

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID-TLEMCEM
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de L'Univers

Département d'Ecologie et Environnement

*Laboratoire de recherche
Ecologie et gestion des écosystèmes naturels*



MEMOIRE

Présenté par

Lakhdari Fakhreddine Tahar

En vue de l'obtention

Diplôme de Magister

En Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux

Option : Ecosystème Aquatique

Thème

Contribution à la connaissance de la stygofaune d'Algérie:
Etude de la qualité de l'eau et la faune aquatique des puits
de la région de Mascara (Nord Ouest Algérien).

Soutenu le _____, devant le jury composé de :

Président :	Melle TALEB Amina	Professeur	Université de Tlemcen
Encadreur :	Mme BELAIDI Nouria	Professeur	Université de Tlemcen
Examineur :	Mr MERZOUG Djemoui	Professeur	Univ. d'Oum El Bouaghi.
Examinatrice:	Mme GAOUAR Nassira	M.C.A	Université de Tlemcen

Année universitaire : 2013/2014

Remerciements

*Avant d'exposer le contenu de ce travail, je tiens à remercier "**Dieu**" le tout puissant de nous avoir donnée le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de la science et de la connaissance.*

*Mes profonds remerciements vont à Madame **Belaidi Nouria** professeur à l'université de Tlemcen pour m'avoir encadrée et dirigée, pour ses encouragements et son soutien tout au long de cette thèse, et surtout pour sa disponibilité qu'elle a fait preuve à mon égard et l'attention qu'elle m'a consacrée malgré ses nombreuses obligations. Merci infiniment!*

*Je remercie **Mlle Taleb Amina**, Professeur à l'université de Tlemcen, qui ma fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, pour ses conseils et ses encouragements. Je voudrais aussi lui faire part de ma profonde reconnaissance pour les nombreuses discussions autour de la problématique de ma thèse et le partage de ses connaissances qui m'ont été très bénéfiques.*

*Je tiens à remercier aussi **Mme Gaouar Nassira**, maître de conférence à l'université de Tlemcen, pour l'intérêt qu'elle a porté à ma recherche et pour l'acceptation d'examiner mon travail et de l'enrichir par leur proposition.*

*Je tiens à remercier **Mr Merzoug Djemoi** professeur à l'université d'Oum El Bouaghi, d'avoir accepté d'être examinateur de ce travail et de participer à mon jury de thèse. Ainsi que pour sa disponibilité malgré la distance.*

*À **Mr Mahi Abdel Hakim**, vous m'avez honorée en acceptant d'être membre de ce jury, veuillez trouver ici mes respectueux remerciements.*

Toute ma gratitude va également aux personnes du laboratoire d'Ecologie et Gestion des Ecosystèmes Naturels de l'Université Tlemcen, en particulier les membres de l'équipe d'Hydrobiologie, ainsi qu'à tous mes collègues pour leur soutien et pour tous les bons moments passés ensemble.

ملخص

يعرض هذا العمل المعطيات الأولى حول الكائنات التي تعيش في المياه الجوفية لسهل غريس بالمنطقة معسكر (شمال غرب الجزائر). في هذا الغرض، 16 بئر شكّلت هدفا لدراسة تمت خلال الفترة من جوان 2011 إلى شهر أكتوبر 2012. باستخدام طريقتين لتحصل على الكائنات التي تعيش في البئر: الطريقة الفخياطوبولوجية وطريقة القارورة الفخ بشكليها. تم قياس بعض المعلمات الفيزيائية والكيميائية للمياه الآبار. المياه الجوفية لهذه المنطقة مشبعة بالأوكسجين و غنية بالعناصر المعدنية. أما بالنسبة للتنوع البيولوجي، 12 صنف و 1181 فرد تم التعرف عليها داخل الفخاخ. الحشرات والقشريات هما الأكثر تواجد في مياه الآبار. صنف وحيد تم اعتباره من بين الكائنات التي تقضي كل فترة حياتها في المياه الباطنية *Typhlocirolana* (Isopodes Cirolanidae).

الكلمات المفتاحية: المياه الجوفية، الكائنات الباطنية، التنوع، بئر، سهل غريس، معسكر

Résumé

Ce travail représente les premières données sur la faune aquatique des eaux souterraines de la région de Mascara (Nord-Ouest algérien). 16 puits creusés au niveau de la plaine de Ghriss ont fait l'objet d'un suivi régulier de Juin 2011 à Octobre 2012. La faune a été prélevée à l'aide de deux méthodes, le filet phréatobiologique et la méthode des nasses appâtées. Quelques paramètres physico-chimiques de l'eau des puits ont été mesurés à chaque campagne.

Les eaux souterraines dans cette région sont sous saturées en oxygène et fortement minéralisées.

La faune des puits récoltée est pauvre. Elle est composée de 12 taxons et 1181 individus, et est dominée par les Insectes et les Crustacés. Seulement une espèce stygobie a été récoltée dans cette région. C'est le genre *Typhlocirolana* (Isopode Cirolanidae).

Mots clé :

Eau souterraine, faune stygobie, diversité, puits, plaine de Ghriss, Mascara

Summary

This work represents the first data on the fauna of the underground waters of the Mascara region (North-western Algeria). 16 wells drilled at the plain Ghriss have been regularly monitored from June 2011 to October 2012. Fauna was collected using two methods, the phréatobiologique net and method of baited traps and some physico-chemical parameters of the water wells were measured for each campaign.

Groundwater in this area are saturated with oxygen and well mineralized.

Wildlife harvested wells consisted of 12 taxa and 1181 individuals, and is dominated by insects and crustaceans. Only a stygobie species was collected in this region. This is the kind *Typhlocirolana* (Isopoda Cirolanidae).

Keywords: Groundwater, wildlife stygobie, diversity, well, plain Ghriss, Mascara.

SOMMAIRE

Introduction	01
<i>Chapitre 1: Synthèse bibliographique</i>	
1-les eaux souterraines	03
2-Les eaux souterraines en Algérie du Nord	03
3-Ecologie des eaux souterraines	04
4-Diversité biologique des eaux souterraines.....	05
5- La diversité de la stygofaune à l'échelle mondiale.....	05
6- La diversité de la stygofaune en Algérie.....	06
<i>Chapitre 2: Etude du milieu</i>	
1- Situation géographique	08
2-Morphologie	12
3-Hydrographie	12
4-Aperçu géologique	14
5- Hydrogéologie	16
6- Description des puits.....	19
7 -Etude Bioclimatique.....	24
7-1 Pluviométrie	24
7-2 Température.....	25
7-3 Synthèse climatique	25
7-3-1 Diagramme ombrothermique.....	25
7-3-2 Indice de DE MARTONNE.....	27
7-4 CONCLUSION.....	28
<i>Chapitre 3: Matériel et Méthodes</i>	
1-Analyses physico-chimique de l'eau	29
1-1 La température	29
1-2 La conductivité électrique.....	29
1-3 Le pH.....	29
1-4 L'oxygène dissous.....	29
2-Prélèvement faunistique	29
2-1-Le filet phréatobiologique	30
2-2- Les nasses appâtées	33
2-3-Traitement des échantillons	36

3-Le niveau piézométrique.....	36
4- Traitement des données	36
4-1 Indices de diversité de Schannon Weaver H'	36
4-2 Diversité brute ou richesse taxonomique	36
4-3 Abondance relative des espèces.....	36
4-4 Analyse de variance.....	36
4-5 Analyse factorielle des correspondances (AFC)	36

Chapitre 4: Résultats et interprétation de l'analyse physico-chimique

La température de l'eau	38
Le pH	38
La conductivité	39
L'oxygène dissous	39
Profondeur de la surface de l'eau	40

Chapitre 5 : Résultats faunistiques et interprétation

1- Composition globale.....	49
2-Composition faunistique des différents puits	52
3- Distribution spatiale de la faune aquatique des puits	60
4-Variation temporelle de la faune	63
5-Faune stygobie.....	66
5-1 <i>Typhlocirolana</i> sp.....	66
5-2 Distribution spatiale.....	67
5-3 Distribution temporelle.....	67
6-Variation spatio-temporelle de la faune (AFC)	69
6-1 variations spatiales de la faune	69
6-2 Variations temporelles de la faune	72

Discussion.....	74
------------------------	-----------

Conclusion.....	79
------------------------	-----------

Références bibliographiques.....	81
---	-----------

Liste des figures

Fig.1: Situation géographique de la zone d'étude.....	11
Fig.2: Réseau hydrographique de la plaine de Ghriss et localisation des Puits étudiés.....	13
Fig.3: Carte géologique de la plaine de Ghriss	15
Fig.4: Coupe géologique et hydrogéologique de la plaine de Ghriss.....	18
Fig.5.: Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен de la région de Mascara 1996.....	26
Fig.6: Indice d'aridité de : DE MARTONNE.....	28
Fig.7: Schéma du filet phréatobiologique utilisé.....	31
Fig.8: L'utilisation du filet phréatobiologique dans les puits.....	32
Fig.9: Dessin de la nasse type1	34
Fig.10: Dessin de la nasse type 2.....	34
Fig.11-a: Valeurs moyennes (et écarts-types) de la température de l'eau des puits étudiés...41	
Fig.12-a: Valeurs moyennes (et écarts-types) du pH de l'eau des puits étudiés	41
Fig.13-a: Valeurs moyennes (et écarts-types) de la conductivité de l'eau des puits étudiés...41	
Fig.14-a : Valeurs moyennes (et écarts-types) de l'O ₂ dissous de l'eau dans les puits étudiés.42	
Fig.15-a: Valeurs moyennes (et écarts-types) de la profondeur de l'eau des puits étudiés ...42	
Fig.11-b : Variation mensuelle de la température dans les différents puits étudiés	44
Fig.12-b : Variation mensuelle du pH dans les différents puits étudiés.....	45
Fig.13-b : Variation mensuelle de la conductivité dans les différents puits.....	46
Fig.14-b : Variation mensuelle de l'O ₂ dissous de l'eau dans les puits étudiés	47
Fig.15-b: Variation mensuelle de la profondeur de la surface de l'eau dans les différents puits.	
Fig.16: Structure générale de la biocénose pour l'ensemble des puits.....	50
Fig. 16-1: Groupe des insectes	51
Fig. 16-2: Groupe crustacées	51
Fig. 16-3: Groupe des Mollusques	51
Fig. 17: Composition de la faune dans les différents puits.....	59
Fig.18 : Variation spatiale de la richesse taxonomique de la faune récolté dans les différents puits.....	62
Fig.19: Variation spatiale du nombre d'individus de la faune récolté dans les différents puits.	
Fig.20 Variation spatiale de la diversité de la faune récolté dans les	62
Fig.21: Variation mensuelle de la richesse taxonomique de la faune récolté dans les différents puits.....	65
Fig.22: Variation mensuelle du nombre d'individus de la faune récolté dans les différents puits	65
Fig.23 Variation de l'indice de Shannon dans les puits au cours des deux périodes de Prélèvements	65
Fig. 24: Variations spatiales du taxon stygobie <i>Typhlocirolana</i>	68
Fig. 25: Distribution temporelle du taxon stygobie.....	68

Fig.26 : Plan factoriel des puits après discrimination (Axe1-Axe2).....	70
Fig.27 : distribution de la faune dans les différents puits (après discrimination).....	71
Fig.28 : Evolution temporelle dans le plan factoriel (Axe1-Axe2)	73

Liste des Tableaux

Tableau N°1: Quelques caractéristiques des puits prospectés	23
Tableau N°2 : Pluviométrie moyenne mensuelle (1996-2011) à la station de Matemore..	24
Tableau N°3 : Température moyenne mensuelle (1996-2011) à la station de Matemore..	25
Tableau N°04 : Indice De Martonne durant la période 1996-2011.....	27
Tableau N°05: valeurs moyennes et écart- types des résultats des analyses physicochimiques des eaux des puits étudiés.....	48

Introduction

INTRODUCTION

Les eaux souterraines constituent le plus grand réservoir d'eau douce mondial renfermant près de 98 % des eaux douces continentales directement mobilisables (Gibert et *al.* 2004). Elles sont considérées comme un véritable océan souterrain participant au cycle de l'eau. Elles se présentent aussi comme un réservoir de faune (Issartel et *al.* 2007).

Certaines lignées sont anciennes de plusieurs millions d'années (Rouch et Danielopol, 1987 ; Danielopol et *al.* 2000 ; Hunphreys, 2000). Mais la richesse spécifique expulsive reste encore mal connue (Gibert et Culver, 2004). Cette situation découle du faible niveau de connaissance dans son ensemble car des vastes zones géographiques restent encore inexploitées (Ferreira et *al.* 2005)

Les recherches écologiques sur la faune aquatique souterraine et plus particulièrement sur celle des nappes phréatiques accessibles au niveau des puits, représente un des aspects de la phréatobiologie appliquée qui a connu depuis la mise au point des méthodes appropriées (Cvetcov, 1968) un développement important.

Les premières recherches stygobiologiques ont commencé en Europe et se sont multipliées rapidement (Botosaneanu, 1986). Les connaissances dans ce domaine se rapportent soit à des prélèvements ponctuels d'ordre biogéographique (Pesce, 1981 ; Malard, 2003), soit à l'étude d'un biotope déterminé (Peck, 1998 et Vail, 1997), soit à une étude d'ordre systématique (Pesce, 1981 et Ait Boughrou, 2007). Ensuite, l'hydrobiologie souterraine a été entreprise dans d'autres continents, particulièrement en Afrique où seulement des observations ont été publiées dans les années 50 (Nourisson, 1956).

Les recherches stygobiologiques sont conduites d'une manière importante au Maroc (Boutin et Boulaouar, 1983 ; Messouli, 1988 ; Yacoubi-Khebiza, 1990). Ces recherches ont montré que la richesse de la faune stygobie est très variable d'une région à l'autre vu le caractère endémique de ces espèces (Boutin et *al.*, 1996) et pouvait constituer un outil relativement efficace en vue de la détection de la pollution organique (Boulanouar, 1995) et minérale (El gharmali, 2005 ; El adnani et *al.* 2005).

En Tunisie, l'étude de la faune aquatique souterraine n'a jamais fait l'objet d'une étude scientifique, contrairement à la faune du Maroc. Elle s'est résumé à un inventaire peu détaillé fait à partir des prélèvements effectués sur des oueds, puits et sources dans le bassin versant de Barkoukech (Ghlala et Messana, 2006 ; Ghalala et *al.* 2009) et la description d'un Cirolanidae (Ghalala et *al.* 2009).

En Algérie, les connaissances de la diversité de la faune aquatique souterraine restent limitées, malgré les données relativement anciennes. En effet, la faune souterraine est connue au début du siècle grâce aux descriptions de quelques espèces par (Racovitza , 1912) de plus, les recherches sur les eaux souterraines étaient rares et /ou partielles. Il s'agit des relevés faunistiques réalisés par (Gurney, 1908), (Monod, 1924), (Gauthier ,1928), (Nourrisson, 1956), (Delamare et Deboutteville , 1960), (Pesce et Tete , 1978), et (Pesce *et al.* 1981).

