

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة 8 ماي 1945 قالمة
Université 8 Mai 1945 Guelma
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Sciences de la terre et de l'Univers



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Biodiversité et écologie des zones humides

Département d'Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème :

**Contribution à l'étude de la biodiversité des cours d'eau du
bassin versant de la Seybouse**

Présenté par : Kouadria Amel & Zalani Selma

Devant le jury composé de :

Président :	Samraoui Farah	Pr	Université de Guelma
Examineur :	Bouchelaghem El Hadi	MAA	Université de Guelma
Encadreur :	Satha Yalles Amina	MAA	Université de Guelma
Invité :	Samraoui Boudjèma	Pr	Université de Annaba

Juin 2016

Remerciements



Il nous est agréable d'exprimer nos vifs remerciements et notre profonde gratitude à tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce travail

A notre maître et encadreur Mme Satha Yalles Amina

Vous avez bien voulu nous confier ce travail riche d'intérêt et nous guider à chaque étape de sa réalisation.

Vous nous avez toujours réservé le meilleur accueil, malgré vos obligations familiales et professionnelles.

Vos encouragements inlassables, votre amabilité, votre gentillesse méritent toute admiration

Nous saisissons cette occasion pour vous exprimer notre profonde gratitude tout en vous témoignant notre respect

A notre maître et juge de ce travail Mme Samraoui Farah

Vous nous faites un grand honneur d'avoir accepté de présider ce jury
Recevez notre grand respect et notre profonde reconnaissance

A notre maître et juge de ce travail Mr Bouchelaghem El Hadi

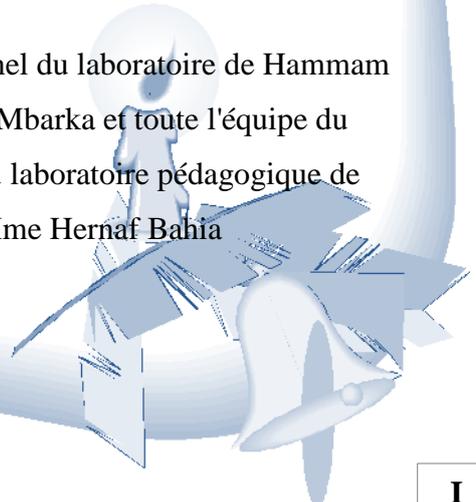
Pour l'immense privilège d'avoir bien voulu examiner notre modeste travail.
Veuillez trouver ici l'expression de notre grand respect et nos vifs remerciements,

A notre maître et juge de ce travail

Mr le Professeur Samraoui Boudjéma

Nous sommes honorées que vous ayez accepté notre invitation et nous sommes très heureuses de vous compter parmi les membres de notre jury,

Nous devons une mention toute spéciale au personnel du laboratoire de Hammam Debagh : le directeur Mr Salah et Mme Amel et Mbarka et toute l'équipe du laboratoire. Nous n'omettrons pas les membres du laboratoire pédagogique de l'université de Guelma en particulier Mme Hernaf Bahia



Dédicace

Je dédie ce travail

A ma très chère mère nacira bouhdiche

Et

A mon Père zalani miloud

Dont le mérite, les sacrifices et les qualités humaines
m'ont permis de vivre ce jour.

Et ce travail est en témoignage de mon profond
amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et
t'accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon très cher mari farid

Quand je t'ai connu, j'ai trouvé l'homme de ma vie, mon âme
sœur et la lumière de mon chemin.

Ma vie à tes cotés est remplie de belles surprises.

Tes sacrifices, ton soutien moral, ta gentillesse sans égal,
ton profond attachement m'ont permis de réussir mes
études.

A ma très chère sœur iman et son mari yacin

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de
l'affection que je vous porte.

Malgré la distance, vous êtes toujours dans mon coeur et mon esprit.

A mon Frères et mes sœurs

Zeynab et hibate Allah et djanete Allah et Soundous

A qui je souhaite un avenir radieux plein de réussite

A ma grand mère maternelle mibarki djamaa

A la mémoire de la grande dame qui a tant sacrifié
pour nous .

A tous mes Ami(e)s

Amina et rahima et nassima et sa fille et souade et nadia et adilaet rayan

Dédicace

A cœur vaillant rien d'impossible

A conscience tranquille tout est accessible

Je dédie ce travail de fin étude

A mon très cher père Mabrouk

Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour,

L'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Il représente l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. . Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur

A ma très chère mère Djebairia Kaltoum

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et de bons conseils Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur

A mes sœurs Hana et Faten (doussa)

Je te souhaite un avenir plein de joie,
de bonheur, de réussite et de sérénité

A mon fiancé Amine Athamnia et sa famille

Pour tes sacrifices, ton soutien moral et ta gentillesse sans égale

A tous les membres de nos familles, petits et grands

A mes chères amies

Radia, Soumia, Nouha, Sana, Asma, Rahma, Farah,

Radja, Marwa, Fatima, Ibtisem

Liste des acronymes

ABH: Agence des bassins Hydrographiques

ADE: Algérienne des eaux

AFNOR: Association française de normalisation

CSM: Constantinois, Seybouse, Mellegue

DBO5 : demande biologique en oxygène sur 5 jours.

DCO : demande chimique en oxygène.

GI: Groupe indicateur

g/l : gramme sur litre

HM³ : hectomètre cube.

IBGN: L'indice Biologique Global Normalisé

I.Q.B.G: Indice de Qualité Biologique Globale.

INECO: Institutional and economic instrument for sustainable water management in Mediterranean region

Km : kilomètre

m : mètre.

mg/l : milligramme sur litre.

mn: Minutes

µs/cm: Microsiemens par centimètre

NTU: (Nephelometric Turbidity Units).

