue bibliographique des facteurs abiotiques (hydrographiques) et des facteurs démographiques ainsi que sur les activités humaines qui peuvent polluer le milieu aquatique

2. La deuxième partie : Matériel et méthodes est consacrée aux techniques, localisation des stations avec des précisions sur les données hydrographiques, sur le pourquoi de ce choix.

3. La troisième récapitule, les résultats exploités et interprétés dans leur ensemble, limités à l'essentiel, comprenant les résultats des différents facteurs et surtout leurs interactions sur la vie de l'oued El Hammam.

Une conclusion générale reprend les résultats importants, leur validité ainsi que les préoccupations suggérées à titre de perspectives de recherche. Pour l'ensemble de ces aspects, les éléments recueillis fixent l'état de cet oued en 2006-2007 et permettant ainsi d'assurer le suivi de son évolution future.



CHAPITRE I

CADRE BIOGEOGRAPHIQUE ET SES CARACTERISTIQUES BIOLOGIQUES

1.1. Cadre d'étude et données hydrographiques

1.1.1. Localisation de la région d'étude

La région d'étude s'étale sur le périmètre des deux wilayates Mascara et Saida, à l'ouest d'Alger, à environ 360Km (fig.1). La wilaya de Mascara (Mouaskar) est située au Nord Ouest de l'Algérie dominant la fertile plaine de Ghriss. Elle se trouve à une altitude de 568m au dessus du niveau de la mer avec une latitude de 35°36'N et une longitude de 00°18'E et une superficie d'environ 5135km². La ville de Saida, se situe dans l'ouest de l'Algérie. Ses caractéristiques géographiques correspondent à : altitude : 836m, latitude : 34°52'N, longitude : 00°09'E et sa superficie est de 6613 km².

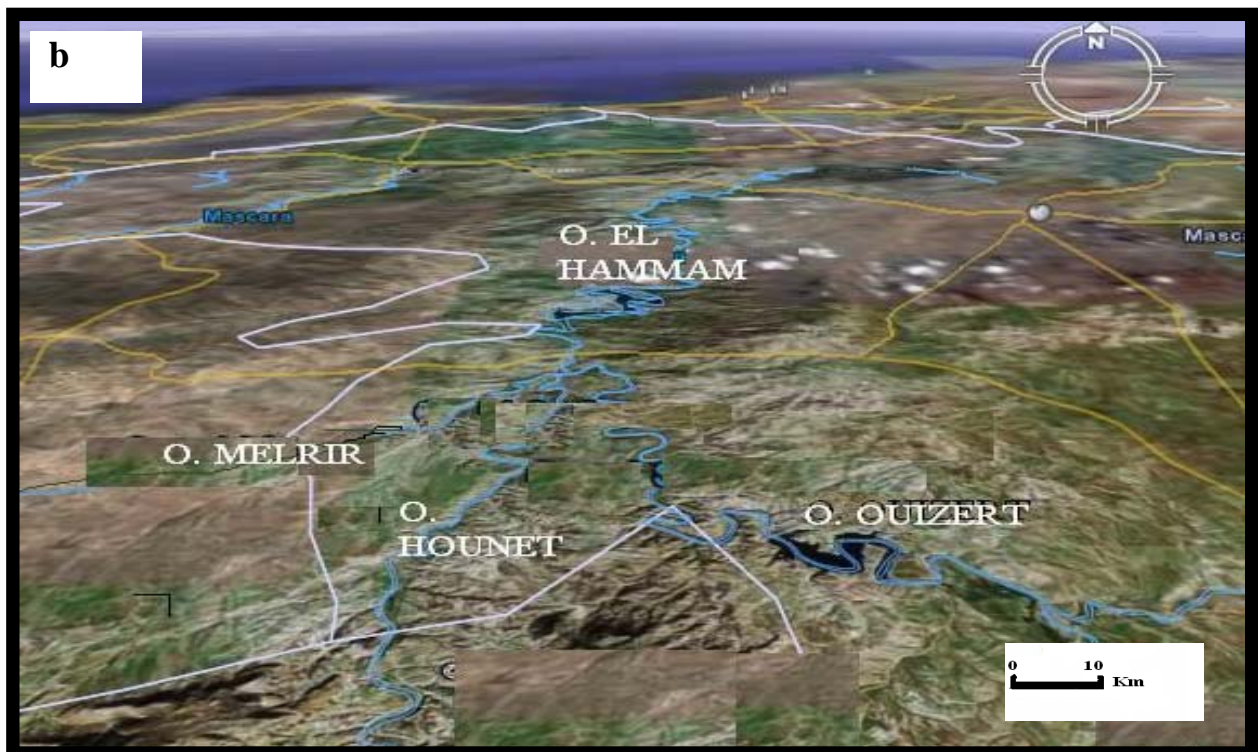
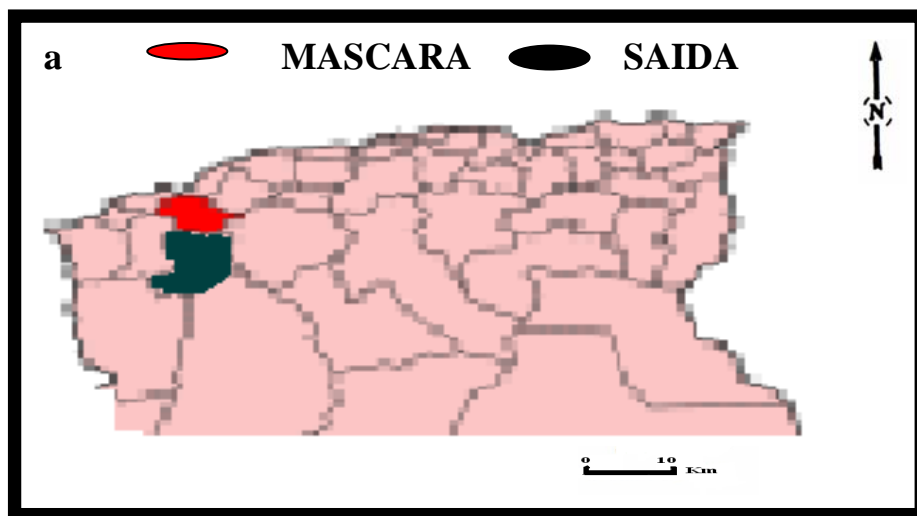


Figure 1 : Situation géographique de la région d'étude en Algérie du Nord (a) et détails du bassin versant de l'oued El Hammam (b).

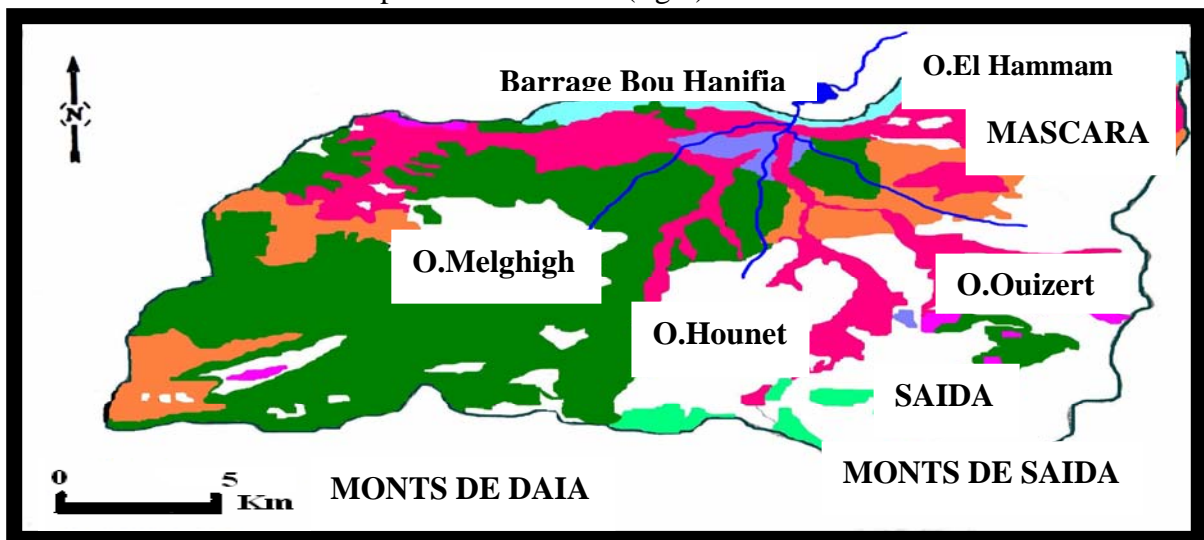
1.1.2. Topographie et structure géologique

Le bassin de l'oued El Hammam est situé dans le versant Nord des hautes plaines Oranaises de 1000 à 1300m d'altitude. Les crêtes montagneuses, s'allongent du sud-ouest au nord-est et dont certaines cotes atteignent 1400m, longe les monts de Saïda à l'est et constituent un véritable seuil naturel de partage des eaux entre les zones septentrionale (bassin étudié) et méridionale (bassin des hauts plateaux oranais).

Une telle forme conditionne favorablement un changement brusque du climat, soit une diminution du gradient pluviométrique de l'ordre de 3 à 1mm du nord au sud de l'Atlas Tellien. Le point culminant est aux environs de Dhaya, à 1457m. A l'exutoire, l'altitude n'est que de 305m, l'altitude moyenne est estimée à 821m. Le réseau hydrographique est développé par la structure géologique de formation calcaire et dolomites fortement karstifiées d'où infiltration favorable et faible écoulement superficiel. Les marnes et les grès recouvrent la partie occidentale sur un vaste socle rigide allant des monts de Tlemcen à ceux de Saïda, marquée de sédimentation néritique (DAKICHE, 1989).

La partie orientale est à dominance calcaréo-dolomitique dont certains aspects témoignent d'une structure de cause à conséquences hydrogéologiques caractérisées. Le même affleurement composé de calcaires et marnes à ammonites recouvrant les schistes siluriens à Tifrit à l'est du bassin. Au centre, une vaste étendue est constituée par les grès du crétacé. Au Sud-Ouest, les calcaires gréseux et marnes dominent avec des faunes néritiques et des calcaires massifs (Turonien) qui subsistent en vastes témoins (DAKICHE, 1989).

Les berges le long des affluents principaux, sont formées de schistes argileux et d'argile facilitant les écoulements rapides et abondants (fig.2).











	Calcaire dolomitique		Pliocène : calcaires lacustres
	Crétacé marin : marnes et calcaires marneux		Quaternaire continental : alluvions, terrasses
	Miocène continental : grès et sable		Miocène terminal : marin et lagunaire
	Eocène marin : trias, schistes, argiles		Miocène marin

Figure 2 : Carte géologique du bassin versant de l'oued El Hammam (DAKICHE, 1989 modifiée).

1.1.3. Réseau hydrographique : oued El Hammam et ses affluents

Le réseau hydrographique de l'oued El Hammam draine le versant nord-ouest de l'Atlas Tellien dans le bassin de la Macta (n°11) d'une superficie de 14509.12 km² avec un périmètre de 1819.33km (fig.3).

Situé dans le versant nord des hautes plaines Oranaises de 1000 à 1300m d'altitude, le bassin de l'oued El Hammam avec trois rivières (oued Hounet, oued Ouizert et oued Melghigh) couvre une superficie de 7550km² (DAKICHE, 1989). En traversant le territoire des Cheragas, oued El Hammam se jette dans les marais de la Macta. Le Sig et oued El Hammam se rencontre à leur sortie des marais et forment ainsi la Macta, qui se jette dans la mer entre Arzew et Mostaganem.

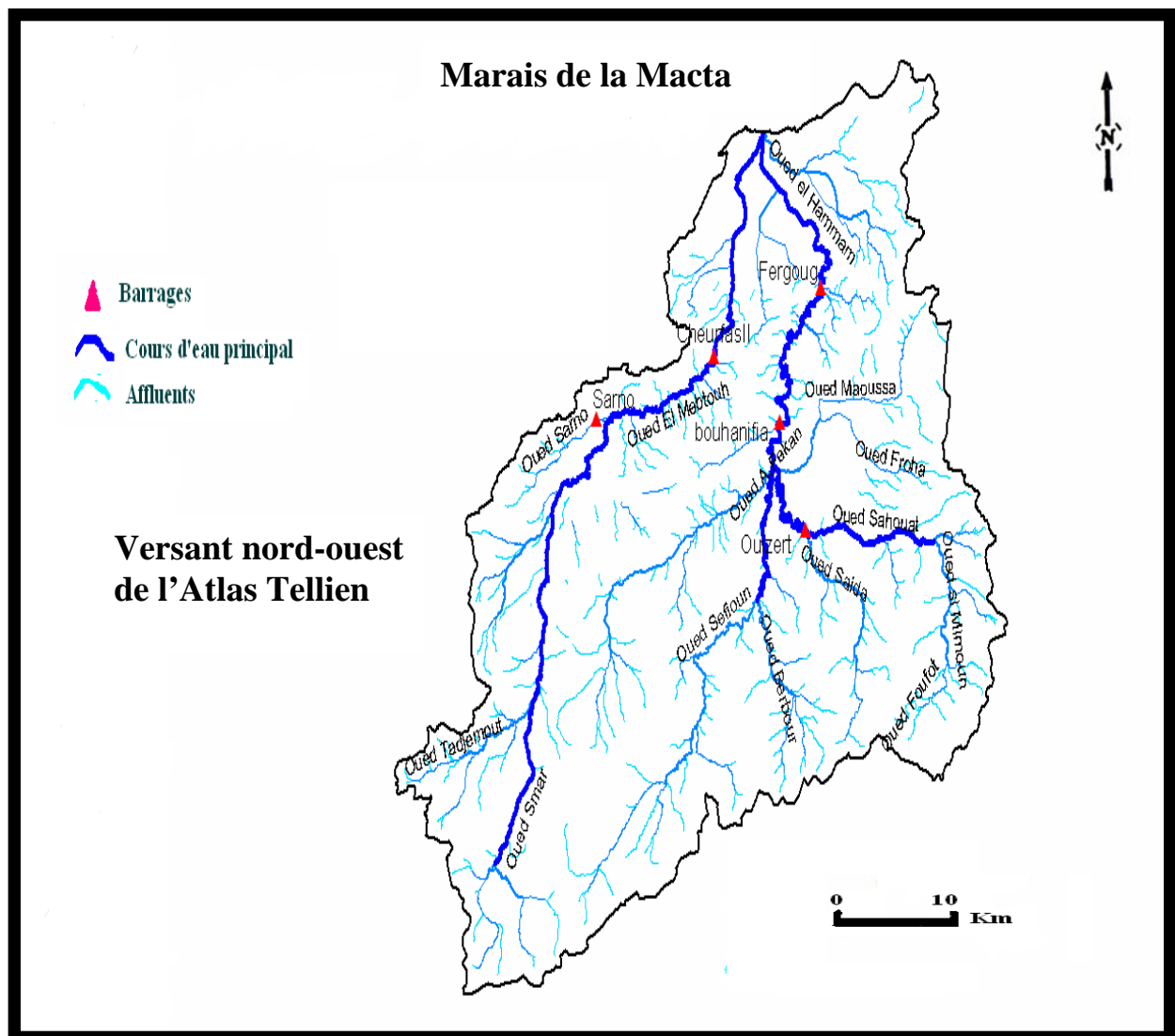


Figure 3 : Bassin versant de la Macta n11 (A.N.R.H., 2007 modifié)

1.2. Facteurs climatiques de la région étudiée

1.2.1. Données climatiques générales

CHAUMONT et PAQUIN (1971) précisent que la pluviométrie en Algérie est sous l'influence de facteurs géographiques : l'altitude, la latitude, la longitude et l'exposition. En effet, la pluviosité augmente avec l'altitude, mais elle est plus élevée sur le versant exposé aux vents humides. Elle augmente d'ouest en est, et diminue au fur et à mesure que l'on s'éloigne du littoral vers le sud (LOUNACI, 2005).

Le climat reste le principal facteur de contrôle de la répartition de la dynamique des écosystèmes, il se manifeste par les échanges d'énergies et les échanges d'eau avec le milieu lacustre (LEVEQUE, 1996).

Le climat du secteur étudié correspond à celui de l'Atlas Tellien ; la température moyenne sur le bassin est d'environ 15.5°C avec les températures extrêmes variant de -9°C à +46°C. La répartition moyenne annuelle montre une croissance régulière et rapide de juillet à novembre, un palier maximum jusqu'à janvier et une décroissance de février à juillet. La moyenne annuelle des précipitations à la station de Bou Hanifia pendant 39 années consécutives est de 421.3mm. L'étude statistique des précipitations journalières, estimées en moyenne sur le bassin de l'oued El Hammam se détaillent en : pluie journalière décennale de 75mm, pluie journalière centennale de 110mm, pluie journalière bimillénaire de 135mm.

Cependant on admet que sur l'ensemble des bassins primaires, les mêmes valeurs présentent une réduction d'environ $\frac{1}{4}$ pour un bassin de l'importance de l'oued El Hammam malgré la simultanéité des précipitations exceptionnelles des pluviométries: pluie journalière décennale de 55mm, pluie journalière centennale de 85mm, pluie journalière bimillénaire de 100mm (A.N.B., 2007).

1.2.2. Données de température et précipitations

1.2.2.1. Données thermiques et des précipitations des deux régions

Les données climatiques telles que la température et la pluviosité s'avèrent être les variables les plus importantes dans leurs actions sur les écosystèmes. Pendant les périodes sèches, le potentiel d'évapotranspiration est plus élevé que le taux de précipitation et par conséquent, il y a diminution du niveau d'eau, alors que pendant les périodes humides, l'effet inverse se produit (BALL *et al.*, 2000).

Afin de mieux caractériser les niveaux climatiques de la région étudiée, nous nous sommes référés aux données météorologiques de la période 1995-2004 aux moyennes mensuelles de la température des précipitations (Tableau 1 et 2). Ces données nous ont été fournies en 2007 par l'Office National de la Météorologie de Dar El Beida (O.N.M.).

Tableau 1 : Moyennes mensuelles des températures (T), des températures maximales annuelles (M) et des températures minimales annuelles ainsi que les précipitations pour la région de Mascara (O.N.M., 1995-2004)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
M (°C)	15,26	16,85	19,8	21,77	25,11	32,36	34,98	48,62	30,12	25,94	18,84	14,84	25,37
m (°C)	3,9	3,27	5,37	6,61	11,05	15,35	17,99	18,61	15,48	13,55	8,46	4,71	10,60
T=M + m / 2 (°C)	9,58	10,06	12,58	14,19	18,06	23,85	26,48	33,66	22,8	19,74	13,65	10,01	17,88
P (mm)	29,8	30,9	23,6	48,1	26,5	3,0	1,6	18,2	16,8	27,5	88,0	46,0	360

Tableau 2: Moyennes mensuelles des températures (T), des températures maximales annuelles (M) et des températures minimales annuelles ainsi que les précipitations pour la région de Saida (O.N.M., 1995-2004)

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyennes annuelles
M (°C)	18,8	16,73	20,12	22,2	26,56	33,73	36,15	34,78	30,65	25,92	18,82	15,71	25,01
m (°C)	3,55	3,3	5,36	6,45	10,37	15,37	18,02	15,17	15,11	11,96	6,93	4,64	9,68
T=M + m / 2 (°C)	11,17	10,01	12,74	14,32	24,55	27,08	24,97	22,88	18,94	12,87	10,17	10,17	16,65
P (mm)	37,7	38,2	33,5	34,6	37,4	13,0	6,0	14,4	22,1	38,0	40,4	40,3	355,6

Pour les deux régions (Mascara et Saida) les périodes de fortes températures et de précipitations sont explicitées par la synthèse climatique.

1.2.2.2. Synthèse climatique

◆ Diagramme Ombrothermique

Le diagramme Ombrothermique de Bagnouls et Gaussen (1953) permet de comparer l'évolution des valeurs des températures et des précipitations le long d'un cycle annuel.

Emberger précise : «un climat météorologiquement méditerranéen, possède la courbe pluviométrique méditerranéenne caractéristique, sans l'être écologiquement ni biologiquement, si la sécheresse estivale n'est pas accentuée».

Une période de l'année est considérée sèche lorsque la pluviosité, exprimée en mm, est inférieure au double de la température, exprimée en °C (DAJOZ, 2000).

Le diagramme Ombrothermique consiste à comparer les rapports entre les précipitations «P» et les températures moyennes mensuelles (M+m)/2) pour chaque mois. La période sèche est définie par celle située entre les deux points d'intersection des courbes thermique et pluviométrique et pour laquelle la courbe thermique se trouve au dessus de la courbe pluviométrique, les deux zones extrêmes du graphe sont les périodes humides. (PEGUY, 1970).

Dans la région d'étude, le diagramme indique que la période sèche s'étale de la fin du mois de mai jusqu'à la moitié du mois d'octobre pour la région de Mascara (fig.4), tandis que pour la région de Saida, elle s'étend de la mi- avril jusqu' à la fin du mois de septembre (fig.5).

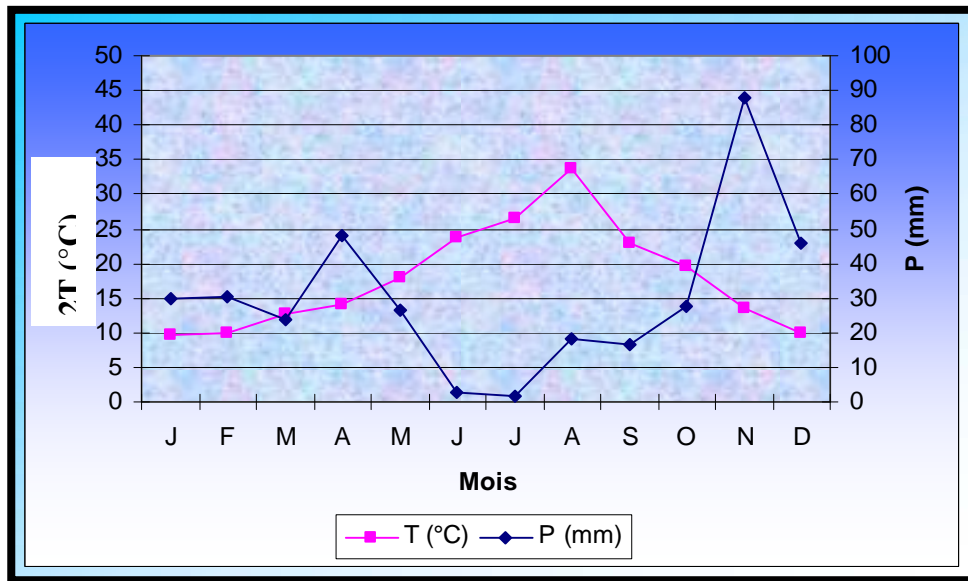


Figure 4: Diagramme Ombrothermique établi pour la région de Mascara pour la période 1995-2004.

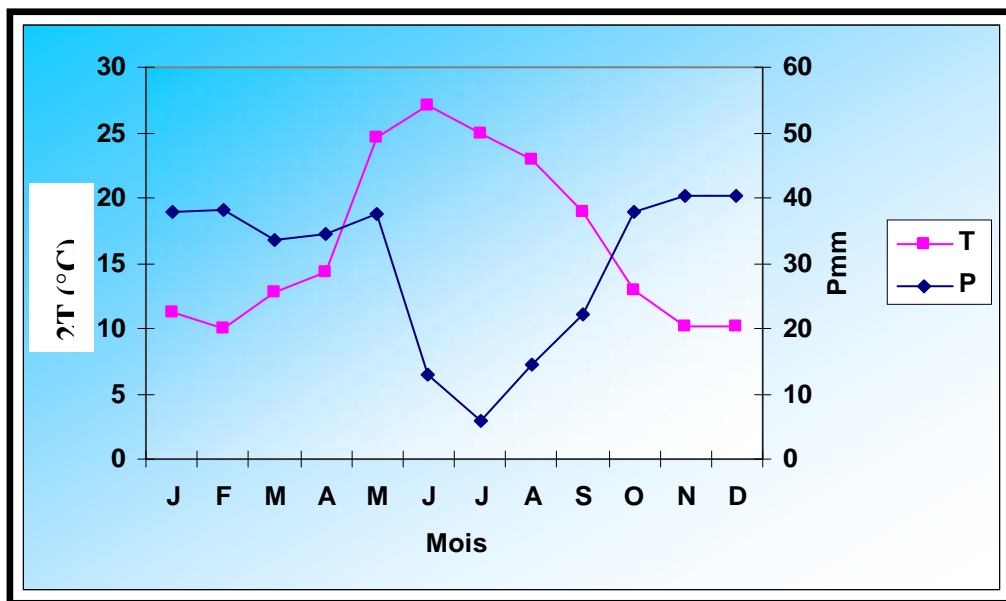


Figure 5: Diagramme Ombrothermique établi pour la région de Saida pour la période 1995-2004

◆ Climagramme d'Emberger

Le quotient pluviométrique d'Emberger est spécifique au climat méditerranéen qui correspond à celui de l'Afrique du nord, dont le Q_2 à été formulé de la façon suivante :

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

Q_2 : quotient pluviométrique d'Emberger ;
 P : moyenne annuelle des précipitations en mm ;

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud en °K;

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

Le Q_2 ainsi que les températures minimales nous permet de localiser nos régions d'étude sur le climagramme d'Emberger (tableau 3).

Tableau 3 : Les valeurs de Q_2 et m

	Mascara	Saida
Q_2	25	36.97
m	3.27	3.3

Rapportant ces valeurs sur le Climagramme, ce dernier montre que Mascara et Saida appartiennent à l'étage bioclimatique aride à hiver tempéré (fig.6).

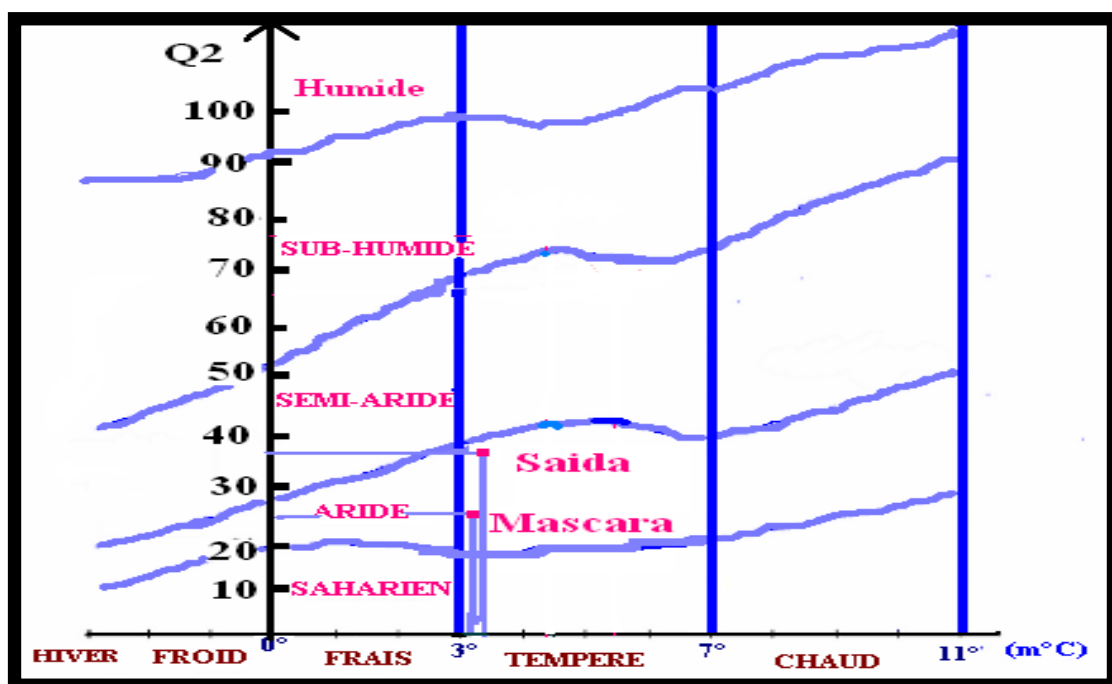


Figure 6: Localisation de Mascara et Saida sur le Climagramme d'Emberger

1.2.3. Autres facteurs climatiques

1.2.3.1. Vent

Le vent est une grandeur vectorielle tridimensionnelle qui peut être caractérisée en coordonnées polaires, elle est généralement exprimée en m/s (GUYOT, 1999). Soumis à des influences locales, le vent selon les fréquences de directions marquées dans le bassin étudié est variable pour des raisons climatiques. Les vents qui dominent la région d'étude sont chargés d'humidité soufflant d'ouest dans la partie septentrionale, alors que dans la partie méridionale sont chauds et secs et de direction sud sous forme de sirocco (DAKICHE, 1989).

Le vent constitue une source d'énergie, influant la répartition de la biocénose le long du cours d'eau comme il a une action directe sur la vitesse d'écoulement.

D'après le tableau 4 et la fig.7 nous constatons qu'il n'y a pas une grande différence de vitesse entre les différentes saisons. Le maximum est enregistré au mois d'Avril pour Mascara et au mois de Janvier pour Saida. Cette différence peut être expliquée par l'exposition géographique des deux régions par rapport au nord : le régime des vents est sous l'influence des hautes pressions sur le Tell, donc prédominance des vents forts à l'ouest en hiver. En été, les conditions orographiques dominent le relief barométrique mois accusé, provoquant une alternance des brises de terre et de mer au nord et des brises de montagne et de vallée au sud du bassin d'où vents variables.

Tableau 4 : Vitesses moyennes des vents (m/s) soufflant dans notre région d'étude et durant la période 1995-2004 (O.N.M., 2007).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Mascara	2.407	1.017	2.174	2.692	2.389	2.492	2.375	2.364	2.317	1.783	2.124	2.307	2.267
Saida	2.96	2.16	2.64	2.85	2.51	2.72	2.39	2.66	2.15	1.96	2.56	2.86	2.53

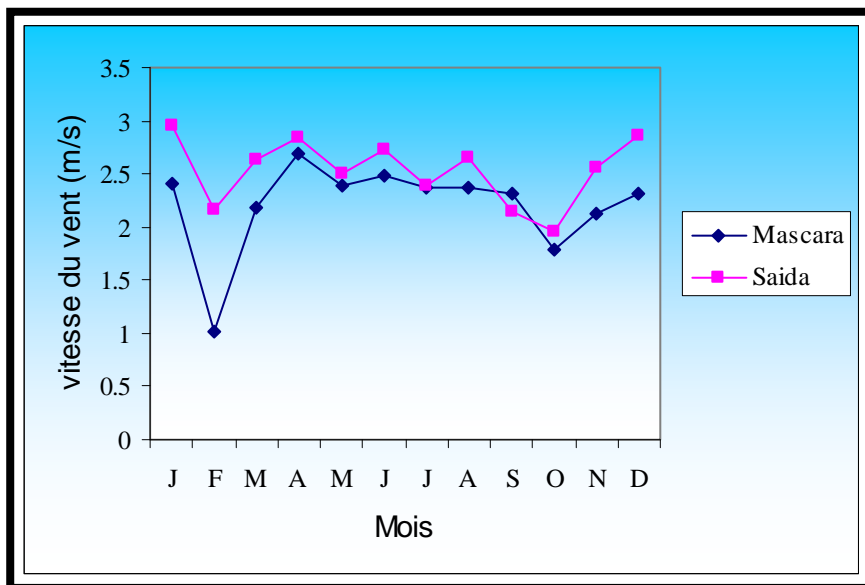


Figure 7 : Evolution mensuelle de la vitesse du vent soufflant sur la région de Mascara et Saida

1.2.3.2. Ensoleillement

La durée moyenne mensuelle de l'ensoleillement la plus élevée pendant la période 1995-2004 s'enregistre du mois de mai au mois d'août avec un maximum au mois de juin qui est de 327.2h pour la région de Mascara et de 338.4h au mois de juillet pour Saida (tableau 5, fig. 8).

Tableau 5: Moyennes mensuelles et annuelles de l'ensoleillement en heures enregistrées dans les régions Mascara et Saida durant la période 1995-2004 (O.N.M., 2007).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Moyenne annuelle
Mascara	185.6	203.4	239.4	266.2	293.2	327.2	309.4	294.7	269.7	234.5	185.6	174.7	248.63
Saida	186.8	208.2	225.68	264.8	288.7	324.5	338.4	298.1	267.7	235.8	192.3	167.2	250.59

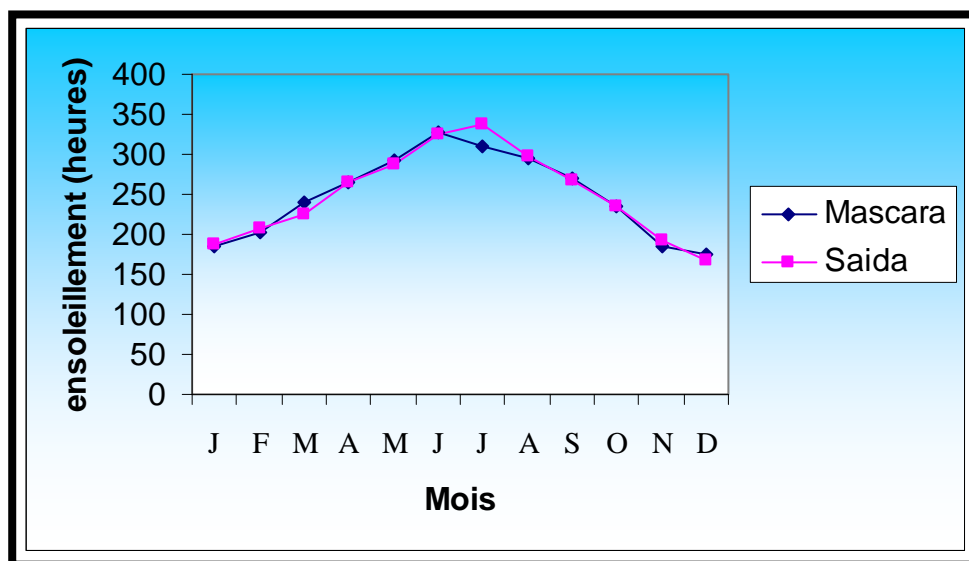


Figure 8 : Ensoleillement mensuel (h) dans la région de Mascara et Saida durant un cycle annuel durant la période de 1995-2004

1.2.4. Données hydrographiques et régimes des eaux

De point de vue hydrologique, les cours d'eau algériens sont de type méditerranéen, très irrégulier : alternance des crues dévastatrices et d'étiages sévères.