Dans le nord ouest algérien, les programmes d'étude en hydrobiologie se développent avec un rythme en croissance au niveau du bassin versant de la Tafna (Belaidi *et al.* 2004; Taleb *et al.* 2008; Belaidi, 2004; Mahi, 2007 ; Merzoug *et al.*, 2010 ; Belaidi I *et al.*, 2011 ; Benhadji ,2013). Elles concernent en premier lieu les échanges entre le milieu superficiel et le milieu interstitiel en considérant les nutriments (Taleb *et al.*, 2004 ; Taleb *et al.*, 2008) et la faune aquatique (Belaidi *et al.* 2004; Mahi, 2007).

Depuis quelques années, la faune souterraine a fait l'objet d'études systématiques visant à inventorier les espèces stygobies de la nappe alluviale de l'oued Tafna (Chebika, 2003 ; Belaidi, 2004 ;Benouada, 2005 ; Mahi, 2007 ; Haicha, 2008 ; Belaidi *et al.* 2011. Mahi *et al.* 2011; Haicha, 2013).

Dans la région de Mascara, la faune des eaux souterraines n'a jamais fait l'objet d'une étude scientifique. Seule l'étude de la qualité physico chimique des eaux a été menée dans le périmètre de la plaine de Ghriss, l'un des secteurs irrigués les plus importants où l'irrigation se fait à partir des eaux souterraines (Ouis, 2012)

Le travail proposé dans ce mémoire s'inscrit dans un contexte global de la faune stygobie d'Algérie et des enjeux de la connaissance de la biodiversité des écosystèmes souterrains. En particulier, l'importance des invertébrés hébergés par les puits creusés dans la nappe alluviale. L'objectif visé est donc de compléter les résultats déjà obtenus dans le nord ouest d'Algérie, en élargissement le secteur d'étude. Nous essayons d'exposer les résultats d'une recherche stygobiologique de la région de Mascara par la prospection des puits creusés dans plaine de Ghriss, l'un des réservoirs les plus importants des eaux phréatiques.

Synthèse bibliographique

1-Les eaux souterraines

Les eaux souterraines représentent au total environ 97% des eaux douces continentales liquides (L'vorich, 1974), et la présence l'Homme ainsi que ses possibilités de survie dépendent dans plusieurs régions du globe de l'existence et de la qualité de cette ressource limitée et fragile: 75 à 90% de la population mondiale utilise une eau d'origine souterraine. C'est dire l'importance de l'étude des nappes souterraines dans toutes leurs composantes en vue d'une meilleure connaissance de ces écosystèmes et d'introduire des concepts scientifiques nouveaux en matière de gestion, d'aménagement, de surveillance, de protection et de conservation (Danielopol et *al.* 2004).

Composante essentielle du cycle de l'eau (Castany, 1998), l'eau souterraine constitue la dimension verticale des hydro systèmes fluviaux (Amoras et Petts, 1993); elles assurent de nombreuses et importantes fonctions hydrologiques (ex. régulation des régimes hydrologiques des cours d'eau) et écologiques (ex. échange de matière, d'énergies et d'organismes) dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Gibert et *al.* 1994, Brunke et Gouser, 1997, Ward, 1998 ; Malarde et *al.* 2003), offrant de plus des propriétés de qualité et de protection souvent supérieur à celles des eaux de surface qui sont généralement plus polluées, les eaux souterraines présentent une importante valeur socioéconomique en tant que ressource naturelle inestimable pour les besoins agricoles, industriels et domestiques dans les pays développés ou en voie de développement (Danielopol et *al.* 2003).

2-Les eaux souterraines en Algérie du Nord

La géomorphologie de l'Algérie de Nord est dominée par des reliefs à fortes pentes. Elle est associée à une lithologie essentiellement marneuse, qui donne des séries peu ou pas perméables, mais aussi érodables. Ces caractéristiques entraînent que l'Algérie du Nord est défavorisée en matière d'eaux souterraines. Pratiquement, seules les grandes plaines alluviales plio-quaternaires en sont pourvues Soummam, Matidja, Sébaou, Annaba, Mascara, Oran, Tlemcen et les petites vallées qui entaillent l'Atlas Tellien. La puissance des horizons aquifères dépasse rarement les 30 mètres d'épaisseur. Par ailleurs, du fait de l'imperméabilité des sols, la réalimentation naturelle des aquifères est très faible.

En conséquence , les reserves en eaux souterraines sont en quantité limitée.

De plus , nombre d'entre eux sont surexploités au point que ceux qui se trouvent en bordure du littoral sont totalement dégradés par l'avancée des biseaux salés. Se trouvent dans cette situation les aquifères du bas Chlef et d'Oran a l'Ouest du Mazafran , du Nador , du Zitoun de Taher a l'Est (Benabdelli et *al.* 1995) .

À Mascara, Les ressources souterraines sont mobilisées principalement par la nappe de Mascara à partir des aquifères suivants:

- Aquifère alluvionnaire (phréatique): Apports 33,8 Hm³/an
- Aquifère des calcaires dolomitiques: Apports 24,7 Hm³/an
- Aquifères calcaires lacustres: Apports 5,2 Hm³/an.

S'ajoutent à celles-ci quelques nappes identifiées dont les contours hydrogéologiques sont définis. Cependant les bilans d'exploitation ne sont pas évalués pour: - la nappe de Oggaz, - le synclinal Bougirat (Ghomri), - la nappe des calcaires de Zahana et- la nappe des calcaires des Monts de Menaouer. (Djellouli et al. 2007).

3-Ecologie des eaux souterraines

L'obscurité permanente est l'une des caractéristiques fondamentales de l'environnement souterrain, elle détermine le quasi totalité des paramètres biotiques de cet écosystème. Ainsi, la photosynthèse n'existe pas dans les milieux hypogés, et cette absence va avoir des répercussions majeures sur les paramètres que sont les ressources trophiques et la teneur en oxygène.

Les végétaux sont habituellement les premiers maillons de la chaîne trophique dans les milieux superficiels, mais en l'absence de lumière, leur développement est impossible. Il n'existe donc pas de production primaire dans les écosystèmes souterrains

La flore fongique et bactérienne qui compose le biofilm souterrain représente une source alternative de nutriment pour les macro-organismes hypogés (Malard and Hervant, 1999).

Le renouvellement de l'oxygène dissout dans les eaux souterraines est accomplie par diffusion avec la zone non saturée de l'aquifère ou par recharge avec de l'eau de pluie ou de cours d'eau superficiel (rivière, fleuve...) (Malard et Hervant, 1999).

La température du milieu souterrain est égale à la moyenne annuelle de la température extérieure des écosystèmes superficiels adjacents, et ne varie en général que de quelques dixièmes de degrés au cours de l'année (Ginet et Decou, 1977 ; Juberthie et Decu, 1994). Des différences de température sont tout de même observées selon la latitude et la longitude du biotope souterrain considéré

Les milieux souterrains présentent donc une grande stabilité vis-à-vis de certains paramètres biotiques et abiotiques en comparaison des écosystèmes superficiels, mais sont aussi un biotope contraignant présentant des conditions extrêmes d'hypoxie et de rareté de ressources trophiques.

4-Diversité biologique des eaux souterraines

Les eaux souterraines ne constituent pas seulement un vaste réservoir d'eau. Elles sont également le réservoir d'une diversité biologique originale composée d'organismes dont la plupart n'ont pas d'équivalent dans les écosystèmes aquatiques de surface et dont certaines lignées sont anciennes de plusieurs millions d'années (Rouch et Danielopol , 1987 ; Humphreys, 2000), parfois de plusieurs dizaines voire centaines de millions d'années (Boutin, 1994). En effet tous les grands phylums du règne animal, depuis les Protozoaires jusqu'aux Vertébrés, en passant par les divers groupes de vers, de Mollusques et surtout d'Arthropodes, ont des représentants inféodés aux eaux souterraines : C'est la faune stygobie. Cette faune peut être échantillonnée par différentes techniques adaptées, au niveau des puits ou des forages, des sources, et des alluvions des cours d'eau et bien sûr des grottes.

Ces écosystèmes abritent une faune aquatique extrêmement diversifiée, et qui renferme de nombreuses espèces à caractère endémique dont l'origine est souvent en relation avec l'histoire géologique de la région et les possibilités énormes de colonisation offertes par le milieu souterrain (Juberthie, 1983). Plusieurs scénarios ont été formulés pour expliquer l'installation de cette faune (Boutin et Coineau, 1990). Autant dire qu'il s'agit de réels témoins vivant de l'histoire biologique et géologique de la planète qui constituent un patrimoine inestimable (Rouch et Danielopol, 1987 ; Malard et *al.* 1997).

5- La diversité de la stygofaune à l'échelle mondiale

Les connaissances faunistiques dans près de 160 pays distribués sur les 5 continents. Sans compter la quarantaine de pays où la faune stygobie est inconnue, des listes d'espèces complètes sont disponibles pour près de 65 % des pays. Cependant dans plus de 75 % d'entre eux, le nombre d'espèces stygobies inventoriées est faible et varie de 1 à 25, auquel peut s'ajouter le nombre, parfois important, d'espèces indéterminées. Les données biologiques acquises sur les pays ayant fait l'objet de peu de recherches biologiques sont ainsi généralement quasi-exhaustives, ce qui est encore loin d'être le cas pour les pays dont la richesse spécifique des eaux souterraines avoisine ou dépasse largement les 200 espèces, tels le Japon 210 espèces (Juberthie et Decu, 2001), les Etats-Unis 300 espèces (Culver et *al.* 2000), la Roumanie 193 espèces (Decu et Racovitza, 1994), la France 218 espèces (Juberthie et Ginet, 1994), l'Italie 265 espèces (Stoch, 2001), la Croatie 170 espèces (Matočec et *al.* 2002) et la Slovénie 210 espèces (Sket, 1999).

En effet, si la richesse spécifique qui compose la stygofaune de certains de ces pays a fait l'objet de bilans précis, régulièrement mis à jour : Etats-Unis (Nicholas 1960, Peck 1998,

Culver et *al.* 2000) ; Italie (Pesce 1985, Stoch 2001), contrairement à d'autres qui restent approximatifs comme en France (Juberthie et Ginet , 1994). Ces bilans sont, une fois de plus, rarement accompagnés de listes d'espèces exhaustives (Pesce ,1985). A l'échelle régionale, seuls (Culver et *al.* 2003) fournissent une liste des espèces stygobies et troglobies présentes dans 9 régions des Etats-Unis.

En Europe, La faune aquatique souterraine, quant à elle, est largement dominée par les **Crustacés** (Copépodes, Ostracodes, Syncarides, Isopodes, Amphipodes, Décapodes) comptant de nombreux fossiles vivants et habitant les nappes karstiques, le milieu interstitiel du sous-écoulement des cours d'eau, les nappes alluviales ou encore, pour être complet, les grottes anchihalines (en relation avec la mer) où l'on a récemment découvert une nouvelle classe de Crustacés (les Remipèdes), les plus primitifs connus.

En plus des Crustacés, il faut mentionner les **Mollusques** aquatiques Hydrobiidae des nappes alluviales et du sous-écoulement des cours d'eau d'Europe occidentale (Juberthie et Ginet 1994).

6- La diversité de la stygofaune en Algérie

En Algérie du nord, la complexité des hydro systèmes et la multiplicité des perturbations anthropiques d'une part, ainsi que les conditions climatiques difficiles (régression de la pluviométrie, élévation de la température) d'autre part, ont conduit à la fragmentation croissante des milieux se traduisant par des modifications profondes et rapides des communautés d'invertébrés avec une perte de la diversité et/ou des déséquilibres démographiques (Lounaci, 2005).

Les études faunistiques (invertébrés benthiques), écologiques (répartition spatiale, structure des communautés) revêtent d'une importance primordiale dans la compréhension du fonctionnement et de la gestion des systèmes naturels et, d'autre part, dans l'évaluation de l'état de santé écologique des hydrosystèmes.

Un certain nombre de travaux sur ce pays ont déjà été exposés par différents auteurs auxquels viennent s'ajouter des essais faunistiques réalisés récemment. Les premières études sur la limnologie date du XIX ème siècle et elles sont limitées le plus souvent à des notes zoologiques, l'écologie n'étant que sommairement abordée (Bedel ,1895), (Edwards, 1923), (Lestage , 1925), (Seurat, 1934), (Vaillant , 1955).

Les études hydrobiologiques réalisées se sont focalisées sur certains groupes zoologiques et remontent aux années 80 par les laboratoires des universités, de Tizi-Ouzou (Yasri, 2009), de Guelma (Zerguine *et al.* 2009), et de Tlemcen (Gagneur, 1983, Gagneur *et al.* 1991, Gagneur et Thomas, 1988, Gagneur et Clergue Gazeau, 1988, Gagneur et Aliane, 1991). A ces travaux d'inventaire, se sont succédées, plusieurs travaux sur l'impact anthropique sur certains oueds (Taleb, 1991) ainsi que leur fonctionnement (Taleb *et al.* 2004, Belaidi *et al.* 2004, Taleb *et al.* 2008,) dans la région de Tlemcen, (Lounaci, 2005) sur la faune benthique des cours d'eau de Kabylie du Djurdjura à Tizi-Ouzou, (Hamzaoui, 2009), sur la macrofaune benthique de l'Oued Saoura (wilaya de Bechar) et (Sekhi, 2010) sur les macroinvertébrés des cours d'eau Tiout, (wilaya de Naâma).

L'étude de la faune stygobie a été entreprise ces dernières années afin de dresser un inventaire aussi exhaustif que possible et d'avoir des connaissances sur la systématique, l'écologie ainsi que la biogéographie de ces espèces. Deux régions ont fait l'objet d'étude sur le milieu souterrain : le nord ouest algérien au niveau de la nappe alluviale de la Tafna (Belaidi 2004 ; Belaidi *et al.* 2011 ; Mahi, 2011) Et le nord est au niveau de la région de d'Oum El Bouaghi (Merzoug *et al.* 2010).

Etude du milieu

1- Situation géographique

La plaine de Ghriss correspond à une cuvette d'effondrement à topographie plane et à sédimentation alluvionnaire argilo sableuse. Elle est bordée de reliefs constitués de différentes formations géologiques. La plaine proprement dite fait partie du bassin hydrologique de la Macta, sous forme d'une dépression elliptique d'une superficie de 14 389 Km², couvrant ainsi tout le sous bassin de l'oued Fekan. (**Fig. 01**)

La plaine de Ghriss occupe 34% du territoire de la wilaya de Mascara et représente 56% des terres irriguées de cette la wilaya.