ONA: Office national d'assainissement

SNS : Société Nationale de sidérurgie

SWIM-SM: Sustainable water integrated Management Support Mechanism

S: seconde

Liste des figures

Figure 1 : Carte du relief et des limites géographiques du bassin versant de la Seybouse.....	05
Figure 2 : Présentation des Sous-Bassins de la Seybouse.....	06
Figure 3 : Profil en long des oueds : Cherf- Bouhamdane - Seybouse.....	07
Figure 4 : Carte du réseau hydrographique.....	08
Figure 5 : Les grands ensembles physiques de la wilaya de Guelma	12
Figure 6 : Implantation des barrages.....	13
Figure 7 : Carte des rejets de la Seybouse	14
Figure 8 : Les grands ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse	15
Figure 9 : Evaluation des températures moyennes à Guelma (2002-2015).....	17
Figure 10 : Evaluation des précipitations moyennes à Guelma (2002-2015).....	17
Figure 11 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la ville de Guelma (2002-2015).....	19
Figure 12 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2015).....	20
Figure 13 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station de Belkhir (2002-2015).....	20
Figure 14 : Carte des formations forestières	22
Figure 15 : Carte de localisation des stations échantillonnées	26
Figure 16 : Les Œufs. a : Ephemerella; b: Heptagenia	28
Figure 17 : Larve vue latérale Vue dorsale Tête	29
Figure 18 : Structure fondamentale d'une patte d'Ephéméroptères : a patte ; b: griffe.....	29
Figure 19 : Branchies. a: Leptophlebiasp, b: Isonychiaarida.	32
Figure 20 : Dessin schématique d'une larve (gauche) et d'un adulte de Plécoptère.....	33
Figure 21 : Tarse de Plécoptère	33
Figure 22 : Larve et étui d'un Trichoptère.....	39
Figure 23 : Tête d'un Trichoptère : Face dorsale (A) et face ventrale (B)	39
Figure 24 : Thorax et tête d'un Trichoptère	40
Figure 25 : Neuvième segment abdominal	41
Figure 26 : Imago de Trichoptère	41
Figure 27 : Circulation de l'eau dans le fourreau d'un trichoptère	43
Figure 28 : Métamorphose complète chez les Trichoptères	44
Figure 29 : Les formes des œufs de quelques Chironomidae	46
Figure 30 : Le corps de la larve d'un Chironomidae	48

Figure 31 : Forme générale de la nymphe de Chironomidae	49
Figure 32 : Structure de la nymphe.....	50
Figure 33 : Morphologie de l'adulte	52
Figure 34 : Larve de septième stade	54
Figure 35 : Image femelle	55
Figure 36 : Limoniidae larve de Thaumastoptera	56
Figure 37 : Tipulidae a) larve et b) extrémité postérieure	56
Figure 38 : Région antérieure d'un Lombric (circulation).....	57
Figure 39 : Hirudinae a) Vue dorsale b) Vue ventrale	58
Figure 40 : Morphologie d'un Coléoptère	60
Figure 41 : Morphologie externe de la tête d'un carabe	60
Figure 42 : Divers types d'antennes	60
Figure 43 : Elytres et aile membraneuse d'un Coléoptère.....	62
Figure 44 : Patte d'un carabidé	62
Figure 45 : Les Coléoptères (Adulte et larve)	63
Figure 46 : Morphologie générale des larves d'Odonates	65
Figure 47 : Vue frontale de la face des odonates adultes.....	65
Figure 48 : Nervation alaire des Odonates	66
Figure 49 : Corps d'un adulte mâle d'hétéroptère	68
Figure 50 : Gastéropode Prosobranchie vue dorsale	69
Figure 51 : La systématique des bulins Africains	71
Figure 52 : Amphipode, Gammaridae vue latérale	71
Figure 53 : Décapode, Macroure, Atyidae (vue latérale)	72
Figure 54 : Décapode, Brachyoure, Potamonidae (vue dorsale)	72
Figure 55 : Les variations mensuelles de la température dans les affluents de Oued El Malleh	90
Figure 56 : Les variations mensuelles de l'oxygène (mg/l) de Oued El Malleh et ses affluents.....	91
Figure 57 : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (%) Oued El Malleh et ses affluents.....	91
Figure 58 : Les variations mensuelles du pH dans l'oued El Malleh et ses affluents.....	92
Figure 59 : Les variations mensuelles de la conductivité dans l'oued El Malleh et ses affluents.....	92
Figure 60 : Les variations mensuelles de la salinité de Oued El Malleh et ses principaux affluents.....	93

Figure 61 : Les variations de la turbidité dans oued El Malleh et ses affluents	94
Figure 62 : Les variations mensuelles des nitrites dans les affluents de Oued El Malleh	95
Figure 63 : Les variations mensuelles des nitrates dans oued El Malleh et ses affluents	95
Figure 64 : Les variations mensuelles de l'ammonium dans oued El Malleh et ses affluents	96
Figure 65 : Les variations mensuelles des orthophosphates dans oued El Malleh et ses affluents	96
Figure 66 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued El Malleh	97
Figure 67 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued Ghanem 1	97
Figure 68 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued Ghanem 2	98
Figure 69 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à Hammam N'Bail	98
Figure 70 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés.....	101
Figure 71 : Répartition globale des principaux groupes des insectes	101
Figure 72 : Abondance relative des familles d'Ephéméroptères par rapport à l'ordre	102
Figure 73 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre	103
Figure 74 : Abondance relative des Familles Trichoptères par rapport à l'ordre.....	103
Figure 75 : Abondance relative des Familles d'Odonates par rapport au sous-ordre	104
Figure 76 : Abondance relative des Familles d'Hétéroptères par rapport au sous-Ordre	105
Figure 77 : Abondance relative des Familles des Crustacés	106
Figure 78 : Abondance relative des Familles de Mollusques	106
Figure 79 : Classe de qualité des stations d'étude selon l'indice biologique global Normalisé	113
Figure 80 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued El Malleh	114
Figure 81 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Ghanem 1.....	115
Figure 82 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Ghanem 2.....	115
Figure 83 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Hammam NBail.....	116
Figure 84 : Richesse spécifiques des stations d'étude	116
Figure 85 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à oued El Malleh.....	117
Figure 86 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à Ghanem 01	117