Le bassin versant de l'oued El Hammam englobe trois rivières et couvre une superficie de 7500Km² (A.N.R.H., 1969). Le bassin est drainé par trois affluents, dont les bassins élémentaires de l'oued Hounet (2600 Km²); oued Melghigh (1500 Km²) et oued Ouizert (2200 Km²) qui pris dans leur ensemble, convergent en éventail pour former oued El Hammam, ce qui favorise la concentration des crues à la confluence des trois rivières.

Les caractéristiques morpho métriques se résument comme suit (DAKICHE, 1989)
 Superficie du bassin S=7500Km² ; Périmètre du bassin P=385Km.
 Indice de pente globale I =0.6% ; Indice de compacité R=1.25
 Altitude minimale 305m ; Altitude moyenne 820m ; Altitude maximale 1457m.

Deux barrages se trouvent dans le cours d'eau de l'oued El Hammam:

- Barrage Bou Hanifia à 5Km en amont de l'oued El Hammam ;
- Barrage Fergoug situé à l'aval de l'oued dans la ville de Mohammadia

1.2.4.1. Apports mensuels en eau

Les apports de l'oued El Hammam sont connus sur 38 années non consécutives, l'apport annuel moyen sur ces années est de 138.860 millions de m³. L'apport le plus faible est de 71 millions m³ ; en comparaison avec le barrage de GHRIB par exemple où nous trouvons un apport du même ordre de grandeur le débit mesuré le plus faible n'a pas atteint 20 millions de m³. L'oued El Hammam à BOU HANIFIA a un apport sensiblement plus régulier que les autres oueds, les hydrologues l'expliquent par l'existence d'une nappe souterraine dans les calcaires de la région de SAIDA (A.N.B., 2007).

En examinant les apports mensuels pour les années les plus sèches (tableau 6), on arrive à distinguer les apports qui viennent de la nappe de ceux provenant des faibles pluies qui sont tombées ces années là. Sans vouloir prétendre à une précision excessive dans cette distinction on peut estimer ainsi les apports minimums (A.N.B., 2007).

Tableau 6: Tableau des apports mensuels (m³) (A.N.B., 2007)

Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Fev.	Mars	Avr.	Mai.	Juin	Juil.	Août	Total
2.9	3.5	5.0	6.0	6.0	5.0	5.0	4.0	3.5	2.5	2.3	1.7	47.4

1.2.4.2. Régime des crues

Les crues sont des gonflements hydrométriques exceptionnels, débordant ou non, qui affectent, sans périodicité le plus souvent, l'écoulement, il ne faut pas les confondre avec les hautes eaux saisonnières moyennes qui restent dans les limites du lit apparent et ne constituent pas une menace pour les riverains (LOUP, 1974).

Le régime de l'oued El Hammam, se caractérise particulièrement par la violence de ses crues. Ainsi nous donnons l'historique des crues enregistrées dans notre région à fin de montrer l'importance de ce phénomène (A.N.B., 2007).

-26 novembre 1927 : la crue a roulée 6 à 7 fois le débit annuel moyen en trois jours avec une pointe estimée à 2300 m³/s au barrage de FERGOUG. Il s'agit là d'une crue exceptionnelle.

-12 au 17 mai 1948 : la crue a charié 21 millions de m³ pour une pluviométrie moyenne sur l'ensemble du bassin de 69 m/m (coefficient de ruissellement voisin de 4%). Le débit de pointe enregistré au pont des trois rivières, en amont du barrage de BOU HANIFIA, un débit de 1500 m³/s le 13 mai à 14heures.

-6 au 8 octobre 1966 : la crue a charié près de 48.5 millions de m³ en 24h00 (du 6/10/1966 à 8h00 au 7/10/1966 à 8h00) avec un débit de pointe de 1070 m³/s.

Les volets du déversoir n'ayant pas fonctionné, un volet a été arraché par cette crue.

-9au 10 octobre1966 : cette seconde crue a atteint un débit de pointe de 1000 m³/s environ.

Selon une étude faite par A.N.B. (2007), les débits de crues de différentes fréquences sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 7 : Débit moyen journalier (m^3/s), débit de pointe (m^3/s) et apport de crue (hm^3) du cours d'eau de l'oued El Hammam de 10, 100 et 1000ans.

FREQUENCE	DEBIT MOYEN JOURNALIER (m^3/s)	DEBIT DE POINTE (m^3/s)	APPORT DE CRUE (hm^3)
10ans	220		
100ans	1000	3500	86
1000ans	1600	4000	138

Selon LOUP (1974), les crues résultent de grosses averses, de la formation puis de la destruction de barrages, ainsi que de la fonte rapide de la neige ou de la glace. La correction des lits, l'emploi judicieux de barrages et la construction de digues, la protection et l'aménagement des bassins sont les principaux aspects de la lutte contre les crues. Leur mise en œuvre suppose la connaissance préalable de la crue maximum possible.

Dans notre cas, la régulation de l'oued El Hammam est assurée par les barrages :

- Bou Hanifia, à l'amont de l'oued El Hammam ;
- Fergoug, à l'aval de l'oued El Hammam ;
- Ouizert, dans le cours d'eau Ouizert (affluent de l'oued El Hammam).

1.3. Facteurs édaphiques

Ils concernent les caractères du sol, intéressants pour les plantes et animaux terrestres.

1.3.1. Couverture végétale et ripisylve

Sur les rives des cours d'eau, les végétaux constituent une ressource alimentaire pour certaines catégories d'animaux. La végétation protège la rive contre l'érosion et empêche le réchauffement en été, ainsi elle intervient dans la distribution de la faune.

La végétation représente 60% du bassin, elle est formée de forêt dense sur le relief accidenté (forêt des Aoufs) longeant les chaînes de montagnes d'une largeur de 30 à 40Km. La partie aval est dénudée à clairsemée, elle représente la forme des terrains à vocation agricole (céréaliculture) au niveau des plaines de Ghris, de Mascara et de Ain Frass (fig.9).

La ripisylve d'un cours d'eau (ou végétation rivulaire) a de nombreux rôles :

- Protection des berges contre l'érosion,
- Ombrage des eaux (limitant le réchauffement et l'expression de l'eutrophisation),
- Effet tampon, filtre vis à vis des ruissellements agricoles,
- Assimilation des polluants organiques,
- Habitat pour la faune et effet refuge (abris et nourriture pour la faune),
- Effet brise-vent,
- Conservatoire d'espèces végétales,
- Apport de matières organiques et de nutriments,
- Effet corridor,
- Echanges avec l'aquifère (nappe phréatique), régulation des crues,
- Echanges entre le milieu aquatique et le milieu terrestre.

La végétation de la rive est généralement dominée par la stratification arborescente et arbustive, bien développée et dense, (laurier rose) et certaines espèces herbacées.

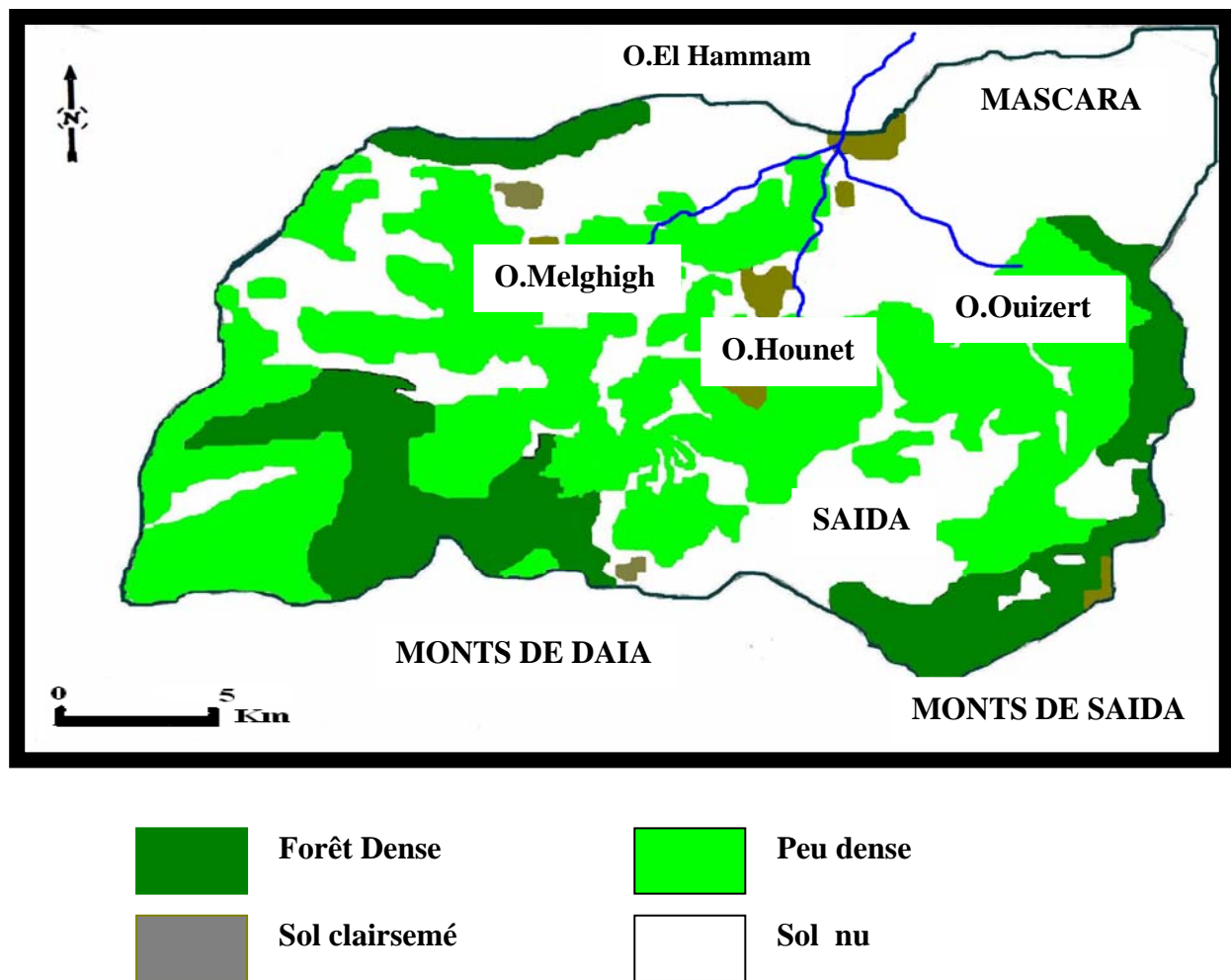


Figure 9 : Carte de végétation du bassin de l'oued El Hammam à trois rivières (DAKICHE, 1989 modifiée)

1.3.2. Cultures végétales

Ils sont représentés par les agrumes, cultures maraîchères (pomme de terre), céréales, grenadiers et figuiers (station Hounet).

1.3.3. Activités humaines et perturbation

Il s'agit d'activités perturbant le sol et par ruissellement le réseau hydrographique. Les écosystèmes aquatiques sont le siège de phénomènes chimiques, physiques et biologiques, et apparaissent comme source limitée et fragile menacée par les atteintes à l'environnement (ASPE et POINT, 1999).

Un cours d'eau est considéré comme étant pollué lorsque la composition ou l'état de ses eaux sont directement ou indirectement modifiés du fait de l'action de l'homme (A.F.N.O.R., 2001).

La pollution des réseaux hydrographiques résulte de l'industrialisation et de l'extension rapide des zones urbaines qui évacuent leurs eaux usées dans le cours d'eau. C'est le cas de l'oued El Hammam qui longe la ville de Bou Hanifia qui représente une des stations thermales importantes (eaux minérales chaudes au niveau du territoire national). L'essentiel du potentiel en infrastructure touristique est consenti au niveau de

cette commune qui enregistre une soixantaine d'hôtels, de différents standings qui englobent plus de 1500 chambres.

En été, les visiteurs attendent la tombée de la nuit pour envahir les rues à la recherche de la fraîcheur nocturne. Certains d'entre eux s'attablent aux abords de l'oued El Hammam. Dans ce cas là en l'absence de tout contrôle, les commerçants et les visiteurs ne respectent ni les conditions d'hygiène, ni les normes minimales liées à leurs activités en rejettent leurs déchets sur la rive et même dans le cours d'eau menaçant sa qualité.

Le réseau hydrographique de l'oued El Hammam est soumis à plusieurs perturbations, la pollution y est essentiellement d'origine agricole, animale (fumier, proximité des fermes, abreuvement du cheptel) ou humaine liée aux rejets domestiques des villages avoisinants:

- les rejets urbains au niveau de l'oued El Hammam (fig.10) ;
- l'évacuation de l'eau de la station thermale (Hammam Bou Hanifia) dans le cours d'eau (oued El Hammam) ;
- l'augmentation des surfaces cultivées a entraîné la multiplication des points de pompages et détournement de l'eau pour l'irrigation (station Hounet et Melghigh) (fig. 11);
- l'exploitation anarchique du sable et du gravier qui entraîne une déstabilisation et une modification de la morphologie du lit qui est le cas de l'oued Ouizert.
- les agricultures et les habitants de la région étudiée pratiquent l'élevage des bovins et des ovins (fig.12), cette activité a une influence sur la qualité des eaux par une contamination fécale. La fréquence des pollutions fécales contribue à l'augmentation de l'effectif des bactéries (DORIOZ et OMBREDANNE, 2005).



Figure 10 : Vue globale des rejets urbains au niveau de l'oued El Hammam



Figure 11: Vue d'un pompage de l'eau au niveau de l'oued Hounet



Figure 12 : Abreuvement des moutons au niveau de l'oued El Hammam

1.4. Macrofaune des invertébrés des oueds

Un écosystème aquatique se définit par les critères abiotiques étudiés précédemment, ainsi que par l'ensemble de tous les organismes de différents maillons de la chaîne trophique (producteurs, consommateurs et décomposeurs), composant la biocénose.

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, 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).

Les macro invertébrés benthiques, acteurs importants dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques, intégrés au fonctionnement global des eaux courantes en tant que maillon de la chaîne alimentaire, sont utilisés aussi comme **indicateur et descripteur biologique**.

1.4.1. Données générales sur la faune de l'oued El Hammam

Durant les campagnes de prélèvements nous avons remarqué la présence de collemboles, formicidés, coccinelles et des crabes, ainsi que la présence de certains Vertébrés aquatiques : Poissons, têtards, grenouilles et tortues d'eau douce.

L'étude envisagée au niveau des peuplements benthiques de l'oued en question, en fonction des qualités de vie des eaux des stations retenues, permettra d'apprécier leur richesse spécifique, de rapporter leur diversité à la qualité biologique de l'eau, et de montrer par ces peuplements ceux qui peuvent être considérés comme des indicateurs d'indices biologiques.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

CHAPITRE II

MATERIELS ET METHODES

Les objectifs énoncés imposent d'étudier à la fois les facteurs hydrographiques, les facteurs démographiques en vue de montrer l'influence des premiers sur une faune caractéristique.

Deux types de mesures différentes, mais complémentaires ont été mises en œuvre :

- **Une démarche physicochimique** consistant à caractériser les perturbations du milieu, par leurs causes, en l'occurrence la présence d'éléments polluants.
- **Une démarche biocénotique** visant à caractériser les perturbations par leurs effets sur les invertébrés vivants au fond de la rivière (larves d'Insectes, Mollusques, Crustacés...). C'est aussi une démarche plus globale qui traduit à la fois les caractéristiques de l'eau et du substrat. Ce suivi a été basé sur les invertébrés benthiques dans la mesure où ils constituent de bons indicateurs de la qualité globale de l'écosystème aquatique.

2.1. Choix des stations de l'oued El Hammam

2.1.1. Localisation des stations étudiées sur oued El Hammam

Pour étudier les facteurs hydrographiques nous avons eu recours : au choix de stations le long de l'oued El Hammam et sur ses affluents ; ce choix est dicté par leur position sur le cours de l'oued, par leur proximité des lieux d'habitats (zones de perturbations par les apports polluants divers), par leur situation vis-à-vis de barrages édifiés sur le cours d'eau oued El Hammam.

La figure 13 donne les situations précises des 11 stations étudiées comme suivant :

Oued El Hammam: 4 stations: HAC, AEK, HAV et HAM;

Oued Ouizert: 3 stations: SBM, ASS et WRT;

Oued Hounet: 2 stations: HON et HAL;

Oued Melghigh: 1 station: MGG;

Et à la confluence des 3 oueds Ouizert, Hounet et Melghigh 1 station : PCF.

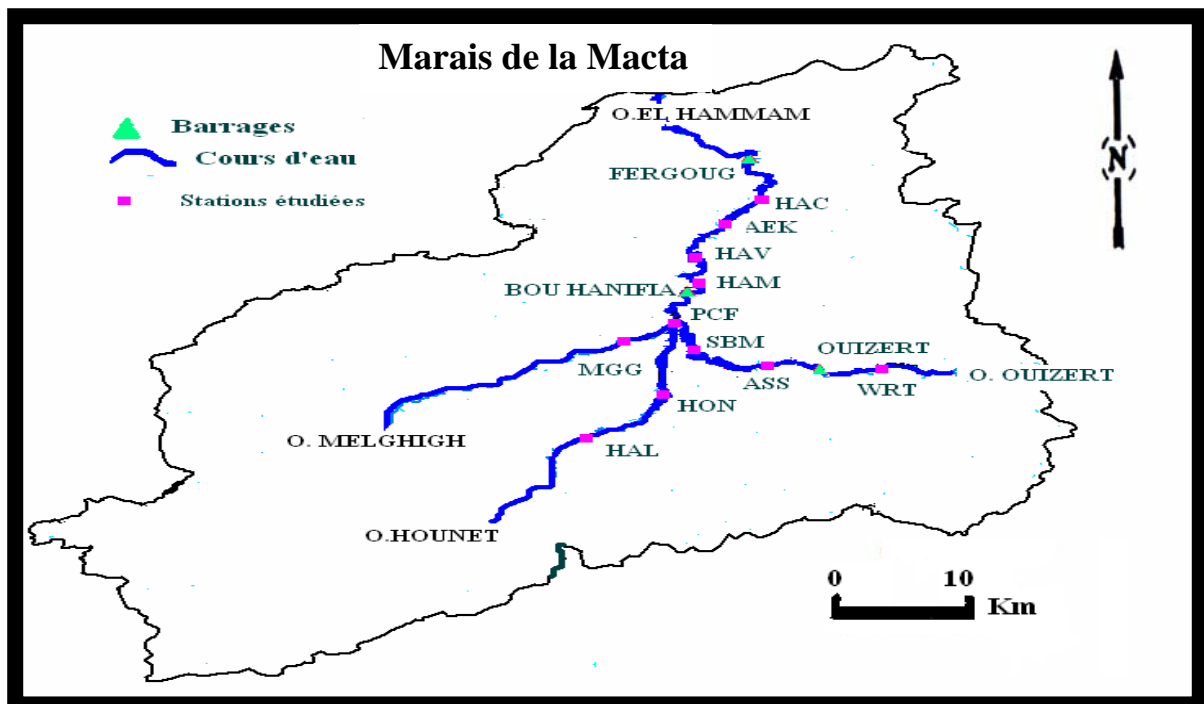


Figure 13 : Localisation des stations étudiées sur oued El Hammam et ses affluents

2.1.2. Caractéristiques des oueds

Les rejets dans les milieux naturels sont caractérisés par les effluents de différents éléments chimiques qu'ils apportent; ces rejets ont des conséquences sur le fonctionnement écologique de ces milieux, et dans le cadre d'une première approximation, on peut caractériser un écosystème aquatique sur la base de mesure de grandeurs physicochimiques. Certaines de ces grandeurs doivent être impérativement mesurées sur place, d'autre, en revanche, ne peuvent être réalisées qu'au laboratoire.

Les paramètres physicochimiques fournissent des renseignements indispensables sur la qualité de l'eau, la nature et la concentration des polluants.

Onze stations ont été échantillonnées mensuellement (de septembre 2006 à février 2007) et ont fait l'objet de notre étude (fig.13). Certaines d'entre elles présentent un écoulement permanent, d'autres subissent un assèchement plus ou moins long ou bien elles sont inaccessibles (vase ou profondeur élevée).

Parmi nos stations :

- 4 stations se localisent sur le cours d'eau principal de oued El Hammam ;
 - 6 stations se localisent sur les affluents de l'oued dont:
 - . 3stations au niveau de l'oued Ouizert (W.Mascara);
 - . 2stations au niveau de l'oued Hounet (W. Saida);
 - . 1station au niveau de l'oued Melghigh (W.Mascara).
- et une dernière station au point de confluence des trois affluents.

2.1.3. Constitution lithographique des lits des oueds

Chaque animal lutte contre le courant soit en se cramponnant au substrat, soit en s'enterrant dans celui-ci : dans les deux cas il en dépend étroitement. La structure du substrat détermine l'abondance de la nourriture (distribution de la végétation, des détritiques organiques) et donc la distribution des espèces. La densité et la richesse des populations benthiques augmentent avec la taille des particules.

Le substrat, constitue donc le support vital des macroinvertébrés. Par sa composition, il façonne une partie majeure de l'habitat des espèces aquatiques. Ce support peut être scinder en deux grands types : le substrat minéral et le substrat végétal.

◆ **Substrat minéral** : joue un rôle important dans la distinction des habitats est lié à sa texture :

- galets, graviers, sable, limons ;
- roche, dalles, pierres, blocs.

Cette distinction des différents types est estimée par observation directe à l'échelle de chaque station.

◆ **Substrat végétal** : joue le rôle à la fois comme support ou abris et ressource trophique.

2.2. Affluents de l'oued El Hammam

2.2.1. Oued Ouizert: Il est situé sur le versant oriental du bassin de l'oued El Hammam., le long du cours d'eau on trouve la retenue de Ouizert qui a été mise en eau en 1986.

Les caractéristiques physiques de cet oued sont les suivantes (DAKICHE, 1989) :

Superficie du bassin $S=2200\text{Km}^2$
Périmètre du bassin $P=233\text{m}$
Indice de pente globale $I=0.7\%$
Indice de compacité $R=1.39$
Altitude minimale 325m
Altitude moyenne 805m
Altitude maximale 1350m
Longueur maximale de l'oued 122Km
Apport moyen annuel 70Hm^3

Cet apport est régularisé par la retenue de Ouizert.

2.2.2. Oued Hounet: Il représente l'affluent principal de l'oued El Hammam :

Superficie du bassin $S=2600\text{Km}^2$
Indice de pente globale $I=0.5\%$
Altitude moyenne 480m
Longueur de l'oued 150Km.

Cet affluent se caractérise par un écoulement pérenne qui est faible en été et violent en période de crues.

2.2.3. Oued Melghigh: s'étant entre les deux wilayates Sidi Belabbes et Mascara et coule de l'ouest à l'est en traversant la plaine de Ain Frass. Une station est retenue dans ce cours d'eau :

Superficie du bassin $S=1500\text{Km}^2$
Indice de pente globale $I=0.6\%$
Altitude moyenne 310m.

A la confluence des trois oueds cités précédemment, oued El Hammam prend sa naissance. A ce niveau une station est retenue (point de confluence) connu chez les gens de la région sous le nom de trois rivières.

2.3. Description des stations étudiées

En coupe transversale (transect) l'oued montre que dans l'écosystème aquatique, coexistent eau courante et eau stagnante de sorte que dans ces biotopes vont coexister et cohabiter des espèces d'eau stagnante, où le courant est faible ou nul, et des espèces d'eau courante à plus ou moins grande vitesse. Ces à ces divers titres que les informations sur le lit de l'oued, la vitesse du courant sont indicatrices des biotopes et des espèces aquatiques.

2.3.1. Profondeur et largeur du lit mouillé :

Ces deux paramètres fournissent une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée.

Les profondeurs moyennes de nos stations varient entre 30cm et 50cm. Ce ci est dû, en grande partie, au choix des stations dans des zones peu profondes pour que le fond soit facilement accessible à l'aide du filet surber.

La largeur des sections en eau, donne une bonne idée des disponibilités en eau, elle varie selon les mois de prélèvements entre 3m et 25m.

2.3.2. Vitesse du courant

Cette composante du milieu, bien connue pour son action sélective sur les peuplements, sera quantifiée par sa valeur moyenne au niveau d'une station (DAKKI, 1986). En raison des difficultés de sa mesure, la vitesse du courant est estimée par sa valeur moyenne dans chaque station. Les mesures sont effectuées à l'aide d'un flotteur lâché en surface du cours d'eau sur une distance de 10m, le temps est mesuré par un chronomètre.

Les résultats obtenus (tableau 8) sont classés selon l'échelle de Berg (tableau 9) (DECAMPS, 1971).

Tableau 8 : Vitesses moyennes mesurées dans les stations étudiées (cm/s).

Stations	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG
Vitesses	rapide	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne	rapide	moyenne	moyenne	moyenne	moyenne

Tableau 9: Echelle de Berg

Vitesse (cm/s)	Classe
<10	très lente
10-25	lente
25-50	moyenne
50-100	rapide
100	très rapide

Les débits exercent une influence sur la vie dans les cours d'eau par leurs variations saisonnières, le transport de matériaux, l'action sur le degré de stabilité du fond. Celui-ci reflète en fait la rapidité du courant. Ce dernier, par son régime et sa vitesse est le principal facteur agissant sur les communautés benthiques. Il empêche les transformations cycliques de la matière et exerce une action eutrophisante par un renouvellement constant du milieu en oxygène et en substances nutritives.

2.3.3. Stations étudiées

Le choix des stations est basé principalement sur certains paramètres notamment : l'altitude, la pente, la biodiversité des habitats ainsi que l'agglomération pour estimer la pollution anthropique.

Les stations portent le nom de l'oued sur le quel elles se trouvent ou bien la localité la plus proche. Pour chacune d'elles nous précisons les caractéristiques suivantes :

- . Coordonnées géographiques ;
- . Pente (%);
- . Section mouillée (m) ;
- . Profondeur moyenne de la lame d'eau (cm);
- . Vitesse du courant suivant l'échelle de Berg (cm/s) ;
- . Nature du substrat et la végétation ;
- . Influences humaines lorsqu'elles existent.

2.3.3.1. Hacine « HAC » : se situe dans le village dénommé

Hacine à 36 Km au nord de Bou Hanifia (fig.14)

- .Latitude 35°27'38.44''N
- .Longitude 0°00'41.81''O
- .Altitude 130m ;
- .Pente : 0.1;
- .Section mouillée : 10m
- .Profondeur moyenne : de quelques cm à 30 cm ;
- .Vitesse du courant : rapide ;
- .Nature du substrat:sable et cailloux ;
- .Végétation : arbres, arbustes ;
- .Observation : Déversement d'égout directement dans l'oued au niveau de Hacine.



Figure 14 : Vue globale de la station HAC

2.3.3.2. Emir Abd El Kader « AEK » : se trouve à la ville El Kaitana à environ 13 km en amont de HAC (fig.15).

- .Latitude 35°24'59.18''N;
- .Longitude 0°03'22.64''O;
- .Altitude 210m ;
- .Pente : 0.2 ;
- .Section mouillée 15m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: moyenne ;
- .Nature du substrat : cailloux et limons ;
- .La végétation ; arbres, arbustes bordant les berges.



Figure 15 : Vue globale de la station AEK

2.3.3.3. Hammam aval « HAV » : se situe à l'entrée de la ville de Bou Hanifia, d'une distance de l'ordre de 20 km en amont de la station AEK en face d'une cité où les rejets urbains sont bien marqués (fig.16).

- .Latitude 35°19'7.82''N;
- .Longitude 0°03'8.71''N;
- .Altitude 230 m ;
- .Pente : 0,3 ;
- .Section mouillée : 14m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: moyenne ;
- .Nature du substrat : sable, blocs et pierres ;
- .Végétation : arbustes ;
- .Observation : Déversement d'égout du village de Bou Hanifia (exactement des conduits d'égout)



Figure16 : Vue globale de la station HAV

2.3.3.4. Hammam amont « HAM » : se localise à la sortie

de la ville de Bou Hanifia après le Hammam de Bou Hanifia à environ 12.5 km en aval de PCF (fig.17).

- .Latitude 35°18'42.36''N;
- .Longitude 0°02'59.92''O ;
- .Altitude 240m ;
- .Pente : 0.5 ;
- .Section mouillée : 23m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: moyenne ;
- .Nature du substrat : rochers, pierres, galets, roche et sable ;
- .Végétation : arbustes ;
- .Observation : végétation dense sur les deux rives.



Figure 17 : Vue globale de la station HAM

2.3.3.5. Hounet « HON » : se situe à l'aval de l'oued

Hounet où la végétation est abondante sur la rive (fig.18).

- .Latitude 35°06'21.34''N;
- .Longitude 0°07'4.63''O;
- .Altitude 450m ;
- .Pente : 0.4 ;
- .Section mouillée : 14m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: moyenne ;
- .Nature du substrat : limon et roche ;
- .Végétation : arbres, arbustes et herbe;
- .Observation : pompage de l'eau.



Figure 18 : Vue globale de la station HON

2.3.3.6. Harmel « HAL » : Elle est située à l'amont de l'oued Hounet (fig.19) à environ 13 km de la station HON

- .Latitude 35°02'4.43''N;
- .Longitude 0°05'58.61''O;
- .Altitude 510m ;
- .Pente : 0.6 ;
- .Section mouillée : 12m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant : moyenne ;
- .Nature du substrat : limon et roche ;
- .Végétation : arbustes.



Figure19 : Vue globale de la station HAL

2.3.3.7. Ouizert « WRT » : Elle se localise à l'amont

de l'oued Ouizert (fig.20) d'une distance de l'ordre de 6 km en amont de ASS, à coté du village Sidi Boubekeur.

- .Latitude 35°06'52.55''N ;
- .Longitude 0°00'5.61''O ;
- .Altitude 440m ;
- .Pente : 1.7;
- .Section mouillée : 20m ;
- .Profondeur moyenne 30cm ;
- .Vitesse du courant: rapide ;
- .Nature du substrat : sable et pierres ;
- .Végétation : arbres et arbustes;
- .Observations : D'importants prélèvements de sable sont effectués tout au long de la rive de cette station lors de cinquième prélèvement (janvier).



Figure20: Vue globale de la station WRT

2.3.3.8. Ain Sidi Slimène « ASS » : Elle est située à l'aval du barrage Ouizert, à coté d'une source (fig.21) à environ 8.5 km en amont de SBM.

- .Latitude 35°02'4.43''N
- .Longitude 0°05'58.61''O
- .Altitude : 410m ;
- .Pente : 0.5 ;
- .Section mouillée : 13m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: rapide
- .Nature du substrat : limons, cailloux et sable ;
- .Végétation : arbres, arbustes et herbe;



Figure 21: Vue globale de la station ASS

2.3.3.9. Sidi Brahim « SBM » : Elle se trouve dans la commune de Ain Fekan, à l'aval de l'oued Ouizert (fig.22) à 14 km de PCF.

- .Latitude 35°12'37.33''N;
- .Longitude 0°04'32.01''O;
- .Altitude 320m ;
- .Pente : 0.3 ;
- .Section mouillée : 10m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant: rapide
- .Nature du substrat : pierres, blocs et limon ;
- .Végétation : arbres, arbustes et herbe.



Figure 22: Vue globale de la station SBM

2.3.3.10. Point de confluence « PCF » : Elle se localise à la confluence des trois oueds qui forment oued El Hammam (fig.23). Elle est située à environ de 6 km en amont de barrage Bou Hanifia.

- .Latitude 35°12'48.80''N;
- .Longitude 0°05'23.18''O;
- .Altitude 305m ;
- .Pente: 0.8 ;
- .Section mouillée : 13m ;
- .Profondeur moyenne : 30cm ;
- .Vitesse du courant : rapide
- .Nature du substrat : blocs, galets, roche et sable ;
- .Végétation : arbres et arbustes.



Figure 23: Vue globale de la station PCF

2.3.3.11. Melghigh « MGG » : située sur le cours d'eau de l'oued Melghigh (fig.24) à 4.5 km en amont de la station PCF.

- .Latitude 35°12'41.38''N;
 - .Longitude 0°05'40.86''O;
 - .Altitude 310m ;
 - .Pente : 0.6 ;
 - .Section mouillée : 3m ;
 - .Profondeur moyenne : 30cm ;
 - .Vitesse du courant: rapide
 - .Nature du substrat : limon ;
 - .Végétation : arbres et arbustes;
 - .Observation : pompage de l'eau.
- A cause de l'inaccessibilité à cette station, nous avons réalisé que 3 prélèvements.