L'eau d'irrigation est à plus de 96% d'origine souterraine. La nappe de Ghriss dispose de fortes réserves mobilisables (évaluées à 33 Hm³ pour Mascara), mais elle est située dans une zone agricole très développée et donc très fortement sollicitée par l'irrigation.

L'hydrographie est très faiblement marquée. Seuls quelques petits oueds comparables à de véritables ruisseaux sillonnent la plaine. Avec cette rareté des eaux superficielles, les aquifères souterrains restent le seul moyen de mobilisation des eaux en vue de satisfaire les demandes en eau (OUIS, 2012).

L'irrigation des terres et l'alimentation en eau potable des agglomérations sont assurées par le pompage dans un grand nombre d'ouvrage captant toutes les nappes.

Limite et extension :

La plaine de Ghriss est limitée au Nord par les Monts de Béni Chougrane, au Sud par les Monts de Saida, à l'Ouest par les Monts de Bouhanifia, et à l'Est par le plateau de Tighennif (fig.01).

Les sols :

La cartographie des sols de la plaine réalisée en 1970 à l'échelle 1/50.000° et reprise en 1994 au 1/20.000° a permis de mettre en évidence cinq (05) classes de sols (Bekkoussa et al, 2008).

- Sols peu évolués :

Cette classe de sols occupe une place importante. Ils sont localisés sur les dépôts alluviaux, colluviaux récents ou actuels (cônes de déjections des oueds). Ils sont bien représentés sur la partie Nord – Est de la plaine aux environs de l'oued Maoussa.

- Vertisols :

Sols à superficie peu importante localisés dans quelques dépressions au centre de la plaine, autour de Froha et à l'Ouest de Tizi. Ces sols sont caractérisés par la présence de fentes de retrait et par une texture très argileuse.

- Sols calcimagnésiques :

Cette classe constitue la catégorie de sols la plus représentée dans le périmètre. Ce sont des sols des glacis Moulouyens à croûte calcaire dure et épaisse. Ce glacis prend une grande extension au Sud de Tighennif, à l'Ouest de Matemore et au Sud – Ouest de Ghriss.

Une Grande partie de ces sols est représentée par les rendzines qui sont des sols peu profonds trop riches en graviers et cailloux, formés sur des croûtes et encroûtements calcaires.

- Sols isohumiques :

Ils occupent des superficies moyennes et sont localisés surtout dans la partie Sud – Ouest de la plaine dans l'axe Ghriss – Matemore. Ces sols à pédo-climat frais pendant les saisons pluvieuses sont représentées par le groupe de sols marron, formés sur croûte et encroûtement calcaire. On note la présence d'accumulation nodulaire au sein du profil.

- Sols à sesquioxydes de fer :

Ces sols sont représentés par le groupe des sols rouges formés sous un climat de type méditerranéen. Ils ont une extension assez réduite Sud – Est de Mascara, dans la petite vallée de l'oued Fekane, rive droite de l'oued Maoussa.

Végétation

La diversité de la végétation est très pauvre dans la plaine. L'arboriculture peu développée se compose en majorité de vigne et d'oliviers ; quelques arbres fruitiers comme les agrumes (Maoussa et Tighennif), l'amandier et le pommier (Froha) introduits récemment dans la région dont la vocation autrefois céréalière tendent vers un maraîchage total.

Dans la plaine, des jujubiers et de rares caroubiers et quelques palmiers nains sur les hautes terres.

Au niveau des terres basses, on rencontre des plantes hydrophiles telles que: *Atriplex* ; *Typha*.

Sur les reliefs prolifèrent les oliviers sauvages *Olea europea L.*, thuyas, lentisques *Pistacia lentiscus L.* Des plantes rustiques et épineuses (asparagus) ou grimpantes (salsepareilles) constituent la couverture végétale du sol en altitude.

Des espèces ont même été acclimatées comme le platane, l'eucalyptus, utilisé pour l'assainissement des marais, le figuier d'Amazonie et quelques acacias. Dans la plaine et servant le plus souvent de haies ou de paravents, les ifs, épicéas et cyprès avoisinent les fermes agricoles.

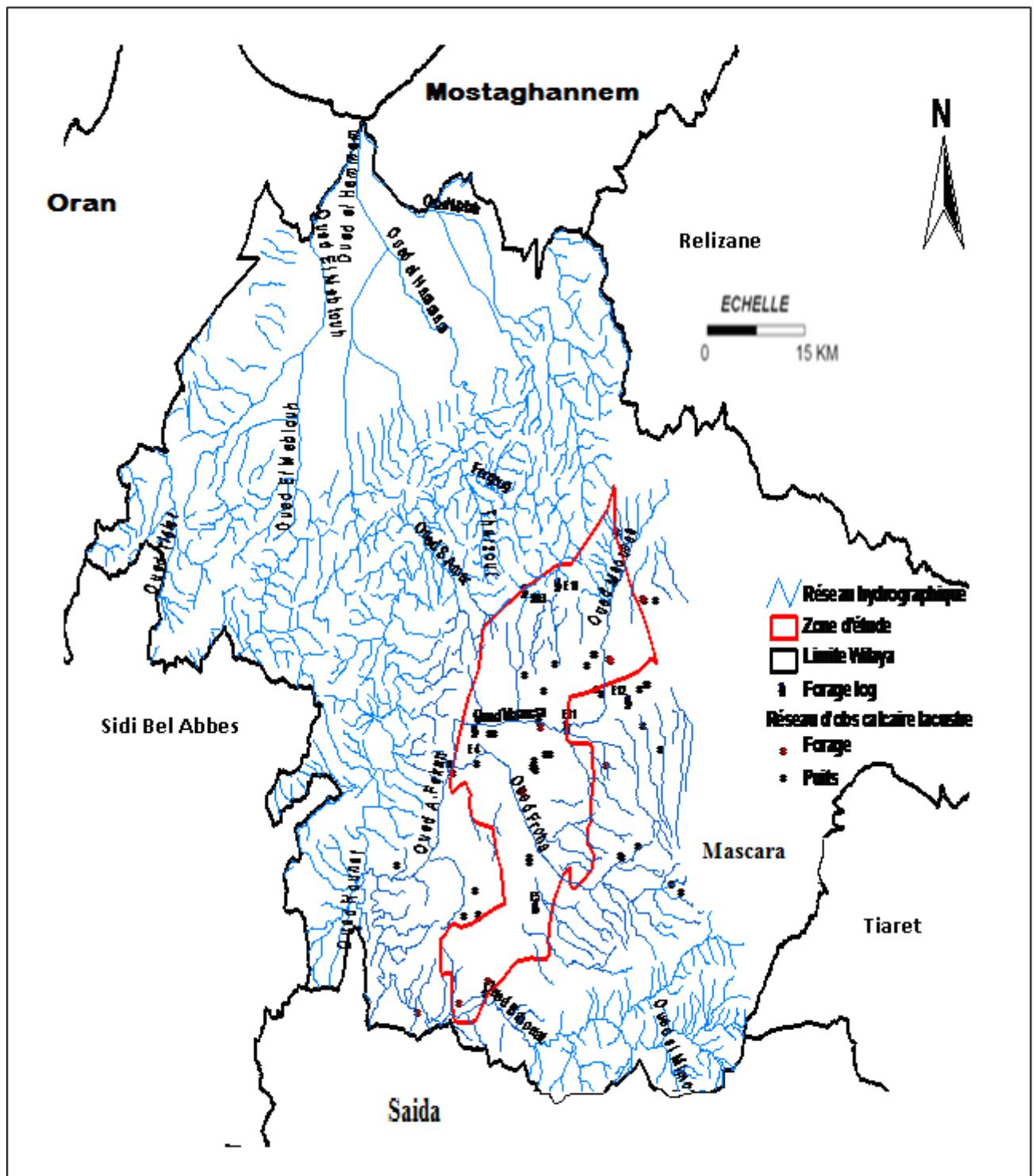


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (ANRH, 2012).

2-Morphologie :

La plaine de Ghriss s'étend sur presque 1 210 Km². Elle présente une légère inclinaison vers l'Ouest avec un relief quasiment plat dans le centre, avec des bordures légèrement relaxées sauf dans la partie Ouest où se situe le point de niveau le plus bas.

La morphologie de la région présente différents aspects :

- Au Nord, à l'Ouest et au Sud des piémonts formant des bas reliefs,
- Au Centre, des buttes témoins d'un autre environnement et des monticules rocheux assez élevés,
- Au Sud, d'importants massifs d'aspect tabulaire et coiffés de sommets dépassants 1.000 mètres (Monts de Nesmot),
- A l'Est, un relèvement du sol forme le col de Shayliya entre Tighennif et la vallée de l'Oued Haddad.

3-Hydrographie :

Le chevelu hydrographique y est très peu développé, seuls quelques petits oueds comparables à de véritables ruisseaux sillonnent la plaine (**Fig. 02**).

Ce sont l'oued Maoussa qui draine une partie des glacis sur les versants Sud des Monts de Beni Chougrane en aval de Khalouia, et venant du Sud, l'Oued Froha draine les dolomies calcaires des Monts de Nesmot où il prend naissance.

Les deux oueds ont été reliés par deux drains à l'oued Fekane :

- Un premier, drain Nord long de 21 Km pour assainir les marais de Sidi Lahssen au Sud de Maoussa où celui-ci répand ses alluvions et la partie maraîchageuse du Nord de Tizi les rejoint à l'Ouest du village.
- Un deuxième drain Sud reliant l'oued Froha au drain de colature.

Les débits transportés lors des crues et passant à l'exutoire de Ain Fekan peuvent être parfois très importants dépassant 1.500 m³/s (Mars 1972). Ainsi, malgré leurs faibles dimensions, ces oueds peuvent être à l'origine de très forts débits. Par ailleurs, le chevelu hydrographique est plus développé sur les reliefs que dans la plaine (Bekkoussa et *al.* 2008).

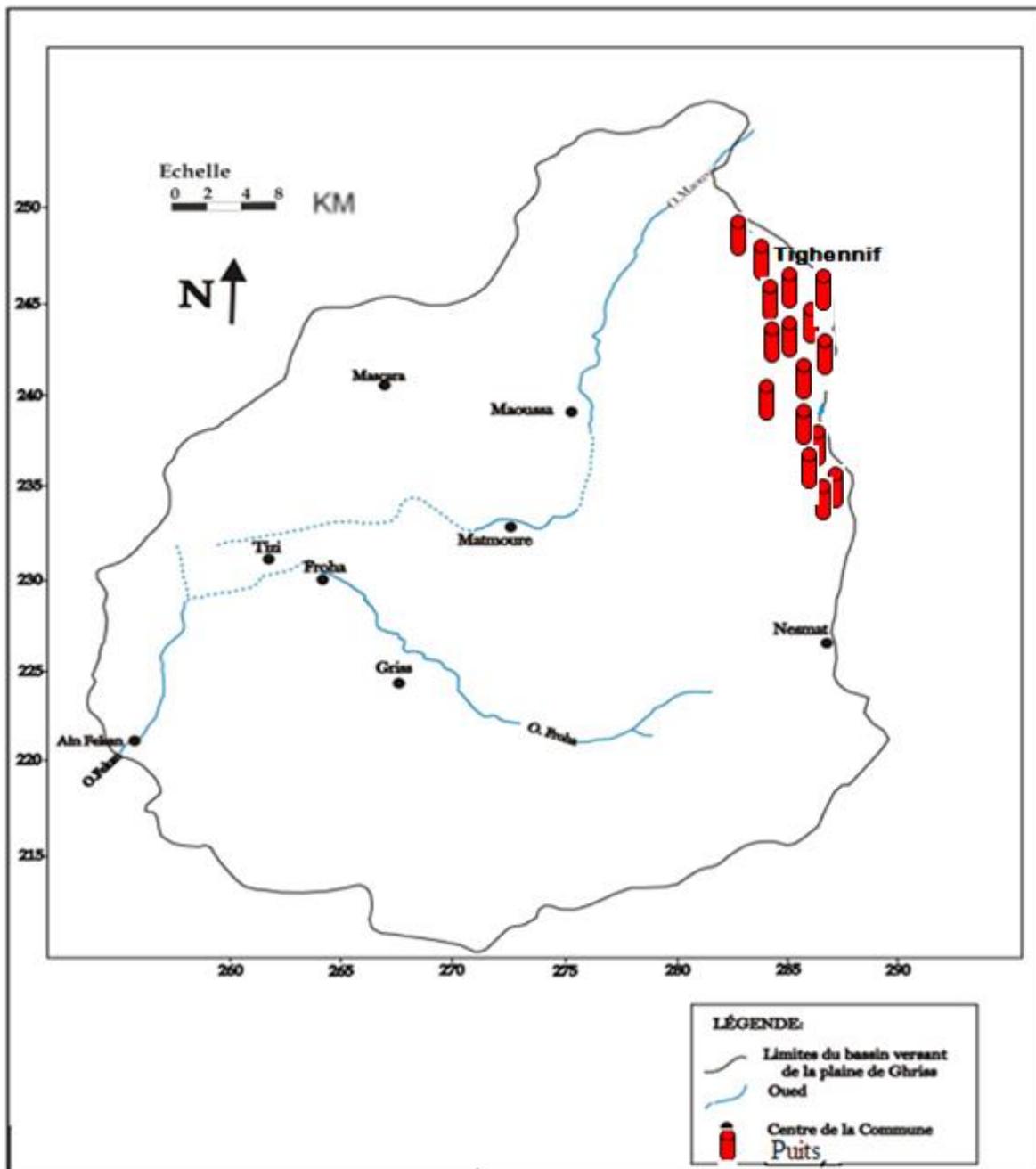


Figure 2: Réseau hydrographique de la plaine de Ghriiss et localisation des Puits étudiés (ANRH, 2012).

4-Aperçu géologique :

La plaine de Ghriss correspond à une cuvette d'effondrement à topographie plane et à sédimentation alluvionnaire argilo-sableuse. Elle est bordée de reliefs constitués de différentes formations géologiques. **(Fig. 03).**

Les bordures Nord et Ouest : Sont matérialisées par les Monts des Beni Chougrane. Ceux-ci allongés en forme d'arc de cercle de direction SSW-NNE, sont très plissés, à ossature Crétacé et recouvrement Tertiaire très épais. Ils représentent les vestiges de l'ancien sillon méditerranéen, effondrés et transportés par charriage

La bordure Sud : Cette bordure est constituée par les monts de Nesmot. Ces derniers avaient la forme d'un plateau rectiligne et continu qui s'étalait de Sidi Kada à l'Est jusqu'à Ghriss à l'Ouest. Les horsts des Djebels Bou Rhadou et Enfouss en sont les témoins de la tectonique cassante intense ayant affecté la région suivant deux principales directions, qui sont les reflets du mouvement du socle (proximité du môle granitique de Tiffrit).