Figure 87 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à oued Ghanem 2	118
Figure 88 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à Hammam NBail	118

Liste des photos

Photo 1 : Mâle d'Ephémère.....	30
Photo 2: Larve de Plécoptère.....	34
Photo 3: Organes et ornements sexuels caractéristiques de deux mâles de Plécoptère.....	34
Photo 4 : Branchies coxales de Plécoptère.....	35
Photo 5: Adulte de Plécoptère.....	35
Photo 6: a : aile antérieure, b: aile postérieure de plécoptère.....	36.
Photo 7 : Ailes d'Hydropsychidae de Trichoptère.....	42
Photo 8 : Ponte et logette nymphale de Trichoptère.....	45
Photo 9 : larve de Chironomidae.....	47
Photo 10: Multiparamètre.....	74
Photo 11: Récepteur GPS.....	74
Photo 12 : Bottes.....	74
Photo 13 : Epuisette.....	74
Photo 14 : Appareil numérique.....	74
Photo 15 : Bouchon en liège.....	74
Photo 16 : Tamis.....	75
Photo 17 : seau.....	75
Photo 18 : Une loupe binoculaire.....	75
Photo 19: PH mètre.....	75
Photo 20 : Turbidimètre.....	75
Photo 21: Guide entomologique.....	75
Photo 22 : Des boîtes de pétri.....	76
Photo 23 : Deux pinceaux et une pince.....	76

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les caractéristiques des principaux barrages du bassin -versant de la Seybouse	09
Tableau 2 : Les retenues collinaires du bassin de la Seybouse	10
Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2015)	16
Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015)	16
Tableau 5 : Les super-familles et familles des différents groupes de Trichoptères	38
Tableau 6 : Les familles et les critères d'identification des différents Sous-ordre des Coléoptères	59
Tableau 7 : Les différents sous-ordres et familles d'Odonates	64
Tableau 8 : Infra-ordres et familles des Hémiptères	67
Tableau 9 : Sous-Classes, Ordres, Sous-ordres et Familles des Crustacés	70
Tableau 10 : Normes de vitesse de l'eau selon l'échelle de Berge	77
Tableau 11 : Classe proposées pour les pourcentages de saturation en oxygène	78
Tableau 12 : Classes de turbidité	79
Tableau 13 : Les valeurs de l'indice biologique global normalisé soninterprétation Ecologique	86
Tableau 14 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune	87
Tableau 15 : Moyennes mensuelles de la vitess de l'eau des stations d'étude.....	93
Tableau16 : Définition des classes de vitesses selon l'échelle de Berg	93
Tableau 17 : Valeurs mensuelles et moyennes de la turbidité d'Oued El Malleh et ses affluents	94
Tableau 18 : Classe des valeurs de la turbidité	94
Tableau 19 : Classe de qualité des eaux des stations d'après les normes de l'ABH.....	99
Tableau 20 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualitédes eaux de oued El Malleh selon l'IBGN.....	107
Tableau 21 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualitédes eaux de oued Ghanem 01 selon l'IBGN	108
Tableau 22 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualitédes eaux	

de oued Ghanem 02 selon l'IBGN	109
Tableau 23 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de oued Haammam N'Bail selon l'IBGN.....	110
Tableau 24: Synthèse des résultats des quatre stations	111
Tableau 25 : Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude.....	119
Tableau 26: Similarité entre les peuplements benthiques des stations d'étude (SORENSEN)	120
Tableau 27 : Fréquence des familles dans les stations échantillonnées	122
Tableau 28 : Phénologie des familles dans les stations échantillonnées.....	123

Table des matières

Remerciements.

Dédicace.

Liste des acronymes.

Liste des figures.

Liste des photos.

Liste des tableaux.

Introductio01

Chapitre 1: Description du site d'étude

1.1. Situation géographique de la wilaya de Guelma.....03

1.2. Présentation du bassin versant de la Seybouse.....03

1.2.1. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant.....03

1.3. Les ressources hydriques.....07

1.3.1. Les barrages09

1.3.2. Les retenues collinaires.....09

1.3.3. Les ressources souterraines..... 09

1.4. Les activités économiques.....10

1.4.1. L'industrie10

1.4.2. L'agriculture.....11

1.5. La pollution dans le bassin versant de la Seybouse.....11

1.5.1. Rejets industriels11

1.5.2. Les rejet urbains11

1.5.3. L'agriculture11

1.6. Etude climatologique.....16

1.6.1. La température.....16

1.6.2. Les précipitations16

1.6.3. Les indices d'aridité17

1.6.3.1. Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN.....18

1.6.3.2. L'indice Climatique de De Martonne.....18

1.6.4. Climagramme d'Emberger19

1.6.5. L'humidité relative de l'air.....20

1.7. Le couvert végétal21

1.8. Description des stations d'étude.....23

Chapitre 2 : Généralités sur la morphologie, la biologie et l'écologie des macroinvertébrés benthiques