Fig.24 : Vue globale la station MGG

2.4. Profils topographiques

Nous avons établi les profils topographiques pour chaque cours d'eau (fig.25) : la position des stations y est mentionnée. Ces profils sont décrits à l'aide de trois paramètres : l'altitude, la distance entre les stations et la pente. (Tableau 10)

Tableau 10 : Altitude et pente moyenne des stations étudiées

station	MGG	HAL	HON	WRT	ASS	SBM	PCF	HAM	HAV	AEK	HAC
Altitude	310	510	450	440	410	320	305	240	230	210	130
Pente moyenne	0.6	0.6	0.4	1.7	0.5	0.3	0.8	0.5	0.3	0.2	0.1

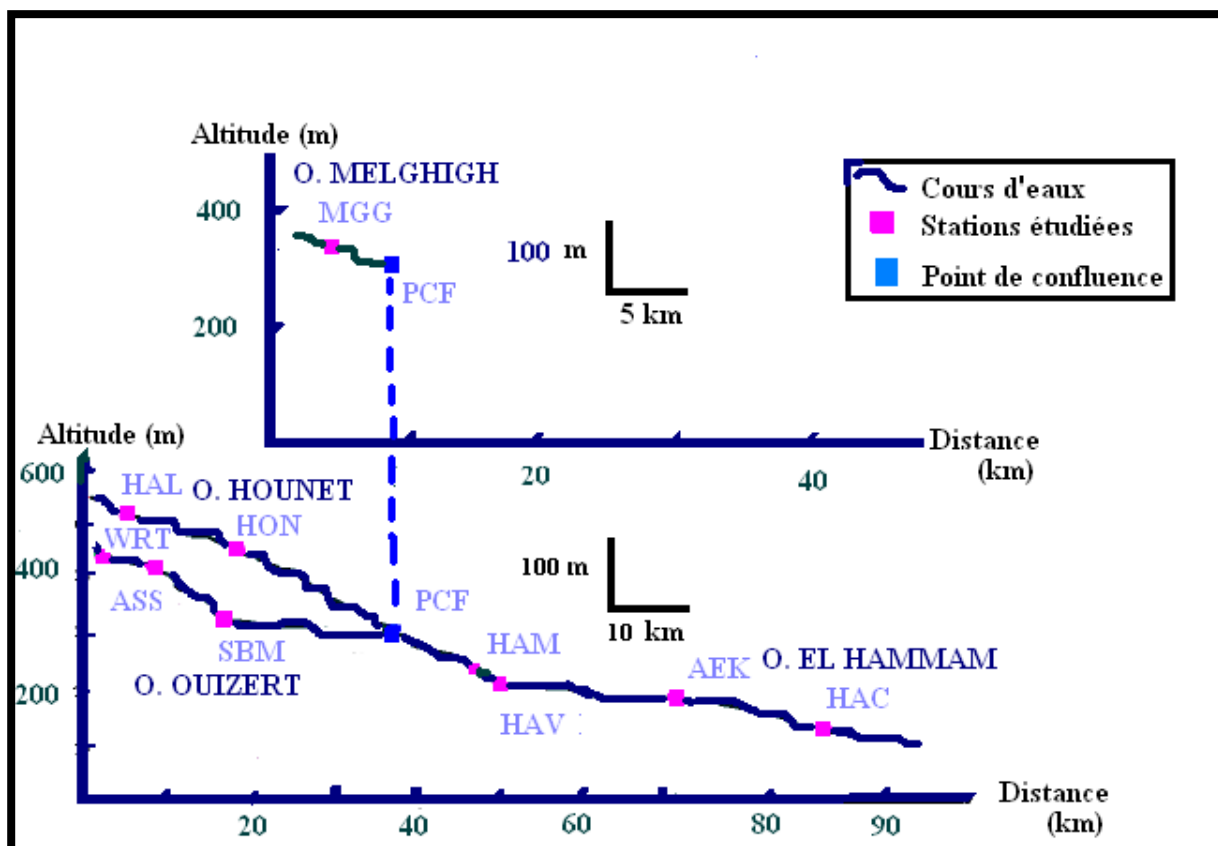


Figure 25: Profils topographiques de l'oued El Hammam et ses affluents

2.5. Etude des propriétés physicochimiques des milieux aquatiques

2.5.1. Prélèvement d'eau

Afin d'atteindre les objectifs fixés à cette étude, six campagnes de mesures physico-chimiques ont été réalisées (de septembre 2006 jusqu'à février 2007) qui suivent les saisons soit trois en septembre, octobre, novembre 2006 et trois en décembre 2006, janvier, février 2007.

Les prélèvements d'eau en vue des analyses physicochimiques ont été conservés dans un flacon stérile d'un litre en poly éthylène. Après avoir été identifié (date, heure et station de prélèvement) les échantillons ont été placés dans des glacières pour éviter leur échauffement et bloquer les processus bactériens.

2.5.2. Techniques utilisées

Les paramètres les plus courants sont: la température de l'eau, de l'air, la conductivité, la salinité, pH, la vitesse du courant, les matières en suspension, la teneur en différentes formes d'azotes (nitrates et nitrites), la teneur en phosphore, les sulfates, les carbonates, le calcium et le magnésium.

:

Les facteurs physicochimiques ont été étudiés en deux étapes :

-La première se faisait sur le terrain, qui donne des mesures directes de: la température (air et eau), l'oxygène dissous (mg/l) et son pourcentage de saturation (%), le pH et le potentiel redox, la conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) et la salinité (‰).

-La deuxième s'est effectuée au laboratoire et traite surtout la chimie des eaux: matières en suspension (MES), dureté (Calcium et Magnésium), carbonates, chlorures ainsi que les teneurs en éléments liés à la pollution organique tels que les sulfates, les nitrates et les phosphates. Ces derniers sont parmi les facteurs déterminants de la répartition de la zoocénose.

Sur le terrain, en analyse immergente, l'appareil multi analyseur (modèle WTW) est fréquent utilisé au niveau des stations pour mesurer les paramètres physiques de l'eau.

Les analyses chimiques faites en différé, au laboratoire par les méthodes (données en annexe 1) mises au point par RODIER (1996), consistent en :

2.5.2.1. Matières en Suspension (MES)

La détermination des matières en suspension dans l'eau a été effectuée par la méthode de filtration

2.5.2.2. Dosage des Chlorures : Méthode de Charpenter-Volhard

Les chlorures d'un volume connu d'eau sont précipités en présence d'acide nitrique par un excès de nitrate d'argent titré. L'excès de sel argentique est déterminé par une solution titrée de thiocyanate d'ammonium en présence d'alun de fer.

2.5.2.3. Dosage des Sulfates : Méthode gravimétrique

Les ions SO_4^{2-} sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

2.5.2.4. Dosage des Carbonates : Méthode de titration

2.5.2.5. Dosage du Calcium et du Magnésium : méthode de titrage molaire

Les alcalinoterreux présents dans l'eau sont amenés à former un complexe de type chélate par le sel disodique de l'acide éthylène diamine tétracétique. La disparition des dernières traces d'éléments libres à doser est décelée par le virage d'un indicateur spécifique, le noir ériochrome (magnésium) et le murexide (calcium).

2.5.2.6. Dosage des nitrates : Méthode spectrophotométrie

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune et susceptible d'un dosage spectrophotométrie.

2.5.2.7. Dosage des Phosphores : Méthode spectrophotométrie

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Certaines formes organiques pouvant être hydrolysées au cours de l'établissement de la coloration et donner des ortho phosphates, le développement de la coloration est accélérée par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

2.6. Etude des biocénoses des différentes stations

2.6.1. Conditions de récoltes des macroinvertébrés

Les cours d'eau peuvent être considérés comme de mosaïque de micro habitats, caractérisés par des conditions environnementales différentes (TOWNSEND, 1989 ; TOWNSEND et HILDREW, 1994) *in* LOUNACI (2005).

Dans cette perspective, nous avons choisi une unité de base pour notre étude qui est la station. Elle représente un tronçon du cours d'eau d'une longueur moyenne de 50m où les conditions écologiques sont plus ou moins homogènes.

Le choix de la technique d'échantillonnage est guidé par les caractéristiques physiques du milieu (profondeur, vitesse du courant) et la strate de vie étudiée. Les prélèvements de macro invertébrés benthiques sur les 11 stations préalablement choisies ont été effectués selon le protocole d'échantillonnage du guide technique Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N.) : pour chaque station, l'échantillonnage est constitué de 8 prélèvements de 1/10m² effectués en 8 microhabitats distincts, définis selon un couple substrat/vitesse d'écoulement afin de permettre une vision globale de la diversité des habitats.

2.6.2. Evaluation de la qualité de l'eau par les méthodes indicielles

2.6.2.1. Historique

La nature et l'organisation des macroinvertébrés benthiques dans un écosystème aquatique reflètent les caractéristiques de leur habitat, en particulier sa qualité. C'est sur ce principe que repose le diagnostic de milieu en utilisant les méthodes indicielles.

Les quatre principaux indices utilisant les macroinvertébrés sont, par ordre chronologique de mise au point et d'utilisation en France :

- IB : Indice Biotique de TUFFERY et VERNEAUX en 1967 ;
- IQBG : Indice de Qualité Biologique Global (VERNEAUX et *al.*, 1976);
- IBG : Indice Biologique Global (VERNEAUX et *coll.*, 1982) ;
- IBGN : Indice Biologique Global Normalisé (A.F.N.O.R., 1992).

Pour évaluer la qualité de l'eau de l'oued El Hammam et ses affluents, nous avons retenu la méthode I.B.G.N. qui présente plusieurs avantages :

- Prise en considération de tous les groupes faunistiques (Insectes, Crustacés, Mollusques...),
- Limite de détermination : l'unité taxonomique est la famille à l'exception de quelques groupes pour les quels c'est l'embranchement ou la classe qui est retenu,
- Facilité d'emploi et d'exploitation des résultats..etc.

2.6.2.2. Protocole I.B.G.N.

Principe général :

L'Indice Biologique Global Normalisé fournit une estimation qualitative du milieu dans son ensemble, en utilisant la faune macroinvertébré en tant que compartiment

intégrateur du milieu. Cette méthode est normalisée, ce qui signifie qu'elle est appliquée de manière uniforme (A.F.N.O.R., 2004), pour les eaux douces des cours d'eau de France. Ce qui suppose que l'I.B.G.N. conduit à la formalisation d'indices à titre expérimental.

L'information fournie est donc synthétique : elle intègre l'influence de la qualité physicochimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau, et détecte toutes les influences, quelles qu'elles soient. Les peuplements de macro invertébrés sont identifiés et fournissent des indications sur la qualité du milieu par la présence ou l'absence de groupes faunistiques indicateurs. Ceux-ci ont été choisis en fonction de leur sensibilité aux pollutions, aussi bien organiques ou artificielles du milieu (GENIN *et al.*, 2003).

2.6.3. Technique de récolte

La diversité des caractéristiques physiques de l'environnement en eau courante a entraîné la construction de nombreux appareils spécialisés dans l'échantillonnage d'un tel type du milieu. Pour le même milieu, il peut exister plusieurs techniques (substrat artificiel, immergé...). Etant donné que les réseaux hydrographiques de l'Algérie, présentent des composantes physiques particulières surtout en période d'assèchement (été), caractérisés par une faible vitesse du courant avec une faible profondeur. Nous avons choisi le filet surber qui s'adapte très bien à ces caractéristiques. Il se compose de 2 cadres articulés en acier qui ont pour rôle de canaliser le courant dans le filet fixé à l'un des cadres (position perpendiculaire au courant). Le deuxième cadre est posé sur le fond sur une surface de 1/10 de m². Nous soulevons les cailloux, pierres et les blocs qui se trouvent dans cette aire et nous les lavons à l'entrée du filet qui a pour ouverture de maille 250µm.

Une fois l'échantillonnage complété, le filet est lavé et vidé dans un récipient en plastique fermé hermétiquement étiqueté en précisant le lieu du prélèvement, la date et les caractéristiques du site. L'échantillon est conservé au formol à 5%.

2.6.4. Détermination des échantillons

Les échantillons conservés et expédiés au laboratoire peuvent être triés de façon plus détendue, sur les plans qualitatifs (détermination spécifique) et quantitatifs. Les échantillons conservés dans le formol sont lavés complètement dans un tamis dont la maille est de 500µm de taille. Ensuite le contenu du tamis est versé dans une cuvette de tri. Ce dernier s'effectue à l'œil nu en prélevant tous les organismes et en les séparant en grands groupes systémiques dans des tubes contenant de l'éthanol à 70%.

L'emploi d'une loupe binoculaire est indispensable pour la détermination des unités systématiques. Les organismes sont placés sous la loupe dans une boîte de Pétri contenant de l'eau. Les organismes sont manipulés à l'aide de pinces fines et d'aiguilles montées.

Pour la détermination, nous avons utilisé les clés de déterminations suivantes :

DETHIER (1986), LAFONT (1982), MICHA et NOISET (1982), RICHOUX (1982), TACHET *et al.* (1987) et TACHET *et al.* (2000).

2.6.5. Calcul de l'indice biologique I.B.G.N.

Les invertébrés vivants dans les cours d'eau, intègrent en continu la qualité de l'eau. Ils apportent en cela, une meilleure indication quant à la qualité des habitats aquatiques qu'un simple prélèvement d'eau ponctuel.

La méthode permet d'attribuer une note indicielle à la qualité du peuplement, note qui doit être interprétée en fonction des caractéristiques du milieu. Elle est calculée, selon une grille à double entrée (annexe 2a), en croisant la variété taxonomique de l'échantillon (nombre total de taxons récoltés) et le groupe faunistique indicateur (groupe le plus sensible présent dans la station)

L'unité taxonomique est la famille à l'exception de quelques groupes pour les quels c'est l'embranchement ou la classe qui est retenue (annexe 2b). Parmi les 138 taxons, 38 d'entre eux forment 9 groupes faunistiques indicateurs (annexe 2a)

Nous déterminons successivement pour la totalité des 8 échantillons d'une station :

- **La variété taxonomique de l'échantillon (St)**, égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est confronté aux classes figurant en abscisse du tableau.
- **Le groupe faunistique indicateur (GI)**, groupe le plus sensible présent sur la station, en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons. La détermination du GI s'effectue en prospectant l'ordonnée du tableau de haut en bas (GI 9 à GI 1, ordre décroissant de polluosensibilité) et en arrêtant l'examen à la première présence significative (n=3 individus ou n= 10 individus) d'un taxon du répertoire en ordonnée du tableau.
- On déduit l'I.B.G.N. du tableau à partir de son ordonnée (GI) et de son abscisse (St).

L'IBGN est alors calculé sur 20 à partir d'un tableau de référence à double entrée en fonction de la famille d'invertébré possédant la plus forte valeur de GI d'une part et du nombre total de familles identifiées d'autre part. La note optimale de 20 est donnée aux cours d'eau ne présentant pas ou peu d'altération.

- Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de cours d'eau est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'I.B.G.N. (annexe 2c).

2.7. Analyse en Composantes Principales (A.C.P.)

L'analyse en composantes principales communément appelée **A.C.P.**, est une méthode statistique multidimensionnelle qui permet de synthétiser un ensemble de données en identifiant la redondance dans celles-ci. Elle fournit notamment une synthèse graphique des résultats.

L'ACP propose, à partir d'un tableau rectangulaire de données comportant les valeurs de p variables quantitatives pour n unités (appelées aussi individus), des représentations géométriques de ces unités et de ces variables. Ces données peuvent être issues d'une procédure d'échantillonnage ou bien de l'observation d'une population toute entière. Les représentations des unités permettent de voir s'il existe une structure, non connue a priori, sur cet ensemble d'unités. De façon analogue, les représentations des variables permettent d'étudier les structures de liaisons linéaires sur l'ensemble des variables considérées. Ainsi, on cherchera si l'on peut distinguer des groupes dans l'ensemble des unités en regardant quelles sont les unités qui se ressemblent, celles qui se distinguent des autres, etc. Pour les variables, on cherchera quelles sont celles qui sont très corrélées entre elles, celles qui, au contraire ne sont pas corrélées aux autres, etc.

Dans notre étude, nous utilisons une A.C.P. normé afin de traiter les données physicochimiques de nos stations.



CHAPITRE III

RESULTATS ET DISCUSSION

Complémentaire de l'approche physicochimique, l'étude des macroinvertébrés benthiques permet d'intégrer une dimension spatio-temporelle des modifications de la qualité physicochimique de l'eau. La structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques mémorise également certaines modifications même ponctuelles de la qualité physique du milieu aquatique. Le peuplement d'invertébrés benthiques constitue un maillon essentiel de l'édifice trophique de l'écosystème aquatique et donc du processus d'auto-épuration. Pour cela nous avons établi d'une part un suivi dans l'espace, sur un transect amont – aval de la qualité biologique du cours d'eau et d'autre part suivre l'évolution dans le temps de la qualité biologique et physicochimique.

3.1. Etude physicochimique de l'eau

3.1.1. Variation spatiotemporelle de la température de l'eau

La température de l'eau joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz. Elle détermine la présence ou l'absence de certaines espèces par ses variations quotidiennes ou saisonnières. Par ailleurs, elle accroît les vitesses de réactions chimiques et biochimiques. L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît (BLIFFERT et PERRAUD, 2001).

Tableau 11 : Températures (°C) de l'eau des stations étudiées relevées de septembre 2006 à février 2007

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	25,9	23,4	17,1	13,7		16,9
AEK	24,3	21,9	17,3	13,1	13,8	16,6
HAV	27,5	25,4	21,3	18,3	17,7	21,9
HAM	24	21,2	16,1	13,5	16	17,3
HON	20,2	18,9	11,8	9,4	8,1	12,3
HAL	27,2	19,2	13,6	9	7,3	11,4
WRT	27,7	19,4	16,2	10,4	8,8	11,2
ASS	21,2	20,2	19	15	15,4	15,7
SBM	21,7	19,6	15	12,5	8,5	14,9
PCF	21,9	20,1	17	13,2	11,8	14,8
MGG	20,3			14,9		18

Les températures relevées du mois de septembre à février, le long du cours d'eau sont relativement élevées. La température minimale est observée au mois de janvier dans la station HAL (7.3°C) et la température maximale correspond à une valeur de 27.7°C durant le mois de septembre pour la station WRT (Tableau 11 et fig.26). L'élévation des températures peut être expliqué par l'influence des températures ambiantes très élevées dans la région ou par la raréfaction de la couverture végétale bordante.

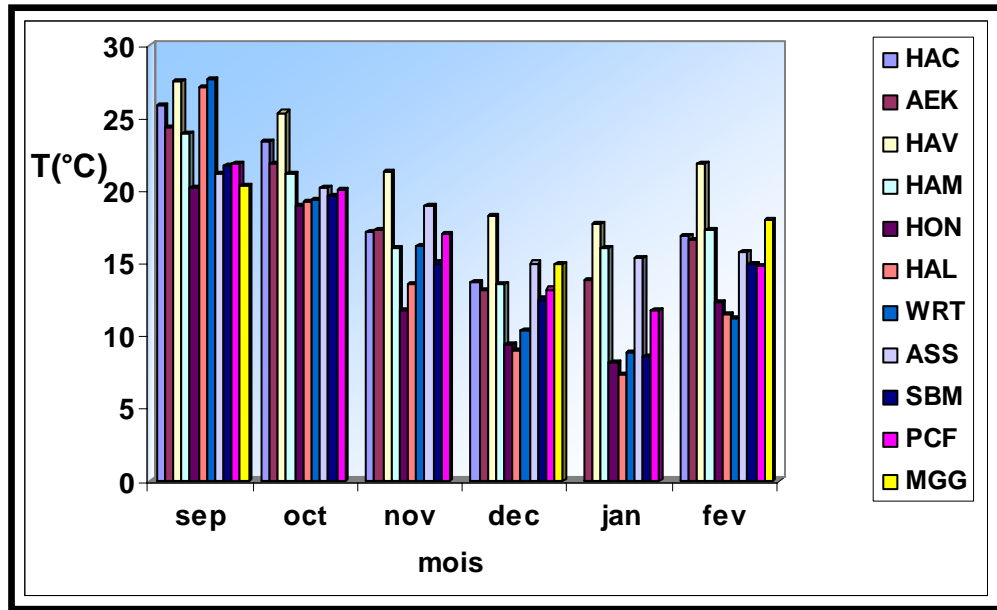


Figure 26 : Variation mensuelle de la température de l'eau dans les 11 stations échantillonnées dans oued El Hammam et ses affluents

3.1.2. Variation spatiotemporelle de la teneur en oxygène dissous

Les concentrations en oxygène dissous constituent avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. La présence de matières organiques réduit la teneur en oxygène dissous dans l'eau par oxydation à travers un procédé microbiologique.

La quantité d'oxygène dissous présent dans un milieu récepteur, est un indice important lié à l'activité biologique du milieu (BLIFFERT et PERRAUD, 2001). Pour caractériser une eau on indiquera son pourcentage de saturation, c'est-à-dire le rapport entre son taux réel en oxygène et celui qu'elle posséderait à la même température (FRONTIER et PICHOD-VIAL, 1999).

Tableau 12 : Valeurs de l'oxygène dissous (mg/l) dans les stations étudiées relevées de septembre 2006 à février 2007

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	19,26	9,47	8,55	8,03		7,14
AEK	9,26	9,58	6,34	7,6	3,43	7,52
HAV	0,93	1,37	1,76	4,52	5,53	10,41
HAM	6,35	7,03	4,47	7,69	5,7	12,18
HON	7,17	5,41	4,53	6,17	9,21	7,54
HAL	7,34	6,26	5,7	6,79	3,51	8,27
WRT	14,56	8,63	5,64	6,04	3,64	7,71
ASS	7,2	5,23	4,01	5,89	3,58	6,54
SBM	7,23	5,71	4,72	5,89	3,65	7,3
PCF	6,75	6,34	4,61	6,94	3,68	7,66
MGG	8,02			6,01		6,9

Nous remarquons que l'augmentation de l'oxygène dissous est parallèle au pourcentage de saturation. Les teneurs les plus élevées sont enregistrées à HAC et WRT durant le mois de septembre avec respectivement 19.26 mg/l et 14.56 mg/l. La majorité des valeurs d'oxygène enregistrées (tableau 12, fig.27) oscillent entre un minimum de 3.51 mg/l dans la station HAL au mois de janvier et un maximum de 9.58 mg/l dans la station AEK au mois d'octobre, soit 30.6% à 116.7% des teneurs en saturation présentant ainsi une situation critique à bonne de l'oxygénation de l'eau (NISBET et VERNEAUX, 1970) (annexe 3a).

Les faibles valeurs de l'oxygène sont observées à la station HAV variant de 0.93 mg/l à 5.53 mg/l soit 12.6% à 58.8% des teneurs à saturation ce qui correspond aux classes 3, 4 et 5 de NISBET et VERNEAUX (1970) (annexe 3a) signifiant une situation dangereuse de l'oxygénation dans cette station qui peut être due à une altération du milieu ou une abondance de matières organiques suite à la rupture des canalisations des eaux usées qui se déversent au niveau de cette station (fig.27). Lorsqu'il diminue dans un milieu, cet oxygène dissous vu des conditions anaérobiques qui voient disparaître des formes animales en fonction de leur degré d'évolution.

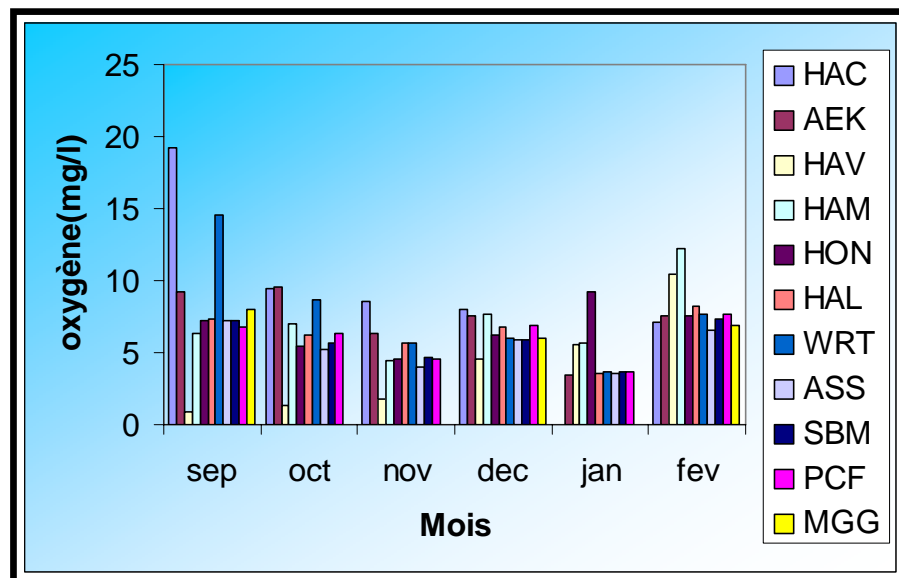


Figure 27 : Variation mensuelle de l'oxygène dissous au sein des eaux de l'oued El Hammam et ses affluents

L'analyse des résultats obtenus montre que l'oxygène dissous est bien corrélé avec la température de l'eau : lorsque la température augmente l'oxygène chute et suit une tendance inverse en augmentant lorsque celle-ci baisse. La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente, elle diminue aussi avec l'abaissement de la pression atmosphérique lorsque l'altitude augmente (BLIFFERT. et PERRAUD, 2001).

3.1.3. Variation spatiotemporelle du pH de l'eau

Le pH indique l'équilibre entre les acides et les bases d'un plan d'eau et correspond à une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Le pH se mesure sur une échelle de 0 à 14. Un pH de 7 indique une eau neutre; les valeurs **inférieures** à 7 indiquent des conditions **acides** et les valeurs **supérieures** à 7 sont caractéristiques de conditions **alcalines**. Le pH influence la toxicité de plusieurs éléments en régissant un

grand nombre de réactions chimiques. Dans les eaux naturelles peu soumises aux activités humaines, le pH dépend de l'origine de ces eaux et de la nature acide ou basique des terrains traversés.

Tableau 13 : pH relevé dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	8,89	8,74	8,52	8,41		7,76
AEK	8,59	8,75	8,46	8,49	8,25	7,95
HAV	7,56	7,76	7,35	7,39	7,58	7,81
HAM	7,14	8,56	7,66	8,27	8,21	8,39
HON	8,2	8,44	8,31	7,37	8,12	8,12
HAL	7,8	8,61	8,6	8,3	8,45	7,74
WRT	8,6	8,82	8,29	8,07	8,17	7,88
ASS	7,96	8,32	7,85	7,88	7,88	7,68
SBM	7,55	8,46	8,06	8,06	8,05	7,91
PCF	8,18	8,58	8,21	8,13	8,1	8,04
MGG	7,1			7,61		7,54

Les fluctuations du pH sont peu marquées dans nos stations et oscillent entre un minimum de 7.10 et un maximum de 8.89 (tableau 13 et fig.28). Cette légère variation du pH peut être due aux apports par le lessivage et les précipitations ainsi qu'à la nature des terrains traversés. Ces eaux appartiennent aux classes 4, 5 et 6 de NISBET et VERNEAUX (1970) (annexe 3b), ce qui signifie qu'elles sont dans la plupart des cas moyennement alcalines ce qui permet un développement normal de la faune et de la flore.

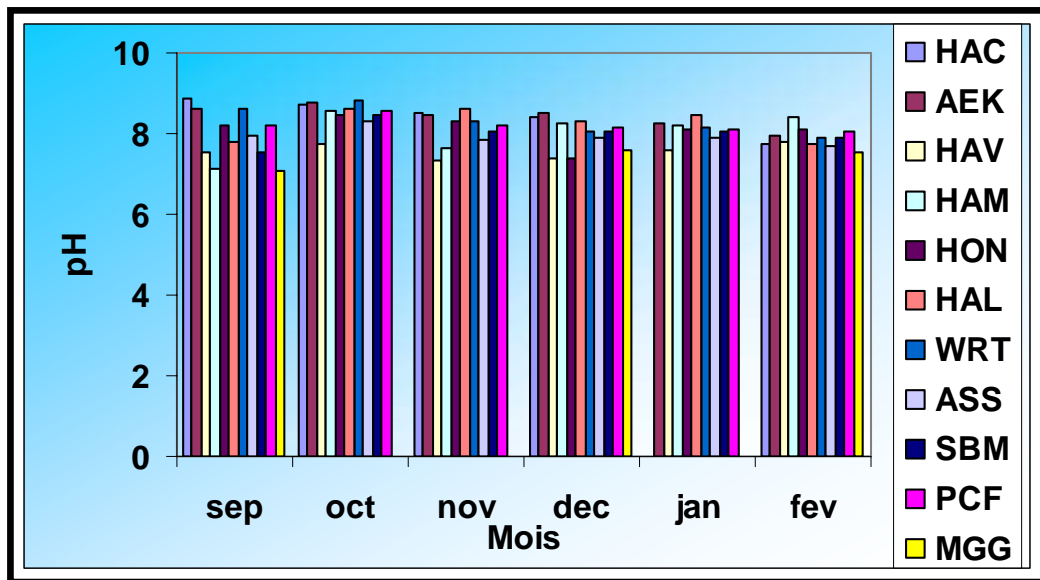


Figure 28 : Variation mensuelle du pH enregistrée dans les stations d'étude

3.1.4. Variation spatiotemporelle du potentiel redox

Le potentiel redox est une des caractéristiques fondamentales des milieux aquatiques, au même titre que la température, la salinité, le pH ou l'oxygène dissous.

Le potentiel redox est fonction de l'équilibre entre les formes réduites et les formes oxydées des composés chimiques présents.

Tableau 14 : Valeurs du potentiel redox (mV) relevées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	-117	-91	-97	-91		-58
AEK	-102	-91	-93	-94	-81	-66
HAV	-43	-34	-33	-35	-45	-46
HAM	-41	-79	-50	-85	-80	-77
HON	-77	-72	-82	-70	-73	-74
HAL	-57	-83	-101	-82	-92	-52
WRT	-103	-94	-86	-71	-78	-61
ASS	-66	-65	-61	-61	-64	-52
SBM	-42	-72	-71	-76	-72	-64
PCF	-78	-81	-78	-75	-77	-71
MGG	-17			-51		-44

Le potentiel redox trouvé dans notre étude varie entre -17mv et -100mv. Trois valeurs dépassent cette gamme et se localisent dans les stations HAC (-117mv) et AEK (-102mv) en septembre et HAL (-101) en novembre ; elles restent élevées en octobre (-91et -94) (tableau 14, fig.29). Toutes les valeurs enregistrées sont négatives ce qui signifie que la solution est réductrice c'est-à-dire diminution de l'oxygène. Des valeurs négatives du potentiel d'oxydoréduction peuvent avoir plusieurs conséquences sur le milieu. Outre la formation de substances toxiques, le dégagement de mauvaises odeurs (hydrogène sulfuré) peut être ressenti

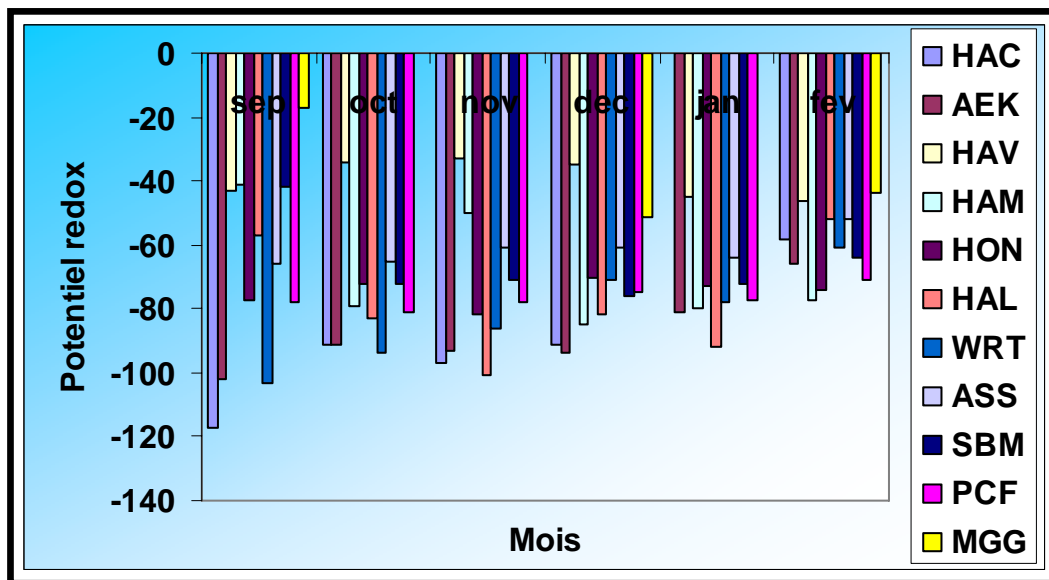


Figure 29 : Variation mensuelle du potentiel redox (mV) dans les différentes stations

3.1.5. Variation spatiotemporelle de la conductivité électrique de l'eau

La conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs ; par contre, les composés organiques le sont moins.

Tableau 15 : Valeurs de la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$) mesurée dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	2360	3590	5450	3810		2550
AEK	2720	3000	3370	3100	3010	1873
HAV	2300	2670	2740	2670	2500	4060
HAM	4360	2650	5370	2640	2370	5730
HON	1105	2590	2340	2140	1958	1296
HAL	758	2390	2140	2050	1941	1695
WRT	2620	2720	2740	2500	2390	450
ASS	1707	1686	1679	1905	1515	1541
SBM	2360	2500	1993	1963	1737	1700
PCF	2610	2510	2280	2220	2040	736
MGG	3340			3660		3620

La conductivité donne une indication sur le degré de minéralisation de l'eau. Les valeurs enregistrées dans notre étude sont hautement significatives. Elles varient entre $450\mu\text{S}/\text{cm}$ à $5730\mu\text{S}/\text{cm}$ (tableau 15, fig.30) et elles correspondent donc selon les cas aux classes 4, 5 et 6 de NISBET et VERNEAUX1970 (annexe 3c). Ceci témoigne d'une minéralisation moyenne accentuée à élevée (ARRIGNONS, 1982).

La conductivité des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et spécialement de leur concentration en minéraux. La conductivité augmente avec la teneur en solides dissous : cette mesure permet d'évaluer rapidement le degré de minéralisation d'une eau, c'est-à-dire la quantité de substances dissoutes ionisées présentes. Une conductivité comprise entre $665\mu\text{S}/\text{cm}$ et $1000\mu\text{S}/\text{cm}$, permet d'expliquer que l'eau du cours d'eau étudié présente une minéralisation importante (RODIER, 1996). Ce ci peut être montré dans la majorité des cas par la teneur élevé du calcium (1779 mg/l) qui est en cause (A.E.A.G., 2002). De plus, elle dépend de la nature des roches rencontrées dans les bassins versants des cours d'eau (LISCHER, 2001).

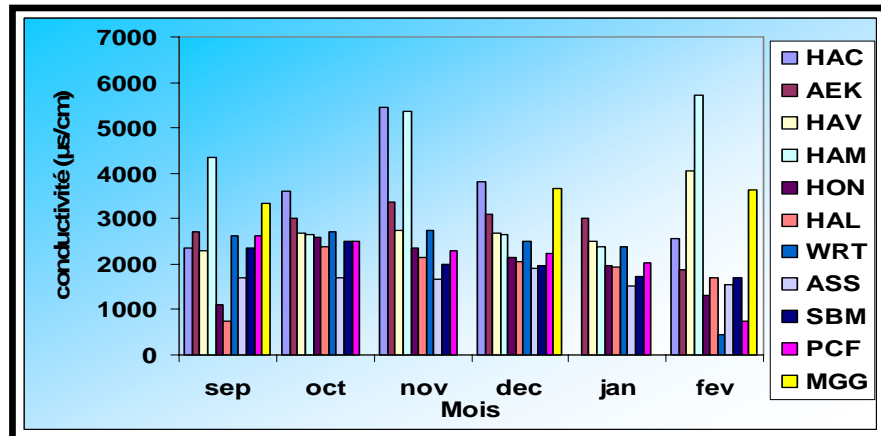


Figure 30 : Variation mensuelle de la conductivité dans les cours d'eau étudiés

Sur la figure 30 résultant de notre étude, nous remarquons que les valeurs sont maximales à la station HAM pour le mois de février. Les cours d'eaux étudiés ont une individualité réductrice. Cette forte minéralisation des eaux est liée à la nature calcaire et marneuse des terrains du bassin de oued El Hammam. Nous verrons aussi que les teneurs en Ca^{++} , Cl^- , SO_4^- et Mg^{++} sont fortement élevées.