La bordure Est : Les affleurements argileux et marneux de l'Oligocène et du Miocène constituent une limite imperméable qui borde nettement la plaine de Ghriss vers l'Est, dans la région de Tighenif.

La plaine proprement dite : La cuvette correspond à une zone de subsidence marquée par la flexure des couches du Néogène, en bordure des monts des Béni Chougrane. Les apports d'alluvionnement argilo - sableux de l'Oued Maoussa continuent de permettre à cette subsidence d'évoluer. Le substratum effondré est constitué par les calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur. Au dessus, des conglomérats de base se sont déposés localement puis un remplissage marin d'argiles et marnes grisâtres et verdâtres du Miocène inférieur et moyen. Au centre de la plaine, la subsidence a permis l'accumulation d'une grande épaisseur de calcaires lacustres.

Les sols de la plaine de Ghriss sont principalement formés par des sables limoneux et argileux dont l'épaisseur ne dépasse pas 6 mètres, leur nature varie selon les facteurs des transports et la nature de la roche mère sous-jacente. Ces formations sont le support agricole de la région (Benfetta, et *al.* 2011).

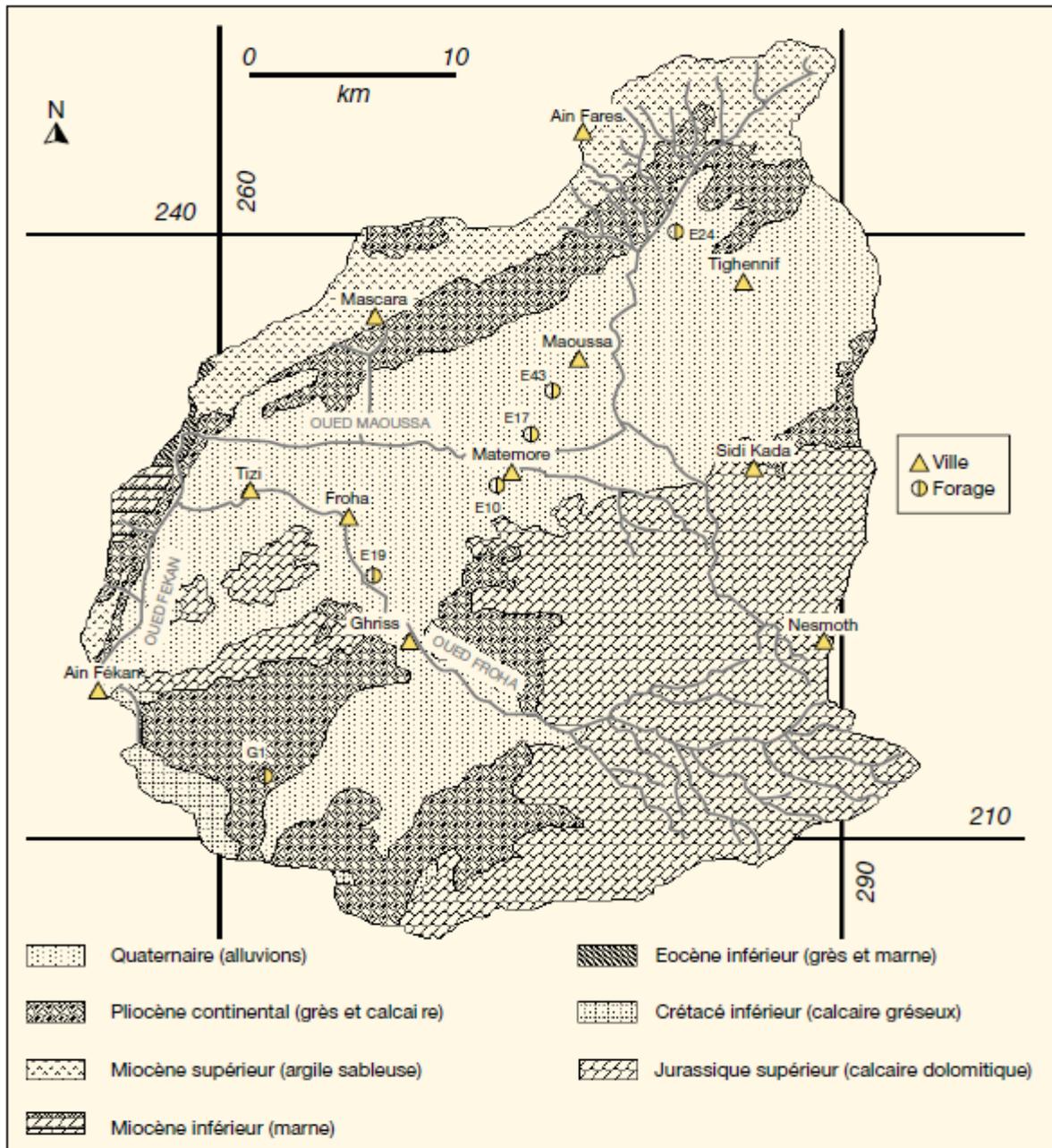


Figure 3: Carte géologique de la plaine de Ghriess (Bekkoussa et al. 2008).

5- Hydrogéologie :

La nappe de Ghriss est une identité hydrogéologique indépendante, formée par une superposition de couches perméables aquifères séparées par des formations imperméables qui retiennent ou mettent en charge ces nappes.

Trois différentes nappes ont pu être identifiées, soit de haut en bas, de la plus récente à la plus ancienne (**Fig. 04**) :

1- La nappe superficielle ou libre (nappe Alluvionnaire) :

Elle est contenue dans les dépôts alluvionnaires natifs de la désagrégation des grès, des calcaires lacustres, des calcaires dolomitiques et des marnes des bordures du bassin versant de la plaine.

2- La nappe des calcaires lacustres, Sables et grès du Pliocène :

Cette nappe libre dans les monts des Béni Chougrane au niveau des affleurements, se met en charge sous la plaine. Elle est constituée de calcaire blanc, crayeux du pliocène. Leur perméabilité diminue vers l'exutoire de la nappe qui est la source d'Ain Tizi.

3- La nappe des calcaires dolomitiques du Jurassique supérieur :

Cette nappe s'étend sur une grande partie de la plaine, elle est contenue dans des calcaires dolomitiques fissurés du jurassique supérieur (Kimméridgien). Il s'agit donc d'une nappe de type Karstique.

Elle est considérée comme la plus importante de ce système multicouche de par son étendue, ses potentialités et la qualité de ses eaux.

Le mur de cette nappe est la formation elle-même compacte, non fissurée. Le toit est formé par les marnes bleues et vertes du Miocène ou les argiles rouges détritiques de l'Oligocène.

La nappe des calcaires dolomitiques contribue à l'alimentation de celle du Plio-Quaternaire par l'intermédiaire des dépôts de pentes constituées de graviers, de galets et conglomérats.

Les aquifères sont caractérisés par une perméabilité en grande importance, mise en évidence en deux points et communique directement avec la nappe phréatique sur une grande superficie : Ain Fekane constitue l'exutoire naturel de la nappe (Bekkoussa et *al.* 2008).

Alimentation et exutoires :

- Nappe superficielle ou libre :

Cette nappe libre ayant pour exutoire Ain Fekane est alimentée suivant trois processus qui sont :

- Alimentation directe par sa propre surface,
- Alimentation par les aquifères adjacents (soit infiltration latérale directe, soit par l'intermédiaire de sources),
- Alimentation par les oueds principalement en période de crue.

- Nappe des calcaires lacustres :

Grâce à une position haute, favorable à une bonne pluviométrie, cette nappe est bien alimentée (alimentation directe par son impluvium à perméabilité de fissures). Cette nappe est interconnexion avec celle du Plio-Quaternaire. L'exutoire de cette nappe est constitué par la source de Tizi.

- Nappe des calcaires dolomitiques :

Les monts de Nesmot, Enfouss et Bou Rhadou constituent l'impluvium de cette nappe. Cette dernière est drainée par de nombreuses sources dont les plus importantes sont les résurgences d'Ain Fekane (Bekkoussa et al, 2008).

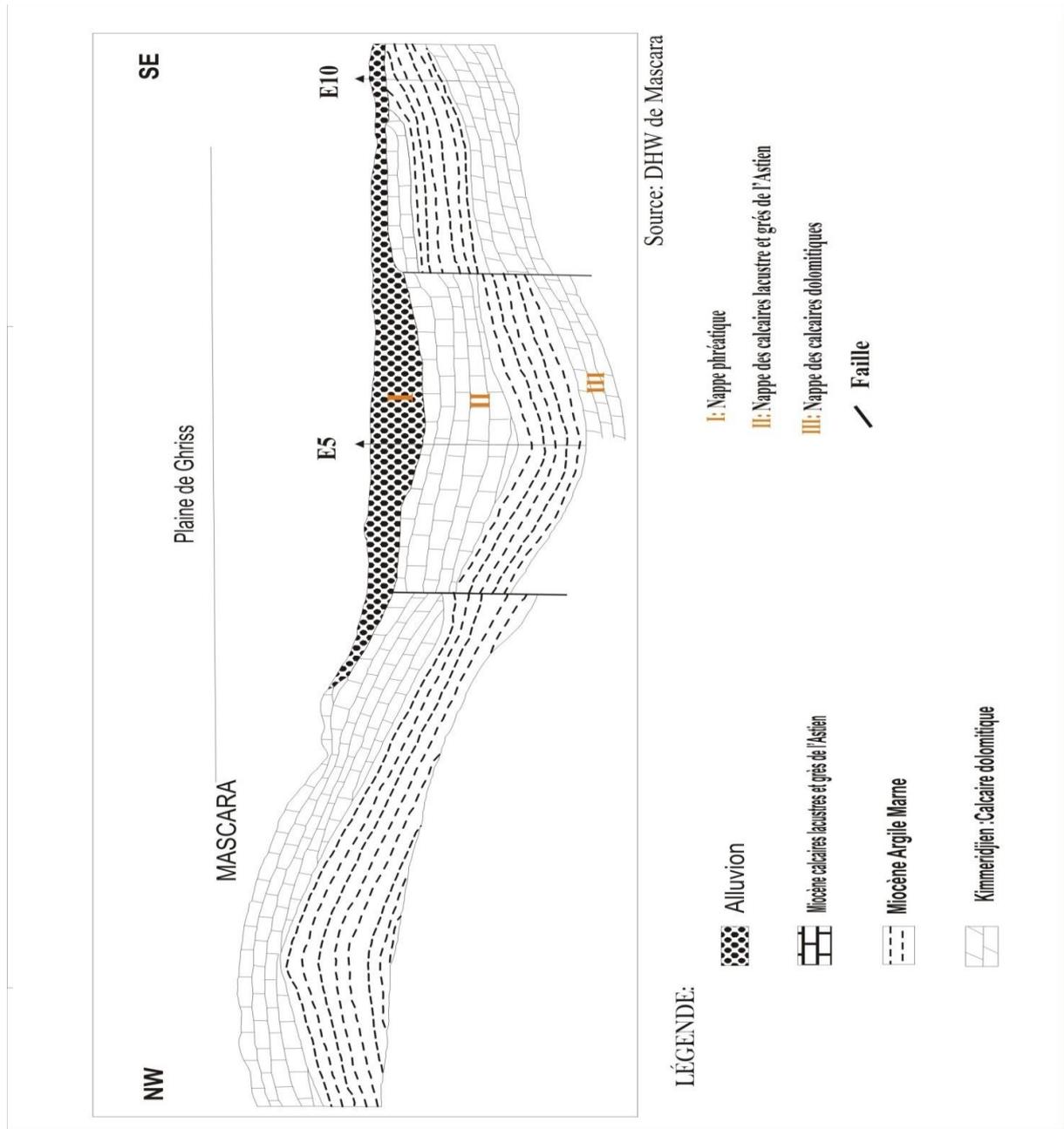


Fig 04 : Coupe géologique et hydrogéologique de la plaine de Ghriiss (ANRH, 2012).

6- Description des puits:

La zone d'étude se situe au sud-ouest de la ville de Tighennif willaya de Mascara. Dans la partie occidentale de la plaine de Ghriss, 16 puits (**Fig. 02**) ont fait l'objet d'une étude faunistique et physico-chimique.

Le choix s'est porté essentiellement sur les anciens puits dont l'eau sert à la boisson ou à l'usage domestique.

Puits 1

Ce puits se situe au voisinage de la ville de Tighennif dans un champ agricole

Altitude : 505 m

Latitude : 35° 25' 30'' N

Longitude : 0°20'37'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 19.5 m

Puits 2

Ce puits se localise à environ 500 m au nord du puits précédent

Altitude : 512 m

Latitude : 35° 25' 31''N

Longitude : 0°20'40'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 25.5 m

Puits 3

Ce puits se situe dans un champ agricole a environ 3 km au nord de Tighennif

Altitude : 525 m

Latitude : 35° 25' 29'' N

Longitude : 0°20'44'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 11.8 m

Puits 4

Ce puits se localise à environ 300 m à l'ouest du puits 3

Altitude : 510 m

Latitude : 35° 25' 32'' N

Longitude : 0°20'49'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 16 m

Puits 5

Ce puits se situe à environ 450 m Est du puits 4 dans un champ agricole

Altitude : 522 m

Latitude : 35° 25' 28'' N

Longitude : 0°20'48'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : **09** m

Puits 6

Ce puits se dans un champ agricole a environ 3 km au sud de Shayliya

Altitude : 532 m

Latitude : 35° 25' 23''N

Longitude : 0°20'45'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 15.5m

Puits 7

Ce puits se situe dans la rive gauche de la route shayliya – Tighennif

Altitude : 542 m

Latitude : 35° 25' 16''N

Longitude : 0°20'40'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 12.9 m

Puits 8

Ce puits se situe a l'entrée du village de Alalma sur la rive la droite route national n 7 dans un champ agricole

Altitude : 514 m

Latitude : 35° 25' 18''N

Longitude : 0°20'52'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 6.9 m

Puits 9

A environ 800 m du P8 sur la rive droite route national n 7 , se trouve le puits 9 dans même champ.

Altitude : 532 m

Latitude : 35° 26' 02''N

Longitude : 0°22'04'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 23.1 m

Puits 10

Ce puits se situe au voisinage du village de Sidi saffi dans un champ agricole

Altitude : 540 m

Latitude : 35° 26' 16''N

Longitude : 0°22'21'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 8.5 m

Puits 11

Ce puits se localise à environ 500 m au nord du puits précédent.

Altitude : 550 m

Latitude : 35° 26' 10''N

Longitude : 0°22'26'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 18 m

Puits 12

Ce puits se situe dans un champ agricole à environ 3 km Ouest de la ville de shaylia

Altitude : 535 m

Latitude : 35° 26' 12''N

Longitude : 0°22'28'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 20 m

Puits 13

A environ 200 m du Puits 12 sur la rive droite route communale, se trouve le puits 13 dans champ agricole.