2.1. Les Ephéméroptères	27
2.1.1. Classification	27
2.1.2. Morphologie	27
2.2. Les Plécoptères	32
2.2.1. Classification	32
2.2.2. Morphologie	32
2.2.3. Respiration	36
2.3. Les Trichoptères	37
2.3.1. Classification	37
2.3.2. Morphologie	37
2.3.3. L'habitat	42
2.4. Les Diptères.....	45
2.4.1. Les Chironomidae	45
2.4.1.1. Classification	45
2.4.1.2. Morphologie	45
2.4.2 Les Simuliidae	53
2.4.2.1. Systématique	53
2.4. 2.2. Morphologique	53
2.4.3. Les Tabanidae	55
2.4.4 Les Tipulidae.....	56
2.5. Les Annélides	56
2.6. Coléoptères	58
2.6.1. Les Classification	58
2.6.2. Morphologie	58
2.6.3. Les Ecologie	63
2.7. Les Odonates	63
2.7.1. Classification	64
2.7.2 Les Morphologie	64
2.7.3. Biologie et Ecologie	67
2.8. Les Hémiptères.....	67
2.8.1. Classification	68
2.8.2. Morphologie	68

2.9. Les Gastéropodes	69
2.9.1. Morphologie et anatomie	69
2.9.2 Classification	69
2.10. Les Crustacés.....	70
2.10.1. Classification	70
2.10.2. Morphologie	70
2.10.3. Biologie et Ecologie	70

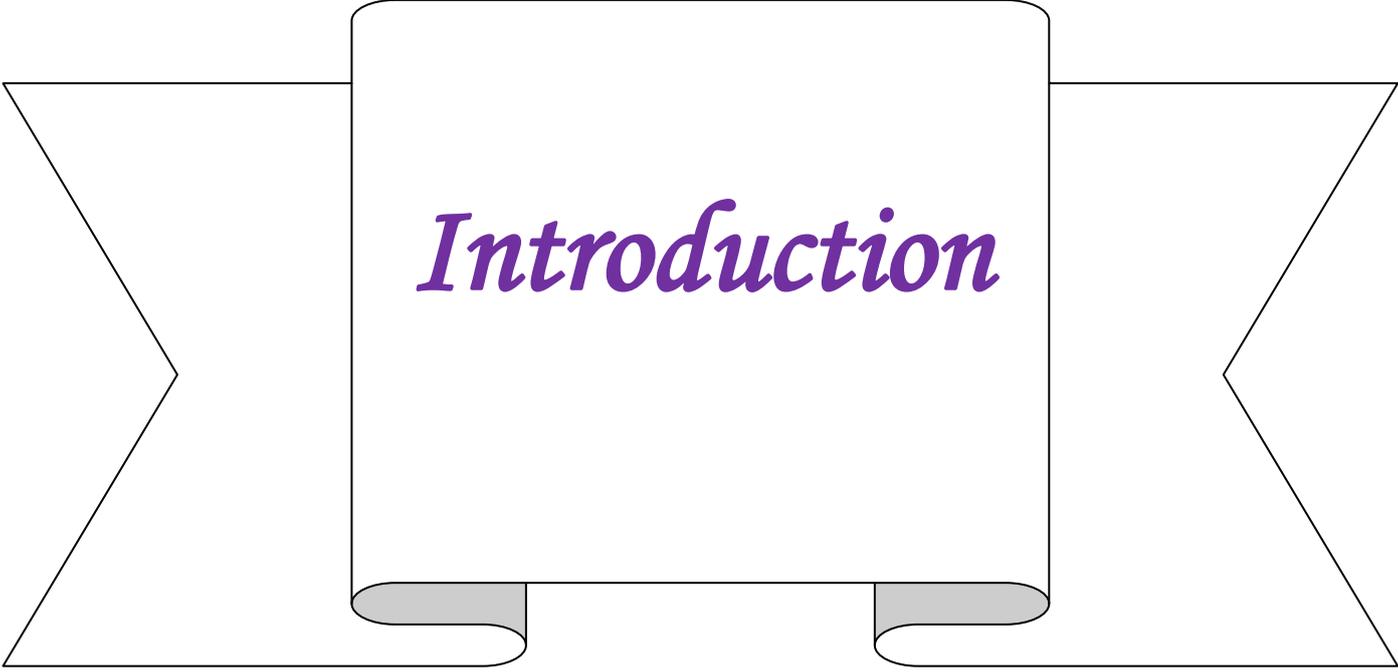
Chapitre 3 : Matériel et méthodes

3.1. Matériel d'étude	73
3.1.1. Matériel de terrain	73
3.1.2. Matériel de laboratoire	73
3.2. Méthodologie de travail	76
3.2.1. Choix des sites.....	76
3.2.2. Plan d'échantillonnage	79
3.3. Mesure de l'intégrité du cours d'eau.....	79
3.3.1. Approche physico-chimique et choix des paramètres de pollution.....	79
3.3.2. Approche biologique a partir de l'indice biologique global normalisé.....	84
3.3.2.1. Méthode d'échantillonnage	84
3.3.2.2. Calcul de l'indice biologique global normalisé	86
3.4. Analyse des données	88
3.4.1. La structure d'un peuplement.....	88
3.4.2 .L'organisation d'un peuplement	89

Chapitre 4 : Résultats et Discussion

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau	90
4.1.1. Variation mensuelle de la température de l'eau	90
4.1.2. Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous.....	90
4.1.3. Variation mensuelle du pH	91
4.1.4. Variation mensuelle de la conductivité électrique de l'eau.....	92
4.1.5. Variation mensuelle de la salinité de l'eau.....	93
4.1.6. Variation mensuelle de la vitesse de l'eau.....	93
4.1.7. Variation mensuelle de la turbidité et des matières en suspension	94
4.1.8. Variation mensuelles des nitrites.....	95
4.1.9. Variation mensuelle des nitrates	95