3.1.6. Variation spatiotemporelle de la salinité de l'eau

La salinité indique la teneur d'un milieu en sel dissous, elle permet de connaître la circulation des eaux et d'identifier les masses d'eau d'origines différentes (AMINOT et CHAUSSEPIED, 1983).

Tableau 16 : La salinité (‰) des eaux de l'oued El Hammam et ses affluents durant la période étudiée

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fev
HAC	1,1	1,8	2,9	1,9		1,4
AEK	1,3	1,4	1,7	1,5	1,7	0,9
HAV	1	1,3	1,3	1,2	1,3	2
HAM	2,3	1,2	2,8	1,2	1,2	3
HON	0,4	1,2	1	0,9	0,9	0,5
HAL	0,1	1,1	0,9	0,9	0,9	0,8
WRT	1,2	1,3	1,3	1,1	1,2	0
ASS	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
SBM	1,1	1,1	0,8	0,8	0,8	0,8
PCF	1,2	1,2	1	0,8	1	0,2
MGG	1,6			1		2,1

Les valeurs de la salinité sont élevées varient entre 0.1 et 3‰ (tableau 16, fig.31). DUSSART (1966) explique que dans les eaux continentales ne sont pas les chlorures qui généralement caractérisent la salinité des eaux, mais plutôt les carbonates ou les sulfates. Dans notre étude, ce sont donc les fortes valeurs de tous ces facteurs qui sont à l'origine de ces résultats. Ainsi la teneur en sels électrolytables dissous augmente en fonction de la conductivité électrique. Le maximum est enregistré en février avec 3 ‰. Cela peut être expliqué par les températures élevées qui engendrent une faible dilution de l'eau et donc une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend plus difficile l'absorption de l'eau et des éléments minéraux par la plante (LAMBERT, 2000). Le minimum de salinité atteint 0,1‰ durant le mois de septembre (station HAL). Ainsi, la salinité est proportionnelle à la conductivité électrique et de la température (ARRIGNONS, 1976).

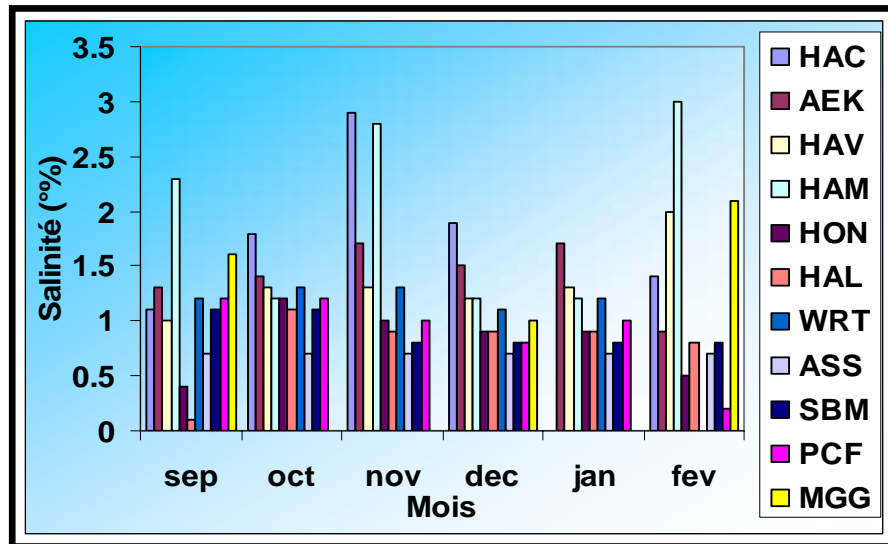


Figure 31: Variation mensuelle de la salinité au sein des stations échantillonnées à oued El Hammam et ses affluents.

3.1.7. Variation spatiotemporelle des Matières en Suspension (MES)

Les Matières en Suspension comprennent toutes les matières minérales ou organiques qui ne se solubilisent pas dans l’eau. Celles-ci sont composées de particules issues de l’érosion naturelle des terres et du lit des cours d’eau, de débris organiques, de plancton ou de rejets liés aux activités humaines. Elles contribuent :

- à la réduction de la luminosité et donc de l'activité photosynthétique et de la quantité d'oxygène produite ;
- au colmatage du lit des rivières et des branchies des poissons ;
- à la dégradation des écosystèmes aquatiques en augmentant la turbidité (eaux troubles).

Tableau 17 : Valeurs des matières en suspension (mg/l) dans les stations échantillonnées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	130	70	100	10		640
AEK	20	40	140	20	40	870
HAV	30	190	30	30	50	30
HAM	30	60	40	20	50	30
HON	30	20	50	10	80	30
HAL	20	30	40	10	50	30
WRT	10	60	20	20	130	80
ASS	20	70	110	20	50	10
SBM	30	60	190	20	60	40
PCF	10	50	30	10	50	20
MGG	10			10		10

Les valeurs mesurées sont comprises dans les stations étudiées entre 10mg/l et 870mg/l (tableau 17, fig.32).qui correspond à la classe 7 de NISBET et VERNEAUX (1970) (annexe 3d), signifiant un cours d’eau très pollué et une production piscicole très faible. La

majorité des valeurs sont inférieures à 150mg/l qui s'expriment par une situation moyenne selon NISBET et VERNEAUX (1970).

Les fortes valeurs en MES supérieures à 100mg/l ont été enregistrées dans les stations HAC, AEK, ASS et SBM qui sont caractérisées soit par le pâturage et ou l'agriculture. La pression du bétail par le piétinement des pelouses à forte pente, facilite un accès direct des MES (DORIOZ *et al.*, 2006).

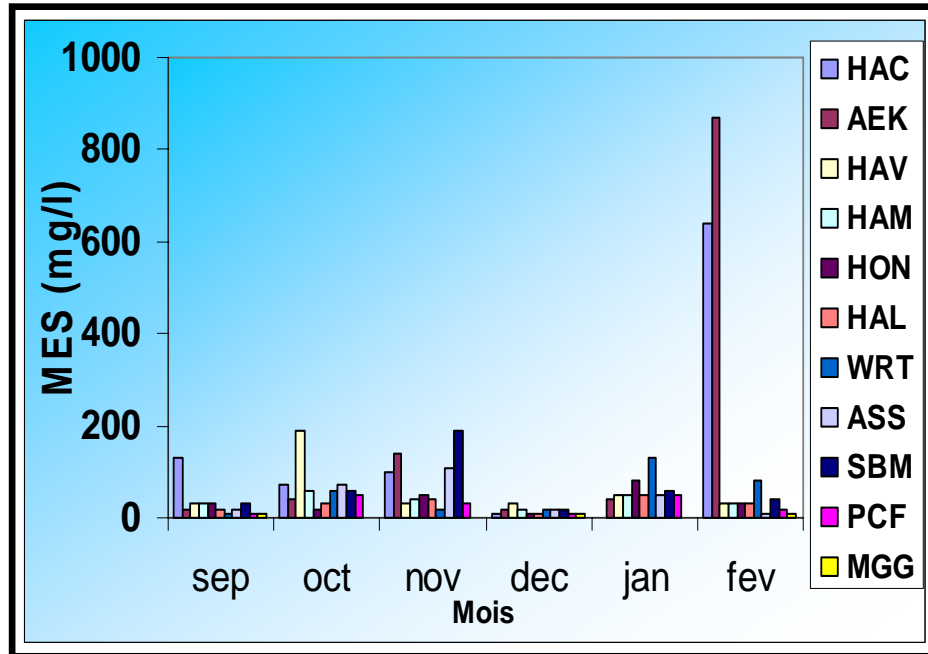


Figure 36 : Variation mensuelle des MES enregistrée dans les stations étudiées

La valeur des MES est non seulement une mesure importante de l'érosion dans les bassins hydrographiques, mais elle est aussi étroitement liée au transport par le réseau fluvial d'éléments nutritifs (plus particulièrement le phosphore), de métaux et d'un large éventail de produits chimiques industriels et agricoles.

3.1.8. Variation spatiotemporelle des chlorures

La teneur en chlorures de l'eau d'un cours d'eau est liée au substrat géologique de son bassin versant. Il s'agit de composés binaires du chlore, combinaison de l'acide chlorhydrique avec une base, incluant toutes sortes de chlorures décolorants (javel, détergents...).

Tableau 18 : Valeurs des chlorures (mg/l) dosées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	337,25	319,5	333,7	315,95		305,3
AEK	319,5	337,25	333,7	337,25	301,75	231
HAV	344,35	323,05	333,7	326,6	337,25	330,15
HAM	344,35	337,25	337,25	301,75	337,25	340,8
HON	170,4	337,25	333,7	276,9	333,7	248,5
HAL	46,15	298,2	294,65	273,35	315,95	284
WRT	344,35	301,75	315,95	216,5	340,8	71
ASS	241,4	259,15	142	308,85	248,5	248,5
SBM	340,8	323,05	33,7	276,9	308,85	213
PCF	319,5	323,05	337,25	259,15	337,25	280,45
MGG	344,5			323,05		326,6

Les teneurs en chlorures trouvées dans les stations échantillonnées sont comprises entre 46.15mg/l et 344.5mg/l (tableau 18, fig.33). L'impact des chlorures sur la vie aquatique semble faible tant que les valeurs restent relativement constantes et ne dépassent pas 1 ou 2g/l (MATTE *et al.*, 2002).

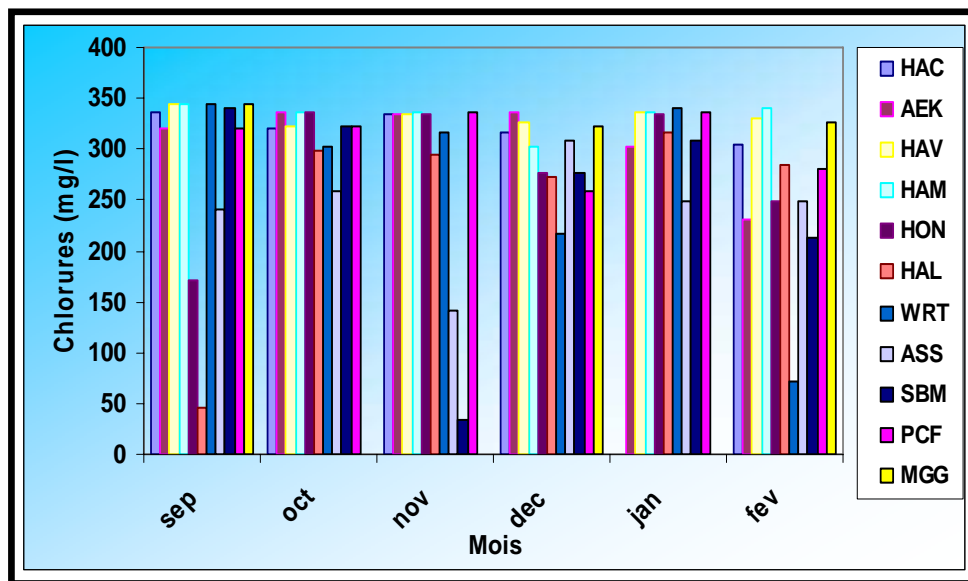


Figure 33 : Variation mensuelle des chlorures enregistrée dans les stations étudiées

Les fortes teneurs en chlorure enregistrées dans nos stations peuvent indiquer une pollution par des eaux usées domestiques ou par certaines eaux usées industrielles : au plan des usages, les eaux fortement chargées en chlorures ne sont pas économiquement traitables pour la fabrication d'eau potable ; leurs usages industriels sont limités ou renchérissés. La valeur guide pour la potabilisation de l'eau est de 250mg/l (MATTE *et al.*, 2002).

3.1.9. Variation spatiotemporelle des sulfates

Ce sont des combinaisons chimiques d'une base transformée en sel (sulfate) par l'acide sulfurique H_4SO_2 .

Les sulfates proviennent d'une oxydation plus complète de l'hydrogène sulfuré (GAUJOUS, 1995). Ils peuvent venir aussi de la dissolution du gypse (calcium hydraté) ou des effluents urbains, ou encore de la nature pétrographique du substrat (RODIER, 1996).

Tableau 19 : Valeurs des sulfates (mg/l) dosées dans les stations étudiées.

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	815.76	806.78	797.8	806.78		520
AEK	317.24	422.57	527.9	422.57	373.45	177
HAV	247.2	315.55	383.9	315.55	282.84	152
HAM	666.71	581.45	496.2	581.45	509.56	222
HON	358.04	371.92	385.8	371.92	407.02	547.46
HAL	135.81	246.5	357.2	246.5	243.2	230
WRT	312.78	423.69	534.6	423.69	466.16	636.04
ASS	193.42	243.21	293	243.21	241.56	235
SBM	238.7	277.65	316.6	277.65	244.92	114
PCF	539.13	450.81	362.5	450.81	382.25	108
MGG	271.62			288.3		305

La concentration des ions sulfates (SO_4^{--}) est très variable dans les eaux de surface, où elle dépend des minéraux contenant du soufre. La majorité des analyses montrent des teneurs en SO_4^{--} dépassant 200mg/l. Les valeurs les plus faibles ont été relevées aux stations : AEK (177mg/l), HAV (152mg/l), SBM (114mg/l) et PCF (108mg/l) au mois de février, HAL (135.81mg/l) et ASS (193.42mg/l) au mois de septembre (tableau 19, fig.34). Ces valeurs classent les eaux de l'oued El Hammam aux classes 6 et 7 de NISBET et VERNEAUX (1970) (annexe 3e), signifiant des eaux fortement polluées très séléniteuses, (qui contiennent du sulfate de calcium ou gypse) qualifiées de « saumâtres ».

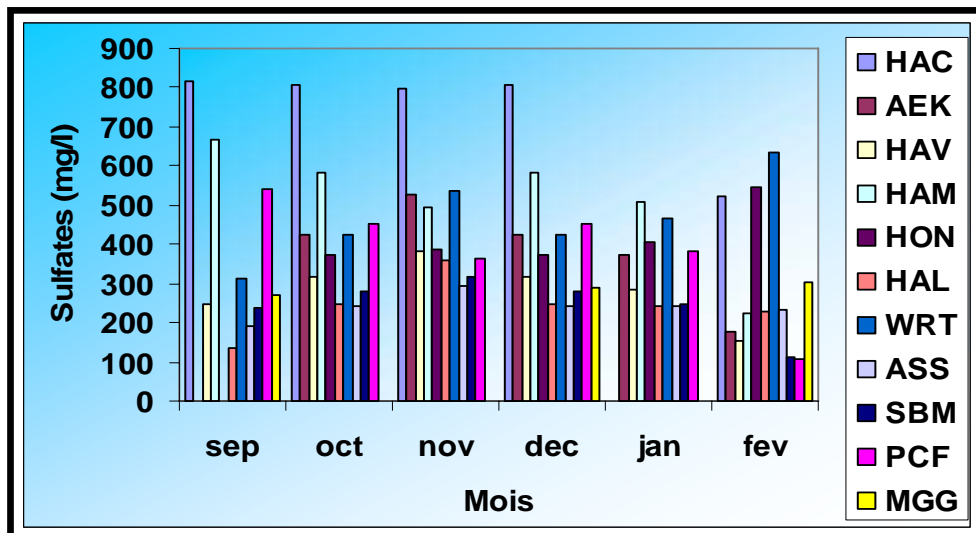


Figure 34 : Variation mensuelle des sulfates enregistrée dans les stations étudiées.

3.1.10. Variation spatiotemporelle des carbonates

Ce sont des sels (ou esters) de l'acide carbonique, issus de la composition des roches formant le lit de l'oued, nommé le calcaire, l'aragonite, la chaux...

Tableau 20 : Valeurs des carbonates (mg/l) dosées dans les stations étudiées.

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	152.5	335.5	500.2	286.7		317.2
AEK	183	317.2	597.8	256.2	337.78	314.7
HAV	445.3	402.6	457.5	256.2	399.66	436.7
HAM	244	329.4	305	207.4	300.6	417.24
HON	183	439.2	331.74	262.3	335.96	463.6
HAL	91.5	359.9	322.94	183	262.1	353.19
WRT	244	536.8	478.24	183	370.17	408.82
ASS	109.8	323.3	306.22	305	269.86	305
SBM	152.5	396.5	375.76	268.4	305.61	334.89
PCF	244	396.5	367.22	244	308.14	289
MGG	122			445.3		449.2

L'alcalinité de l'eau est liée principalement aux carbonates. Nos résultats sont très élevés, avec des maxima qui dépassent 500mg/l (tableau 20), la figure35 montre que les teneurs des carbonates pendant les six campagnes de prélèvements varient de 91.5mg/l à 597.8mg/l.

Plus la végétation est abondante, plus la vie des microorganismes dans le sol est intense, plus la production de CO₂ est plus grande, sa tension élevée et par là plus la teneur en carbonates est forte (SCHOELLER, 1988).

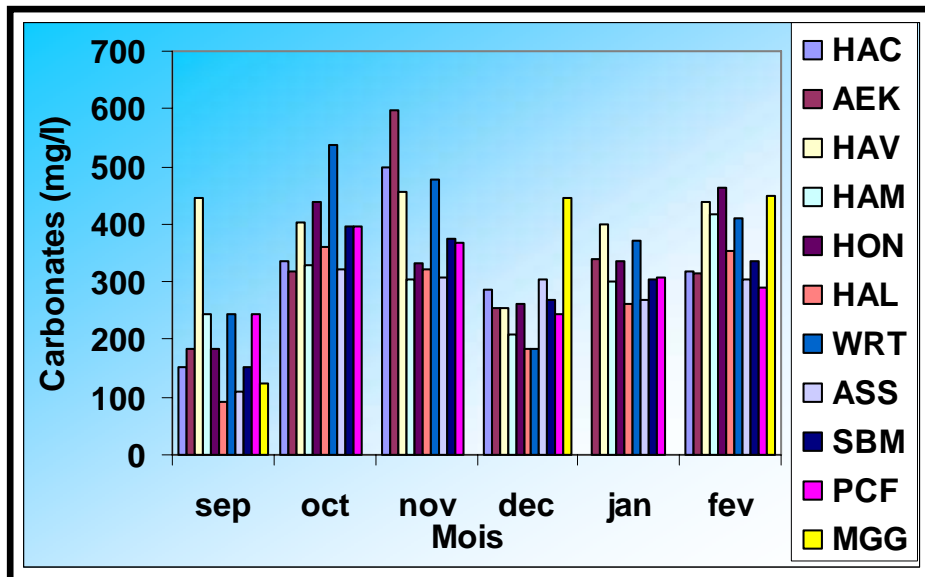


Figure 35 : Variation mensuelle des carbonates enregistrée dans les stations étudiées.

3.1.11. Variation spatiotemporelle de la dureté de l'eau

La dureté exprime la concentration en ions incrustants Ca^{++} et Mg^{++} , Une eau dure contient beaucoup de calcium ou de magnésium.

La dureté de l'eau dépend de la nature géologique des sols qu'elle a traversés. Elle ne fait pas l'objet d'une norme. Les désagréments d'une eau dure sont uniquement de l'ordre du confort.

3.1.11.1. Variation spatiotemporelle de la dureté calcique de l'eau

Le calcium est surtout destiné à améliorer la structure du sol (et non pas tant à « nourrir » la plante). Il est plutôt apporté sous forme d'amendement alors que pour la plante il a deux principaux rôles : rôle de structure et rôle métabolique.

Le calcium, le cation le plus commun trouvé dans les eaux de surface, dépend principalement de la géologie, en particulier lorsqu'il y a des dépôts de carbonates ou de gypse présents.

Tableau 21 : Valeurs du calcium (mg/l) enregistrées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	625,88	400,8	901,8	53,7		701,4
AEK	213	60,12	725,44	34,46	204,41	340,68
HAV	1047,99	80,16	456,91	33,66	128,25	665,33
HAM	1237,26	11,22	392,78	44,88	188,37	621,24
HON	613,38	73,74	260,52	98,59	104,21	356,71
HAL	949,85	41,68	269,59	52,9	132,26	268,54
WRT	911,3	52,9	364,72	194,78	160,32	180,36
ASS	778,11	80,16	372,74	176,35	116,23	140,28
SBM	487,19	36,07	316,63	70,54	80,16	348,69
PCF	1051,5	30,46	448,89	74,54	240,48	284,56
MGG	785,12		184,36			248,49

La dureté calcique exprimée en mg/l et enregistrée dans notre présente étude dépasse 30mg/l dans toutes les stations (tableau 21, fig.36) : la majorité des valeurs obtenues sont au dessus de 100mg/l. Ces teneurs élevées enregistrées sont en rapport avec la prédominance des terrains calcaires, gypses et parfois marneux dans le bassin de oued El Hammam. Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans l'oued El Hammam (station HAM, 1237.26mg/l), oued Hounet (station HAL, 949.85mg/l), oued Ouizert (station ASS, 778.11mg/l), oued Melghigh (station MGG, 785.12mg/l) et au point de confluence des trois affluents (station PCF, 1051.5mg/l) durant le mois de septembre. Les Mollusques et les Crustacés en ont ainsi besoin d'une quantité suffisante pour construire leur coquille ou leur carapace.

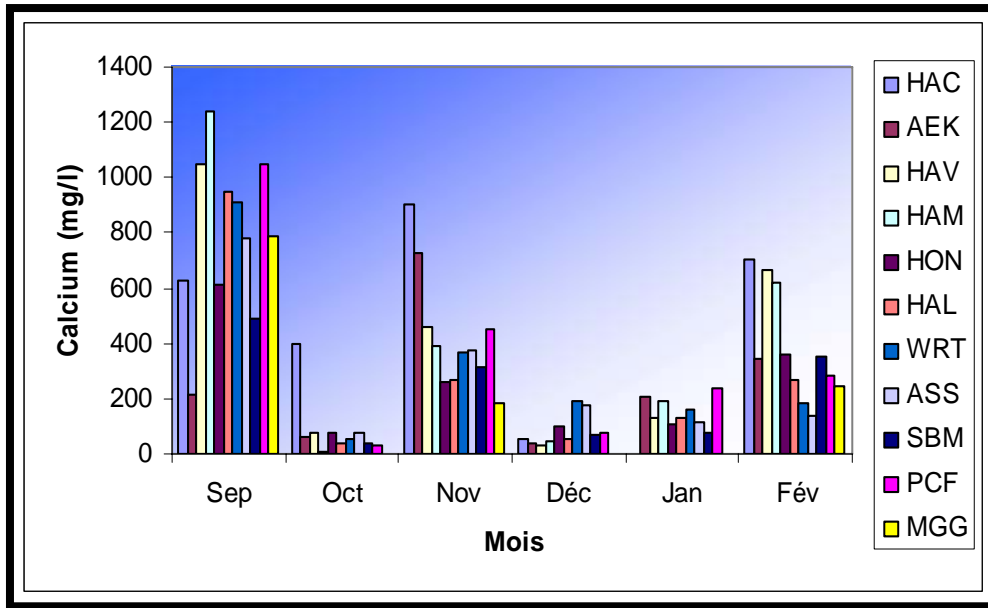


Figure 36 : Variation mensuelle du calcium enregistrée dans les stations étudiées

3.1.11.2. Variation spatiotemporelle de la dureté magnésienne de l'eau

Le magnésium est un constituant de la chlorophylle et joue donc un rôle important dans la photosynthèse. Les concentrations de magnésium ne sont pas tellement dépendantes des activités humaines, donc le magnésium n'est pas utilisé comme indicateur du stress lié à la pollution.

Tableau 22: Valeurs du magnésium (mg/l) enregistrées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	1172,88	719,28	777,6	126,36		698,88
AEK	976,31	788,78	228,42	468,99	119,07	516,31
HAV	710,24	742,61	267,3	422,82	225,99	537,7
HAM	689,61	463,64	461,7	320,76	323,19	451,78
HON	1236,95	742,12	505,44	641,52	179,82	661,17
HAL	1046,9	502,52	554,04	369,36	140,94	522,75
WRT	810,15	1051,7	447,12	240,57	206,55	551,22
ASS	800,38	851,96	328,05	204,12	111,78	459,26
SBM	864,45	873,83	308,61	238,14	170,1	491,03
PCF	743,91	889,87	150,66	245,43	97,2	425,41
MGG	889,43			741,15		815,29

La dureté magnésienne révélée par nos résultats varie entre 97.2 et 889.87mg/l (tableau 22). Cette teneur dépassée dans 3 stations (AEK, HAL et WRT) (fig.37). Les concentrations élevées en Mg peuvent être expliquées, soit par la dissolution des roches, soit par la présence du sulfate en quantité suffisante ce qui entraîne l'augmentation du Mg (SCHOELLER, 1988).

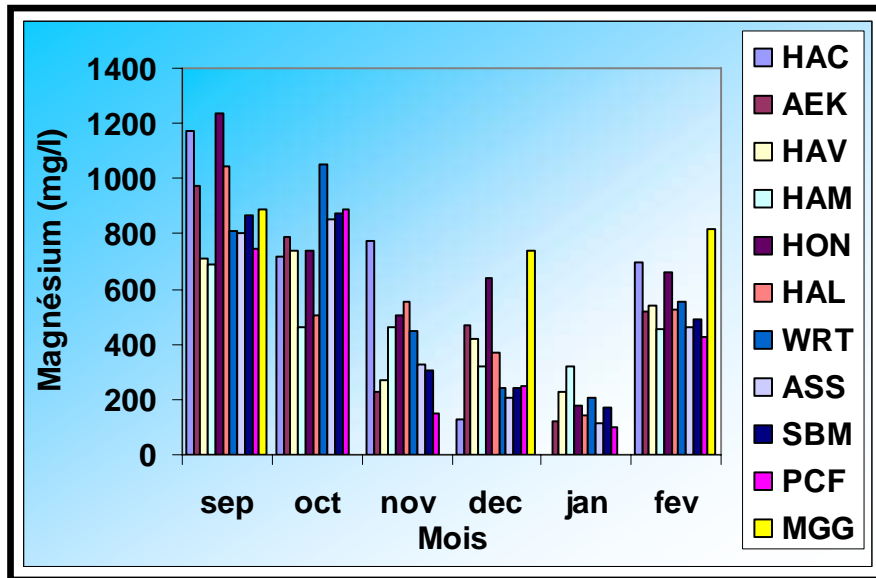


Figure 37 : Variation mensuelle du Magnésium trouvée dans les stations étudiées

3.1.12. Etude des sels nutritifs

L'eutrophisation est un enrichissement excessif des milieux aquatiques en sels nutritifs, surtout le phosphore et l'azote. Ces derniers sont un engrais pour les plantes, algues ou bactéries, qui se développent alors de manière excessive. Leur décomposition provoque une chute de la quantité d'oxygène réduisant ainsi le nombre d'espèces animales et végétales aquatiques.

3.1.12.1. Variation spatiotemporelle des nitrates

L'ion nitrate (NO_3^-) est la principale forme d'azote inorganique trouvée dans les eaux naturelles. Il constitue le stade final de l'oxydation de l'azote.

Les principales sources de nitrates sont les effluents industriels et municipaux et le lessivage des terres agricoles. Selon RODIER (1996), une migration très rapide des nitrates sur les surfaces cultivables laissées nues est entraînée pendant l'hiver vers les eaux de surface.

Tableau 23 : Valeurs des nitrates (mg/l) enregistrées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	6.23	5.77	8.03	4.91		16.02
AEK	11.89	10.83	10.79	15.4	15.53	6.92
HAV	11.86	6.83	4.75	2.34	5.1	16.89
HAM	11.79	7.19	8.97	5.1	5.83	16.39
HON	5.55	3.19	10.09	4.76	8.55	7.92
HAL	7.85	3.29	6.12	11.42	19.05	11.88
WRT	10.33	10.32	12.72	7.27	22.81	10.34
ASS	5.63	5.14	6.12	10	8.2	6.4
SBM	10.27	7.06	13.48	5.46	6.96	8.47
PCF	2.77	5.55	9.89	6.1	7.91	9.73
MGG	4.23			2.39		8.47

Les concentrations élevées ont été enregistrées (tableau 23, fig.38) dans les stations AEK (15.53mg/l au mois de janvier), HAV (16.89mg/l au mois de février) et HAL avec 19.05mg/l au mois de janvier. Ces stations sont caractérisées par l’agriculture et l’élevage (région à vocation agropastorale). Les fortes teneurs de nitrates indiquent une légère pollution par le bétail et ou par les activités agricoles.

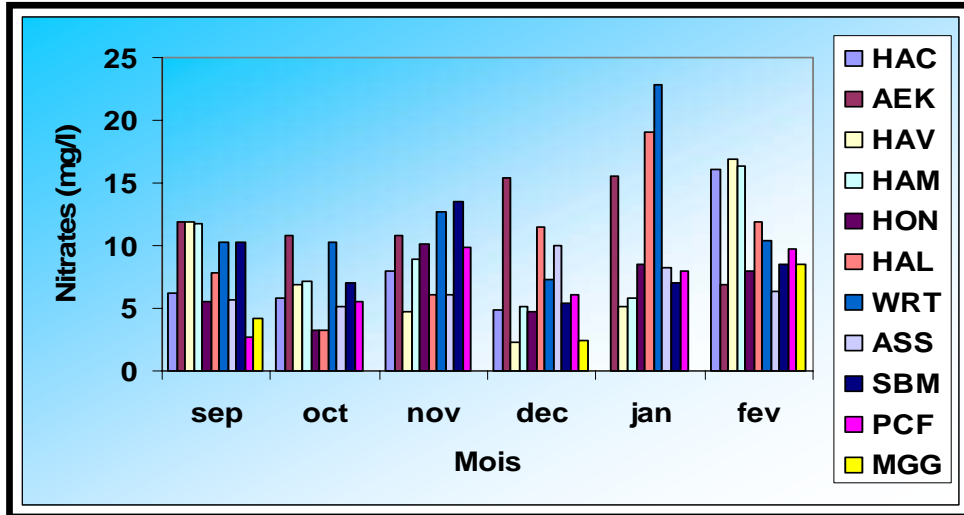


Figure 38 : Variation mensuelle des nitrates trouvée dans les stations étudiées

3.1.12.2. Variation spatiotemporelle du phosphore

N’ayant subi qu’un traitement primaire et secondaire, on observe une dilution marquée proportionnelle au débit. Les NO_3^- et PO_4^{3-} sont également absorbés par les algues et les plantes aquatiques dans les réservoirs, les lacs, les rivières et les fleuves, faisant varier encore davantage les concentrations d’éléments nutritifs. Le phosphore est naturellement présent dans les eaux superficielles à faible concentration, compte tenu de son importance dans la constitution des êtres vivants (PESSON, 1980).

Tableau 24 : Valeurs du phosphore (mg/l) enregistrées dans les stations étudiées

	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
HAC	0,067	0,212	0,357	0,06		3,207
AEK	0,437	0,14	1,191	0,083	1,296	3,374
HAV	0,078	0,43	1,093	0,166	0,299	0,274
HAM	0,459	1,057	0,372	0,016	0,179	0,248
HON	0,629	0,47	0,473	0,062	0,238	0,615
HAL	3,026	0,061	0,484	0,047	0,361	0,43
WRT	0,664	0,448	1,938	0,074	0,872	1,583
ASS	0,604	0,669	0,658	0,215	0,092	0,082
SBM	0,372	0,466	0,97	0,073	0,480	0,15
PCF	0,76	0,735	0,703	0,052	0,176	1,224
MGG	0,285			0,04		0,524

Les valeurs obtenues durant les 6 campagnes de prélèvements (tableau 24, fig.39) montrent un taux de phosphore avec un maximum de l’ordre de 3.374mg/l et un taux bas de 0.016mg/l. Le phosphore est apporté essentiellement par les rejets urbains, du fait des activités ménagères industrielles ou agricoles (engrais).

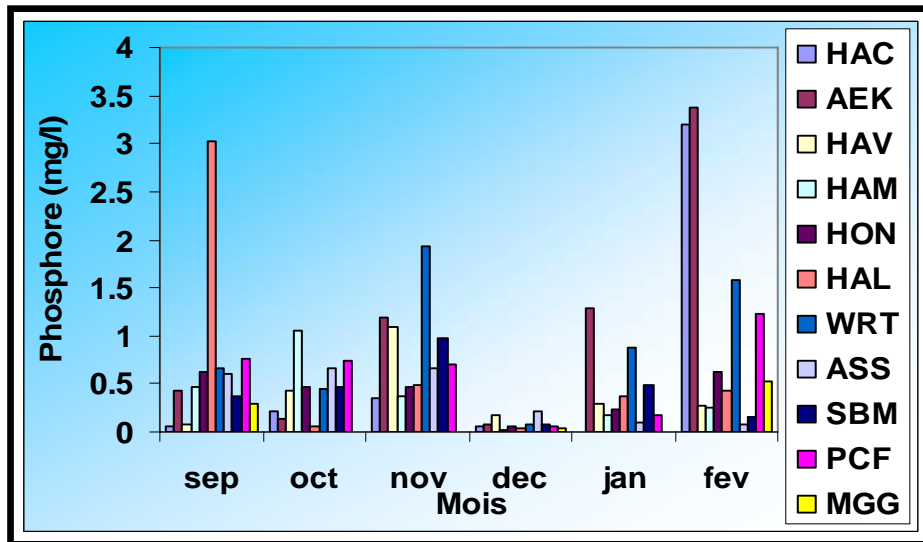


Figure 39 : Variation mensuelle du phosphore trouvée dans les différentes stations étudiées

3.2. Qualité physicochimique de l'eau des stations étudiées

3.2.1. Critères de qualité de l'eau

Tableau 25 : Classe de qualité des eaux de surface (A.N.R.H., 2007) :

DBO₅ mg/l: Demande Biologique en Oxygène 5.

DCO₅ mg/l: Demande Chimique en Oxygène 5.

MO mg/l : Matière Organique en milligramme par litre.

% de saturation : Pourcentage de saturation.