Altitude : 525 m

Latitude : 35° 26' 14'' N

Longitude : 0°22'29'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 13 m

Puits 14

Ce puits se situe dans la rive gauche du l'oued hadad à environ 400 m Sud de village Ouled Bassadat.

Altitude : 544 m

Latitude : 35° 26' 08'' N

Longitude : 0°22'36'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 14 m

Puits 15

A environ 400 m du Puits 14 sur la rive la droite du l'oued hadad, se trouve le puits 15.

Altitude : 530 m

Latitude : 35° 26' 23'' N

Longitude : 0°22'28'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 15.9 m

Puits 16

Ce puits se situe dans une maison dans la commune Shaliya.

Altitude : 525 m

Latitude : 35° 26' 26'' N

Longitude : 0°22'29'' W

Profondeur moyenne de la surface de l'eau : 18.2m

Tableau N°1: Quelques caractéristiques des puits prospectés

Les caractères Les puits	Diamètre	Protection	Utilisation	Localisation
P01	2.2 M	Partielle	Sans	Champ
P02	02 M	Sans	Sans	Champ
P03	1.8 M	partielle	Sans	Champ
P04	2.5 M	Sans	Avec pompe	Champ
P05	2.8M	Sans	Sans	Champ
P06	1.8M	Sans	Sans	Champ
P07	2.4M	Sans	Sans	Champ
P08	2.1M	Sans	Avec pompe	Maison
P09	2.6M	Partielle	Sans	Champ
P10	1.9M	Sans	Sans	Champ
P11	2.6M	complète	Avec pompe	Champ
P12	2.7M	Sans	Sans	Champ
P13	2.4M	Sans	Sans	Champ
P14	2.1M	complète	Avec pompe	Maison
P15	1.2M	Sans	Sans	Champ
P16	1.6M	Sans	Sans	Champ

7 -Etude Bioclimatique :

Le climat méditerranéen est un climat de transition entre la zone tempérée et la zone tropicale caractérisé par des étés chauds et secs, tempéré en bordure de merseulement et des hivers doux et humides puis des pluies violentes au printemps et en automne l'hiver est très frais et plus humide **Estienne et Godard (1970), Emberger (1955)**.

Si nous retenons surtout les résultats obtenus par des biologistes ou des bioclimatologistes ayant travaillé dans notre région depuis longtemps, il s'agit surtout des classifications proposées, d'une part, par Emberger (1955) et, d'autre part, par Bagnouls et Gausson (1957) Pour cette étude, nous nous sommes basées sur les données climatiques de la période (1996 /2011) mesurées au niveau de la station météorologique de Matemore située à une Latitude de 35°22' 01.87''N, une Longitudes de 1°10' 45.33'' W et à une Altitudes de 470 m.

7-1 Pluviométrie :

La pluviométrie est la quantité d'eau qui tombe et qui forme la lame d'eau ou la lame pluviométrique. Elle est évaluée en mm par jour, par mois ou par an. Elle varie en fonction de l'éloignement de la mer et l'exposition des versants par rapport aux vents humides (Djebaili, 1984). Cette dernière agit d'une manière directe sur la recharge des nappes.

Ce sont des précipitations surtout liquides qui constituent le facteur essentiel, leur quantité moyenne mensuelle et annuelle est l'un des paramètres qui permet de caractériser le climat Djebaili (1978). Au dessus de la plaine de la plaine de Ghriss hauteur égale à 342.9 mm de pluie est enregistrée.

Tableau N°02: Pluviométrie moyenne mensuelle (1996-2011) à la station de Matemore

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
Précipitation (mm)	39.6	43.2	29.8	38.5	33.9	5.3	1.6	9.2	16.5	33.8	44.3	47.2

7-2 Température :

Estienne et Godard (1970), précise que la température règle les modalités de la météorisation des roches, elle conditionne l'évaporation physique et "physiologique et intervient largement dans les régimes des cours d'eau tout en fixant aux êtres vivants des limites plus ou moins strictes de répartition.

TableauN°3: Température moyenne mensuelle (1996-2011) à la station de Matemore

MOIS	J	F	M	A	M	J	J	O	S	O	N	D
T(c°) Max	14.8	15.4	18.9	21.8	25.8	32.1	35.7	36.2	30.8	26.3	19.0	15.2
T(c°) Min	3.1	3.8	5.7	7.6	11.2	15.0	19.5	19.2	15.9	12.3	7.6	4.6
T(c°) Moyen mensuelle	8,66	10,28	12,55	13,94	18,12	23,76	26,9	26,91	22,77	17,78	12,38	9,61

7-3 Synthèse climatique :

Le diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen et l'indice de De Martonne sont calculés pour situer notre zone d'étude :

7-3-1 Diagramme ombrothermique :

Un mois sec se définit, selon (Bagnouls et Gaussen, 1953) comme celui ayant un total pluviométrique (moyenne en millimètres) égal ou inférieur au double de la température ($P \leq 2T^\circ$). Ainsi, on constate que la saison sèche est formée de plusieurs mois secs consécutifs.

L'interprétation des diagrammes ombrothermiques, permet de mettre en évidence que :

- Une période sèche d'environ 7 mois d'avril à octobre
- Une période humide de 5 mois de novembre à mars (Fig.5).

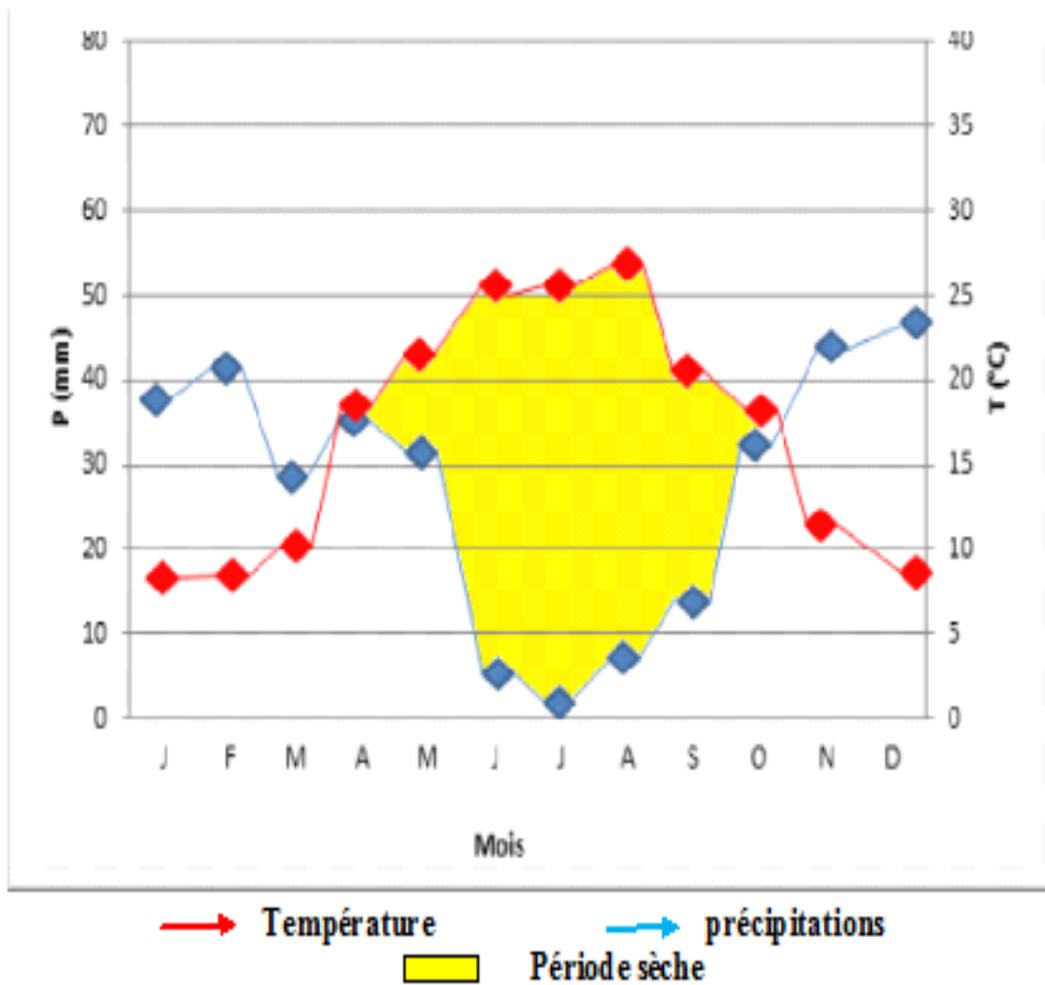


Fig.5 : Diagrammes Ombrothermiques de Bagnouls et Gausсен de la région de Mascara 1996-2011.

7-3-2 Indice de DE MARTONNE :

La plupart des indices et critères climatiques utilisés au cours des trente dernières années pour préciser la notion d'aridité, font référence aux hauteurs de pluies, aux températures extrêmes et très souvent, à la demande évaporatoire de l'atmosphère Floret et Pontanier (1984).

De Martonne a essayé de définir l'aridité du climat par un indice qui associe les précipitations moyennes annuelles aux températures moyennes annuelles. Cet indice est d'autant plus grand lorsque le climat est plus humide.

$$\text{Indice d'aridité (I)} = \frac{P}{T + 10}$$

I : indice d'aridité

P : précipitations moyennes annuelles en mm.

T : températures moyennes annuelles en °C

Suivant les valeurs de (I), De Martonne a établi la classification suivante :

$I < 5$: climat hyperaride

$5 < I < 7$, 5: climat désertique

$7, 5 < I < 10$: climat steppique

$10 < I < 20$: climat semi-aride

$20 < I < 30$: climat tempéré.

$10 < I < 20$: climat semi-aride

Tableau N°4 : Indice de De Martonne durant la période 1996-2011.

Stations	période	précipitations ann (mm)	températures moyenne ann (°c)	indice de De Martonne	Étage Bioclimatique
Matemore	1996-2011	342,9	16.97	12.71	climat semi-aride.

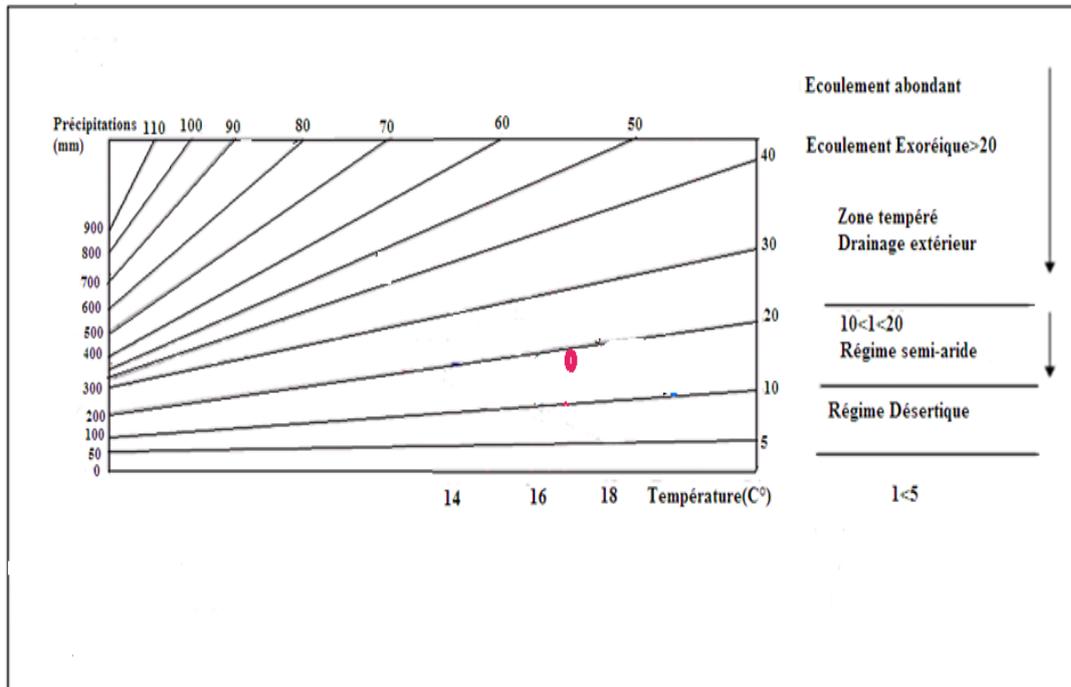


Fig.6 : Indice d'aridité de : DE MARTONNE

7-4 CONCLUSION

L'analyse des données climatiques montre que la région est sous un climat méditerranéen de type semi-aride, avec un hiver froid et pluvieux, et un été chaud et sec.

Matériel et Méthodes

Un suivi annuel de la faune aquatique des puits a été réalisé de Juin 2011 à Octobre 2012 couvrant des périodes de hautes et de basses eaux. Un total de 16 puits a été échantillonné, à raison de neuf campagnes de prélèvement.

1-Analyses physico-chimique de l'eau :

Quelques paramètres physico-chimiques sont mesurés au niveau de l'eau des puits à chaque campagne. Les mesures sont réalisées in situ, immédiatement après le prélèvement de l'eau en utilisant un multi paramètre (P4) de type (WTW).

1-1 La température

La température de l'air et celle de l'eau sont mesurées à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué au 1/10 de degré Celsius. Le thermomètre est plongé dans un seau rempli d'eau immédiatement après sa remontée du puits.

1-2 La conductivité électrique

Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre multi paramètre et exprimé en micro Siemens par centimètre.

1-3 Le pH

Le pH est mesuré par pH -mètre.

1-4 L'oxygène dissous

L'oxygène dissous a été mesuré au moyen d'un oxymétrie portatif exprimé en % de saturation ou en mg/l.

2-Prélèvement faunistique

Les prélèvements de la faune aquatique des puits ont été réalisés à l'aide de deux méthodes. Le filet phréatobiologique et la nasse appâtée. Des études comparatives antérieures ont montré que les deux appareils fournissaient des résultats complémentaires (Boulanouar, 1983 et Belaidi et *al.* 2011).