4.1.10. Variation mensuelle de l'ammonium	96
4.1.11. Variation mensuelle des orthophosphates	96
4.1.12. Variation mensuelle des minérales azotées	97
4.1.13. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'ABH-CSM	98
4.2. Analyse globale de la faune benthique	100
4.2.1. Check-liste des taxa faunistique	100
4.2.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques	101
4.2.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthique	101
4.2.3.1. Les insectes	101
4.2.3.2. Les Nématodes	105
4.2.3.3. Les Crustacés	105
4.2.3.4. Les Mollusques	105
4.2.3.5. Les Annélides	106
4.3. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN	106
4.4. La structure du peuplement	112
4.4.1. La richesse spécifique	114
4.4.2. L'indice de Shannon et d'équitabilité	116
4.4.3. L'indice de Jaccard	118
4.4.4. L'indice de similarité de SORENSEN	119
4.5. L'organisation du peuplement	121
4.5.1. La fréquence des familles	121
4.5.2. La phénologie des familles	122
Conclusion	125
Références bibliographiques	127
Résumés	131
Glossaire	134
Annexes	



Introduction

INTRODUCTION

Introduction

L'Algérie est un vaste pays situé sur le littoral méditerranéen. Avec une superficie de 2 381 741 km², c'est à la fois le plus grand pays d'Afrique, du monde arabe et du bassin méditerranéen. Notre pays bénéficie de conditions uniques pour le maintien des milieux lotiques. En effet, un climat méditerranéen, caractérisé par une forte pluviosité de 764 millimètres en moyenne par année domine le Nord du pays.

Les milieux lotiques (Oueds, rivières) représentent des zones refuges pour un nombre d'espèces ; Cependant, ces milieux font face à des processus continus de dégradation et perdent peu à peu leur intégrité écologique.

L'intégrité écologique est l'ensemble des composantes propres à un milieu donné : A savoir la composante physico-chimique et biologique. La première mesure les quantités de substances minérales et organiques et leur concentration dans l'eau qui ont pour causes les pressions anthropiques ou naturelles qui pèsent sur les milieux récepteurs (fertilisants, eaux usées urbaines, rejets des unités industrielles, élevage...). Quant à la deuxième composante, elle traduit les réponses à ces pressions c'est à dire comment va réagir la biocénose qui vit dans ces milieux en terme de richesse spécifique, d'abondance...

Les macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé globale des écosystèmes aquatiques (Hellowell, 1986 in Barbour et al. 1999) ; Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques :

- Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques des perturbations physiques, biologiques et chimiques des cours d'eau, ce qui permet d'évaluer les répercussions réelles de la pollution et de l'altération des habitats aquatiques et riverains sur les écosystèmes (Grenier, 2007)
- Ils sont constitués d'espèces constituant un large éventail de niveaux trophiques et de tolérance à la pollution
- Ils sont sédentaires : Les mouvements migratoires sont limités et sont de ce fait bien adaptés pour évaluer les impacts spécifiques au site
- L'échantillonnage est simple, demande peu de personnes et l'identification à la famille est relativement facile
- Leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident. (Barbour et al, 1999).

INTRODUCTION

Notre principal objectif était d'évaluer l'intégrité écologique des milieux lotiques situés dans le sous bassin-versant de l'oued El Malleh en tenant en compte les deux composantes physico-chimique et biologique. Quatre stations ont été choisies l'une située sur le cours d'eau principal (El Malleh), les deux autres sur son affluent

(Oued Ghanem) et la dernière station sur Oued Hammam N'Bail.

L'évaluation de l'état de santé de ces cours d'eau s'est traduit par

- 1- La Mesure les principaux paramètres abiotiques,
- 2- La Mesure des paramètres de pollution tels que les nitrites, les nitrates, l'ammonium et les Orthophosphates
- 3- Déterminer les classes de qualité de chacune des stations par l'application d'indices de qualité basés sur les paramètres physico-chimiques en référence au réseau de surveillance de la qualité de l'eau qui est sous la tutelle de l'agence des bassins hydrographiques (A.B.H.)
- 4- Analyser les peuplements de macroinvertébrés
- 5- Déterminer les classes de qualité des stations par l'application de l'indice biologique global normalisé (IBGN) certifié par l'agence française de normalisation

Notre mémoire est structuré en quatre chapitres : Le premier est consacré à la description du site d'étude. Le second chapitre présente des généralités sur la morphologie, la biologie et l'écologie des macroinvertébrés benthiques. Le troisième chapitre porte sur le matériel et les méthodes utilisées. Au quatrième chapitre seront portés les résultats ainsi que leur interprétation avant de conclure



Premier chapitre
Description du site
d'étude

Chapitre 1 : Description du site d'étude

1.1. Situation géographique de la zone d'étude

La wilaya de Guelma est située au Nord-Est du pays et constitue du point de vue géographique, un point de rencontre, voire un carrefour entre les pôles industriels du Nord (Annaba – Skikda) et les centres d'échanges au Sud (Oum-El-Bouaghi et Tébessa). Sa superficie est d'environ 3686,84 Km² quant à la population, elle est estimée en fin de l'année 2010 à 506007 habitants dont 25 % sont concentrés au niveau du Cherf lieu de la Wilaya. (Soualmia et Kebabsa, 2013).

1.2. Présentation du bassin versant de la Seybouse

Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord Est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 6471 km² avec une longueur de 134,74Km dont 57,15Km sont traversés au niveau du Bassin de Guelma et 77,59Km dans la basse Seybouse. Il couvre 68 communes dans sept wilayas : Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras (Cf: Fig. 1).

Il est subdivisé en six sous bassins -versants:

- Sous- Bassin versant du Cherf -amont (14-01): Superficie 1739Km²
- Sous- Bassin versant du Cherf_aval (14-02) : Superficie 1166Km²
- Sous- Bassin versant de Bouhamdane (14-03) : Superficie 1136Km².
- Sous -Bassin versant de la moyenne Seybouse (14-04) : 818Km²
- Sous -Bassin versant de Malleh (14-05): Superficie 555Km²
- Sous-Bassin versant de la basse Seybouse (14-06) : 1057Km². (Cf: Fig. 2).