Paramètres	Classe de qualité			
	Bonne	Moyenne	Polluée	Très polluée
DBO ₅ mg/l	5	5à10	10à15	15
DCO ₅ mg/l	20	20à40	40à50	50
MO mg/l	5	5à10	10à15	15
% de saturation	90à100	50à90	30à50	30
NH ₄ mg/l	0à0.01	0.01à0.1	0.1à3	3
PO ₄ mg/l	0à0.01	0.01à0.1	0.1à3	3
NO ₂ mg/l	0à0.01	0.01à0.1	0.1à3	3
NO ₃ mg/l	10	10à20	20à40	40

3.2.2. Résultats de pourcentage de saturation dans les stations étudiées

Les valeurs moyennes des eaux de l'oued El Hammam et de ses affluents (tableau 26) comparées au tableau 25 en tenant compte du pourcentage de saturation de l'oxygène attribuent une mauvaise qualité à bonne de l'eau aux différentes stations étudiées

Tableau 26 : Moyennes de % de saturation enregistrées dans les stations étudiées :

Stations	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG
%de saturation	119.48	80.13	48.45	76.91	66	61.98	80.9	58.7	60.35	65.1	47.1
Qualité	Bonne	Moyenne	Polluée	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Moyenne	Très polluée

Le bassin de l'oued El Hammam est caractérisé par une mauvaise et très mauvaises qualité (pollution excessive) de toutes les stations du réseau, la dégradation touche les barrages et les stations des oueds et ce par des rejets domestiques et industriels non épurés (A.N.R.H., 2000). Dans ces conditions, les espèces animales qui se nourrissent des déchets rejetés vont se trouver seules à pulluler puisqu'elles ne sont plus en concurrence avec d'autres espèces. Ce qui oriente l'étude vers l'analyse faunistique.

3.3. Analyse en Composantes Principales

La figure 40 donne une représentation des variables physicochimiques sur les deux premiers axes factoriels (F1 et F2) du cercle de corrélation de l'A.C.P. Les coordonnées des variables physicochimiques sur les axes traduisent les coefficients de corrélation entre ces variables et les facteurs.

L'axe F1 avec 39.42% d'inertie représente les variables physicochimiques: salinité, conductivité, chlorures, magnésium, carbonates et température. Cela peut vouloir dire que ces variables mesurent une même chose ou bien qu'elles sont liées par une relation particulière. En effet, les chlorures, la conductivité, la salinité expliquent la minéralisation de l'eau du site étudié; les carbonates et le magnésium déterminent la dureté de l'eau. La température de l'eau et les carbonates sont fortement corrélés, ces deux variables sont liés par une relation importante: l'augmentation de la température de l'eau augmente la photosynthèse de la flore, ce qui rend l'oxygène disponible dans l'eau, utilisé par la faune en libérant le CO₂ lors de la respiration permettant de constituer les carbonates. Donc le facteur F1 définit la dureté et la minéralisation de l'eau des stations étudiées: les variables fortement corrélées avec un axe vont contribuer à la définition de cet axe (LEBART *et al.*, 2006).

La figure 40 montre aussi que les variables oxygène dissous, sulfate, phosphore, pH et vitesse du courant permettent d'identifier le deuxième axe avec 28.92% d'inertie. Ces facteurs déterminent le niveau trophique d'un écosystème aquatique. Le second axe oppose la température à l'oxygène; en fait, ces deux variables sont inversement proportionnelles lorsque la température augmente, l'oxygène dissous diminue. La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente, elle diminue aussi avec l'abaissement de la pression atmosphérique lorsque l'altitude augmente (BLIFFERT et PERRAUD, 2001).

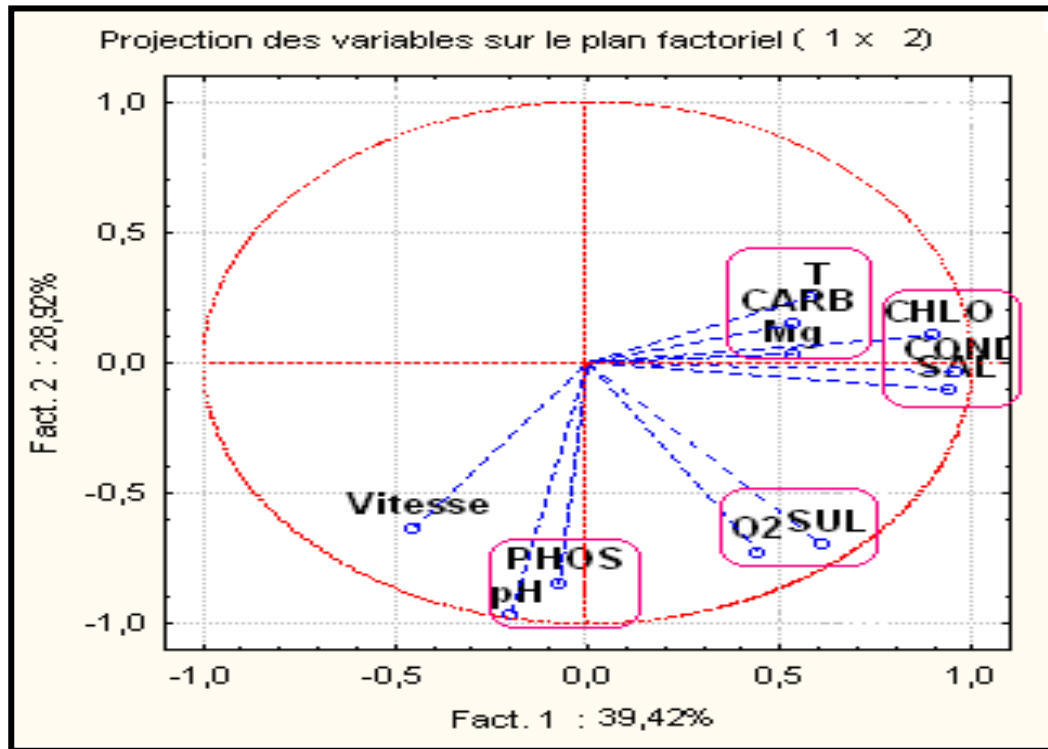


Figure 40 : Projection des variables physicochimiques sur les axes factoriels F1 et F2 de l'A.C.P

La figure 41 montre l'emplacement des stations étudiées sur l'axe F1 avec 35.69% d'inertie et l'axe F2 avec 31.28% selon les variables physicochimiques. Les éloignées contribuent à la formation de l'axe. Sur l'axe F1, il s'agit des stations de l'oued El Hammam (HAM, HAC, HAV) et l'un de ses affluents (MGG), donc c'est la même nature des terrains qui prédominent. Les valeurs prises par les variables caractérisant le degré de minéralisation de l'eau (dureté, conductivité..) sont très voisines. Nous remarquons qu'il n'y a pas d'opposition amont-aval, les stations ont le même profil topographique qui domine, le même parcours. Elles ont les mêmes caractéristiques hydrographiques et environnementales et aussi le type de biotope (substrat, végétaux...), où on retrouve généralement la même faune, ce qui diffère les effectifs. Cette différence est liée certainement à la disponibilité des ressources trophiques qui pourraient varier d'une station à une autre.

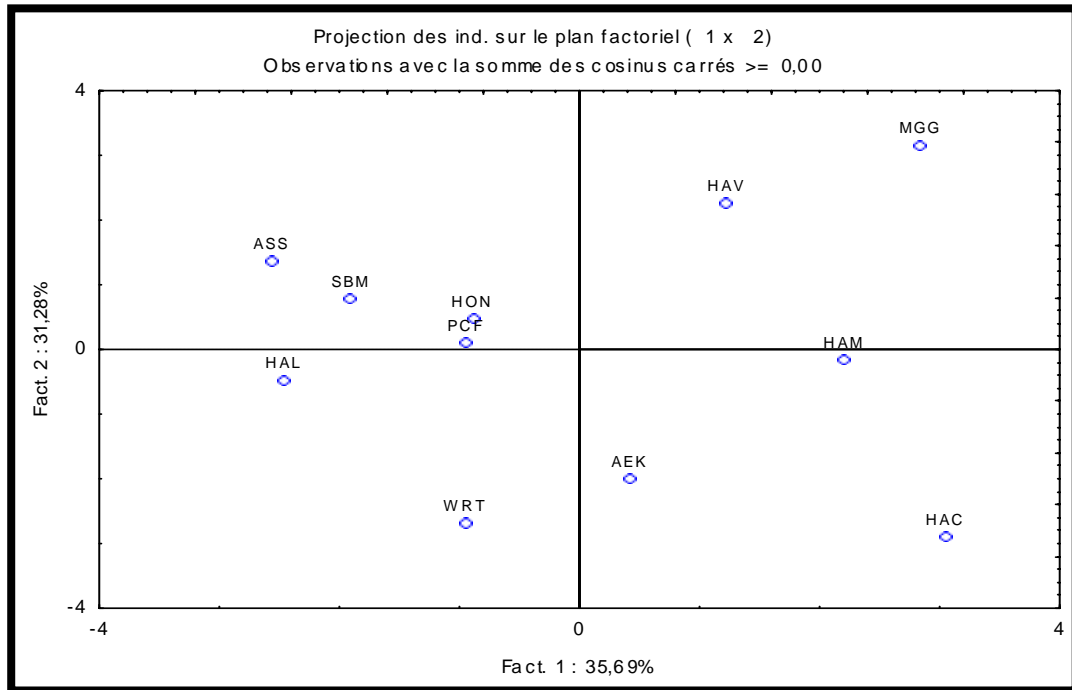


Figure 41: Projection des individus (stations) sur les axes factoriels F1 et F2 de l'A.C.P

3.4. Analyse faunistique

Le benthos est constitué d'invertébrés vivants dans le fond des cours d'eau. Ils se répartissent de façon hétérogène en fonction de la nature du substrat. Certains sont fixés, d'autres rampent, ou encore sont fouisseurs.

L'étude du benthos permet d'apprécier la composition, la structure, ainsi que la distribution dans l'espace et dans le temps des macroinvertébrés en place (CEREGUINO, 1992).

3.4.1. Analyse globale de la faune

Les prélèvements effectués au cours des 6 campagnes (de septembre 2006 à février 2007) ont permis de récolter un total de 24976 individus répartis en 51 taxa (tableau 27) : 34 taxa (soit 66.66%) sont des Insectes et 17 taxa (33.33%) appartiennent aux autres classes ou embranchements (Crustacés, Arachnides, Vers...).

La lecture des résultats obtenus (tableau 27), traduit par la représentation graphique en figure 42a, montre que la classe des Insectes avec 22472 individus (soit 89.97% de l'effectif total) est largement dominante sur le plan numérique par rapport aux groupes zoologiques : Les Mollusques avec 8 familles compte cet 963 individus soit 3.85% de l'effectif total, les Oligochètes avec 4 familles comptent 1138 individus (4.55%).

Les Crustacés, les Arachnides (représentés par les Hydracariens) et les Nématodes sont très faiblement représentés. Ils ne constituent respectivement que 1.49% (373 individus), 0.02% (6 individus) et 0.1% (24 individus) de l'effectif total recensé.

Dans la classe des Insectes (fig.42b), les Ephéméroptères présentent les effectifs les plus élevés : 11854 individus. Ils représentent 47.45% de la faune totale. Les familles rencontrées dans ce groupe sont d'importance inégale. Les Baetidae, avec 8550 individus (soit 72.12% des Ephéméroptères et 34.23 % de la faune totale), sont de loin les plus abondants. Ils sont suivis par les Caenidae avec 3206 individus (27.04% des Ephéméroptères et 12.83% de la faune totale), les autres familles sont très faiblement représentées : Leptophlebiidae 0.78%, Heptageniidae 0.04%).

Les Diptères avec 8262 individus (33.04 %) et les Hétéroptères, avec 1744 individus (6.98 %) occupent respectivement la 2^{ème} et la 3^{ème} place par ordre d'abondance numérique.

Les Trichoptères, les Coléoptères et les Odonates sont faiblement représentés. Ils ne constituent respectivement que 2.13% ; 0.38% et 0.06% de la faune benthique.

Le peuplement de macroinvertébrés récolté dans l'oued El Hammam et ses affluents est marqué par l'absence totale des Plécoptères. Ce groupe connu par sa forte polluo-sensibilité est inexistant ; ceci laisse supposer au vu de nos prélèvements soit l'existence d'une pollution d'origine organique affectant les eaux de l'oued El Hammam et ses affluents qui est un facteur limitant de vie pour ce groupe ; soit les exigences écologiques de ce groupe (La température, l'oxygène dissous, la végétation bordante et la nature du substrat) sont plutôt en faveur de la seconde hypothèse. En outre les fortes teneurs en calcium et magnésium (dureté) des eaux de l'oued El Hammam et ses affluents peuvent également expliquer l'absence des Plécoptères, qui selon BOUMAIZA (1994) supportent mal les eaux très calcaires.

3.4.2. Analyse qualitative et quantitative de la faune benthique

3.4.2.1. Les Insectes

3.4.2.1.1. Les Ephéméroptères

Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux courantes. D'après THOMAS (1981), elles occupent souvent, dans les principaux biotopes des torrents, des ruisseaux et des rivières, le premier rang des Insectes aquatiques.

11854 individus d'Ephéméroptères appartenant à 4 familles (fig.43b) ont été récolté : Baetidae, Caenidae, Leptophlebiidae et Heptageniidae.

Les Baetidae et les Caenidae sont nettement dominants. Ils constituent la quasitotalité des Ephéméroptères récoltés avec respectivement 72.12% et 27.04%. Les Leptophlebiidae et les Heptageniidae sont, eux, très peu représentés (0.78% et 0.04%).

Les Baetidae et les Caenidae semblent avoir une large valence écologique. Nous avons noté leur abondance dans toutes les stations. Les Leptophlebiidae et les Heptageniidae ne colonisent que les stations amont du réseau hydrographiques, caractérisé par un substrat grossier, un écoulement de l'eau relativement rapide. Ce sont en général, selon THOMAS et DAKKI (1979) et THOMAS (1981), des espèces adaptées à la fixation sur les fonds pierreux et celles susceptibles de s'abriter profondément dans les interstices du substrat.

3.4.2.1.2. Les Diptères

8262 individus de Diptères appartenant à 12 familles ont été récoltés (fig.43c). Ils représentent 33.04% de la faune totale.

Dans ce groupe d'Insectes, les Chironomidae sont largement dominant. Ils constituent 65.78% (5435 individus) du total des Diptères et 21.76 de la faune benthique. Les Simuliidae forment 27.73% (2291) du peuplement, soit 9.17% de la faune totale. Les autres familles de Diptères sont très peu abondante. Elles ne constituent que 6.48% (536 individus) du total de ce groupe.

D'après AIT MOULOUUD (1988) et 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.

L'évolution stationnelle des Diptères montre que les Chironomidae dominent nettement sur le plan numérique (fig.43c). Ils peuvent être relativement abondant 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 : cas des stations HAV (806 individus), WRT (778 individus) et SBM (883 individus). 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.

Les Diptères Simuliidae occupent la seconde place des Diptères sur le plan d'abondance numérique (27.73%). Leur répartition longitudinale est très hétérogène (tableau 27). Ceci peut s'expliquer d'une part, par le développement des formes rhéophiles, adaptés aux courants les plus forts, et d'autre part, aux températures élevées et la présence de matières organiques dans les secteurs de basse altitude : facteurs favorables à la prolifération des stades immatures.

Les autres familles de Diptères, sont très peu représentées par rapport aux Chironomidae et Simuliidae ; elles ne constituent que 6.48% (536 individus) du total de ce groupe d'Insectes.

Les Cératopogonidae avec 119 individus (1.44%), les Psychodidae avec 216 individus (2.61%) et les Tabanidae avec 76 individus (0.92%) sont présents dans toutes les stations du réseau hydrographique étudié. Les autres familles de Diptères ont été notées occasionnellement dans quelques stations seulement.

3.4.2.1.3. Les Hétéroptères

Les Hétéroptères aquatiques se rencontrent en toute saison. Chaque espèce a ses propres exigences écologiques (POISSON, 1957). Ils peuplent divers biotopes des milieux aquatiques : mares, marécages, ruisseaux et rivières. Ils s'observent également sur les rives des cours d'eau.

1744 individus d'Hétéroptères appartenant à 5 familles ont été récoltés dans les cours d'eau étudiés. Ils représentent 6.98% de la faune totale.

Dans ce groupe d'Insectes, les Naucoridae sont nettement dominants. Ils constituent 97.93% (1708 individus) des Hétéroptères (fig.43d). Ils abondent dans la plupart des stations et principalement dans les parties amont du cours d'eau (stations HON, HAL, WRT, SBM, PCF, MGG). Les éléments de cette famille bénéficient non seulement d'une large distribution altitudinale, mais aussi d'une grande capacité de coloniser divers biotopes pollués ou non pollués.

Les autres familles (Veliidae, Gerridae, Notonectidae et Mesoveliidae) sont très peu représentées. Elles totalisent 36 individus (2.06%) des Hétéroptères.

3.4.2.1.4. Les Trichoptères

Les Trichoptères du réseau hydrographique étudié sont peu fréquents et peu abondants. Nous avons récolté 531 individus, soit 2.12% de la faune totale, répartis en 6 familles. Ils sont essentiellement représentés par les Hydropsychidae : 500 individus, soit 94.16% de ce peuplement. Les autres familles (Psychomyiidae, Hydroptilidae, Polycentropodiade, Ecnomiidae et Phryganidae) ne présentent qu'un pourcentage très réduit (5.83%) (fig.43e).

Les taxa rencontrés semblent affectionner principalement les milieux rhéophiles des zones amonts des cours d'eau caractérisés par granulométrie grossière et riche et débris végétaux : cas de stations PCF, SBM, ASS et HAM.

3.4.2.1.5. Les Coléoptères

Les Coléoptères sont les seuls Insectes holométaboles à se présenter à la fois sous la forme imaginale et larvaire dans le milieu aquatique. Ils vivent et colonisent pratiquement tous les biotopes, aussi bien en faciès lotique qu'en faciès lentique.

Dans les cours d'eau étudiés, les Coléoptères sont très peu fréquents et très peu abondants. Leur importance numérique est faible : 94 individus, soit 0.37% du nombre total des individus récoltés. Plusieurs stations en sont dépourvues.

Les Gyrinidae, avec 60 individus constituent plus de 60% des Coléoptères récoltés. Les autres familles (Dytiscidae 12 individus, Haliplidae 13 individus et Elmidae 9 individus) sont très faiblement représentés (fig.43f). La faiblesse de l'échantillonnage rend l'analyse des données difficile.

D'après la littérature, les Coléoptères sont surtout représentés par les Elmidae, les Dryopidae et les Hydrocanthares dont le nombre d'espèces augmente d'amont en aval des cours d'eau. Les Elmidae abondent généralement dans les zones où l'ensoleillement est favorable au développement d'herbiers qu'ils affectionnent. Les pollutions ont un effet négatif sur cette famille (ECHAUBARD et NEVEU, 1975). Les Hydrocanthares sont des eurythermes et polluo-résistants. Les adultes sont de bons nageurs, ils se développent généralement dans les habitats d'eau calme (GIUIDICELLI *et al.*, 1986).

Tableau 27: Répartition de la faune benthique dans les stations étudiées

	Familles	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG	Total	Ar1	Ar2
Ephéméroptères	Baetidae	14	488	270	1239	815	977	129	1092	1433	2013	80	8550	34,23	72,12
	Caenidae	22	22	21	85	986	972	38	85	636	289	50	3206	12,83	27,04
	Leptophlebiidae	0	0	0	0	30	0	4	6	10	43	0	93	0,37	0,78
	Heptageniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	5	0,02	0,04
	Total	36	510	291	1324	1831	1949	171	1183	2079	2350	130	11854	47,45	99,98
Diptères	Chironomidae	85	566	806	157	412	291	778	600	883	303	554	5435	21,76	65,78
	Ceratopogonidae	0	0	3	12	15	22	0	11	0	14	42	119	0,47	1,44
	Psychodidae	84	0	81	18	0	19	0	3	0	3	8	216	0,86	2,61
	Simuliidae	32	106	37	58	509	573	42	87	331	200	316	2291	9,17	27,73
	Tabanidae	0	4	5	3	4	17	8	4	5	4	22	76	0,30	0,92
	Dixidae	0	0	10	15	6	5	0	0	0	0	0	36	0,14	0,44
	Anthomyiidae	0	3	3	0	0	4	0	0	0	0	0	10	0,04	0,12
	Culicidae	0	0	0	4	0	3	0	5	0	6	0	18	0,07	0,22
	Tipulidae	0	0	0	10	20	5	0	3	0	0	0	38	0,15	0,46
	Stratiomyidae	0	0	4	0	5	0	0	0	4	0	0	13	0,05	0,16
	Athericidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0,01	0,04
	Ephydriidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	7	0,02	0,08
	Total	201	679	949	277	971	939	828	716	1223	533	946	8262	33,04	100,00
Hétéroptères	Veliidae	0	0	4	0	0	0	0	0	4	3	0	11	0,04	0,63
	Naucoridae	0	8	0	6	360	505	191	8	205	181	244	1708	6,84	97,94
	Gerridae	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	6	0,02	0,34
	Notonectidae	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	4	15	0,06	0,86
	Mesoveliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4	0,02	0,23

	Familles	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG	Total	Ar1	Ar2
	Total	0	11	4	6	360	508	191	19	213	184	248	1744	6,98	100,00
Trichoptères	Hydropsychidae	0	3	0	139	11	90	4	23	3	227	0	500	2,00	94,16
	Psychomyiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0,01	0,56
	Hydroptilidae	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0,01	0,56
	Polycentropodidae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0,01	0,56
	Ecnomidae	0	0	0	3	3	3	0	0	0	10	0	19	0,08	3,58
	Phryganidae	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0,01	0,56
	Total	0	3	0	145	17	96	4	23	6	237	0	531	2,13	100,00
Coléoptères	Gyrinidae	0	0	0	3	3	0	0	16	9	3	26	60	0,24	63,83
	Dytiscidae	0	0	0	0	0	3	0	4	0	0	5	12	0,05	12,77
	Haliplidae	0	0	5	0	0	4	0	4	0	0	0	13	0,05	13,83
	Elmidae	0	0	0	0	0	6	0	3	0	0	0	9	0,04	9,57
	Total	0	0	5	3	3	13	0	27	9	3	31	94	0,38	100,00
Odonates	Cordullidae	0	0	0	3	0	0	0	0	4	3	0	10	0,04	58,82
	Gomphidae	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0,01	17,65
	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4	0,02	23,53
	Total	0	3	0	3	0	4	0	0	4	3	0	17	0,06807	100,00
Crustacés	Gammaridae	0	0	0	22	0	0	0	330	0	11	0	363	1,45	97,32
	Limnadiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	4	7	0,03	1,88
	Triopsidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0,01	0,80
	Total	0	0	0	22	0	0	0	330	3	11	7	373	1,49	100,00
Mollusques	Valvatidae	0	3	0	0	0	0	0	4	3	0	0	10	0,04	1,04
	Physidae	0	0	10	0	0	3	15	47	48	10	0	133	0,53	13,81

Familles		HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG	Total	Ar1	Ar2
	Bithyniidae	0	4	0	304	4	3	10	190	31	3	11	560	2,24	58,15
	Viviparidae	0	0	0	4	3	0	0	4	3	0	4	18	0,07	1,87
	Lymnaeidae	3	0	0	120	0	0	0	10	3	3	67	206	0,82	21,39
	Planorbidae	5	3	0	3	0	0	0	3	9	4	3	30	0,12	3,12
	Sphaeriidae	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0,01	0,31
	Total	8	10	10	431	10	6	28	258	97	20	85	963	3,86	100,00
Oligochètes	Tubificidae	0	15	12	8	21	20	20	100	16	24	290	526	2,11	46,22
	Enchytraeidae	6	7	77	11	31	64	14	100	6	43	32	391	1,57	34,36
	Lumbriculidae	3	3	20	11	0	27	4	52	9	14	3	146	0,58	12,83
	Haplotaxidae	0	0	3	4	47	3	0	5	3	10	0	75	0,30	6,59
	Total	9	25	112	34	99	114	38	257	34	91	325	1138	4,56	100,00
	Hydracariens*1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	6	0,02	
	Mermithoidea*2	0	0	0	0	4	5	0	4	7	4	0	4	0,10	
	Total	254	1241	1374	2245	9295	8181	1260	2817	3675	5439	1772	24976	100,00	

Ar1: Abondance relative par rapport à la faune totale

Ar2: Abondance relative par rapport au groupe faunistique

*1 ordre

*2 super famille

Chapitre III
Résultats et Discussion

3.4.2.1.6. Les Odonates

Les Odonates sont des Insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques (Anisoptera et Zygoptera). AGUESSE (1968) leur attribue comme habitat les eaux à écoulement lent et fraîches.

Les Odonates sont rares dans nos prélèvements, ils ne constituent que 0.05% (17 individus) de la faune totale (fig.43a) Ils appartiennent à 3 familles : Cordullidae (10individus), Gomphidae (3individus) et Coenagrionidae (4individus) (fig.43g). Ils ont été prélevés près des rives des cours d'eau.

3.4.2.2. Les Crustacés

Nous avons dénombré 373 individus de Crustacés dans les cours d'eau étudiés. Ils représentent 1.49% de la faune totale. Les Crustacés récoltés appartiennent à 3 familles (fig.42c) avec une prédominance des Gammaridae (97.32%) dont l'effectif maximal (330 individus) est récolté à la station ASS, caractérisée par une eau relativement fraîche, un substrat composé de graviers, de sable, de limons et riche en matières organiques, facteurs favorables au développement des éléments de cette famille.

On trouve aussi quelques rares Limnadiidae (7 individus) et Triopsidae (3 individus) dans la zone amont des cours d'eau.

3.4.2.3. Les Mollusques

Les Mollusques sont peu abondants dans les cours d'eau étudiés. Ils sont représentés par 963 individus, soit 3.85% de la faune totale. Ils appartiennent à 8 familles (fig.42e) appartenant à 2 classes:

- classe des Gastéropodes, avec la sous classe des Pulmonés (Physidae, Lymnaeidae et Planorbidae) et la sous classe des Prosobranches (Valvatidae, Hydrobiidae, Bithyniidae et Viviparidae).

- classe des Bivalves avec une seule famille (Sphaeridae).

Les Bithyniidae avec 560 individus sont largement dominants. Ils constituent 58.15% des Mollusques. Les Lymnaeidae forment 21.39% (206 individus) et les Physidae 13.81% (133 individus). Les autres familles de Mollusques sont très peu abondantes 6.64% (64 individus) du total de cet embranchement.

Dans les cours d'eau étudiés, la répartition des Mollusques est très hétérogène. Les Bithyniidae semblent avoir une large valence écologique. Ils sont pour la plupart rhéophiles affectionnant les habitats riches en macrophytes. Les éléments des autres familles sont plutôt limnophiles. Leurs habitats préférentiels sont les fonds et les substrats meubles.

3.4.2.4. Les Oligochètes

Nous avons dénombré 1138 vers dans les cours d'eau étudiés. Ils représentent 4.5% de la faune totale. Ils sont surtout abondants dans les stations MGG (325 individus, soit 28.55%) ASS (257 individus, soit 22.58%) et à un degré moindre dans les stations HAL (114 individus, soit 10.01%), HAV (112 individus, soit 9.84%) et HON (99 individus, soit 8.69%), caractérisées par des fonds meubles riches en matières organiques.

Les Tubificidae avec 526 individus (46.22%) et les Echytraeidae avec 391 individus (34.36%) sont bien représentés le long des cours d'eau étudiés. Ils constituent 80.58% des Oligochètes récoltés. Ils abondent dans les milieux très riches en matières organiques suite à leur résistance à la pollution. Les autres familles sont peu abondantes: Lumbriculidae avec 146 individus (soit 12.83%) et Haplotaxidae avec 75 individus (soit 6.59%) (fig.42d).

3.4.2. 5. Les Hydracariens

Nous avons récolté que 6 individus d'Hydracariens (soit 0.02% de la faune totale) (fig.42a) dans deux stations seulement (HAV, altitude 230m et PCF, altitude 305m) et dans des milieux à fond de galet et de sable et à écoulement de l'eau moyen à rapide.

3.4.2. 6. Les Nématodes

Les Nématodes sont très rares dans nos prélèvements. 24 individus (soit 0.09% de la faune totale) appartenant à la super famille des Mermithoidea ont été récoltés. Plusieurs stations en sont dépourvues (fig.42a).

Les Nématodes sont des vers ronds, plus ou moins allongés, sont des parasites d'Insectes (souvent des larves de Diptères). Ils sont très nombreux en milieux aquatiques, mais pour la grande majorité microscopique, ce qui explique leur rareté dans nos prélèvements.

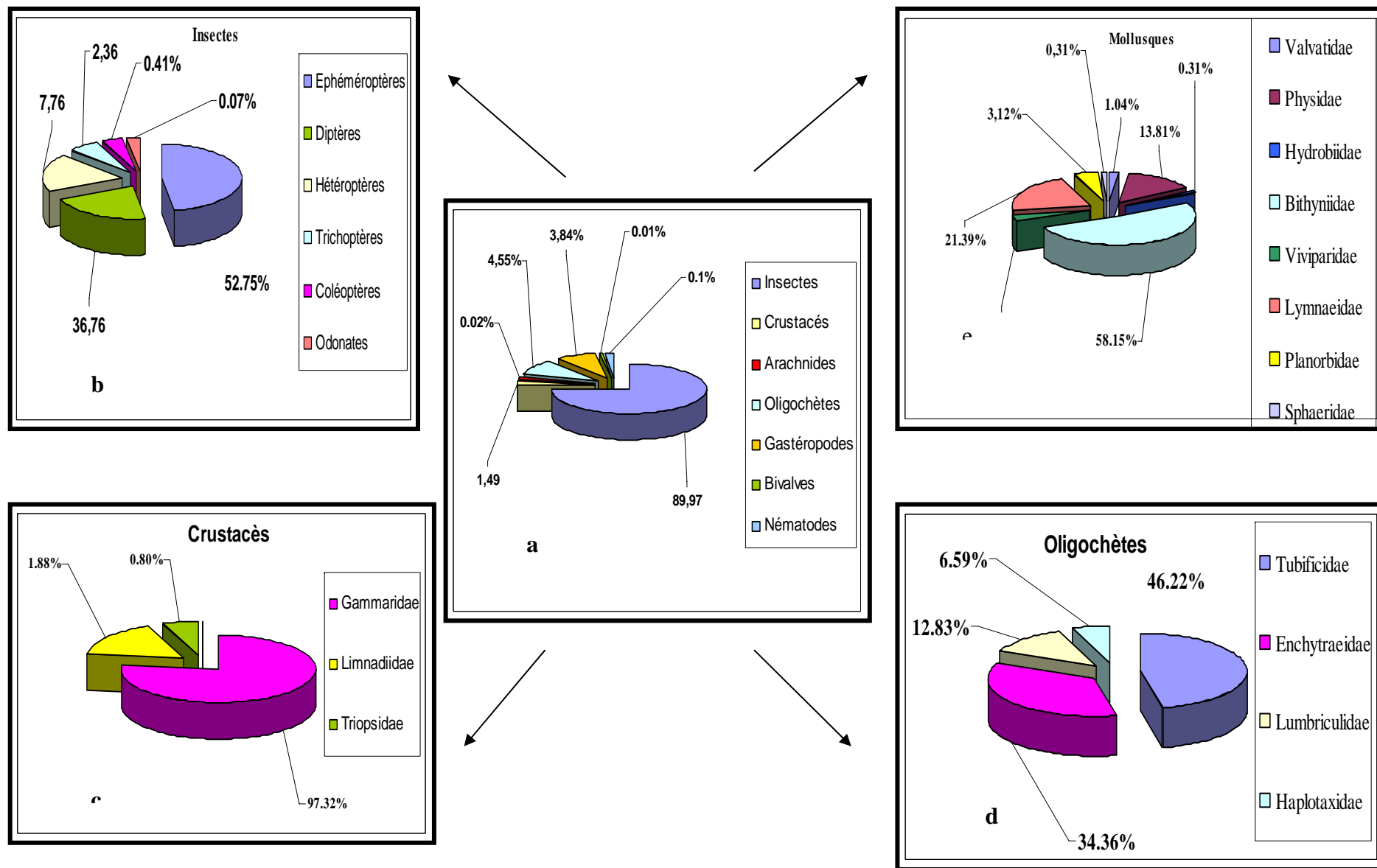


Figure 42 : Abondance relative des macroinvertébrés récoltés à oued El Hammam et ses affluents

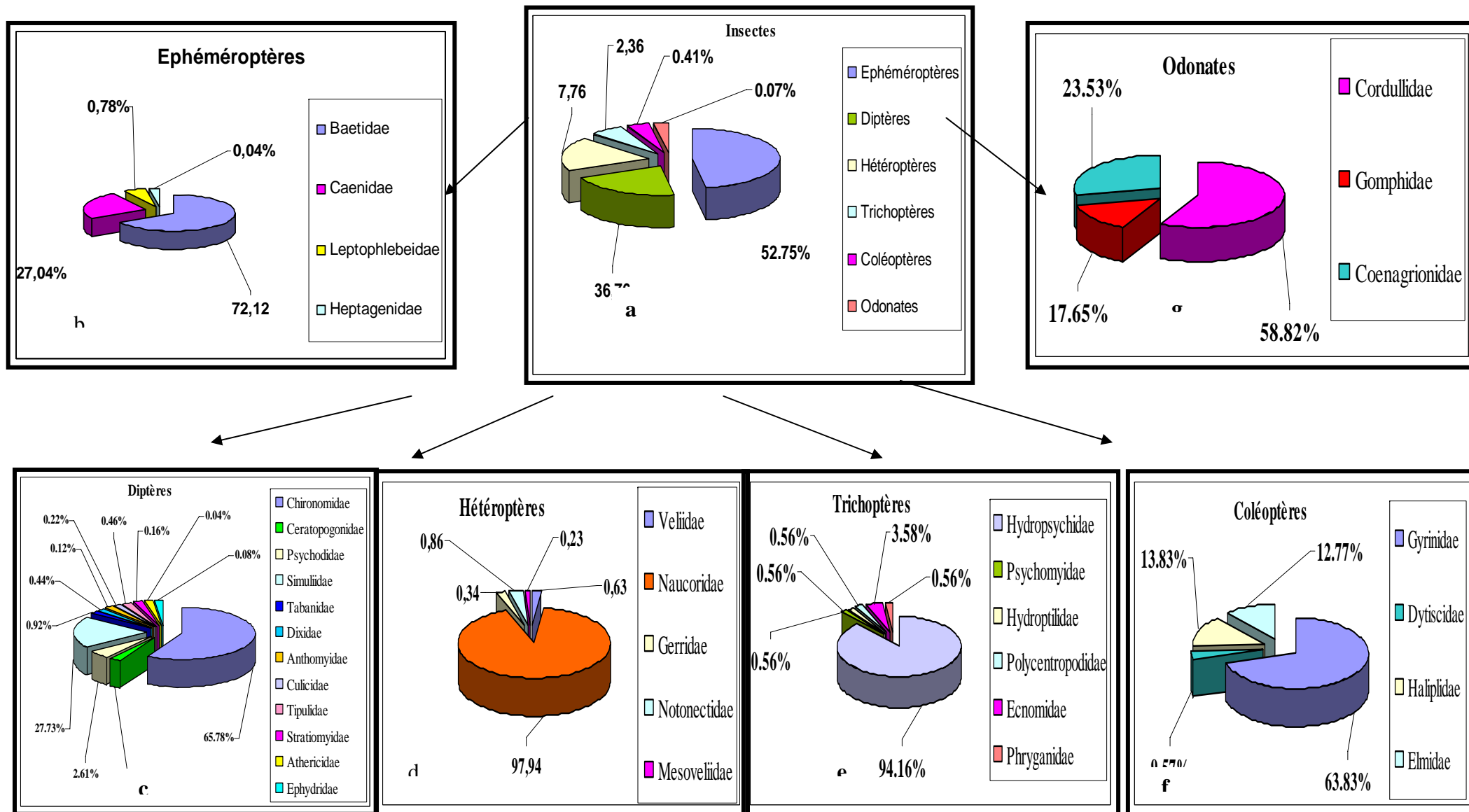


Figure 43 : Abondance relative des différents groupes récoltés

3.4. Etude des peuplements en fonction des paramètres écologiques

3.5.1. Etude de la répartition spatiale des Diptères

Le nombre maximal des Diptères en terme d'individus (tableau 28) a été recensé dans les stations HAL et SBM, caractérisées par un courant rapide à moyen coulant sur un substrat hétérogène à granulométrie grossière, une température de l'eau relativement fraîche (l'ordre de 15°C), une largeur du cours d'eau de 9 à 11m à rives plus ou moins ombragées et à couverture végétale à caractère arborescente.