2-1-Le filet phréatobiologique :

Le filet phréatobiologique (Cvetkov, 1968; Bou, 1974), permet la capture du plancton et de tout ce qui nage en pleine eau et la récolte d'une partie de la faune qui se trouve fixée sur la paroi des puits. Il est composé d'un cône filtrant en soie à bluter (150 µm de vide de maille), d'un diamètre supérieur de 35 cm, qui se prolonge par un clapet en caoutchouc permettant l'entrée de la faune nageuse lors de la remontée du filet et empêchant sa perte pendant la descente (**Fig 07**). Le cône se prolonge par un manchon filtrant qui communique avec un réservoir en plexiglass, de 11 cm de hauteur et 5 cm de diamètre placé à l'extrémité inférieure du manchon filtrant. Le tout est lesté d'un plomb et mesure 95 cm de hauteur. Nous avons ajouté aussi des lests en plomb au niveau de l'ouverture du filet. Le filet est relié par une sangle et il est manié par tractions successives énergiques qui, créant dans l'eau un brassage, soulèvent la faune des parois et du fond. Le filet phréatobiologique est abaissé dans le puits, en perturbant le fond et les cotés de la colonne d'eau afin de tourbillonner les sédiments et les animaux associés. Le filet est ensuite soulevé et abaissé sur toute la colonne d'eau 20 fois de suite (Idbennacer, 1990) (**Fig.08**).

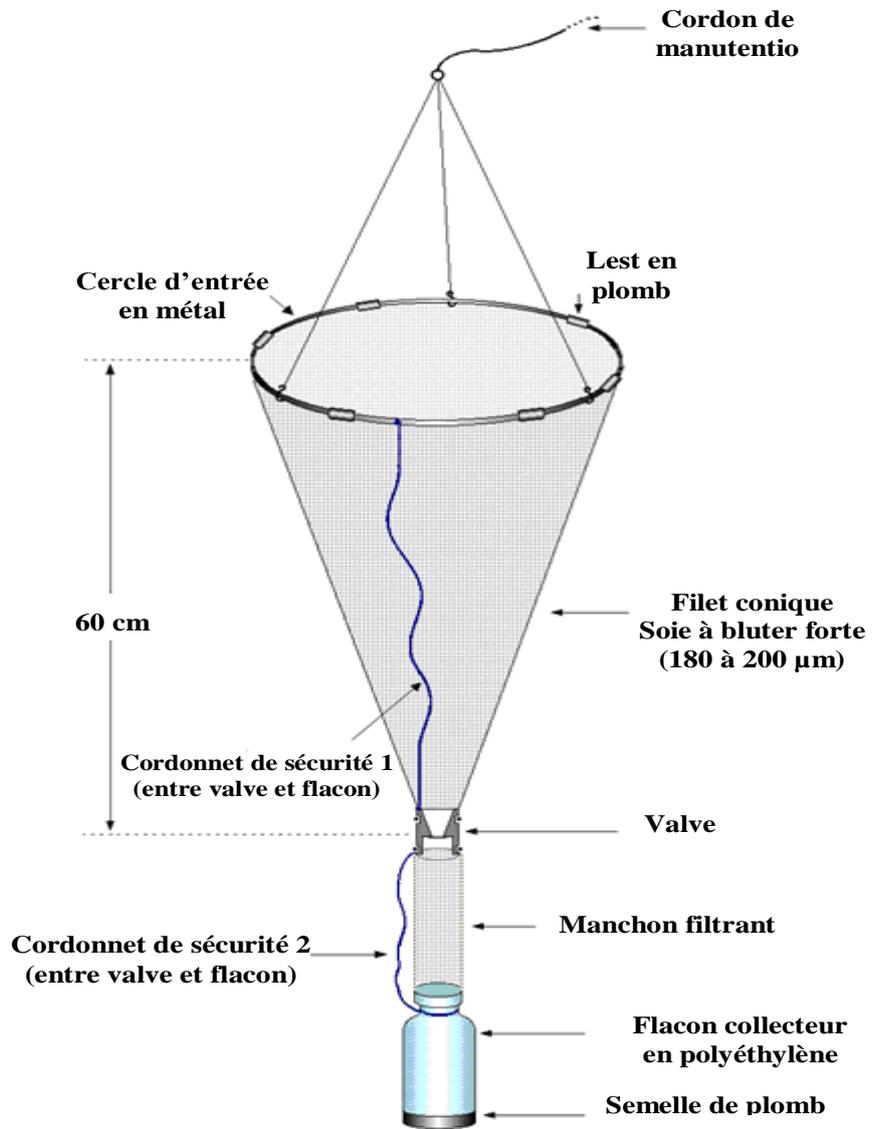


Fig.7 : Schéma du filet phréatobiologique (Bou, 1974).

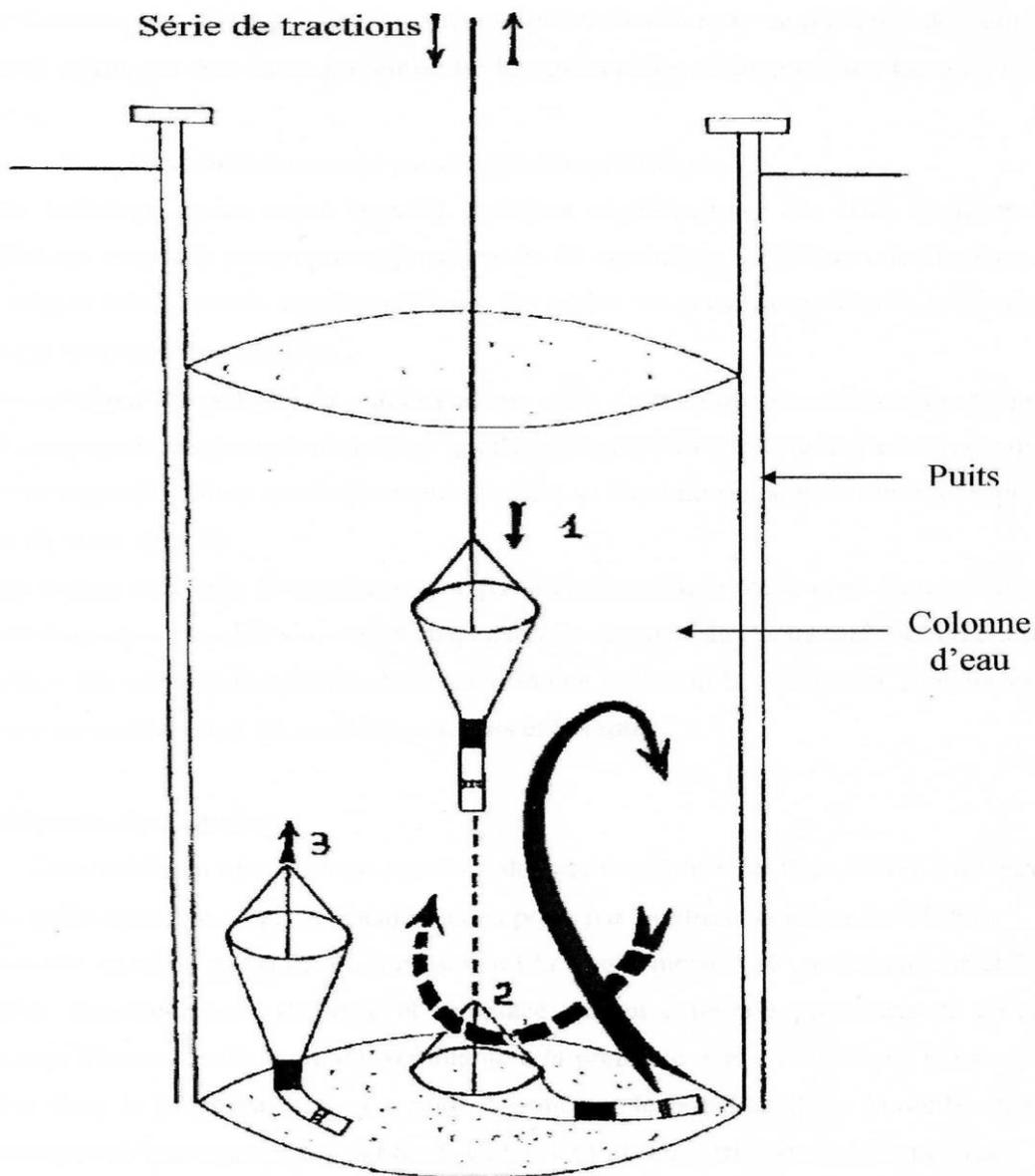


Fig.8: L'utilisation du filet phréatobiologique dans le puits
 (1, 2, 3 : Positions successives du filet pendant les séries de tractions).
 (Bou, 1974).

2-2- Les nasses appâtées :

Deux modèles de nasses appâtées mises au point par Boutin et Boulanouar (1983) sont utilisés en parallèle. La première est constituée par une bouteille en plastique de 1 Litre (21cm X 7cm) dont le fond a été découpé et remplacé par un entonnoir provenant de l'extrémité supérieure d'une deuxième bouteille semblable à la première. Le fond du bouchon est remplacé par un morceau de soie à bluter permettant la sortie de l'air (**Fig.9**).

La deuxième, appelée aussi bouteille intubée, est constituée d'une bouteille en plastique plus petite, dans laquelle on fait entrer le $\frac{1}{4}$ d'un tube de P.V.C de 0,5 cm de diamètre et 20 cm de long à partir d'un trou effectué au centre de son bouchon (**Fig.10**).

A chaque campagne de prélèvement, quatre nasses (deux exemplaires pour chaque type de nasse) ont été utilisées simultanément, et placées au fond de chaque puits.

- L'appât utilisé :

Le piégeage dans les puits a été réalisé avec un fragment de viande rouge saignante (mouton, bœuf) et de salade verte.

La durée du piégeage est généralement de 24H.

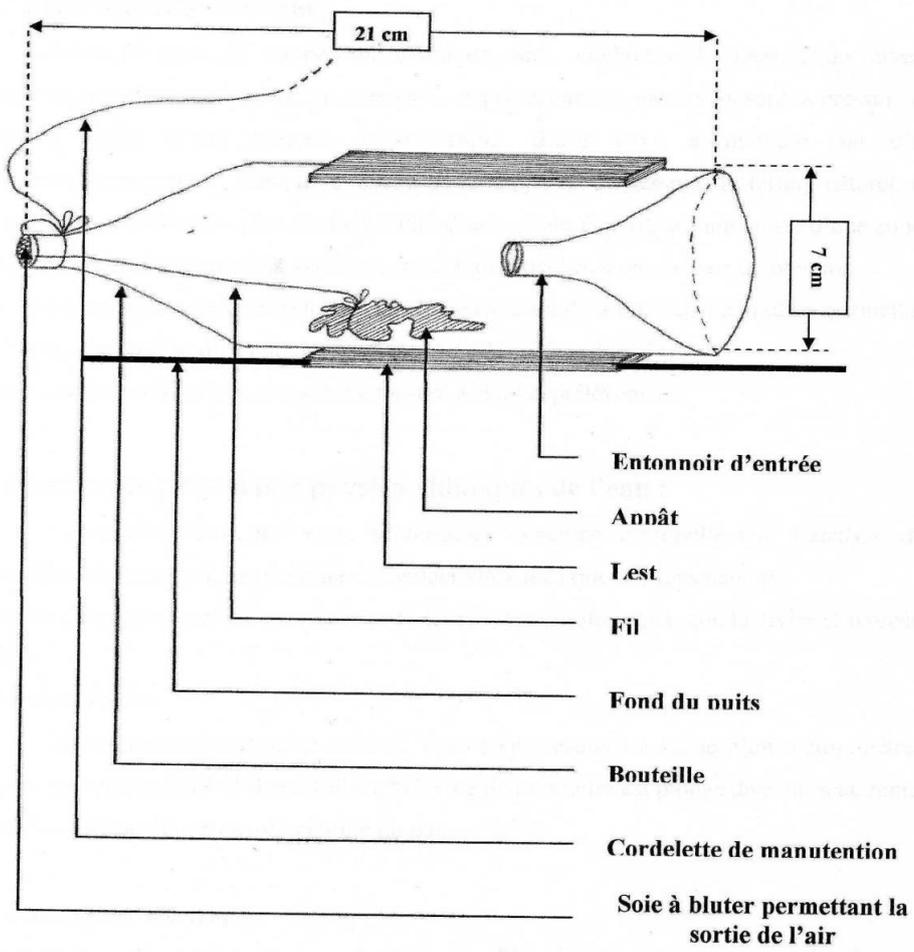


Fig.09: Dessin de la nasse type1. (Boutin et Boulanouar, 1983)

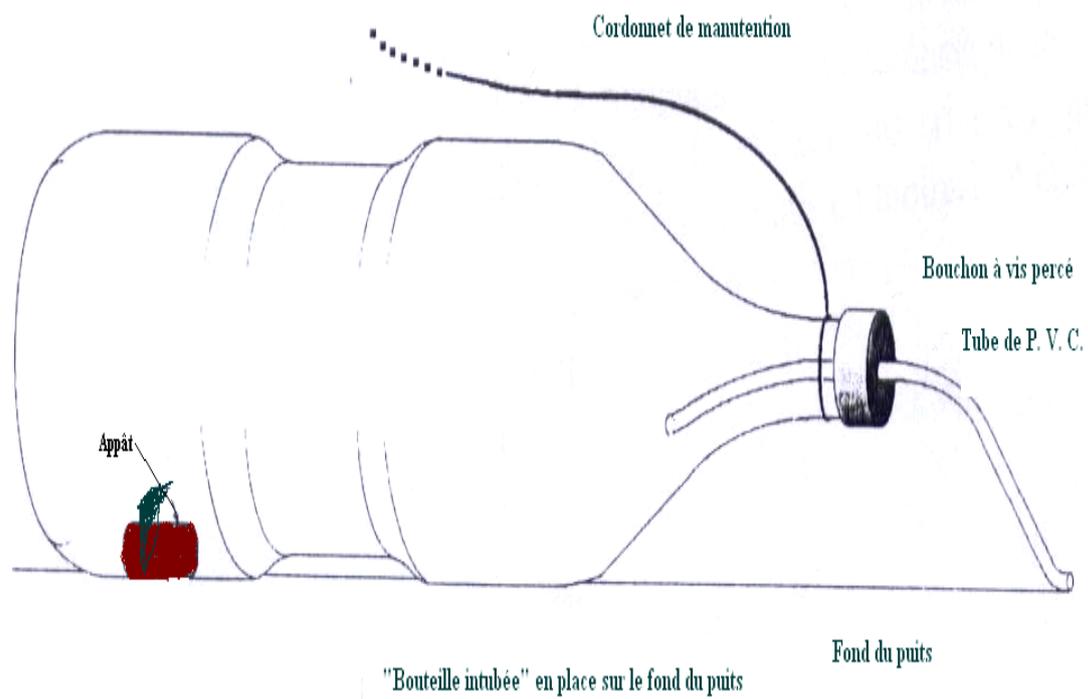


Fig.10: Dessin de la nasse type 2. (Boutin et Boulanouar, 1983)

2-3-Traitement des échantillons :

Les échantillons sont placés dans des bocaux et sont conservés dans du formaldéhyde à 5%. Ensuite, ils sont transportés au laboratoire, où ils sont triés sous une loupe binoculaire. Tous les spécimens ont été triés et dénombrés puis conservés dans de l'alcool à 70% avant d'être identifiés. Les déterminations ont été réalisées en utilisant la clef de détermination des macro-invertébrés aquatiques (Tachet *et al.* 1980 ; Tachet *et al.* 2000).