(Satha, 2014)

1.2.1. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant

- **Le Bassin de Bouhamdane :** Les couches lithologiques dominantes du secteur d'Oued Zenati sont composées de grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas l'infiltration d'une grande quantité d'eau. Du côté d'Oued Sabath c'est des Marno- calcaires.

- **Le Bassin de Guelma** : La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires, entre Medjaz Amar et Bentabouche apparaissent les Marno-calcaires. Ces calcaires sont fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes c'est le cas de celle qui se trouve à l'Ouest de Bouhachana (source de Oued Hlia) qui donne un débit de 60l/s,
- **Le Bassin de Malleh** : En saison sèche, oued Ghanem (principal affluent de Mellah) se sale en traversant les terrains gypseux de la région d'Oued Cheham qui est peu perméable. Les alluvions des terrasses de Bouchegouf semblent plus argileuses que celles de Guelma et sont moyennement perméables.
- **La basse Seybouse**: Au Sud-Ouest marno-calcaires d'Aïn Berda ainsi que des argiles à Aïn Berda et Meboudja. (Ghachi, 1986 in Satha 2008)

La région de Bouchegouf est d'un caractère montagneux à aspect monotone sur toute son étendue. L'altitude moyenne de la chaîne tellienne locale est d'environ 500 m, par contre celle du fond de la vallée varie entre 110 m en son amont et 30 m en son aval. Ce qui est important à noter est le recouvrement d'environ 75% de la partie Nord-Est de la région par un relief montagneux et les immenses étendues forestières de Beni Mezline, Beni Salah et Ouled Bechiah. (Cf.Fig. 1) (Mouchara, 2009).

L'analyse du milieu physique du territoire de la Wilaya fait ressortir 04 ensembles (zones) à savoir : **Le bassin de Guelma, La vallée de Guelma- Bouchegouf, La plaine d'Oued Zenati et La plaine de Tamlouka.** (Cf.Fig. 4).

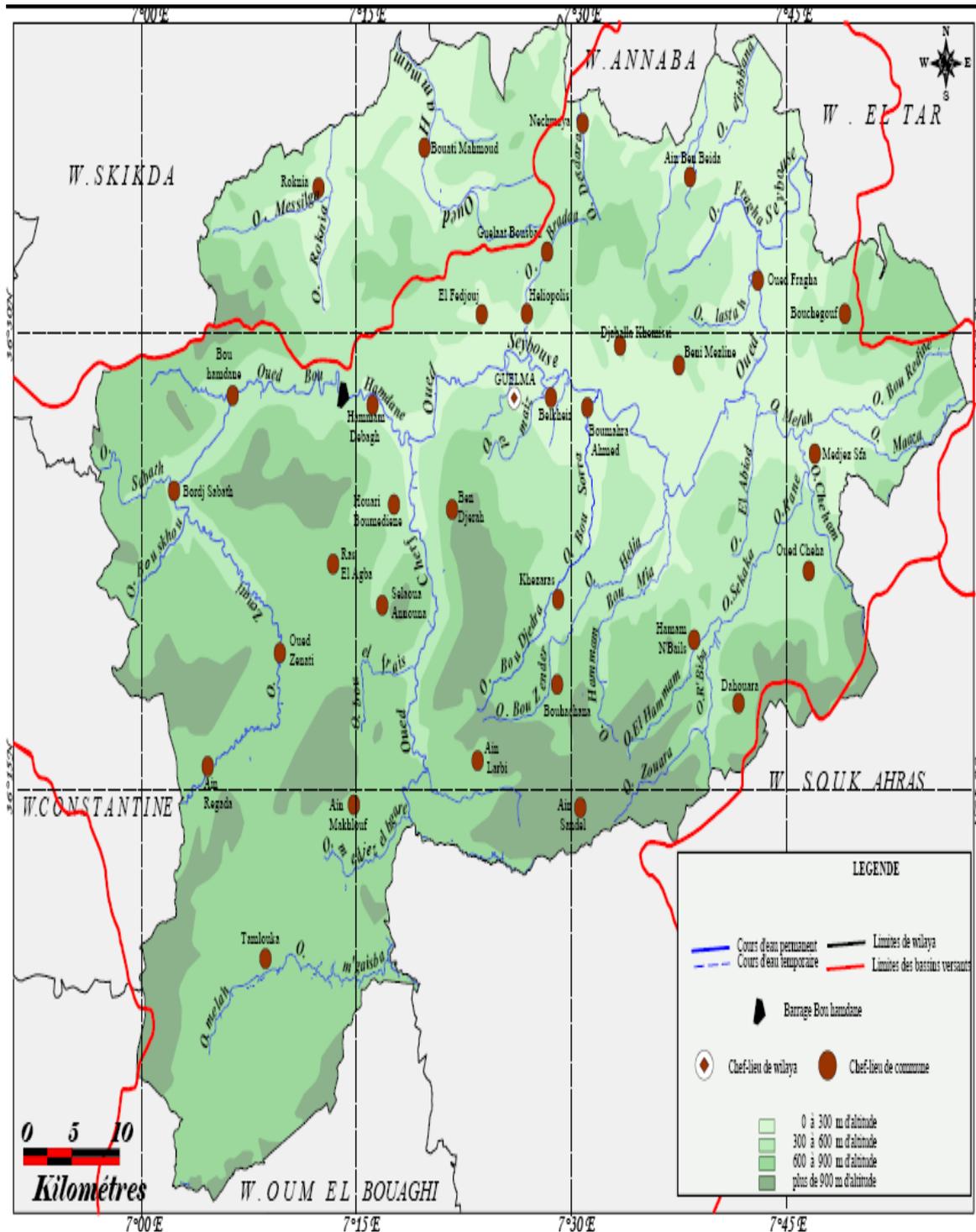


Figure 1: Carte du relief et des limites géographiques du bassin versant de la Seybouse

(Mouchara, 2009)