Tableau 28 : Principaux paramètres écologiques des stations abritant les Diptères :

Alt (m) : altitude des stations

Lar (m) : largeur moyenne du lit mouillé

Nf : nombre de familles

Ni : nombre d'individus

P : la pente à la station

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P : pierres.)

T (°C) : Température moyenne

VC: Vitesse du courant

Stations	Nf	Ni	P	Alt (m)	Lar (m)	VC	T (°C)	Sub
HAC	3	201	0.1	130	10	R	19.40	S.C.
AEK	4	679	0.2	210	15	M	17.83	C.L.
HAV	8	949	0.3	230	14	M	22.01	S.B.P.
HAM	8	249	0.5	240	23	M	18.01	R'.R.P.Gl.S.
HON	7	971	0.4	450	14	M	13.45	L.R.
HAL	9	939	0.6	510	11	M	14.61	L.R
WRT	3	828	1.7	440	20	R	15.61	S.P.L.
ASS	8	716	0.5	410	13	R	17.75	L.C.
SBM	4	1223	0.3	320	10	R	15.36	P.B.
PCF	7	533	0.8	305	13	R	16.46	B.Gl.R.S.
MGG	6	946	0.6	314	3	F	17.73	L.

Les Chironomidae et les Simuliidae sont récoltées dans toutes les stations de différentes altitudes, entre 130m et 510m d'altitude.

Les Diptères fréquentent les eaux fraîches de plaine et de piémont. Le courant y est rapide à moyen, coulant sur un fond à granulométrie grossière.

La distribution des Diptères le long de l'oued El Hammam et ses affluents est influencée par : la température de l'eau, la vitesse du courant et la nature du substrat.

3.5.2. Etude de la répartition spatiale des Hétéroptères Naucoridae

Nous donnerons dans le tableau 29 les principaux paramètres ayant un rôle important dans la distribution des Naucoridae.

Tableau 29 : Principaux paramètres écologiques des stations abritant le peuplement des Naucoridae :

Alt (m) : altitude des stations

Ni : nombre d'individus

P : la pente à la station

PO : pollution organique

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P : pierres.)

Sal : Salinité (‰)

T (°C) : Température moyenne

VC: Vitesse du courant

Stations	Ni	P	Alt (m)	VC	T (°C)	Sub	Sal	PO
AEK	8	0.2	210	M	17.83	C.V.L.	1.41	-
HAM	6	0.5	240	M	18.01	R'.R.P.Gl.S.	0.78	-
HON	360	0.4	440	M	13.45	L.R.	0.81	-
HAL	505	0.6	510	M	14.61	L.R.	0.78	-
WRT	191	1.7	440	R	15.61	S.P.L.	1.01	+ou-
ASS	8	0.5	410	R	17.75	L.C.	0.7	-
SBM	205	0.3	320	R	15.36	P.B.	0.9	-
PCF	181	0.8	305	R	16.46	B.Gl.R.S.	0.9	-
MGG	244	0.6	310	F	17.73	L.	1.56	+ou-

Le nombre d'individus le plus élevé en Hétéroptères Naucoridae a été recensé à HAL avec 505 individus (altitude de 510 m). Le courant y est moyen, coulant sur un fond hétérogène. La température de l'eau est fraîche (14°C).

Les Naucoridae sont absentes dans les stations HAC et HAV. Ces dernières sont caractérisées par une eau relativement chaude varie entre 19 et 22°C ainsi que la présence d'une pollution organique plus ou moins marquée.

Les biotopes les plus pauvres en Naucoridae sont ceux dont la salinité de l'eau est élevée $\geq 1\text{‰}$ et dont la température de l'eau est relativement fraîche d'une moyenne de 17°C (ASS, AEK, HAM).

Les Naucoridae préfèrent les cours d'eau frais (14°C), moyen coulant sur un substratum mixte. Les Naucoridae se répartissent en fonction des facteurs écologiques suivants : la température, la salinité, l'altitude, la vitesse du courant, la nature du substrat et pollution du milieu.

3.5.3. Etude de la répartition spatiale des Trichoptères Hydropsychidae

Les stations HAM et PCF abritent la richesse maximale en Hydropsychidae (Tableau 30). Le courant est rapide à moyen coule sur un sédiment hétérogène mixte à

granulométrie grossière et fine (B.Gl.R.S.R'). Les biotopes marqués par l'absence des Hydropsychidae sont ceux caractérisés par une pollution organique et dont le courant coule sur un fond composé essentiellement de sédiments fins (.L.S.).

Tableau 30: Principaux paramètres écologiques des stations abritant le peuplement des Hydropsychidae:

Alt (m) : altitude des stations

N_i : nombre d'individus

P : la pente à la station

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P : pierres.)

VC: Vitesse du courant

Stations	N _i	P	Alt (m)	Sub.	VC
AEK	3	0.2	210	C..L.	M
HAM	139	0.5	240	R'.R.P.Gl.S	M
HON	11	0.4	450	L.R.	M
HAL	90	0.6	510	L.R.	M
WRT	4	1.7	440	S.P.L.	R
ASS	23	0.5	410	L.C.	R
SBM	3	0.3	320	P.B.	R
PCF	227	0.8	305	B.Gl.R.S.	R

Les Trichoptères Hydropsychidae fréquentent les cours d'eau dont le courant y est rapide à moyen coulant sur un substrat hétérogène à granulométrie à dominance grossière en absence de toute source de pollution. Les Trichoptères sont polluosensibles et ne se développent donc pas dans les milieux affectés par une quelconque perturbation.

3.5.4. Etude de la répartition spatiale des Coléoptères

Afin de montrer les facteurs qui interviennent dans la répartition des Coléoptères dans oued El Hammam et ses affluents, nous donnons dans le tableau 31, les principaux paramètres des stations hébergeant les différents groupes de Coléoptères.

Tableau 31: Principaux paramètres écologiques des stations abritant les Coléoptères :

Alt (m) : altitude des stations

Nf : nombre de familles

Ni : nombre d'individus

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P :pierres.)

VA : Végétation aquatique

VC: Vitesse du courant

stations	Nf	Ni	Gyrinidae	Dytiscidae	Haliplidae	Elmidae	VC	Alt(m)	Sub	VA
HAV	1	5	-	-	5	-	M	230	S.P.B.	-
HAM	1	3	1	-	-	-	M	240	R'.R.P.Gl.S.	-
HON	1	3	1	-	-	-	M	450	L.R.	-
HAL	3	13	-	3	4	6	M	510	L.R	-
ASS	4	27	16	4	4	3	R	410	L.C.	+
SBM	1	9	9	-	-	-	R	320	P.B.	-
PCF	1	3	3	-	-	-	R	305	B.Gl.R.S.	-
MGG	2	31	26	5	-	-	F	310	L.	+

La diversité maximale des Coléoptères aquatiques a été récoltée dans les eaux à courant rapide.

HAL (3 familles) et ASS (4 familles) dont cette dernière présente une densité élevée en terme d'individu avec la station MGG qui sont caractérisées par la présence de végétation aquatique qui sert de nourriture, des eaux coulant sur un substrat à granulométrie fine constituée essentiellement de limon.

Les Coléoptères fréquentent les milieux de plaine comprenant des sections d'eau stagnante et d'eau courante.

3.5.5. Etude de la répartition spatiale des Crustacés Gammaridae Le peuplement des Crustacés est dominé par les Gammaridae, nous donnons dans le tableau 32, les principaux paramètres écologique des stations hébergeant le peuplement des Gammaridae.

Tableau 32 : les principaux paramètres écologiques des stations hébergeant le peuplement des Gammaridae :

Alt (m) : altitude des stations

Ni : nombre d'individus

P : la pente à la station

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P :pierres.)

Sal : Salinité (‰)

T (°C) : Température moyenne

VC: Vitesse du courant.

	N _i	P	Alt (m)	VC	Sub	sal	T (°C)
HAM	22	0.5	240	M	R'.R.P.Gl.S.	1.95	18.01
ASS	330	0.5	410	R	L.C.	0.7	17.75
PCF	11	0.8	305	R	B.Gl.R.S.	0.9	16.46

Un nombre maximal des Gammaridae est récolté à ASS à une altitude de 410m. Les eaux sont relativement fraîches dont la température est de l'ordre de 17°C et la salinité de 0.9‰. Le courant est rapide, coule sur un fond à granulométrie fine avec la présence d'une végétation aquatique qui constitue une source d'alimentation. Les autres stations (HAM, PCF) présentent un nombre faible en Gammaridae qui disparaît dans les autres stations. Les Gammaridae préfèrent les milieux de faible pente à courant rapide à moyen où le substratum est composé d'éléments fins avec également un peu de végétation immergée et un couvert végétal bordant dense à caractère arborescent et dont les eaux sont fraîches et douces (faible salinité). Les températures extrêmes de l'eau réduisent ainsi le spectre de distribution de ce groupe. La répartition des Gammaridae est en fonction des facteurs écologiques suivants : pente, altitude, vitesse du courant, salinité, végétation et température.

3.5.6. Etude de la répartition spatiale des Mollusques

La diversité spécifique la plus élevée est marquée dans les stations ASS et SBM dont les eaux coulant rapidement sur un fond à granulométrie fine, à rive pourvue de végétation arborescente. Les eaux ont une salinité variant de 0.7 et 0.9‰ (Tableau 33).

Tableau 33 : Principaux paramètres écologique des stations abritant le peuplement des Mollusques:

Alt (m) : altitude des stations

Nf : nombre de familles

Ni : nombre d'individus

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P :pierres.)

Sal : Salinité (‰)

T (°C) : Température moyenne

VB : Végétation bordante (arb : arbres, arbs : arbustes, herb : herbe).

VC: Vitesse du courant

Stations	Nf	Ni	Alt(m)	VC	VB	Sub	Sal	T (°C)
HAC	3	12	130	R	Arb, arbs	S.C.	1.82	19.4
AEK	3	10	210	M	Arb, arbs	C.L.	1.41	17.83
HAV	1	10	230	M	arbs	S.B.P.	1.25	22.01
HAM	4	431	240	M	Arbs dense	R'.R.P.Gl.S.	1.95	18.01
HON	3	10	450	M	Arb, arbs, herb	L.R.	0.81	13.45
HAL	2	6	510	M	arbs	L.R.	0.78	14.61
WRT	3	28	440	R	Arb, arbs	S.P.	1.01	15.61
ASS	6	258	410	R	Arb, arbs, herb	L.C.	0.7	17.75
SBM	6	97	320	R	Arb, arbs, herb	P.B.	0.9	15.36
PCF	4	20	305	R	Arb, arbs,	B.Gl.R.S.	0.9	16.46
MGG	4	85	310	F	Arb, arbs,	L.	1.56	17.73

La distribution des Mollusques est sous la dépendance des facteurs tels que la végétation bordante, la salinité, le courant et la granulométrie du substrat : les Gastéropodes en particulier broutent les plantes et sont caractéristiques des eaux calcaires (coquille à base de calcaire).

3.6. Etude du peuplement des Ephéméroptères

En raison de leur présence avec un grand effectif dans toutes les stations étudiées ainsi que leur détermination poussée (jusqu'à l'espèce), nous avons procédé à une analyse approfondie de cet ordre.

De plus les Ephéméroptères présentent une grande valeur pour la caractérisation des biotopes d'eau courante et des zones écologiques.

3.6.1. Données faunistiques

Les Ephéméroptères d'Afrique du Nord en général et d'Algérie en particulier ont déjà fait l'objet d'un nombre assez élevé de travaux. Des données fragmentaires ont été établies depuis la fin de XIX siècle. EATON (1899) fut l'auteur de la première liste de 11 espèces. LESTAGE (1925) et GAUTHIER (1928) ont dressé une liste de 18 taxa pour l'Afrique du Nord. VAILLANT (1955) décrit une espèce de Heptageniidae (*Ecdyonurus rothschildi*) et de Caenidae (*Caenis hoggariensis*).

Des recherches hydrobiologiques ont été entreprises au cours des deux dernières décennies:

- Au Maroc, par DAKKI et GIUDICELLI (1980), DAKKI et EL AGBANI (1983), SOLDAN et THOMAS (1983), THOMAS et MOHATI (1985), DAKKI et THOMAS (1986), THOMAS et BOUZIDI (1986), THOMAS *et al.* (1987), BOUZIDI et GIUDICELLI (1994), BERRAHOU *et al.* (2001) et TOUBAY *et al.* (2002). Ces travaux ont permis de dresser une liste de 39 espèces dont 5 sont endémiques du Haut Atlas: *Baetis berberum*, *Rhithrogena giudecelliorum*, *Rh. Ourika*, *Habroleptoides assaefa* et *Habrophlebia vaillantorum*;

- En Tunisie, où le benthos lotique est dans son ensemble fort mal connu, les données se réduisent aux travaux de BOUMAIZA et THOMAS (1986) et de BOUMAIZA et THOMAS (1995). Ainsi une liste totale de 22 espèces a pu être établie;

- En Algérie, de nouvelles investigations sont venues pallier le manque de données concernant ce groupe d'Insectes. SOLDAN et THOMAS (1983) décrivent *Baetis muticus*. LOUNACI (1987) et AIT-MOULOUD (1988), dans leur travaux sur les cours d'eau du bassin de l'oued Aissi recensent 16 taxa. Dans l'ouest algérien, GAGNEUR et THOMAS (1988) dressent une liste de 15 espèces (Baetidae exclus).

THOMAS et LOUNACI (1989) décrivent les stades ailés de *Baetis punicus* et confirment son appartenance au groupe alpinus. ARAB (1989), dans son travail sur les cours d'eau de la Chiffa, dénombre 16 taxa. LOUNACI-DAOUDI (1996), dans le réseau hydrographique du Sébaou a inventorié 17 espèces. THOMAS (1998), sur la base de la littérature, a dressé une liste provisoire des Ephéméroptères connus d'Afrique du nord et dénombre 69 espèces et 3 sous espèces: 41 taxa ont été cités du Maroc, 50 dont 3 sous espèces d'Algérie et 29 de Tunisie. LOUNACI *et al.* (2000_a), dans leurs travaux sur la Kabylie du Djurdjura, dénombrent 23 espèces réparties en 12 genres et 6 familles. MEBARKI (2001), dans les cours d'eau du Djurdjura, dénombre 21 taxa. ARAB (2004), dans le Chélif et le Mazafran a inventorié 21 espèces et LOUNACI (2005) dénombre 22 espèces dans les cours d'eau de la Kabylie.

Ce présent travail a pour but de contribuer à la connaissance de ce groupe d'Insectes. La prospection des cours d'eau de l'oued El Hammam a permis de recenser 10 espèces réparties en 7 genres et 4 familles (tableau 34).

Tableau 34: Distribution et abondance des Ephémères dans les stations d'étude

Ni: nombre d'individus, Ar: Abondance relative, Or: Occurrence relative.

	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG	Ni	Ar	Or
<i>Baetis pavidus</i>	14	487	270	910	389	517	97	560	1100	1700	82	6026	31.96	100
<i>Baetis rhodani</i>	-	-	-	211	232	350	27	411	227	393	-	1911	10.14	63.63
<i>Baetis</i> sp.	-	-	-	18	68	6	5	16	4	77	-	194	1.03	63.63
<i>Cloeon dipterium</i>	-	-	-	-	18	-	-	2	41	-	3	64	0.34	36.36
<i>Centroptilum</i> sp.	-	-	-	-	8	4	-	-	-	343	-	355	1.88	27.27
<i>Caenis luctuosa</i>	22	20	19	75	967	943	38	85	631	279	50	3129	53.72	100
<i>Caenis</i> sp.	-	2	2	10	19	29	-	-	5	10	-	77	0.41	63.63
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	5	0.03	9.09
<i>Leptophlebia</i> sp.	-	-	-	-	6	-	4	5	8	42	-	65	0.34	45.45
<i>Choroterpes atlas</i>	-	-	-	-	24	-	-	1	2	1	-	28	0.15	36.36
Ni	36	509	291	1224	7728	1849	171	1180	1918	3845	135	11854		
Totaux	2	3	3	5	9	6	5	7	8	8	3			

La répartition des Ephéméroptères le long du réseau hydrographique étudié met en évidence l'importance des éléments de ce groupe dans les zones moyennes des cours d'eau (fig.44).

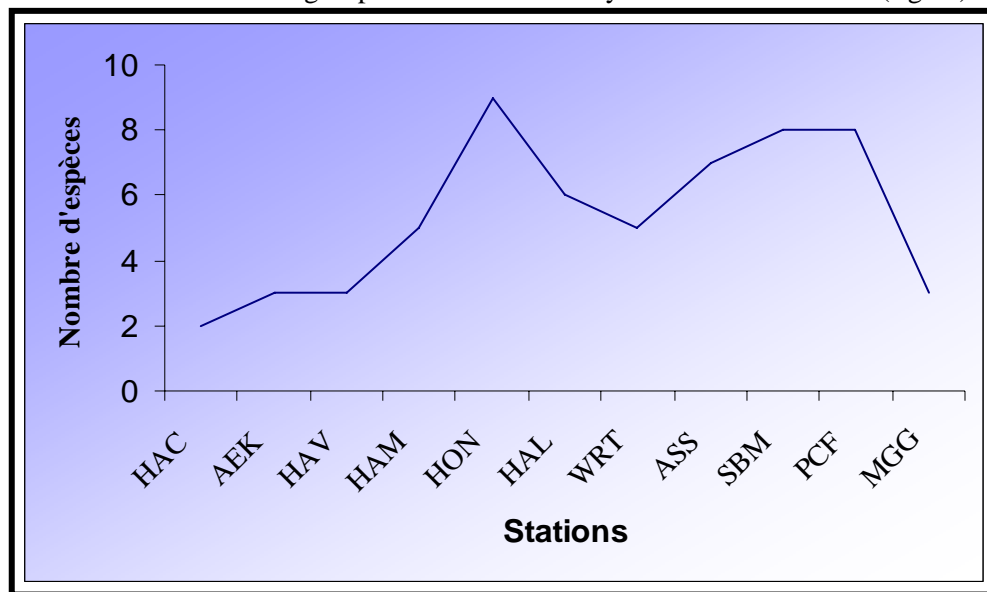


Figure 44: Distribution des Ephéméroptères dans les stations d'études

L'évolution du peuplement des stations des sources à la station la plus en aval, montre que la richesse spécifique maximale est obtenue dans les stations HON (450m d'altitude), SBM (320m d'altitude) et PCF (305m d'altitude) avec respectivement 9, 8 et 8 espèces. Elle est moyenne dans les stations HAL, WRT et ASS, avec respectivement 6, 5 et 7 espèces. Ces nombres diminuent dans les stations des parties inférieures des cours d'eau. Cette baisse du nombre du taxa est liée vraisemblablement à la nature contraignante du milieu (homogénéité du substrat réduisant le nombre de niches écologiques) et à l'impact des rejets urbains (altération des milieux aquatiques) limitant ainsi le développement des espèces lotiques, cas des stations HAC, AEK, HAV MGG.

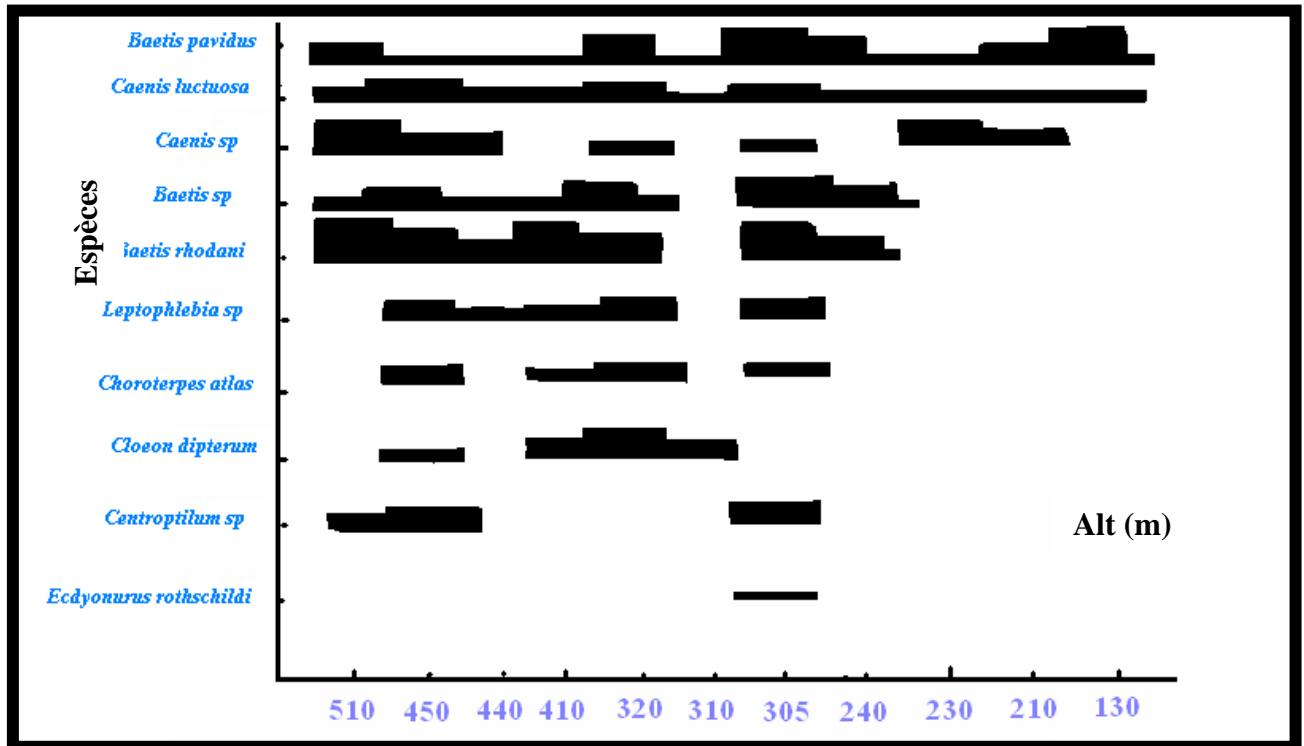
3.6.1.1. Limites altitudinales des espèces

Pour mieux visualiser la distribution des Ephéméroptères le long des cours d'eau, nous avons représenté la distribution spatiale qui nous renseigne sur la répartition altitudinale dans le réseau hydrographique de l'oued El Hammam. Cette distribution donne en même temps un aperçu de la densité des populations.

L'examen de la figure 45 fait ressortir 3 groupements d'espèces:

- Le premier composé d'espèces eurythermes fréquentes et abondantes. Elles sont à grande amplitude écologiques. Elles colonisent toutes les stations depuis les ruisseaux de moyenne montagne jusqu'au cours d'eau de basse altitude: *Baetis pavidus*, *Caenis luctuosa* et *Caenis* sp.
- Le second groupement comprend les espèces des cours d'eau à courant rapide à modéré. Ce sont en général, des formes eurythermes, mais ont tendance à remonter en altitude, fuyant les perturbations des zones aval et les élévations excessives de températures. Il s'agit de *Baetis rhodani*, *Baetis* sp, *Leptophlebia* sp, *Choroterpes atlas*, *Cloeon dipterum* et *Centroptilum* sp.
- Le troisième groupe, composé d'une seule espèce *Ecdyonurus rothschildi*, inféodé au cours d'eau de piémont: station PCF (305m d'altitude) caractérisée par un substrat grossier, un écoulement de l'eau rapide et une ripisylve assez dense.

D'après la littérature, cet élément est à faible valence écologique. Il se développe aussi bien dans les biotopes de moyenne montagne que ceux de piémont où les températures peuvent atteindre 30°C.



■ Espèces abondantes ■ Espèces assez abondantes ■ Espèces peu abondantes

Figure 45 : Distribution des Ephéméroptères dans le cours d'eau oued El Hammam et ses affluents (limites altitudinales et abondance des espèces).

3.6.1.2. Abondance, fréquence et richesse spécifique

Les Ephéméroptères constituent un groupe très diversifié colonisant tous les types de milieux d'eau courante et stagnante. Ils vivent sur les substrats à fond hétérogène. Certaines espèces préfèrent des lieux privilégiés où elles sont abondantes, par fois leur nombre est réduit soit, suite aux altérations, soit à cause des conditions écologiques particulières du milieu fréquenté.

Les densités maximales sont enregistrées aussi bien dans les stations de piémont que de plaine. Toute fois, il n'existe pas de variation d'abondance selon un gradient altitudinale dans les cours d'eau prospectés. Par contre d'autres facteurs physiques favorisent la prolifération des Ephéméroptères notamment le substrat (granulométrie et composition) et la vitesse du courant.

La prospection des 11 stations nous a permis de récolter un total de 11854 individus (tableau 34). *Caenis luctuosa* (3129 individus), *Baetis pavidus* (6026 individus) et *Baetis rhodani* (1911 individus) sont les plus abondantes : 11066 spicimens, soit 93.35% de la totalité des Ephéméroptères récoltés. Elles sont très occurrentes et à large valence écologique: eurytopes et eurythermes. Elles colonisent tous les types d'habitats indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

Les cours d'eau prospectés hébergent également d'autres espèces en quantité relativement importante. Elles peuvent être qualifiées d'espèces assez fréquentes et assez abondantes: *Baetis sp.* (194 individus) et *Centroptilum sp.* (355 individus).

Ce sont en général des espèces à populations plus ou moins denses. Elles sont plus ou moins eurythermes colonisant les milieux de moyenne montagne et de piémont. A ce groupe, nous pouvons annexé *Caenis* sp (77 individus), *Cloeon dipterum* (64 individus), *Leptophlebia* sp (65 individus) et *Choroterpes atlas* (28 individus), espèces moins abondantes et moins occurrentes que les précédentes.

Espèce rare et très peu abondante *Ecdyonurus rothschildi*. Elle est récoltée dans une seule station du réseau hydrographique étudié.

Le tableau 34, nous a permis de classer les espèces recensées comme suit (fig. 46) :

Espèces les plus fréquentes : *Caenis luctuosa* et *Baetis pavidus* (Cf=100%)

Espèces assez fréquentes : *Caenis* sp, *Baetis rhodani* et *Baetis* sp (63.63).

Espèces peu fréquentes : *Cloeon dipterum* (36.36), *Centroptilum* sp (27.27), *Leptophlebia* sp (45.45), *C.atlas* (36.36).

Espèces rares : *E.rothschildi* (9.09).

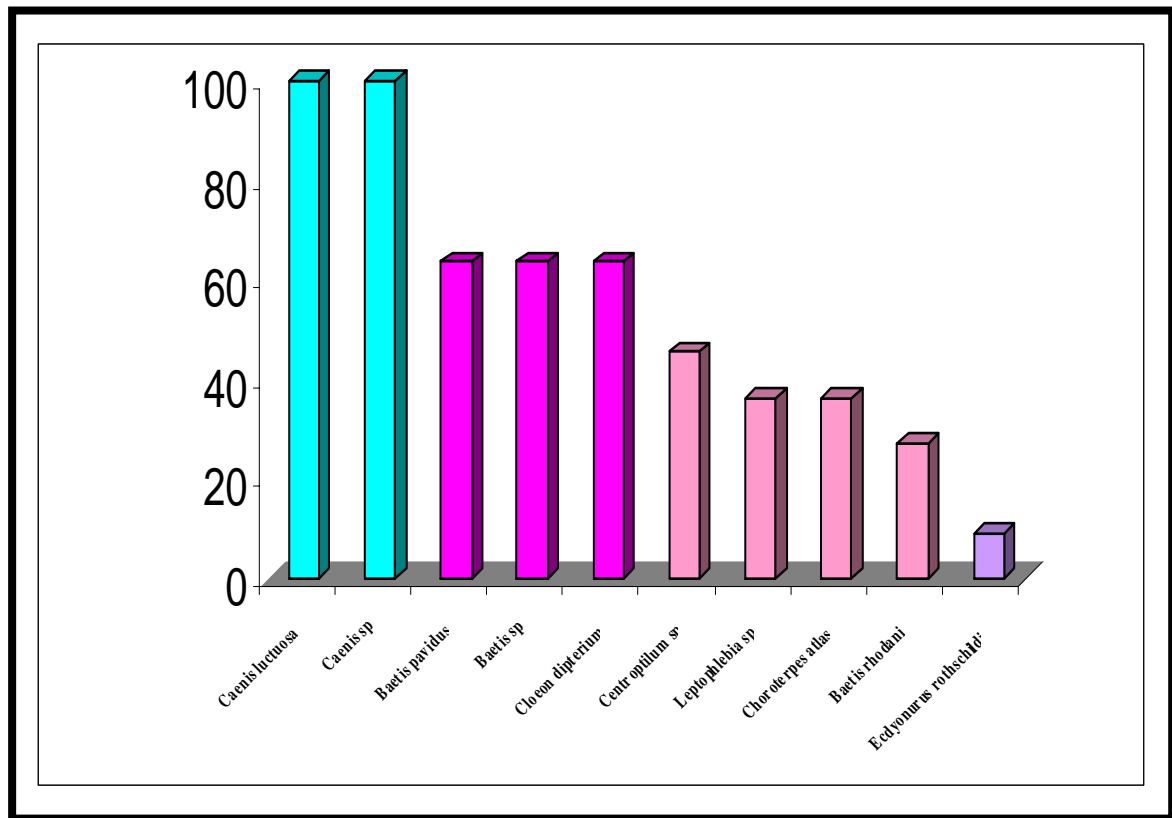


Figure 46 : Fréquence des Epheméroptères dans les stations étudiées

Le peuplement faunistique des Epheméroptères de l'oued El Hammam est peu diversifié. La richesse spécifique est plus élevée dans les sections d'eau à courant rapide coulant sur un fond à substrat hétérogène et à température maximale ne dépassant pas 22°C.

La richesse taxonomique la plus élevée est observée dans l'oued Hounet et l'oued Ouizert: 9 espèces à la station HON, 8 espèces aux stations SBM et PCF. Dans les autres stations des mêmes cours d'eau, elle varie entre 5 et 7 espèces. Cette richesse diminue

fortement dans les stations de l'oued El Hammam et de l'oued Melghigh, elle varie entre 2 et 3 espèces.

Cette baisse de diversité pourrait être liée, d'une part aux conditions morphodynamiques et environnementales telle que l'élévation de la température qui constitue un facteur limitant de développement d'un certain nombre d'espèces, la nature du substrat représenté par des éléments fins, et d'autre part par la pollution organique plus ou moins marquée dans ces stations.

Ce sont en fait des milieux de moyenne altitude et de piémont caractérisées par un courant modéré, des températures estivales peu élevées et une faible action anthropique qui sont les plus diversifiés. La grande diversité d'habitats de ces milieux permet le développement d'une communauté riche et variée.

3.6.2. Facteurs de répartition des Ephéméroptères

La majorité des larves d'Ephéméroptères manifestent une propension marquée pour les eaux courantes. La structure du cours d'eau présente une diversité remarquable d'habitats que les Ephémères exploitent grâce à des adaptations morphologiques et comportementales (HEFTI *et al.*, 1985). Les Ephéméroptères constituent un groupe très diversifié à la fois sur le plan distribution (eau courante, eau stagnante), relation avec le substrat (fouisseurs, rampants et nageurs) et alimentation (broyeurs détritivores, racleurs de substrat, filtreurs prédateurs) (TACHET *et al.*, 2000).

L'analyse de la figure 47, qui illustre le classement des stations prospectées par ordre décroissant de la richesse spécifique montre le groupement de certaines d'entre elles et permet de mettre en évidence les principaux facteurs écologiques intervenant dans la répartition des Ephémères notamment : les cycles thermiques, la nature du substrat, la couverture végétale et la vitesse du courant.