Les individus sont identifiés jusqu'au niveau du genre, de la famille ou à l'ordre en fonction du groupe considéré.

3-Le niveau piézométrique:

Le niveau piézométrique ou plus exactement la profondeur de la surface de la nappe au dessous du sol est toujours mesuré de la surface du sol jusqu'à la surface de l'eau, à l'aide d'une sonde sonore. La profondeur de la nappe a été mesurée à chaque prélèvement.

4- Traitement des données

4-1 Indices de diversité de Schannon-Weaver H'

De tous les indices, la formule de Schannon-Weaver est l'indice le plus utilisé, il exprime le mieux la diversité des peuplements. Il présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979 ;

Legendre et Legendre, 1979 ; Barbault, 1981).

L'indice de Schannon-Weaver H'(Schannon & Weaver, 1963) convient bien à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend compte à la fois de la richesse spécifique et de l'abondance relative de chaque espèce, permettant ainsi de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème.

Il a pour expression :

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

ni= nombre d'individus de l'espèce de rang i

N= nombre total d'individus

Cet indice a pour unité le 'Bit', sa valeur dépend du nombre d'espèces présentes, de leurs proportions relatives et de la base logarithmique.

H' est d'autant plus petit (proche de 0) que le nombre d'espèces est faible ou quelques espèces dominant ; il est d'autant plus grand que le nombre d'espèces est élevé et réparti

équitablement. Autrement dit, la diversité est minimale quant H' tend vers zéro (0), et est maximale quant H' tend vers ∞ .

4-2 Diversité brute ou richesse taxonomique

Cet indice correspond au nombre de taxons présents dans chaque prélèvement (Ramade, 2003).

4-3 Abondance relative des espèces

L'abondance est un paramètre important pour la description d'un peuplement. Il représente le nombre d'individus du taxon (i) présent sur le nombre total (Ramade, 2003). Il est variable aussi bien dans l'espace que dans le temps.

$$P_i = n_i / N$$

n_i = nombre d'individus de l'espèce i

N = nombre total d'individus

4-4 Analyse de variance:

Les résultats ont été traités par l'analyse de la variance à un critère (ANOVA 1) (Logiciel Minitab 16). C'est un test statistique qui permet de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance à partir d'échantillons aléatoires simples et indépendants les uns des autres. En pratique, le but de l'analyse de variance est de tester l'influence d'un ou de plusieurs facteurs ou effets sur une variable traduisant l'influence de ce (ou ces) facteur (s). Tester l'influence d'un facteur sur la variable étudiée revient à tester l'existence ou l'absence de différences entre les diverses modalités de ce facteur. Dans notre cas l'Anova1 a été utilisé pour tester les différences de richesse taxonomique et d'abondance qui pouvaient exister entre les différents puits prospectés et entre les différentes périodes hydrologiques (hautes eaux et étiage).

4-5 Analyse factorielle des correspondances (AFC) :

L'AFC est une méthode d'ordination couramment utilisée dans les études biologiques. Son utilisation est adaptée aux tableaux d'observations / variables qui présentent un grand nombre de zéro. Son but est de donner la meilleure représentation simultanée des groupements de

variables, permettant d'obtenir une correspondance entre groupes d'espèces et groupes de stations.

L'AFC permet d'ordonner les valeurs d'un tableau suivant un certain nombre d'axes correspondant à des facteurs de distribution (Thioulouse et Chassel, 1997). Elle consiste à rechercher la meilleure représentation simultanée de deux ensembles constituant les lignes et les colonnes d'un tableau de contingence, ces deux ensembles jouant un rôle symétrique.

L'AFC réalisée à partir des abondances des espèces aide à déterminer les espèces caractéristiques de chaque groupe. (Logiciel ADE4).

Conclusion

Conclusion

Cette première approche de l'étude de la nappe phréatique de la région de Mascara, considérant d'une part les différentes analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons de l'eau des puits de la nappe, et d'autre part la diversité globale de la faune aquatique présente dans les puits ont permis de dégager les premières conclusions :

-La qualité de l'eau souterraine, dans la zone d'étude semble être très sensiblement altérée, mais à des degrés divers par des sources de pollution superficielles locales. La plupart puits situés dans les localités à vocation agricole, sont visiblement soumises à une certaine pollution qui pourrait provenir, au moins pour une part, de l'utilisation des engrais chimiques.

-L'analyse faunistique réalisée au cours de ce travail fait apparaître une faune aquatique relativement faible.

Les résultats obtenus permettent de montrer aussi l'importance des échanges hydraulique entre les eaux de surface et les eaux souterraines, particulièrement les puits. Cette importance réside entre autre dans l'enrichissement du milieu souterrain en matière organique qui attire la stygofaune.

Le résultat de ce travail constitue donc une étape à la connaissance de la faune stygobie de l'Algérie. Elle contribuera une fois la détermination spécifique réalisée, à délimiter l'aire de distribution.

Pour mieux appréhender l'étude qualitative des eaux de la nappe de la plaine de Ghriss et de dégager son influence sur la stygofaune, un effort d'échantillonnage plus important doit être entrepris avec une caractérisation physico-chimique complète et une analyse des indicateurs de pollution comme la DBO5 et les éléments nutritifs. Cet ensemble fournira une étape importante pour établir le rôle de ces variables dans la détermination de la diversité et la structure de la faune souterraine et l'absence des espèces hypogées.

Références Bibliographiques

AÏT BOUGHROUS A. BOULANOUARE M. , YACOUBI M et COINEAU N. , 2007. The first Microcharon (Crustacées Isopodes ,Microparasellidae) from the Moroccan North Sahara platform. Phylogeny, origin and palaeogeography. *Contribution to Zoology*, 76, 21-34

AÏT BOUGHROUS A., 2007. Biodiversité, écologie et qualité des eaux souterraines de deux régions arides du Maroc: le Tafilalet et la région de Marrakech. Thèse. Doc. Fac. Sc. Univ. Marrakech (Maroc): 207p.

ACHITEM., REZAK S., BENBOUALIA., 2008. Contribution à l'étude de la qualité des eaux d'irrigation en zone semi aride. Cas des eaux souterraines de la nappe superficielle de la plaine de Ghriss (wilaya de Mascara).

AMORAS C. et PETTS G.E., 1993. Hydrosystèmes fluviaux. *Édt. Masson*. Paris.

ANRH. 2012. Inventaire des points d'eau de la plaine de Ghriss, rapport. Oran : Direction régionale Ouest de l'ANRH.

BAGNOULS F & GAUSSEN H., 1953. Saison sèche et indice xéothermique. Document pour les cartes de production végétale. Série généralité cartographie de l'unité écologique. Edit. Edward. Privat, Toulouse : 47p

BARBAULT R., 1995. Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. 2ème édition- Masson, Paris – Milan – Barcelone. P. 15-19.

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

BEKKOUSSA B., MEDDI M et JOURDE H., 2008. Forçage climatique et anthropique sur la ressource en eau souterraine d'une région semi-aride : cas de la plaine de Ghriss (Nord-Ouest algérien) . *Sécheresse* 2008 ; 19 (3) : 173-84

BELAIDI N., TALEB A. et GAGNEUR J., 2004. Composition and dynamics of hyporheic and surface fauna in a semi-arid stream in relation to the management of a polluted reservoir. *Ann. Limnol. Int. J. Lim*, 40 (3): 237-248.

BELAIDI-ALIANE N., 2004. Rôle du milieu hyporhéique dans le fonctionnement de l'écosystème oued. Dynamique de la faune hyporhéique à l'aval d'un barrage pollué. Thèse. Doc. Univ. Tlemcen (Algérie): 83p.

BELAIDI N., TALEB A., MAHI A. et MESSANA G., 2011. Composition and distribution of stygobionts in the Tafna alluvial aquifer (north-western Algeria). *Subterranean Biology*, 8: 21-32.

BENFETTA H., REMINI B., LARID M., BOUKARY I., 2008. Etude des fluctuations des eaux souterraines de la plaine de la Ghriss Mascara –Algérie. *BALWOIS-Ohrid*, Republic of Macedonia -27, 31.

BENAOUDA B., 2005. Contribution à l'étude du genre *Typhlocirolana* (Isopode, Crustacée) de la moyenne Tafna: Ouest algérien. Mém. Ing. Fac. Sc. Univ. Tlemcen: 46p.

BENHADJI N., 2013. Contribution à l'étude de la faune hyporhéique des zones de sources dans les Monts de Tlemcen. Thèse. Magistère. Univ. Tlemcen (Algérie).

BLONDEL J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson ed., Paris : 173 p

BOTOSANEANU L., 1986. Stygofauna mundi. A Faunistic, Distributional and Ecological Synthesis of the World Fauna inhabiting subterranean Waters (including the Marine Interstitial). E.J. Brill Publ., Leiden.

BOTOSANEANU L et HOLSINGER J., 1991. Some aspects concerning colonization of the subterranean realm - especially of subterranean waters : a response to rouch & danielopol, 1987. *Stygologia*, 6(1):129–142, 1991.

BOULANOUAR M., 1982. Premières recherches sur la faune des puits à Marrakech Méthodes de capture de la faune stygobie par piégeages. Mém. C E . A . Fac. Se.Marrakech : 1-49.

BOULANOUAR M., 1995. Faune aquatique des puits et qualité de l'eau dans les régions de Marrakech et des Jbilet. Statut et dynamique d'une population de *Proasellus coxalis africanus* (Crustacés Isopodes Asellidae) des Jbilet. Thèse de doctorat d'État, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 210p

BOU C., 1974. Recherches sur les eaux souterraines. Les méthodes de récoltes dans les eaux souterraines interstitielles. *Ann. Spéléol*, 29 (4): 611-619.

BOU et ROUCH., 1967. Un nouveau champ de recherches sur la faune aquatique souterraine. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris, 265:369–370, 1967.

BOUTIN C. et BOULANOUAR M., 1983. Méthodes de capture de la faune stygobie : Expérimentation de différents types de pièges appâtés dans les puits de Marrakech. *Bull. Fac. (2). Sc. Marrakech*: 5-21.

BOUTIN C., 1994. Phylogeny and biogeography of metacrangonyctid Amphipods in North Africa. *Hydrobiologia*, 887: 49-64.

BOULAL M., BOULANOUAR M., BOUTIN CL., YACOUBI KHEBIZA M., 2009. Biodiversity in the stygobiotic cirolanids (Crustacea, Isopoda) from the Mediterranean Basin : II – Systematics, ecology and historical biogeography of *Typhlocirolana tiznitensis* n. sp., the first representative of the genus, South of the Moroccan High Atlas. *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 145 : 11-28.

BOUTIN C., 1996. Book review: "H.P. Wagner, 1994. A monographic review of the Thermosbaenacea (Crustacea: Peracarida). A study on their morphology, taxonomy, phylogeny and biogeography". *Zool. Verhandelingen, Leiden*, 338pp. 500 Fig." *Crustaceana*, 69(6): 801-804.

BOUTIN C. MESSOULI M et COINEAN. ,1992. Phylogenie et biogéographie évolutive d'un groupe de Metacrangonyctidae, Crustacés Amphipodes stygobies du Maroc. II - Cladistique et paléobiogéographie. *Stygologia*, 7(3):159–177.

BOUTIN C. et COINEAU N., 1990. "Regression Model" "Modèle biphasé d'évolution" et origine des microorganismes interstitiels continentaux. *Revue de Micropaléontologie*, 33,3-4: 303-322.

BRAGA J. M., 1948. Sur les Aselles de l'Afrique du Nord. *Anais. Fac. Cienc. Porto*, 33: 7-93.

BRUNO M.C. LOFTUS W.F et PERRY S.A.,2001. Preliminary data on microcrustacean communities from ground waters in the southern Everglades. *Eve L.Kuniansky* 89-97.

BRUNKE M. et GONSER T., 1997. Hyporheic invertebrates- the clinal nature of interstitial communities structured by hydrological exchange and environmental gradients. *J. North American Benthological society*, 18: 344-362.

CASTANY G., 1998. Hydrogéologie, principes et méthodes. *Dunod*, Paris: 236p.

CHEBIKA R., 2003. Contribution à l'étude de la faune de quelques puits de la moyenne Tafna (région de Maghnia). *Mém. Ing. Fac. Sc. Tlemcen (Algérie)*: 65p.

CULVER D.C., MASTER L HOBBS H. ,2000. Obligate cave fauna of the 48 contiguous United States. *Conservation Biology*, 14(2): 386–401, 2000.

CULVER D.C et SKET,B 2000. Hotspots of subterranean biodiversity in caves and wells. *Journal of Cave and Karst Studies* 62: 11-17.

CULVER D. ,2003. Christman, M.C., Elliott, W.R., Hobbs III, H.H. et Reddell, J.R. The North American obligate cave fauna: regional patterns. *Biodiversity and Conservation* 12: 441-468.

CULVER C CHRISTMAN B et SKET B.,2004 . Sampling adequacy in an extreme environment : species richness patterns in Slovenian caves. *Biodiversity and Conservation*, 13:1209–1229, 2004.

CVETKOV L., 1968. Un filet phréatobiologique. *Bull. Inst. Zool. Mus. Sofia. XXVII*: 215-219.

DANIELOPOL D. L., POSPISIL P et ROUCH R., 2000.. Biodiversity in groundwater : alarge-scale view. *Trends in Ecology and Evolutions*, 15(6):223–224, 2000.

DANIELOPOL D.L., GREIBLER C., GUNATILAKA A. et NOTENBOOM J., 2003. Present state and future prospects for groundwater ecosystems. *Environmental Conservation* 3D: 104-130.

DAJOZ R., 1985. Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. 5ème édition. Gauthier Villard. Paris : 505p

DEU ,V et RACOVITZA,G. 1994. Roumanie. In : Juberthie C. and V. Decu (Eds.), Encyclopoedia Biospeologica I, Société de Biospéologie, Moulis, Bucarest, 779-802.

DELAMARE DEBOUTEVILLE C., 1960. Biologie des eaux souterraines littorales et continentales. *Hermann Ed. Paris*: 740p

DJELLOULI R.L ., HAMEL A ., LATRECHET N et MESR. ,2007. Analyse et évaluation des ressources hydriques dans la wilaya de Mascara. *Description des nappes* P36-38.

DOLE OLIVER M.J. , et CHESSEL D., 1987. Satabilité physique et biologique des milieux interstitiels . Cas de deux stations du haut Rhone. *Annals.Limnol.*22 1 69-81

DOLLFUS A., 1982. Isopodes recueillis par M-Armand Viré dans les grottes du Jura. *Bull. Mus. Hist. Nat. Paris*, 2: 137-138.