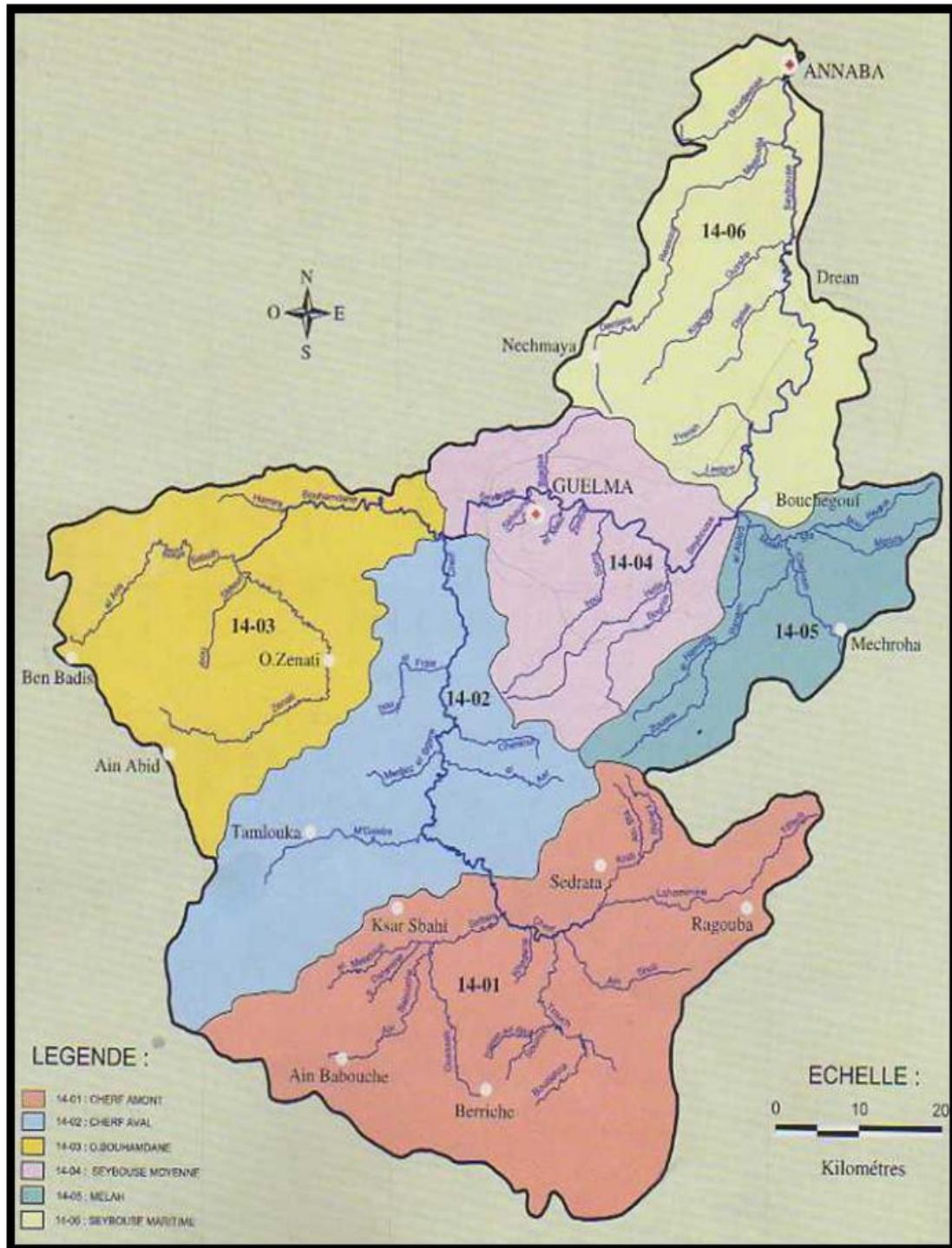


Figure 2 : Présentation des Sous-Bassins de la Seybouse (A. B. H, 1999).

1. 3. Les réseaux hydriques :

Le bassin de la Seybouse présente un chevelu hydrographique de plus de 3000Km. Quarante deux oueds ont une longueur supérieure à 10 Km dont les principaux sont :

- **Oued Seybouse** : Il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Cherf et Oued Bouhamdane). Il traverse la plaine Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m^3 /an à la station de Boudroua (commune d'Ain Ben Beida).
- **Oued Bouhamdane** : Prend sa source dans la Commune de Bouhamdane à l'Ouest de la Wilaya avec une longueur de 37,49 Km. Son apport est de 96 millions m^3 /an à la station de Medjez Amar II.
- **Oued Mellah** : Provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m^3 /an à la station de Bouchegouf.
- **Oued Cherf** : Prend sa source au Sud de la Wilaya (88,61Km) et son apport est estimé à 107 millions m^3 /an à la station de Medjez Amar I. (Cf: Fig. 3). (URBACO, 2012 In Goudjil, Aidoud, 2015).

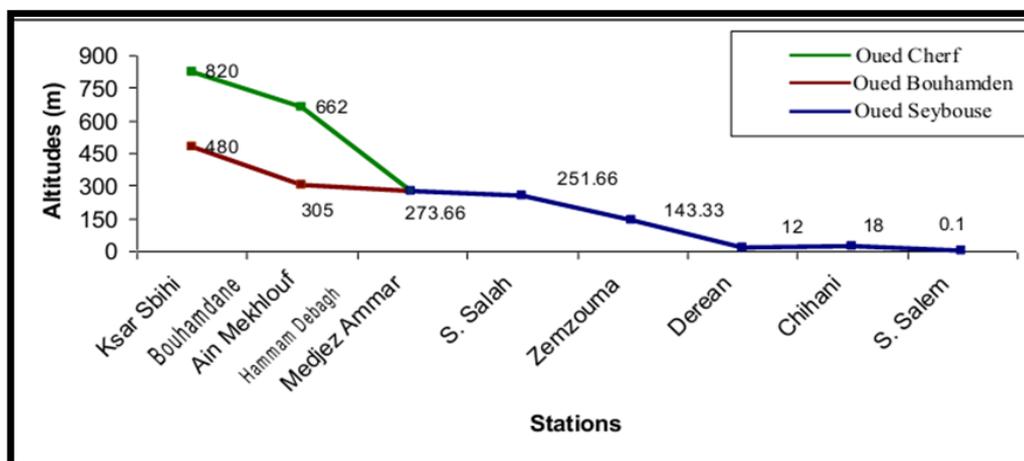


Figure 3 : Profil en long des oueds : Cherf- Bouhamdane - Seybouse.