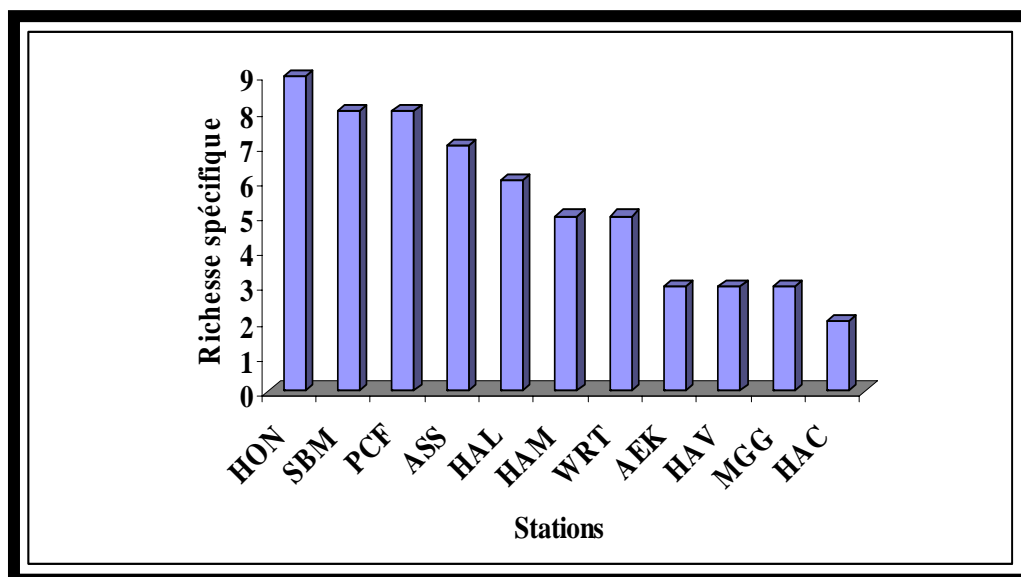


Figure 47 : Evolution spatiale de la richesse spécifique

Les Ephéméroptères recensés ont été récoltés dans toutes les stations de différentes altitudes. Seules les Heptageniidae représentées par *Ecdyonurus rothschildi* ont été

prélevés dans la station PCF à 305m d'altitude. Les autres sont répartis entre 130 et 510m donc l'altitude ne constitue pas un facteur discriminatoire. Les différents genres (*Caenis*, *Baetis*, *Centroptilum*, *Choroterpes*, *Leptophlebia*,...) appartenant à ce groupe d'Insectes, fréquentent les cours d'eau de piémont et de plaine dont la largeur du lit varie entre 3m et 23m et les parcours sont parfois très pentus (pente $\geq 60\%$ (tableau 48). Les cours d'eau coulant sur un substrat à granulométrie hétérogène à dominance grossière (C, S, L, B, Gl, R), bordés d'une couverture végétale dense et diversifiée.

Les Heptageniidae sont récoltés que dans la station PCF à 305m d'altitude dont la largeur du lit est moyenne, elle est de 13m. le courant y est rapide et coule sur un fond à granulométrie grossière (B, Gl, R, S).

Les densités maximales se rencontrent sur les substrats à granulométrie grossière. La vitesse du cours d'eau est rapide à moyenne (HON, SBM, PCF) dont la salinité des eaux est de l'ordre de 0.9‰ dans une intervalle de température de 8 et 22°C . Le substratum à granulométrie hétérogène (grossière et fine) présente une diversité plus ou moins élevée qui diminue dans les eaux coulant sur un sédiment fin (HAC, MGG).

La richesse spécifique des Ephéméroptères évolue en fonction des facteurs écologiques suivants : la granulométrie des substrats, la densité du couvert végétal, la vitesse du courant et la température.

Tableau 35 : Principaux paramètres écologiques des stations abritant le peuplement des Ephéméroptères

Alt (m) : altitude des stations

Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$) : conductivité de l'eau

Lar (m) : largeur moyenne du lit mouillé

Ne : nombre d'espèces

Ni : nombre d'individus

P : la pente à la station

Sub : Substrat (C : cailloux, L : limon, R' : rochet, R : roche, Gl : galets, S : sable, B : bloc, P : pierres.)

Sal : Salinité (‰)

Tmin ($^{\circ}\text{C}$) et Tmax ($^{\circ}\text{C}$) : Température minimales et maximales des eaux des stations,

VA : Végétation aquatique

VB : Végétation bordante (arb : arbres, arbs : arbustes, herb : herbe).

VC: Vitesse du courant.

	Ne	Ni	P	Alt (m)	VB	VA	VC	Sub	Tmin ($^{\circ}\text{C}$)	Tmax ($^{\circ}\text{C}$)	pH	Cond ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Sal (‰)	O ₂ (mg/l)	Larg (m)
HAC	2	36	0.35	130	Arb, arbs	-	R	S.C.	13.7	25.9	8.46	3552	1.82	10.5	10
AEK	3	509	0.1	210	Arb, arbs	-	M	C.L.	13.1	24.3	8.41	2845.5	1.41	7.28	15
HAV	3	291	0.7	230	Arb	-	M	S.B.P.	17.7	27.5	7.57	2823.33	1.25	4.08	14
HAM	5	1224	0.5	240	Arbs dense	-	M	R'.R.P.Gl.S.	13.5	24	8.03	3853.33	1.95	7.23	23
HON	9	1728	0.4	450	Arb, arbs, herb	-	M	L.R.	8.1	20.2	8.09	1904.83	0.81	6.67	14
HAL	6	1849	0.6	510	Arb, arbs	-	M	L.R.	7.3	27.2	8.25	1829	0.78	6.31	11
WRT	5	171	1.7	440	Arb, arbs	-	R	S.P.	8.8	27.7	8.3	2236.66	1.01	7.7	20
ASS	7	1080	0.5	410	Arb, arbs, herb	+	R	L.C.	15	21.2	7.92	1372.16	0.7	5.4	13
SBM	8	1918	1	320	Arb, arbs, herb	-	R	P.B.	8.5	21.7	8.01	2042.16	0.9	5.75	10
PCF	9	2845	0.8	305	Arb, arbs	-	R	B.Gl.R.S.	11.2	21.9	8.2	2066	0.9	5.99	13
MGG	3	135	0.6	310	Arb, arbs	+	F	L.	14.9	20.3	7.41	3544	1.56	6.97	3

3.6.3. Autoécologie des espèces

a. Famille des Baetidae

Parmi les Ephéméroptères, la famille des Baetidae avec 5 espèces est la plus diversifiée dont Baetis constitue le genre dominant avec 3 taxa. Les représentants de cette famille sont le plus souvent des formes d'eau courantes, leurs larves sont assez abondantes dans la majorité des cours d'eau prospectés.

***Baetis pavidus* GRANDI, 1949**

B. pavidus est connue d'Italie, du sud de la France, de la péninsule Ibérique, du Maroc, d'Algérie et de la Tunisie. Sa répartition géographique semble se limiter au pourtour ouest de la Méditerranée.

C'est une espèce très répandue dans tout le territoire marocain, elle est signalée entre 190 et 1800m d'altitude par DAKKI (1979). Elle fréquente les cours d'eau de la partie septentrionale depuis le Rif jusqu'au sud de l'Atlas, en particulier dans les eaux chaudes (températures comprises entre 20 et 30°C) et elle disparaît dans les eaux fraîches (températures entre 8 et 14°C), des sources et de leurs émissaires.

En Tunisie, c'est l'espèce la plus fréquente et la plus abondante (BOUMAIZA et THOMAS, 1995).

En Algérie, elle est citée pour la première fois par SOLDAN et THOMAS (1983). LOUNACI (1987), AIT-MOULOUD (1987) dans l'oued Aissi; LOUNACI-DAOUDI (1996) dans l'oued Sébaou l'ont situé dans la même tranche altitudinale (120 à 450m). Ils indiquent que le développement de cette espèce est vraisemblablement lié aux températures élevées et à la présence de détritiques organiques. MEBARKI (2001), la qualifie d'espèce thermophile, affectionnant les cours d'eau à courant moyen à lent; il l'a récolté dans les stations de piémont et surtout de plaine entre 40 et 200m d'altitude avec des effectifs très importants. Il signale aussi qu'elle existe dans le Djurdjura en haute altitude (1460m) mais avec de faibles densités.

Eurytherme, ce taxon présente une large répartition altitudinale. Il colonise toutes les stations prospectées, en altitude et en plaine aussi bien dans les zones des cours d'eau rapide que les sections à courant faible. Eurytope, nous l'avons récolté dans tous les types de biotopes indépendamment de la nature du substrat et de la vitesse du courant.

***Baetis rhodani* (PICTET, 1845)**

Baetis rhodani est une espèce bien connue de la région sud paléarctique. Elle est citée d'Algérie par LOUNACI (1987), AIT-MOULOUD (1988), GAGNEUR et CHAOUJ-BOUDGHANE (1991), LOUNACI-DAOUDI (1996), MEBARKI (2001) et ARAB (2004).

Dans les Pyrénées, l'espèce type *Baetis rhodani* a été récolté entre 450 et 1900m d'altitude dans différents habitats et dans une gamme de température de 10 à 20°C (VINÇON, 1987).

SOWA (1975) in GIUDICELLI et DIA (1986) a noté le caractère eurytope de *Baetis rhodani*. VERNEAUX (1973) a souligné ainsi sa résistance à la pollution, précisant que les dépôts organiques fins à la base des mousses ou algues favorisent le développement de ces populations.

Au Maroc, *Baetis rhodani* se rencontre dans les parties supérieures de presque tous les cours d'eau, et disparaît des eaux les plus chaudes (DAKKI et EL AGBANI, 1983 ; EL AGBANI *et al.*, 1992 ; BOUZIDI et GIUDICELLI, 1994).

En Kabylie, cet élément est l'Ephéméroptère le plus abondant et le plus fréquent des cours d'eau. D'après LOUNACI-DAOUDI (1996), LOUNACI *et al.* (2000_b) et MEBARKI (2001), cet élément présente une large répartition altitudinale. Il est récolté en altitude et en plaine aussi bien dans les secteurs des cours d'eau rapide que dans les secteurs à courant faible. Il colonise tous les types de biotopes indépendamment du substrat et de la vitesse du courant.

Dans le réseau hydrographique étudié, cette espèce, très fréquente et très abondante, est récoltée dans toutes les stations prospectées. Elle est vraisemblablement eurytope et eurytherme.

Baetis sp.

Baetis sp est différent des taxa précédents. Rhéophile, il montre une préférence pour les eaux relativement fraîches de piémont. Il a été récolté dans 7 stations, dans des biotopes à courant rapide à modéré et à substrat composé d'éléments à granulométrie grossière:cas des stations HON et PCF.

Centroptilum sp.

Ce taxon est récolté dans les stations entre 300 et 510m d'altitude (HON, HAL et PCF). Il ne peut faire l'objet d'analyse écologique à cause des difficultés de systématique. Son identification précise ne sera possible qu'après la capture de l'imago mâle. Ces abondances maximales sont observées à la station PCF (305m d'altitude) dans un milieu à substrat pierreux, à courant rapide à moyen et à eau relativement fraîche.

***Cloeon dipterum* (LINNE, 1971)**

Cette espèce a fait l'objet de plusieurs citations d'Algérie: EATON (1899) ; LESTAGE (1925) ; GAUTHIER (1928) ; GAGNEUR et CHAOUI-BOUDGHANE (1991) ; LOUNACI-DAOUDI (1996) ; LOUNACI *et al.* (2000_a) MEBARKI (2001) et ARAB (2004). Elle est également connue du Maroc (EL AGBANI *et al.*, 1992), de Tunisie (KRAIEM, 1986,1987) et de toute l'Europe.

En Afrique du Nord, il est très répandu au Maroc où il abonde dans les habitats à des eaux calmes (DAKKI et EL AGBANI, 1983), et apparaît plus rare en Algérie et en Tunisie (LOUNACI *et al.* (2000_b).

Dans les cours d'eau prospectés, *Cloeon dipterum* apparaît comme peu abondant et peu fréquent. Nous avons noté sa présence dans 4 stations caractérisées par des vitesses du courant rapides à modérées et un fond pierreux à dominance de sable.

b. Famille des Caenidae

La famille des caenidae est représentée par deux espèces dont l'espèce *Caenis luctuosa* et *Caenis sp.* Ce sont des formes rampantes, recherchant les fonds à granulométrie fine et les eaux relativement calmes.

***Caenis luctuosa* (BURMEISTER, 1839)**

Caenis luctuosa est un élément largement répandu en Afrique du Nord. Sa répartition géographique semble se limiter au pourtour du bassin méditerranéen.

Au Maroc, DAKKI et EL AGBANI (1983) ont montré que *Caenis luctuosa* est très fréquente aussi bien en eau courante qu'en eau stagnante, entre 0 et 200m d'altitude, alors qu'en Europe, les Caenidae sont préférentiellement inféodées aux eaux chaudes.

BOUZIDI (1989) qualifie cette espèce de thermophile. THOMAS et SARTORI (1989) la signalent, entre 1300 et 2400m d'altitude, de la Péninsule Ibérique.

Caenis luctuosa est une espèce fréquente dans les eaux fortement minéralisées à fortes variations thermiques de la Tafna (GAGNEUR et THOMAS, 1988). En outre tous les auteurs LOUNACI (1987) ; AIT-MOULOUD (1988) ; LOUNACI-DAOUDI (1996) ; s'accordent à dire que *Caenis luctuosa* est eurytherme et qu'elle est inféodée aux cours d'eau moyen et inférieur de la Kabylie dont l'altitude est inférieure à 420m. MEBARKI (2001) note sa large répartition dans les réseaux hydrographiques du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni entre 40 et 1580m d'altitude. Elle se rencontre dans tous les types de faciès avec préférence pour les zones lénitiques des cours d'eau à courant rapide.

Dans le réseau hydrographique étudié, *Caenis luctuosa* est récoltée entre 130 et 510m d'altitude. Son abondance maximale est observée dans la station HON à 450m d'altitude caractérisée par un lit large (14m), une hauteur d'eau de l'ordre de 30cm et par des eaux à température élevées (T° max 20°C), à courant rapide à modéré coulant sur un fond rocheux riche en matière organique.

***Caenis* sp.**

Ce taxon est récolté avec de faibles effectifs, dans 7 stations entre 210 et 510m d'altitude, en compagnie de *Caenis luctuosa* dans 7 stations. Il se rencontre dans tous les types de faciès des cours d'eau à courant rapide à moyen.

La capture d'adultes est plus que nécessaire afin de pouvoir préciser son statut taxonomique et étudier son écologie.

c. Famille des Heptageniidae

La famille des Heptageniidae n'est représentée ici que par le genre *Ecdyonurus*

***Ecdyonurus rothschildi* NAVAS, 1929**

Espèce endémique d'Afrique du Nord, elle est décrite de la région de Biskra par NAVAS (1929), puis redécrite par THOMAS et DAKKI (1979) à partir de récoltes provenant du Haut-Sebou (Moyen-Atlas).

Cette espèce présente une large distribution au Maroc et occupe presque tous les cours d'eau de plaine et de piémont et peut remonter jusqu'à 1500m d'altitude dans les oueds où les températures estivales dépassent 20°C (DAKKI et EL AGBANI, 1983).

En Algérie, MEBARKI (2001), l'a récolté entre 420 et 1470m d'altitude. Il signale que cette espèce est rhéophile et affectionne les milieux à eau relativement froide et à écoulement rapide. Les larves sont rhithrobiontes. Elles abondent les biotopes pierreux entre 600 et 1500m d'altitude.

Ecdyonurus rothschildi est une espèce très localisée dans les cours d'eau étudiés. Nous avons observé 5 individus dans une seule station PCF à 305m d'altitude. Elle est caractérisée par un lit large (13m), une hauteur d'eau de l'ordre de 30cm et par des eaux à température maximale (22°C) à courant rapide, coulant sur un fond à granulométrie hétérogène composé de blocs, de galets, de roches et de sable.

d. Famille des Leptophlebiidae

La Famille des Leptophlebiidae est représentée par deux genres *Choroterpes* et *Leptophlebia*.

Choroterpes (Choroterpes) atlas SOLDAN et THOMAS, 1983

Choroterpes atlas, espèce endémique d'Afrique du Nord, est décrite de la région d'Alger par SOLDAN et THOMAS (1983). Elle possède une aire de répartition recouvrant tout le Maghreb (LOUNACI, 2005).

Son écologie est peu connue. LOUNACI-DAOUDI (1996) la situe entre 120 et 160m d'altitude. LOUNACI (2005) la qualifie de rhéophile et peu abondante.

Dans les cours d'eau prospectés, nous l'avons capturée entre 300 et 400m d'altitude avec des densités de populations assez faibles. Elle semble être hémisténotherme et ne pénètre pas dans la basse vallée en raison de la température estivale trop élevée et de l'abondance de matière organique.

Leptophlebia sp.

Le taxon *leptophlebia* sp est assez fréquent mais peu abondant. Il a été récolté dans 5 stations échelonnées entre 305 et 450m d'altitude, en compagnie de *Choroterpes (Choroterpes) atlas*, dans des biotopes à substrat hétérogène et écoulement de l'eau rapide à modéré.

3.6.4. Considérations biogéographiques

Le peuplement nord-africain est paléarctique avec des intrusions d'éléments rares afro-tropicaux (sous-genre *Euthraulius*). Les affinités biogéographiques sont plus marquées avec l'Europe occidentale qu'avec les pays de l'Est du bassin méditerranéen.

Le peuplement faunistique des Ephémères de l'oued El Hammam et ses affluents est composé :

- D'éléments à vaste répartition géographique comme *Caenis luctuosa* qui est largement répandue en Europe ;
- D'endémiques nord-africain tels que *Choroterpes atlas*, *Ecdyonurus rothschildi*;
- D'espèces méditerranéennes, d'origine européenne, ouest méditerranéenne comme *Baetis pavidus*.

3.6.5. Affinité cénotique entre les espèces

Afin de rendre compte de l’affinité cénotique entre espèces, nous avons utilisé l’indice d’association de Jaccard :

$$I = C/A+B-C$$

A et B : nombre de stations colonisées par les deux espèces comparées.

C : nombre de station où ces deux espèces coexistent.

N : nombre total de stations étudiées.

Selon l’indice de Jaccard (Tableau 36), les couples (*Caenis luctuosa*- *Caenis* sp), (*Caenis luctuosa* – *Baetis pavidus*), (*Caenis* sp –*Baetis pavidus*), (*Caenis* sp- *Baetis rhodani*), (*Caenis* sp-*Baetis* sp), *Baetis pavidus* -(*Baetis rhodani* +*Baetis* sp), (*Baetis rhodani* – *Leptophlebia* sp), (*Baetis rhodani*- *Choroterpes atlas*), *Baetis* sp-(*Leptophlebia* sp+ *Choroterpes atlas*), (*Cloeon dipterum* – *Choroterpes atlas*) sont fortement associés. Ce qui veut dire qu’il y a une affinité très remarquée entre ces espèces.

L’association *Ecdyonurus rothschildi* avec les autres espèces n’est pas significative.

Tableau 36 : Matrice du coefficient d’affinité de Jaccard entre les espèces récoltées dans les cours d’eau étudiés.

	<i>Caenis luctuosa</i>	<i>Caenis sp</i>	<i>Baetis pavidus</i>	<i>Baetis rhodani</i>	<i>Baetis sp</i>	<i>Cloeon dipterum</i>	<i>Centroptilum sp</i>	<i>Leptophlebia sp</i>	<i>Choroterpes atlas</i>	<i>Ecdyonurus rothschildi</i>
<i>Caenis luctuosa</i>	1									
<i>Caenis sp</i>	0.636	1								
<i>Baetis pavidus</i>	1	0.636	1							
<i>Baetis rhodani</i>	0.636	0.714	0.636	1						
<i>Baetis sp</i>	0.636	0.714	0.636	1	1					
<i>Cloeon dipterum</i>	0.272	0.428	0.272	0.428	0.428	1				
<i>Centroptilum sp</i>	0.363	0.222	0.363	0.375	0.5	0.166	1			
<i>Leptophlebia sp</i>	0.454	0.333	0.454	0.714	0.714	0.333	0.5	1		
<i>Choroterpes atlas</i>	0.363	0.375	0.363	0.571	0.571	0.4	0.6	0.8	1	
<i>Ecdyonurus rothschildi</i>	0.09	0.142	0.09	0.142	0.142	0.333	0.25	0.25	0.25	1

3.7. Qualité biologique de l'eau de l'oued El Hammam et ses affluents

Les fluctuations de l'I.B.G.N. entre les stations (tableau 37, fig.48) ont mis en évidence 3 classes de qualité :

-Une bonne qualité hydro biologique pour les stations HON, ASS, SBM et PCF, alliant une importante variété faunistique (respectivement 22, 30, 26 et 28 taxons identifiés) et un groupe indicateur élevé (GI 7).

La forte variété faunistique, est liée à une diversification du milieu qui s'expriment par une forte capacité d'accueil et les potentialités de la faune à occuper les micro habitats présents dans les stations(**caractéristiques des stations**) en plus ces stations se trouvent en amont des oueds.

Le GI 7 (Leptophlebiidae) est le plus élevé dans tous les prélèvements, considéré comme relativement sensible à la qualité du milieu, a été dénombré exclusivement dans ces stations ce qui confirme la bonne qualité hydro biologique de ces dernières indiquant une qualité d'eau et du milieu correcte : on considère que le GI renseigne sur la qualité physicochimique (GENIN *et al*, 2003), alors que les capacités d'accueil du milieu sont traduits par la variété taxonomique.

Le peuplement recensé dans ces stations est très diversifié, avec des familles de différents ordres qui occupent l'ensemble des microhabitats.

-Qualité moyenne avec une nette pollution attribuée aux stations HAM et HAL obtenu avec un GI 3 (Hydropsychidae) et une variété faunistique de 24 (HAM) et 27 (HAL) traduis une eau de qualité moyenne, mais un milieu très diversifié.

Le GI repère est bas, de plus la disparition des taxons les plus pollosensibles indique une probable altération de la qualité de l'eau..

-Qualité médiocre avec une pollution importante pour les stations HAC, AEK, HAV, WRT, MGG an nombre de taxons réduit à très réduit respectivement (10, 16, 18, 14 et 21taxons dénombrés) et un GI très bas (GI 2) à l'exception de WRT qui présente un GI 7.

Les familles présentes sont très ubiquistes dans leur distribution et peu exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau. Le GI 2 (Baetidae) appartient aux groupes les plus polluo résistants.

La station WRT, malgré que le GI 7 est plus élevé mais elle est de qualité médiocre, ceci est expliqué par une très faible variété taxonomique (14).

Tableau 37 : Valeurs de l'I.B.G.N.

	HAC	AEK	HAV	HAM	HON	HAL	WRT	ASS	SBM	PCF	MGG
St	10	16	18	24	22	14	30	26	28	21	27
GI	2	2	2	3	7	7	7	7	7	2	3
I.B.G.N.	5	6	7	9	13	11	15	14	14	8	10
Conclusion	médiocre	médiocre	médiocre	moyenne	bonne	moyenne	bonne	bonne	bonne	médiocre	moyenne
Couleur											

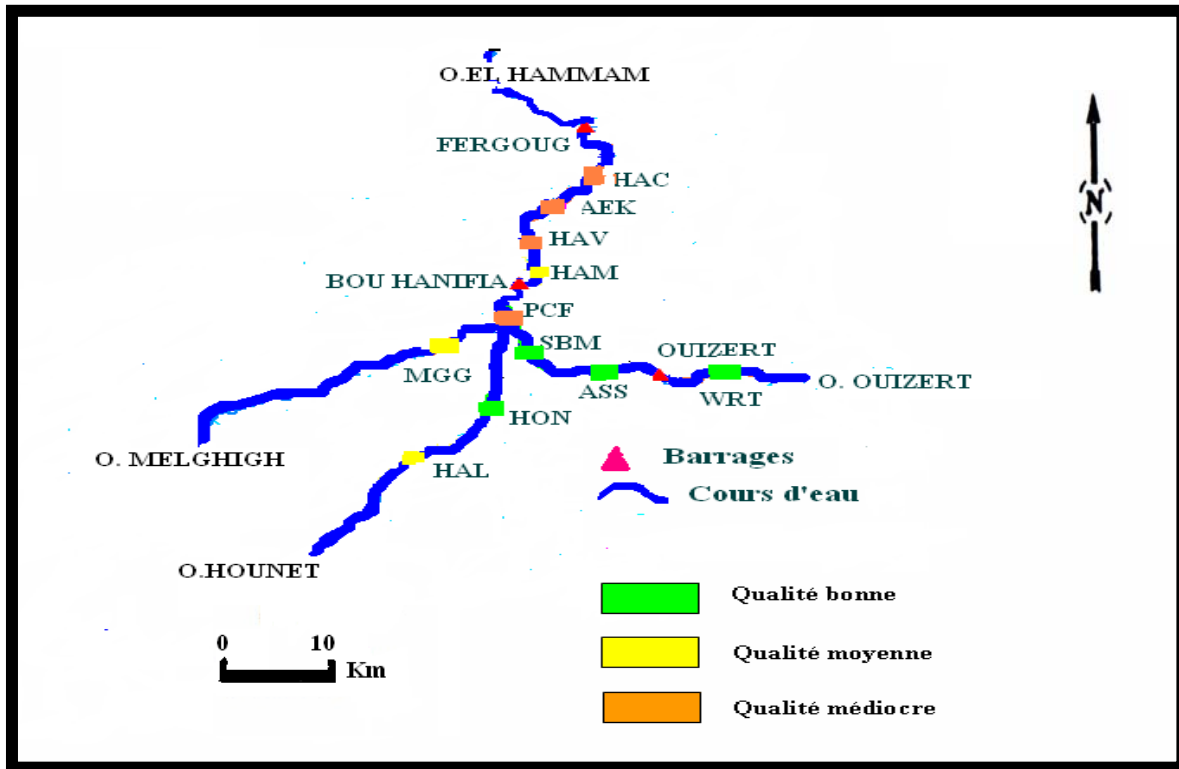


Figure 48 : Qualité de l'eau de l'oued El Hammam et de ses affluents par l'IBGN.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, rendered in a light blue color, framing the entire page.

CONCLUSION

CONCLUSION

Les paramètres physicochimiques et biologiques donnent des vues complémentaires de la situation du cours d'eau.

L'analyse physicochimique de l'eau montre la qualité ponctuelle du cours d'eau, elle tente de qualifier les pollutions en retrouvant leurs causes (DOUCET, 2003). Cette approche physicochimique ne prétend pas à aborder toutes les altérations subies par le milieu ; elle se limite aux principales substances polluantes présentes dans l'eau : matières organiques, nitrates, phosphore, chlorures, sulfates...

Les eaux du bassin versant de l'oued El Hammam sont caractérisées par des valeurs moyennes de températures 17°C, celles du pH étant de 8 et celles de la conductivité électrique de 2551.72 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Le cours d'eau étudié présente différents faciès géochimiques avec une minéralisation élevée. Ce sont des eaux alcalines très fortement minéralisées. Les concentrations moyennes en éléments chimiques sont pour les cations de 453 mg/l pour le calcium, de 551 mg/l pour le magnésium. Pour les anions leurs moyennes sont de 322 mg/l pour les carbonates, de 293.64 mg/l pour les chlorures, de 382 mg/l pour les sulfates et de 7 mg/l pour les nitrates

La présence d'oxygène en quantité est fondamentale pour les organismes vivants. Les concentrations totales en cations et en oxygène des eaux d'une rivière permet le développement d'une faune abondante. La présence d'espèces calcifuges ou calcicoles obligatoires dépendra de la concentration du milieu en calcium. Les mollusques et les crustacés en ont ainsi besoin pour construire leur coquille ou leur carapace.

A l'issue de cette étude, il ressort que les eaux du réseau hydrographique de l'oued El Hammam présentent une oxygénation moyenne à faible. Les eaux sont excessivement minéralisées et très dures qui peut être expliqué par la nature géologique du bassin versant.

Le suivi de la qualité physicochimique des eaux met en évidence une dégradation progressive de la qualité des eaux de l'amont vers l'aval des cours d'eau étudiés. Le bassin de oued El Hammam est caractérisé par une mauvaise et très mauvaise qualité (pollution excessive) de toutes les stations du réseau, la dégradation touche les barrages et les stations des oueds et ce par des rejets domestiques et industriels non épurés.

Complémentaire de l'approche physicochimique, l'étude des macroinvertébrés benthiques permet d'intégrer une dimension spatio-temporelle des modifications de la qualité physicochimique de l'eau. La structure du peuplement de macroinvertébrés benthiques mémorise également certaines modifications même ponctuelles de la qualité physique du milieu aquatique. Le peuplement d'invertébrés benthiques constitue un maillon essentiel de l'édifice trophique de l'écosystème aquatique et donc du processus d'auto-épuration.

Cette étude nous a permis de recenser un peuplement faunistique constitué de 24976 individus appartenant à 7 classes d'invertébrés benthiques: Insectes, Crustacés, Arachnides, Oligochètes, Gastéropodes, Bivalves et Nématodes. La classe des Insectes représente le groupe dominant avec 89.97% de l'effectif total représentée par 6 groupes que sont par ordre décroissant d'abondance les Ephéméroptères, les Diptères, les Hétéroptères, les Trichoptères, les Coléoptères et les Odonates.

Dans cette étude, nous avons marqué l'absence des Plécoptères expliqué par la sensibilité de ce taxon à résister dans un milieu pollué.

La présence dans certaines stations des taxa (Chironomidae, Culicidae...) est une indication de la dégradation de la qualité des eaux étudiées liée à la présence de matières organiques. Par contre les taxa Heptageniidae, Leptophlebiidae et Hydropsychidae appartenant aux Ephéméroptères et Trichoptères, reflète une meilleure qualité de l'eau dans les stations étudiées.

La richesse spécifique des Ephéméroptères est comparable aux cours d'eau de la région méditerranéenne (10 taxa). La famille des Baetidae est la plus diversifiée (5 espèces) dominée par le genre *Baetis*, composé d'espèces à très large valence écologique; l'espèce *Baetis pavidus* colonise toutes les stations étudiées. Il faut noter la très faible abondance des Heptageniidae avec 5 individus représentant l'espèce *Ecdyonurus rothschildi*.

L'évolution de la richesse spécifique des Ephéméroptères est en relation avec les facteurs écologiques suivants: le substrat, la densité du couvert végétal, la température et la vitesse du courant.

L'étude des peuplements de macroinvertébrés de l'oued El Hammam montre globalement une qualité hydrobiologique moyenne à médiocre avec des IBGN compris entre 5 et 9. Nous avons observé des points particuliers sur certaines stations avec des diminutions notables de la richesse faunistique en aval (ces stations sont soumises aux pressions industrielles et urbaines de la ville de Bou Hanifia). Plus généralement, les richesses faunistiques sont plus faibles en aval par rapport à l'amont du bassin ce qui montre un peuplement benthique perturbé sur la partie basse de oued El Hammam.

Les affluents de l'oued El Hammam présentent une qualité globalement bonne à moyenne à l'exception des stations WRT et MGG atteinte une classe de qualité médiocre sur les deux stations.

Les macroinvertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles la pollution ou la modification de l'habitat. Les macroinvertébrés sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce. La connaissance de la diversité des taxa présents est un élément important pour évaluer l'état de santé d'un écosystème aquatique.

La diversité biologique est à la disposition de notre société pour être valorisée rationnellement. La finalité de sa progression est l'indépendance, la sécurité alimentaire et la satisfaction des besoins économiques et sociaux et la durabilité.