DTOCH F. , 2001b. Mapping subterranean biodiversity: structure of the database, mapping software (CKMAP), and a report of status for Italy. In: Mapping Subterranean Biodiversity / Cartographie de la biodiversité souterraine, Culver D. C., Deharveng L, Gibert J. et Sasowsky I. D. (Eds.), Proceedings of the International Workshop held, 18-20 March 2001, Laboratoire Souterrain du CNRS, Moulis, Ariège, France, Karst Waters Institute, Special Publication 6, Charles Town, West Virginia, 29-35.

EDWARDS F.W., 1923. On some algerian species of Simulium. *Archs Inst. Pasteur Alger*, 1 (4): 647-653.

EL ADNANI M., AÏT BOUGHROUS A., YACOUBI-KHEBIZA M., EL GHARMALI A., ESBIA M.L., LOUKILI-IDRISSI. et NEJMEDDINE A., 2007. Impact of the mining wastes on the physicochemical characteristics of water and the structure of the zoocenoses of the wells in the area of Marrakech, Morocco. *Environmental Technology*, 28, 1: 71-82.

EL ADNANI M., AÏT BOUGHROUS A., NEJMEDDINE A. et YACOUBI-KHEBIZA M., 2005. Impact d'une activité minière sur la biodiversité et la qualité des eaux souterraines près de Marrakech (Maroc). Comm. Conférence Internationale "Biodiversité : Sciences et Gouvernance", U

EL GHARMALI A., 2005. Impact des résidus miniers et des eaux résiduaires sur la contamination métallique des écosystèmes aquatiques et terrestres de la région de Marrakech, Maroc. Thèse d'État, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 212p.

EMBERGER L., 1955. Une classification biogéographique des climats. *Rev.Trv.Lab.Bot.* Montpellier, 7, 3-43.

FERREIRA D., 2005. Biodiversité aquatique souterraine de la France: base de données, patrons de distribution et implications en termes de conservation. Thèse. Doc. Univ. Claude Bernard. Lyon I: 230p

GAGNEUR J. et CHAOUI-BOUDGHANE C., 1991. Sur le rôle du milieu hyporhéique pendant l'assèchement des oueds de l'ouest Algérien. *Stygologia*, 6: 77-89.

Gagneur.J et Thomas. AGB, 1988 : Contribution à la connaissance des Ephéméroptères d'Algérie. I. Répartition et écologie (1 ère partie) (Insecta, Ephemeroptera). Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse, 124 : 213-223.

GAGNEUR J, 1983 : Surveillance biologique de la qualité des eaux. Exemple d'application au bassin de la Tafna (Algérie).communication au journée de l'eau.25 -27Mai 1983 Tlemcen (Algérie) :21p.

GAGNEUR J et ALIANE N, 1991. Contribution à la connaissance des Plécoptères d'Algérie. In : Albatercedor, J. & Sanchez-Ortega, A. (eds.), Overview and strategies of Ephemeroptera and Plecoptera : 311-323. – Sandhill Crane Press Inc., Grainesville FL, USA.

GAGNEUR J., 2008. The role of the hyporheic zone in the nitrogen dynamics within a semi-arid gravel bed stream located downstream of a heavily polluted reservoir (Tafna wadi, Algeria). *River Research and Applications* 24: 183-196.

GAUTHIER H., 1928. Recherches sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. *Impr. Minerva. Alger, Carte 6 H. t. Pl. I-III*: 419p.

GHAMIZI M., 1998. Les Mollusques des eaux continentales du Maroc : Systématique, Bioécologie et Malacologie Appliquée. Thèse Doctorat d'État, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia, Marrakech, 549p.

GHLALA A., et MESSANA G., 2006. Description d'un nouvel asellide epigé (Isopoda, asellota) du nord de la Tunisie. *Proasellus tunisiensis* sp. Troisième congrès Franco-Tunisien de Zoologie, Tabarka (Tunisia).NESCO, Paris, 24–28 janvier 2005.

GHLALA, A., DELLA VALLE, D. et MESSANA, G., 2009. First record of the genus *Typhlocirolana* Racovitza, 1905 (Isopoda: Cirolanidae) from Tunisia and description of a new species from the National Park of Ichkeul. *Zootaxa*, 2176: 57–64.

GIBERT J., MATHIEU J. et FOURNIER F., 2004. Life In the Subsurface (PASCALIS) : overview and main results. Dans J. Gibert, éditeur, Proceedings on symposium on World Subterranean Biodiversity, France. University Claude Bernard Lyon 1.

GIBERT, J. et DAHARVENG, L. 2002. Subterranean ecosystems: a truncated functional biodiversity. *Bioscience* 52: 473-481.

GIBERT J., DANIELOPOL D. L. et STANFORD J. A., 1994. Ground Water Ecology. *Academic Press. San Diego*: 571p

GINET R. et DECOU V., 1977. Initiation à la biologie et à l'écologie souterraine. *Edt. Univ, Jean-Pierre Delarge, Paris*: 345p.

GURNEY R., 1908. A new species of *Cirolana* from a fresh-water spring in the Algerian Sahara. *Zoologischer Anzeiger*, 32: 682-685.

GRALL J. & HILY C., 2003 .Traitement de données stationnelles (Faune). Robert. FT 10(1). Doc.

HAMZAOUI D., 2009- Impact des changements climatiques sur la répartition de la faune Benthique de l'oued Saoura (wilaya de Bechar). Mémoire de Magister, U.S.T.H.B., 80p.

HAICHA B., 2008. Contribution à l'étude de la faune aquatique de quelques puits de la haute Tafna (Nord-Ouest Algérien). Mém. Ing. Fac. Sc. Univ. Tlemcen: 56p.

HAICHA, 2013. Contribution à la connaissance de la stygofaune d'Algérie. Etude de la faune des puits de la nappe alluviale de la basse Tafna .Thèse. Magistère. Univ. Tlemcen (Algérie)

HENRY J. P. et MAGNIEZ G., 1972. Un Aselle interstitiel de Tunisie: *Proasellus bagradicus*. Annales de Spéléologie 17: 183-193.

HUMPHREYS W. ,2000. Relict faunas and their derivation. Dans H. Wilkens, D. Culver et W. Humphreys, éditeurs, Subterranean ecosystems, Ecosystems of the world, pages 417–431. Elsevier.

IDBENNACER B., 1990. Recherches écologiques, biogéographiques et démographiques sur la faune aquatique souterraine de la région de Guelmim (Sud-ouest de l'Anti-Atlas marocain).

ISSARTEL J., RENAULT D et VOITURNON Y., 2007b. Metabolic responses to cold in subterranean crustaceans. Journal of Experimental Biology, 208:2923–2929, 2007b.

JANSSENS DE BSTHOVEN L., GERHARDT A. et SOARES A.M.V.M., 2005. Chironomidae larvae as bioindicators of an acid mine drainage in Portugal. *Hydrobiol.*, 532: 181-191.

JUBERTHIE C. et GINET R.,1994. France. In : Juberthie C. et V. Decu (Eds.), Encyclopaedia Biospeologica I, Société de Biospéologie, Moulis-Bucarest, n° 1, p. 665-692.

JUBERTHIE C. et DECOU V., 1994. Encyclopaedia Biospeologica. *Société de Biospéologie*, Moulis-Bucarest, 1: 834p.

JUBERTHIE C., 2000. The diversity of the karstic and pseudokarstic hypogean habitats in the world. (Eds). *Subterranean Ecosystems, Elsevier*: 17–39.

JUBERTHIE C. et DECU V. (Eds.) 2001. Encyclopaedia Biospeologica. Société de Biospéologie, Moulis – Bucarest, n° 3, p. 1374-2294.

LAFONT M., DURBEC A. et ILLE C., 1992. Oligochaete worms as biological descriptors of the interactions between surface and groundwater: a first synthesis. *Regulated Rivers*, 7: 65-73.

LEGENDRE L. & LEGENDRE P., 1979. Ecologie numérique. Le traitement multiple des données écologiques. 2ème Edition Masson, Paris : 206 p.

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

LOUNACI A., 2005. Recherche sur la faunistique, l'écologie et la biogéographie des macroinvertébrés des cours d'eau de kabylie (Tizi-Ouzou, Algérie). Thèse de doctorat d'état en biologie. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (Algérie). 208p.

- L’VORICH M.I., 1974.** World water resources and their future. *Myst’P.H.* Moscow: 125 p.
- MAHI., 2007.** Contribution à l’étude de la faune stygobie de la région de Tlemcen (Nord-Ouest Algérien). Thèse. Magistère. Univ. Tlemcen (Algérie): 127p.
- MALARD F. HERVANT., 1999.** Oxygen supply and the adaptations of animals in groundwater. *Freshwater Biology*, 41:1–30.
- MALARD F., GIBERT,J et LAURENT,R.1997a.** L'aquifère de la source du Lez : un réservoir d'eau...et de biodiversité. *Karstologia* 30: 49-54.
- MALARD F., FERREIRA D., DOLÉDECS et WARD J.V., 2003.** Influence of groundwater upwelling on the distribution of the hyporheos in a headwater river flood plain. *Archiv. Für Hydrobiologie*, 157 (1): 89-116.
- MATOCEC D ET BAKRAN P ,2002.** An overview of the cave and interstitial biota of roatia. *Natura Croatica* 11: 1-112.
- MERZOUG D., KHIARI A., AÏT BOUGHROUS A. et BOUTIN C., 2010.** Faune aquatique et qualité de l'eau dans les puits et sources de la région d’Oum-el-Bouaghi (Nord-est algérien). *Hydroécologie appliquée*, 17: 1-22 .
- MESSOULI M., 1988.** Les Crustacés Amphipodes souterrains du Groupe Metacrangonyx : Répartition, systématique et phylogénie. Thèse 3ème cycle, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia Marrakech, 220p
- MONOD TH., 1924.** Sur quelques Asellides nouveaux des eaux douces de l’Afrique du Nord. *Bulletin de la Société d’Histoire Naturelle d’Afrique Nord* 15: 327-336.
- NOURRISSON M., 1956.** Etude morphologique comparative et critique des *Typhlocirolana* (Crustacés isopodes Cirolanides) du Maroc et de l’Algérie. *Bull. Soc. Sci. Nat. Phys. Maroc*, 36 : 103-124.
- NICHOLAS.B G. 1960.** Checklist of macroscopic troglobitic organisms of the United States. *American Midland Naturalist*, 64: 123-160.
- OUIS S, 2012.** Impact des fluctuations climatiques sur et la qualité des eaux souterraines d’une région semi-aride cas la plaine de Ghriss (Nord-Ouest Algérienne). Contexte hydrochimique 128.
- PECK, S. B. 1998.** A summary of diversity and distribution of the obligate cave- inhabiting faunas of the United States and Canada. *Journal of Cave and Karst Studies* 60(1): 18-26.
- PESCE G. L. et TETE P., 1978.** Microparasellides d'Algérie (Crustacea: Isopoda). *Rev. Zool. Afr.*, 92 (4): 992-1001.
- PESCE G. L., TETE P. et DE SIMONE M., 1981.** Ricerche faunistiche in acque sotterranee freatiche del Maghreb (Tunisia, Algeria, Morocco) et dell'Egitto. *Natur. Soc. Ital. Sc. Nat. Museo civ. Stor. Nat. E Acquario civ. Milano*, 72, (1-2): 63-98.
- PESCE, G. L. 1981.** The groundwater fauna of Italy: a synthesis. *Stygologia* 1(2): 129-159.
- PESCE G. L. 1985.** The groundwater fauna of Italy: a synthesis. *Stygologia* 1(2): 129-159.

- RACOVITZA E. G., 1912.** Cirolanides (première série). *Biospeologica* 27. *Archives de zoologie expérimentale et générale*, 10: 203-329.
- RAMADE F. 2003.** Element d'écologie: Ecologie fondamentale. 3ème edition. Dunod. Paris: 190 p.
- ROUCH R. et DANIELOPOL D.L., 1987.** L'origine de la faune aquatique souterraine, entre le paradigme du refuge et le modèle de la colonisation active. *Stygologia*, n° 3: 345-372.
- SEURAT (L.G.). 1934.** Etudes zoologiques sur le Sahara Central. Mission du Hoggar III (Fév-Mai 1928). Mem. SA, Hadjadj et Moghrar (Wilaya de Naâma). Mémoire de Magister, USTHB, 117p
Thèse de 3^{ème} Cycle, Fac. Sci. Semlalia. Marrakech: 275p.
- STOCH. 1995.** The ecological and historical determinants of crustacean diversity in groundwaters, or : why are there so many species , *Mémoires de Biospéologie*, 23:139–160, 1995.
- TACHET M., BOURNAUD M. et RICHOUX P., 1980.** Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (systématique élémentaire et aperçu écologique). *Univ. Lyon I. Ass. Française de Limnologie*: 155p.
- TACHET M., BOURNAUD M., RICHOUX P et USSEGLIO-POLATERA PH., 2000.** Invertébrés des eaux douces : Systématique, Ecologie, Biologie. Ed CNRS-Paris : 588p.
- TALEB A., BELAIDI N. et GAGNEUR J., 2004.** Water quality before and after dam building on a heavily polluted river in semi-arid Algeria. *River Research and Applications*, 20: 1-14.
- TALEB A., BELAIDI N J., SANCHEZ PEREZ M., VERVIER P., SAUVAGE S., et GAGNEUR J., 2008.** The role of the hyporheic zone in the nitrogen dynamics within a semi-arid gravel bed stream located downstream of a heavily polluted reservoir (Tafna wadi, Algeria). *River Research and Applications* 24: 183-196.
- THIOULOUSE J., CHESSEL D., DOLEDEC S. & OLIVIER J.M., 1997.** ADE.4: A multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and computing*, 7: 75 – 83.
- VAILLANT F., 1955.** Recherches sur la faune macrique de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctorat, Université de Paris (Zool), 11 : 258p.
- WARD J.V., 1998.** Riverine landscapes: biodiversity patterns, disturbance regimes and aquatic conservation. *Biological conservation*, 83 (3): 269-278.
- YACOUBI-KHEBIZA M., 1990.** Écologie, Biogéographie des biocénoses aquatiques des nappes alluviales de quelques vallées du Haut-Atlas de Marrakech (Maroc). Paléogéographie des crustacés phréatiques. Thèse doctorat 3 ème cycle, Université Cadi Ayyad, Fac. Sci. Semlalia Marrakech. 246p
- YASRI N., 2009.** Diversité, écologie et biogéographie des macroinvertébrés de quelques affluents du Mazafran. Mémoire de Magister, USTHB, 96p.

ZERGUINE K., SAMRAOUI B. & ROSSARO B., 2009.A survey of chironomids from seasonal ponds of Numidie, Northeastern Algeria. *bioll. Zool. Agr. Bachic. Ser. II*, 41 (3): 167 – 174.