L'évacuation des rejets se fait directement dans l'oued sans respect du projet de normes nationales de rejets d'où la nécessité :

- d'élaborer et de mettre en application des normes sectorielles de rejets ;
- de faire un suivi régulier des rejets et des eaux de l'oued;
- de la mise en place d'un programme d'éducation environnementale ;

Les macroinvertébrés et plus particulièrement les Chironomidae reflètent l'altération physicochimique des eaux. En vue de leur utilisation dans le suivi de la qualité des eaux nous préconisons :

- l'inventaire de la biodiversité des macroinvertébrés (Chironomidae en particulier) et l'établissement d'une faune de référence ;
- l'amélioration des conditions d'échantillonnage de façon à mettre en place une méthode plus standardisée applicable à différents régimes.
- l'utilisation des Chironomidae, assez répandus le long dans l'oued; pour suivre la qualité des eaux ; ce qui simplifiera le travail taxonomique fastidieux sur l'ensemble des macroinvertébrés.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.E.A.G., 2002 :** Agence de l'Eau Adour Garonne : qualité des eaux de surface bassin de l'Adour. Rapport, OA : Observation de l'eau des pays de l'Adour : 70p.
- A.F.N.O.R., 1992 :** Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Essai des eaux, NFT90-350, déc. 1992.
- A.F.N.O.R., 2001 :** Association Française de Normalisation, qualité de l'eau, 6^{ème} édition : 621p.
- A.F.N.O.R., 2004 :** Association Française de Normalisation, Détermination de l'indice biologique globale normalisé (IBGN). NFT90-350 :16p.
- AGUESSE P., 1968:** Les Odonates de l'Europe Occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles Atlantiques. Edition Masson et C: 225p.
- AIT-MOULOUD S., 1988 :** Essais de recherches sur la dérive des macro invertébrés dans l'oued Aissi : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Magister, H.S.T.H.B. Faculté des sciences biologiques. Alger : 118p.
- AMINOT A. et CHAUSSEPIED M., 1983 :** Manuel des analyses chimiques du milieu marin, centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO) : 395p.
- A.N.B., 2007 :** Agence National des Barrages (ANB). Levés bathymétrique des barrages en exploitation échelons Ouest et Est, Rapport technique Bou-Hanifia, wilaya de mascara.
- A.N.R.H., 1969 :** Agence Nationale des Ressources Hydriques, étude d'un système d'annonce de crues au barrage de Bouhanifia. Energoprojekt Beograd Yougoslavie.
- A.N.R.H., 2000 :** Qualité des eaux superficielles. Résultats de 1996-1997-1998. République Algérienne démocratique et populaire. Ministère des ressources en eau : 20p.
- A.N.R.H., 2007 :** Agence Nationale des Ressources Hydriques, mensuel de la qualité de l'eau du barrage de Bou-Hanifia : 60p.
- 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., Alger : 139p.
- ARAB A., 2004 :** Recherche faunistique et écologique sur les réseaux hydrographiques du Cheliff et du bassin du Mazafran. Thèse Doctorat d'état, U.S.T.H.B. :173p.
- ARRIGNON J, 1976 :** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, 3^{ème}Edition Gauthier Villars : 340p.
- ARRIGNON J, 1982 :** Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, 3^{ème}Edition Gauthier Villars : 340p.
- ASPE C. et POINT P., 1999 :** L'eau en représentation. Gestion de la qualité des milieux aquatiques et représentation sociale. Edition Masson : 101p.
- BAGNOULS F. et GAUSSEN H., 1953 :** Période sèche et indice xérothermique. Trav. Lab. Bot. Zool.Fac ; Sci ; Serv. ; Bot ; Montpellier:7 :3 :8.
- BALL A., MACHENZIE A. et VIRIDIE S.R., 2000 :** l'essentiel en écologie. Berti édition : 368p.
- BERRAHOU A., CELLOT B. et RICHOUX Ph., 2001:**Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulaya et de ses principaux affluents (Maroc). Ann. Limnol.37/3: 223-235.
- BLIEFFERT C. et PERRAUD R., 2001 :** Chimie de l'environnement, air- eau, sols, déchets. Edition de Boeck Université : 392p.
- BOUMAIZA M., 1994 :** Recherche sur les eaux courantes de Tunisie : faunistique, écologie et biogéographie. Thèse Doctorat en science, Univ. Tunis II : 429p.
- BOUMAIZA M. et THOMAS A.G.B., 1986 :** Répartition et écologie des éphéméroptères de

- Tunisie (1^{ère} partie) (Insecta, Ephemeroptera). Archs Inst. Pasteur Tunis, 63(4):567-599.
- BOUMAIZA M. et THOMAS A.G.B., 1995:** Distribution and ecological limits of baetidae vs the other mayfly families in Tunisia: a first evaluation (Insecta, Ephemeroptera). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse: 131:27-33.
- BOUZIDI A., 1989 :** Recherches hydrobiologiques sur les cours d'eau des massifs du Haut Atlas (Maroc). Bio écologie des macro invertébrés et distribution spatiale des peuplements. Thèse d'état, Fac. Sc. Techn. Jérôme, Université d'Aix-Marseille III : 190p.
- BOUZIDI A. et GIUDICELLI J., 1994 :** Ecologie et distribution spatiale des macro invertébrés des eaux courantes du Haut Atlas Marocain. Rev. Fac. Sci. Marrakech, 8 :29-43.
- CEREGUINO R., 1992 :** Influence des variations artificielles du débit sur la faune macroinvertébrés d'une rivière aménagée de moyenne montagne : L'oriège. Mémoire DEA, université Paul Sabatier, Toulouse : 61p.
- CHARVET S., 1999 :** Intégration des acquis théoriques récents dans le diagnostic de la qualité écologique des cours d'eau à l'aide de bio indicateurs invertébrés. Thèse de Doctorat, université Claude Bernard- Lyon : 57p.
- DAJOZ R., 2000 :** Précis d'écologie. 7^{ème} édition Dunod : 615p.
- DAKKI M., 1979 :** Recherches hydro biologiques sur les cours d'eau du Moyen-Atlas (Maroc). Thèse de Doctorat, 3^{ème} cycle, Université Aix Marseille III: 126p.
- DAKKI M., 1986 :** Recherches hydro biologiques sur le haut Sebou (moyen atlas), une contribution à la connaissance faunistique écologique et historique des eaux courantes sud méditerranéennes. Thèse de Doctorat d'état Université de Maroc : 214p.
- DAKKI M. et EL AGBANI M.A., 1983 :** Ephéméroptères d'Afrique du Nord.- Eléments pour la connaissance de la faune marocaine. Bull. Inst. Sc. Rabat, 7 :115-126.
- DAKKI M. et GIUDICELLI J., 1980:** Ephéméroptères d'Afrique du Nord- Description d'*Oligoneuriella skoura n. sp.* Et d'*Oligoneuriopsis skhounate n. sp.* Avec notes sur leur écologie (Ephem. Oligoneuriidae). Bull. Inst. Sc. Rabat, 4:13-28.
- DAKKI M. et THOMAS A.G.B., 1986:** *Rhithrogena ayadi n. sp.*, Ephéméroptère nouveau du Moyen-Atlas marocain (Heptageniidae). Annls Limnol., 22 (1): 27-29.
- DAKICHE A., 1989 :** Etude hydrobiologique de faisabilité de barrage sur l'oued El Hammam à trois rivières. Agence nationale des ressources hydrauliques : 40p.
- DECAMPS H., 1971 :** La vie dans les cours d'eau, Université de France, Paris 128p.
- DETHIER M., 1986 :** Hétéroptères aquatiques et piscicoles : Institut d'hygiène et Meseum d'histoire naturelle de Genève : 250-261p.
- DORIOZ J.M. et OMBREDANNE D., 2005 :** Bassin versant et qualité biologique des cours d'eau. Effet de la gestion des bassins versants sur les transferts particuliers et dissous et sur la qualité biologique des eaux de surface en zone d'élevage. AQUAE : Structurante INRA-CEMAGR INRA-CEMAGRAF édition : 4p.
- DORIOZ J.M., LOOKOZ Y.M., MONROZIER L.J., PRIGENT C., POULENARD J. et TEVISAN D., 2006 :** Pratique pastorale et qualité microbiologique des eaux à l'échelle bassin versant : Rôle des facteurs pédoclimatiques et hydrométéorologiques dans la survie, l'état physiologique et le transfert des populations de bactéries fécales bovines. Projet AXE2 « pratique agricole et qualité des eaux ». Université de SAVOIE INRA : 59p.
- DOUCET M., 2003 :** Etude de l'impact de l'agglomération des Gueret (23) sur les ruisseaux des chers. Rapport final. France : 60p.
- DUSSART B., 1966 :** L'étude des eaux continentales. Edition GAUTHIER- VILLARS: 667p.

- EATON A.E., 1899:** List of Epheméridae, hitherto observed in Algeria with localities. Ent. Mon. Mag., 35:4-5.
- ECHAUBARD M. et NEVEU A., 1975:** Perturbation qualitative et quantitative de la faune benthique d'un ruisseau à truite, due aux pollutions agricoles et urbaines. Lab. de zoo 1, Biol. animale et Ecologie. INA-INRA : 24p.
- EL AGBANI M.A., DAKKI M. et BOURNAUD M., 1992 :** Etude typologique du Bou regreg (Maroc) : les milieux aquatiques et leurs peuplements macro invertébrés. Bull. Ecologie, 23 (1/2) : 103-113.
- FRONTIER S. et PICHOD-VIALE D., 1999 :** Ecosystème, structure, fonctionnement, évolution. Collection d'écologie. 2^{ème} édition Masson : 447p.
- GAUJOUS D., 1995 :** La pollution des milieux aquatiques- aide mémoire 2^{ème} édition PARIS : 217p.
- GAGNEUR J. et ALIANE N., 1991:** Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. et Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. Sandhill Crane Presse Inc., Gainesville FL, USA.
- GAGNEUR J. et CHAOUI BOUDGHANE C., 1991 :** Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'ouest Algérien. Strygologia, 6(2) : 77-89.
- GAGNEUR J. et CLERGUE GAZEAU M., 1988 :** Les Simulies d'Algérie (Diptera, Simuliidae). Premières données biogéographiques et écologiques sur les espèces de l'Ouest algérien. Anns Limnol., 24 (3) :275-284.
- GAGNEUR J., GIANI N., et MARTINEZ-ANSEMIL E., 1986 :** Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse, 122 :119-124.
- GAGNEUR J. et THOMAS A.G.B., 1988 :** Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse. 124 :213-223.
- GAUTHIER, 1928 :** Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse Doctorat, Alger : 149p.
- GENIN B., CHAUVIN C. et MENARD F., 2003:** Cours d'eau et indices biologiques, pollution-méthodes-IBGN : 222p.
- GIUDICELLI J. et DIA A., 1986:** Contribution to knowledge of the blackfly fauna (Diptera, Simuliidae) of Lebanon, with description of a new species and ecological comments. Aquat. Insects. 8 (3):123-139.
- GIUDICELLI J., LEGIER P., MUSSO J.J. et PREVOT G., 1986 :** Impact d'une perturbation polluante d'origine organique sur les populations et les communautés d'invertébrés benthiques et en dérive d'une rivière méditerranéenne : Le Tavigane (Corse). Ecologie mediterranea. Tome XII (Fascicule 1-2) : 60p.
- GUYOT G., 1999 :** Climatologie de l'environnement. 2^{ème} édition Dunod. Paris : 525p.
- HEFTI D. TOMKA I. et ZERWERRA A., 1985 :** Recherche autoécologique sur les Heptageniidae. Mitt. Schweiz. Ent. Ges. 58 :87-111.
- KADDOURI H., 1986 :** Révision des *Hydraena* du Maroc, d'Algérie et de Tunisie (Coleoptera, hydraenidae). Thèse Doctorat 3^{ème} cycle, Univ. Paul Sabatier : 155p.
- KRAIEM M.M., 1986 :** Contribution à l'étude hydrobiologique de trois cours d'eau du Nord-Ouest de la Tunisie. Présentation physicochimique et aperçu faunistique. Bull. mens. Soc. Linn. Lyon, 55 (3) :96-104.
- KRAIEM M.M., 1987 :** Contribution à l'hydrobiologie du réseau de l'Ichkeul (Tunisie septentrionale). Archs Inst. Pasteur Tunis, 64 (4) : 463-465.
- LAFONT M., 1982 :** Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux

continentales françaises (Annélides, Oligochètes). Bull. Mens. De la Soc. Linnéenne de Lyon 52.n°4 : 104-135.

LAMBERT L., 2000 : Acides, engrais et mystères. MAPAQ- ST-REMI: 17p.

LEBART L., PIRON M. et MORINEAU A., 2006 : Statistique exploratoire multidimensionnelle. Visualisation et inférence en fouilles de données. Masters. Ecoles d'Ingénieurs 4^{ème} édition Dunod, Paris : 464p.

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

LEVEQUE C., 1996 : Ecosystème aquatique, les fondamentaux : éditions hachette, paris : 159p.

LISHER P., 2001: Saupleing procédures to determine the proposition of genetically modified organism in raw matériels. Milt Liebeusm. Hugg: 290- 311p.

LOKMANE D., 1993 : Caractéristiques physico-chimiques des eaux de la baie de Zemmouri. Mémoire d'ingénieur USTHB. Faculté des sciences biologiques. Alger : 102p.

LOUP J., 1974 : Les eaux terrestres. Hydrologie continentale, Masson et Cie, Edition Paris.167p.

LOUNACI A., 1987 : Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). Thèse Magister, Univ. Alger : 133p.

LOUNACI A., 2005 : Recherche sur la faunistique, l'écologie et biogéographie des macro invertébrés des cours d'eau de Kabylie. Thèse doctorat d'état. U.M.M.T.O :209p.

LOUNACI A., BROSSE S., THOMAS A. et LEK S., 2000a: Abundance, diversity and community structure of macroinvertebrates in an Algerian stream: the sebaou wadi. Annls Limnol., 36(2):123-133.

LOUNACI A., BROSSE S., LOUNACI-DAOUDI D. et MEBARKI M., 2000b : Current knowledge of benthic invertebrate diversity in Algerian stream: a species check-list of the sebaou River basin (Tizi ousou). Bull.Soc.nat.Toulouse,136⊗in press).

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 Thizi-ousou : 152p.

MALICKY H. et LOUNACI A.,1987 : Beitrag zur taxonomie and faunistik derk cherfliegen von Tunesien, Algerien and Moroko (Trichoptera). Opusc. Zool. Flumin.,14:1-20.

MATTE J.L., RIOU C. et MANNE S., 2002: La qualité des cours d'eau lorrains en 2001. DIREW Lorraine: 20p.

MEBARKI M., 2001 : Etude hydro biologique de trois réseaux hydrographiques de Kabylie (Parc National du Djurdjura, oued Sébaou et oued Boghni) : faunistique, écologie et biogéographie des macro invertébrés benthiques. Thèse de Magister, U.M.M.T.O : 178p.

MOUBAYED J., AIT MOULOUD S. et LOUNACI A., 1992: Les Chironomidae (Diptera) d'algérie. Bassin de l'oued Aissi (Grande Kabylie). NachrBL. Bayer. Ent. 41 (1) :21-29.

MICHA J.C. et NOISET J.L. 1982: Evaluation biologique de la pollution des Ruisseaux et des Rivières par les Invertébrés aquatiques.Publication trimestrielle vol.5 no1. Probio revue : 142p.

NAVAS S.L., 1929: Insectes névroptères et voisins de barbarie (septième série). Bull. Soc.Hist.nat. Afr. N20:57-60.

NISBET M., & VERNEAUX J., 1970 : Composantes chimiques des eaux courantes, discussion et proposition des classes en tant que base d'interprétation des analyses chimiques. *Ann. Limnol* : 161-190p.

O.N.M, 2007 : Office National de la Météorologie : Données météorologiques de l'Algérie.

PEGUY P., 1970 : Précis de climatologie. Edition Masson et Cie, Paris : 468p.

- PESSON P., 1980** : La pollution des eaux continentales, incidences sur la biocénose aquatique. Edition Gauthier et Villars. Paris : 345p.
- POISSON R., 1957**: Hémiptère aquatiques. Faune de France. 61:1-263p.
- RICHOUX Ph., 1982** : Coléoptères aquatiques (Genre : adultes et larves) : 105-303p.
- RIVIERE J., 1998** : Evaluation du risque écologique des sols pollués. Lavoisier Tec and Ca., cd. Paris : 230p.
- RODIER J., 1996** : L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer, chimie, physicochimie, bactériologie. Dunod 8^{ème} édition : 1383p.
- SCHOELLER H, 1988** : Hydrologie des régions arides- progrès récents (UNESCO 1959).
- SOLDAN T. et THOMAS A.G.B., 1983**: New and little-known species of mayflies (Ephemeroptera) from Algeria. Acta Ent. Bohemoslov, 80:365-376.
- TACHET H., BOURNAUD M. et RICHOUX Ph., 1987**: Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). 3^{ème} édition. Association Française de limnologie : 155p.
- TACHET H., BOURNAUD M., RICHOUX Ph. et USSEGLIO-POLATERA P., 2000** : Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. CNRS édition, Paris : 587p.
- THOMAS A., 1998**: A provisional checklist of the mayflies of North Africa (Ephemeroptera). Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 134 :13-20.
- THOMAS A.G.B. et BOUZIDI A., 1986**: Trois Ephéméroptères nouveaux du Haut Atlas marocain (Heptageniidae, Baetidae, Leptophlebiidae). Bull. Soc. Hist.nat. Toulouse,122:7-10.
- THOMAS A.G.B. et DAKKI M., 1979** : Ephéméroptères d'Afrique du Nord. *Ecdyonurus rothschildi* Navas 1929. Description des imagos. Annls Limnol., 14(2) : 197-201.
- THOMAS A.G.B. et LOUNACI A., 1989**: Compléments et corrections à la faune des Ephémères d'Afrique du Nord. 4. Les stades ailés de *Baetis punicus* Thomas, Boumaiza et Soldan, 1983 (Baetidae). Bull. Soc. Hist. Nat., Toulouse, 125: 27-29.
- THOMAS A. et MOHATI A., 1985**: *Rhithrogena ourika* n. sp., Ephéméroptère nouveau du Haut-Atlas marocain (Heptageniidae). Annls Limnol, 21(2): 145-148.
- THOMAS A.G.B. et SARTORI M., 1989**: Mayflies (Insecta, Ephemeroptera) of Saudi Arabia. Fauna of Saudi Arabia, 10 :87-94.
- THOMAS A.G.B., VITTE B., et SOLDAN T., 1987** – *Rhithrogena ryszardi* n. sp., Éphéméroptère nouveau du Moyen Atlas (Maroc) et redescription de *Rh. Soteria* Navás, 1917 (Heptageniidae). Annls Limnol., 23 (3) : 169-177
- TOUBAY M., AOUAD N. et MATHIEU J., 2002**: Etude hydrobiologique d'un cours d'eau du Moyen-Atlas: l'oued Tizguit (Maroc). Ann. Limnol. 38/1:65-80.
- TOURENQ I.N., 1975** : Recherches écologiques sur les Chironomidae (Diptera) de campagne. Thèse Doctorat. ES Sciences. Toulouse : 424p.
- TUFFERY G. et VERNEAUX J., 1967** : Une méthode zoologique pratique de détermination de la qualité biologique des eaux courantes. Indices biologiques. Ann des Sci.Univ. Besançon, 3 : 79-87.
- VAILLANT F., 1955** : Recherche sur la faune macroléon de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Paris : 258p.
- VERNEAUX J., 1973**: Recherches écologiques sur le réseau hydrographique du Doubs. Essai de biotypologie. Thèse Doctorat, Faculté de Besançon:260p.
- VERNEAUX J. , FAESSEL et MALESIEU, 1976** : Note préliminaire à la proposition de nouvelles méthodes de détermination de la qualité des eaux courantes. Trav. Lab. Hydrobiol. Univ. Besançon et CTGREF, ronéo : 14p.

Références bibliographiques

VINÇON G., 1987: Comparaison de la faune benthique des vallées d'Aure et d'Ossau, en vue de l'élaboration d'une méthodologie de surveillance des cours d'eau de montagne. Thèse Docteur Ingénieur, Univ. Paul Sabatier Toulouse:381p.

ZOUAKH D.E., 1995 : Etude des macro invertébrés et des poisons de l'oued El Harrach et e ses affluents appliquée à l'évaluation de la qualité des eaux. Thèse de Magister U.S.T.H.B : 65p.

A decorative border with a repeating geometric pattern of interlocking squares and lines, framing the entire page.

ANNEXES

1.1. Matières en suspension (MES) :

Principe

L'eau est filtrée et le poids de matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle.

Matériels utilisés

- ✓ Dispositif de filtration sous vide (1 à 2 bars).
- ✓ Disque de filtration : papiers Wattman 47 diamètres.

Mode opératoire

1. Laver le disque de filtration à l'eau distillée, le sécher (105°C) jusqu'à masse constante, puis le peser à 0,1mg près après passage au dessiccateur.
2. Le mettre en place sur le dispositif de filtration, mettre en service le dispositif d'aspiration ou de pression puis verser l'échantillon (V) sur le filtre.
3. Rincer le disque de filtration avec l'eau distillée, laisser essorer et sécher à 105°C
4. Laisser refroidir au dessiccateur et peser à 0,1mg près, jusqu'au poids constant

Expression des résultats

La teneur de l'eau en M.E.S est exprimée en (mg/l) et donnée par l'expression :

$$\text{MES} = (\text{M1} - \text{M0}) \times 1000 / \text{V}$$

M1 : masse du disque filtrant après filtration (mg)

M0 : masse du disque filtrant avant filtration (mg)

V : volume de l'eau filtré (ml)

1.2. Dosage des Chlorures : Méthode volumétrique (RODIER, 1996)

Réactifs :

- ✓ Acide Nitrique
- ✓ Solution de Nitrate d'Argent à 0.1N
- ✓ Solution de Thiocyanate d'Ammonium 0.1N
- ✓ Alun Ferrique Ammoniacal en solution saturée décolorée par quelques gouttes d'acide Nitrique

Mode opératoire :

Dans un Erlen Meyer de 250ml on verse 100ml d'eau filtrée puis une quantité de Nitrate d'Argent en excès (10ml = V), puis en ajoute 5ml d'acide Nitrique concentré et 2ml d'Alun Ferrique. On procède au titrage de l'excès de Nitrate d'Argent par le Thiocyanate d'Ammonium 0.1N jusqu'à coloration rougeâtre persistante en agitant après chaque addition de réactif.

Soit v le nombre de millilitre de Thiocyanate vepsés.

Expression des résultats

Pour une prise d'essais de 100ml :

$$(\text{V} - \text{v}) \times 10 \times 3.55$$

Donne la teneur en Chlorures exprimées en milligramme de Cl par litre d'eau (mg/l).

1.3. Dosage des Sulfates : Méthode gravimétrique (RODIER, 1996)

Réactifs

- ✓ Acide Acétique concentré
- ✓ Chlorure de Baryum 2N BaCl₂
- ✓ Eau distillée

Mode opératoire

Mettre dans un Bécher 100ml d'eau à analysée, ajouter 10ml d'acide Acétique et chauffer à la température de 62°C. prendre dans un autre Bécher 5ml de Chlorure de Baryum 2N puis ajouter 20ml d'eau distillée et chauffer légèrement, mélanger le tout, on obtient un précité blanc. Laisser reposer à l'obscurité pendant 4 heures ensuite filtrer et peser. Soit P en milligramme de Sulfates de Baryum (BaSO₄).

Expression des résultats

$$P \times 4.12$$

Exprime la teneur en SO₄ en milligramme par litre (mg/l).

1.4. Dosage des Carbonates : Méthode de titration (Rodier, 1996)

Réactifs

- ✓ Solution de Méthyle orange
- ✓ Solution d'acide Chlorhydrique 0.1N

Mode opératoire

Dans un Becher on 200ml d'eau à analyser puis on ajoute 2 gouttes de Méthyle orange. On procède au titrage de la solution par de l'acide Chlorhydrique. Soit V le volume d'acide Chlorhydrique utiliser.

Expression des résultats

$$V \times 0.015$$

Exprime la teneur en Carbonates en milligramme par litre (mg/l).

1.5. Calcium : méthode de titrage molaire (RODIER, 1996)

Réactif

- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium NaOH. à 2N
- ✓ E.D.T.A.N/50
- ✓ Murixide

Mode opératoire

1. Prendre 50ml d'eau à analyser.
2. Ajouter 2ml de NaOH.
3. Ajouter du Murixide.
4. Et titrer avec l'EDTA jusqu'au virage violet.

Expression des résultats

$$[Ca] \text{ mg/l} = V1 \times 8.016$$

V1 : volume d'EDTA nécessaire pour une concentration donnée.

F : facteur de dilution.

1.6.Magnésium : méthode de titrage molaire (RODIER, 1996)

Réactif

- ✓ Solutaon d'hydroxyde d'ammonium NH₄OH à pH =10.1
- ✓ E.D.T.A.
- ✓ Noir Eriochrome

Mode opératoire

1. Prendre 50ml d'eau à analyser
2. Ajouter 2ml de NH₄OH
3. Ajouter le noir Eriochrome
4. Et titrer avec l'EDTA jusqu' au virage bleu

Expression des résultats

$$[\text{Mg}] \text{ mg/l} = (\text{V2} - \text{V1}) \times \text{F} \times 4.86$$

V1: volume d'EDTA nicessaire.

V2: volume total d'EDTA

F : facteur de dilution.

1.7.Les nitrates : Méthode spectrophotométrie (RODIER, 1996)

Réactifs

- ✓ Solution de salicylate de sodium
- ✓ Acide sulfurique concentré
- ✓ Solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate double de sodium et de potassium

Mode opératoire

1. Ajouter à 10 ml d'eau à analyser, 1ml de solution de salicylate de sodium
2. Evaporer à sec et laisser refroidir
3. Reprendre le résidu par 1 mL d'acide sulfurique concentré, attendre 10 minutes
4. Ajouter 15mL d'eau distillée puis 10ml de solution d'hydroxyde de sodium et de tartrate
5. Ajouter double de sodium et de potassium

Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde 415nm.

Expression des résultats

La teneur en nitrate exprimée en milligramme par litre (mg/l)

1.8.Les nitrites : Méthode spectrophotométrie (RODIER, 1996)

Réactifs

- ✓ Réactifs de Zambelli
- ✓ Ammoniaque pure

Mode opératoire

Ajouter 2mL de réactif de Zambelli à l'eau à analyser, agiter et laisser reposer 10 minutes, puis ajouter 2mL d'ammoniaque Mesurer l'absorbance à la longueur d'onde de 435nm

Expression des résultats

La teneur en nitrate exprimée en milligramme par litre (mg/l).

1.9.Phosphores : Méthode spectrophotométrie (RODIER, 1996)

Réactifs

- ✓ Solution de molybdate d'ammonium
- ✓ Solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine
- ✓ Acide sulfurique
- ✓ Acide ascorbique

Mode opératoire

Préparer le mélange des réactifs : 50 ml de solution d'acide sulfurique, 5 ml de solution d'oxotartrate de potassium et d'antimoine, 15 mL de solution de molybdate d'ammonium et 100 ml d'eau distillée.

Ajouter 1 mL de solution d'acide ascorbique, agiter puis, ajouter 4ml du mélange des réactifs à l'eau à analyser

Attendre 30mn à 2 heures et mesurer l'absorbance à 885 nm en cuve de 1cm

Expression des résultats

La teneur en phosphore est exprimée en milligramme par litre (mg/l).

Annexe 2.a: Tableau de détermination (A.F.N.O.R., 2004)

Classe de variété		14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Taxons indicateurs	t Gi	> 50	49 45	44 41	40 37	36 33	32 29	28 25	24 21	20 17	16 13	12 10	9 7	6 4	3 1
Chloroperlidae Perlidae Perlodidae Taeniopterygidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Capniidae Brachycentridae Odontocéridae Philopotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Beraeidae Goeridae Leptoplébiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Lepidostomatidae Sericostomatidae Ephemeridae	6	19	18	17	16	15	14	13	12	10	9	8	7	6	5
Hydroptilidae Heptageniidae Polymitarcidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae (1) Ephemerellidae (1) Hydropsychidae Aphelocheiridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae (1) Caenidae (1) Elmidae (1) Gammaridae (1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae (1) Asellidae (1) Achètes Oligochètes (1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

(1) Taxons représentés par au moins 10 individus. Les autres par au moins 3 individus

Annexe 2.b: Répertoire faunistique : liste des 138 taxons utilisés
(Les 38 taxons indicateurs sont soulignés) (A.F.N.O.R., 2004)

<p style="text-align: center;">INSECTES</p> <p>PLÉCOPTÈRES <u>Capniidae</u> <u>Chloroperlidae</u> <u>Leuctridae</u> <u>Nemouridae</u> <u>Perlidae</u> <u>Perlodidae</u> <u>Taeniopterygidae</u></p> <p>TRICHOPTÈRES <u>Beraeidae</u> <u>Brachycentridae</u> Ecnomidae <u>Glossosomatidae</u> <u>Goeridae</u> Helicopsychidae <u>Hydropsychidae</u> <u>Hydroptilidae</u> <u>Lepidostomatidae</u> <u>Leptoceridae</u> <u>Limnophilidae</u> Molannidae <u>Odontoceridae</u> <u>Philopotamidae</u> Phryganeidae <u>Polycentropodidae</u> <u>Psychomyiidae</u> <u>Rhyacophilidae</u> <u>Sericostomatidae</u> Thremmatidae</p> <p>ÉPHÉMÉROPTÈRES <u>Baetidae</u> <u>Caenidae</u> <u>Ephemerellidae</u> <u>Ephemeridae</u> <u>Heptageniidae</u> <u>Leptophlebiidae</u> Oligoneuriidae <u>Polymitarcidae</u> <u>Potamanthidae</u> Prosopistomatidae Siphonuridae</p>	<p>HÉTÉROPTÈRES <u>Aphelocheiridae</u> Corixidae Gerridae Hebridae Hydrometridae Naucoridae Nepidae Notonectidae Mesoveliidae Pleidae Veliidae</p> <p>COLÉOPTÈRES Curculionidae Donaciidae Dryopidae Dytiscidae Eubriidae <u>Elmidae</u> Gyrinidae Haliplidae Helodidae Helophoridae Hydraenidae Hydrochidae Hydrophilidae Hydrosaphidae Hygrobiidae Limnebiidae Spercheidae</p> <p>DIPTÈRES Anthomyidae Athericidae Blephariceridae Ceratopogonidae Chaoboridae <u>Chironomidae</u> Culicidae Dixidae Dolichopodidae Empididae Ephydriidae Limoniidae Psychodidae Ptychopteridae Rhagionidae</p>	<p>Scatophagidae Sciomyzidae Simuliidae Stratiomyidae Syrphidae Tabanidae Thaumaleidae Tipulidae</p> <p>ODONATES Aeschnidae Calopterygidae Coenagrionidae Cordulegasteridae Corduliidae Gomphidae Lestidae Libellulidae Platycnemididae</p> <p>MÉGALOPTÈRES Sialidae</p> <p>PLANIPENNES Osmylidae Sysyridae</p> <p>HYMÉNOPTÈRES LÉPIDOPTÈRES Pyralidae</p> <p style="text-align: center;">CRUSTACÉS</p> <p>BRANCHIOPODES</p> <p>AMPHIPODES <u>Gammaridae</u></p> <p>ISOPODES <u>Asellidae</u></p> <p>DÉCAPODES Astacidae Atyidae Grapsidae Cambaridae</p>	<p style="text-align: center;">MOLLUSQUES</p> <p>BIVALVES Corbiculidae Dreissenidae Sphaeriidae Unionidae</p> <p>GASTÉROPODES Ancyliidae Bithynidae Bythinellidae Hydrobiidae Limnaeidae Neritidae Physidae Planorbidae Valvatidae Viviparidae</p> <p style="text-align: center;">VERS</p> <p>PLATHELMINTHES</p> <p>TRICLADES Dendrocoelidae Dugesidae Planariidae</p> <p>NÉMATHELMINTHES</p> <p>ANNÉLIDES <u>ACHÈTES</u> Erpobdellidae Glossiphoniidae Hirudidae Piscicolidae OLIGOCHÈTES</p> <p style="text-align: center;">HYDRACARIENS</p> <p style="text-align: center;">HYDROZOAIREs</p> <p style="text-align: center;">SPONGIAIRES</p> <p style="text-align: center;">BRYOZOAIREs</p> <p style="text-align: center;">NÉMERTIENS</p>
---	---	--	---

Annexe 2.c: (A.F.N.O.R., 2004)

IBGN	> ou = à 17	16-13	12-9	8-5	< ou = à 4
Qualité	Excellente	Bonne	Moyenne	Médiocre	Très mauvaise
Couleur	Bleue	Verte	Jaune	Orange	Rouge

Annexe 3a : Classes proposées pour le pourcentage de saturation en oxygène (Nisbet et Verneaux, 1970)

% de saturation en oxygène	Classes	Appréciation
Saturation > 90	1	Bonne
70 < Saturation < 90	2	Satisfaisante
50 < Saturation < 70	3	Douteuse
30 < Saturation < 50	4	Critique
10 < Saturation < 30	5	Très dangereuse
Saturation < 10	6	Létale

Annexe 3b: Classes proposées pour le pH (Nisbet et Verneaux, 1970)

Composant pH	Classes	Appréciation
pH < 05	1	Acidité forte, cours d'eau à substrat acide
05 < pH < 06	2	Acidité moyenne, cours d'eau à substrat acide
06 < pH < 07	3	Acidité faible, cours d'eau à substrat acide
07 < pH < 7.5	4	Neutralité approchée, majorité des eaux piscicoles région calcaire
7.5 < pH < 08	5	Faible alcalinité
08 < pH < 09	6	Alcalinité moyenne, eau closes
pH > 09	7	Alcalinité forte, eaux peu piscicoles ou valeurs passagères.

Annexe 3c: Classes proposées pour la conductivité électrique (Nisbet et Verneaux, 1970)

conductivité électrique (C) en (µs/cm)	Classes	Minéralisation	Localisation
C < 30	1	Extrêmement faible	
30 < C < 50	2	très faible	Cours d'eau à substrat acide
50 < C < 100	3	faible	
100 < C < 200	4	Modérée	
200 < C < 300	5	Assez forte	Région calcaire
300 < C < 400	6	Forte	Région calcaire
400 < C < 500	7	Très forte	
C > 500	8	très forte à excessive	Eaux séléniteuses, eaux polluées

Annexe 3d : Classes proposées pour les matières en suspension (MES) (Nisbet et Verneaux, 1970)

Composant (MES) en (mg/l)	Classes	Appréciation
MES < 10	1	Très bonne situation
10 < MES < 25	2	Situation normale
25 < MES < 50	3	Bonne situation
50 < MES < 75	4	Bonne situation
75 < MES < 150	5	Situation moyenne
150 < MES < 300	6	Situation médiocre, eau polluée
300 < MES < 500	7	Rare à l'état naturel. Cours d'eau particulière et zone très polluée. situation normale. Productivité piscicole très faible.
MES > 500		

Annexe 3e : Classes proposées pour les sulfates (SO_4^-) (Nisbet et Verneaux, 1970)

Composant $\{\text{SO}_4^-\}$ en (mg/l)	Classes	Appréciation
$\{\text{SO}_4^-\} < 10$	01	Situation normale
$10 < \{\text{SO}_4^-\} < 20$	02	
$20 < \{\text{SO}_4^-\} < 40$	03	Situation particulière: Eaux polluées ou séléniteuses
$40 < \{\text{SO}_4^-\} < 60$	04	
$60 < \{\text{SO}_4^-\} < 120$	05	
$120 < \{\text{SO}_4^-\} < 250$	06	Limite de potabilité, eaux très séléniteuses ou fortement polluées.
$\{\text{SO}_4^-\} > 250$	07	

دراسة اللافقاريات و ظروف الوسط المعيشي و العلاقة مع نوعية مياه واد الحمام (و.معسكر - سعيدة).

ملخص:

هذه دراسة لنوعية مياه واد الحمام من خلال التحليل الفيزيوكيميائي و إحصاء الحيوانات (اللافقاريات) التي تعيش فيه تم البحث في إحدى عشر (11) محطة ممتدة ما بين 130م و 500م ارتفاع (علو) ابتداء من سبتمبر 2006 إلى غاية فيفري 2007. التحليل الفيزيوكيميائي أثبت أن مياه واد الحمام قاعدية، تحتوي على 453 مغ/ل من الكالسيوم و 551 مغ /ل مغنيزيوم، أما النترات فتوجد بنسبة كبيرة تقدر بـ: 7مغ/ل.

خلال هذه الدراسة تم إحصاء 24976 فرد ، تنتمي إلى سبع أنواع من اللافقاريات أين تمثل الحشرات نسبة 89.97%. الدراسة البيولوجية لنوعية المياه باستعمال طريقة I.B.G.N تصنف مياه واد الحمام إلى نوعية مقبولة، متوسطة وجيدة.

كلمات السر:

اللافقاريات، التحليل الفيزيوكيميائي، المؤشر البيولوجي، التوزيع المكاني، النوعية، واد الحمام.

Study of the populating macroinvertebrates and conditions environment of El Hamмам wadi*(W.Mascara and Saida).

Summary:

This study deals with the quality of water in the El Hammam wadi and in its 03 effluents. The physical-chemical implication and the faunistic composition (macroinvertebrate) were also dealt with. Eleven stations situated between 130 and 500 metres of altitude were studied during the period from September 2006 and February 2007 (six sampling campaigns were done).

The physical – chemical analysis shows that water samples are medium to weak oxygenated. They are alkaline waters highly mineralised. Medium concentrations of chemicals are to the cations of 453 mg/l of calcium and 551 mg/l of magnesium. Anions average is 322 mg/l of carbonates, 293.64 mg/l of chlorures, 382 mg/l of sulfates and 7 mg/l of nitrates.

This work helped us to count 24976 items which are members of 07 classes of benthic invertebrate 89.97% of which are insects. Among them are Ephemeroptera, Diptera, Heteroptera Trichoptera, Coleoptera, and Odonata.

I.B.G.N. application shows globally a medium to poor hydro biologic quality with I.B.G.N's from 5 to 9.

*:wadi: name given for Maghrebine river

Key words:

Benthic macro invertebrate, physical chemistry, biologic index, quality, spatial distribution, specific diversity, El Hammam wadi.