1.3.1. Les Barrages : Le bassin de la Seybouse compte quatre barrages, dont deux sont classés en grands barrages (Hammam Debagh sur l'oued Bouhamdane et Foug El Khanga sur l'oued Cherf) d'une capacité totale de 377 hm³ et qui peuvent régulariser 110 hm³. Les deux autres sont classées en moyens barrages.

Tableau 1 : Les caractéristiques des principaux barrages du bassin -versant de la Seybouse (A. B. H, 1999).

Sous-Bassin	Commune	Wilaya	Dénomination	Capacité HM ³	Volume régularisable HM ³
14-1	Zouabi	41	Foug El Khanga	157,00	55
14-1	Tiffech	41	Tiffech	5,80	3,90
14-3	Bouhamdane	24	Hammam Debagh	195,00	55
14-3	Ain Makhlouf	24	Medjaz El B'Gare	2,86	2
Total				360,66	115,90

1.3.2. Les retenues collinaires: Le bassin de la Seybouse compte soixante retenues collinaires sont essentiellement destinées à satisfaire les besoins en eau d'irrigation. Ces ouvrages ont la capacité totale est de 10,5 Hm³

1.3.3. Les ressources souterraines: D'après l'ABH, Il existe 169 forages en service dans le bassin, mobilisant un potentiel de 91,03Hm³/an, selon la répartition suivante.

- Alimentation en eau potable 71,63% 110 forages 65,21Hm³/an
- Alimentation en eau industrielle 9,33% 17forages 8,49 Hm³/an
- Irrigation..... 19,04% 42 forages 17,33 Hm³/an

Tableau 2 : Les retenues collinaires du bassin de la Seybouse (ABH, 1999)

Sous-bassin	Wilaya	Nombre	Etat des ouvrages	Destination
14-1	04	4	Envasé	Irrigation
	41	9	Précaire	
14-2	04	2	Bon, moyen	Irrigation
14-3	25	4		Irrigation
	24	7		
14-4	24	6	Bon, moyen ou précaire	Irrigation
14-5	41	3	Bon	Irrigation
	23	1	Bon	
	24	4	Moyen à précaire	
14-6	23	21	Moyen	Irrigation
	24	7	Bon à précaire	
	36	2	Précaire	

1.4. Les activités économiques

1.4.1. L'Industrie: Il existe quatre vingt six (86) unités industrielles dont huit seulement possèdent leur propre station d'épuration. Les industries particulièrement polluantes sont:

- SNS El Hadjar
- Engrais phosphatés à Annaba
- Levurerie Boucheghouf avec des rejets d'eau noire dans l'oued El Mellah
- Carrelage à Guelma (Rejets d'eaux minéralisées)
- Sucrierie Guelma (eaux riches en matières en suspension)
- Orelait à Oued Meboudja (INECO-ABHCSM, 2008 In Satha, 2014).
- les industries agro-alimentaires (production laitière, conserves de tomates, sucre, etc.)

1.4.2. L'agriculture: Localisée à Annaba, Guelma, Oum El Bouaghi, El Tarf, ce secteur contribue à la production de denrées alimentaires du pays (céréales, fruits, tomates, vignes, olives, agrumes, poiriers, pêchers, grenadiers, néfliers, sorgho, melons, pastèques, et autres cultures maraîchères) (INECO-ABHCSM, 2008 In Satha, 2014).

1.5. La pollution dans le bassin versant de la Seybouse:

1.5.1. Rejets industriels

- ✓ La pollution industrielle est liée principalement aux rejets industriels non traités et notamment les rejets des zones industrielles de Bouchegouf et d'El Hadjar dont les volumes ne sont pas connus avec précision.
- ✓ Des échantillons de 86 unités industrielles dans la région a montré que 8 unités traitent leurs eaux industrielles
- ✓ Une caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la Zone de El Hadjar-Annaba, a montré une forte concentration des matières en suspension variant entre 30-598 mg/litre (norme 30 mg/l), et une forte charge en DBO5 et DCO de 390 mg/l dépassant largement les normes algériennes de rejet (CF.Fig.7)

1.5.2. Les rejets urbains : Certaines agglomération ne sont pas dotées d'un réseau d'assainissent et déversent leurs eaux usées dans l'Oued Seybouse ou ses affluents Dans le cas d'assainissement, collectif ou individuel défectueux ou en contact hydraulique ; Les décharges publiques existant sur les deux rives de l'oued Seybouse contribuent également à cette pollution par leur lixiviation (Mouchara, 2009).

Les eaux des rejets prélevées et analysées (1999) montrent des concentrations assez élevées particulièrement en chlorures (1600 mg/l), nitrates (80 mg/l), nitrites (20 mg/l) et ammonium (70 mg/l). Cette pollution par les nutriments est à l'origine de l'eutrophisation observée. Ce constat peut être étendu à la majorité des oueds algériens (SWIM-SM, 2013 in Satha, 2014).

1.5.3. L'agriculture : Par l'utilisation intensive des engrais (azotés et phosphorés) et des pesticides qui sous l'effet des pluies, sont charriés jusqu'au plan d'eau et sont responsables de l'eutrophisation des lacs.

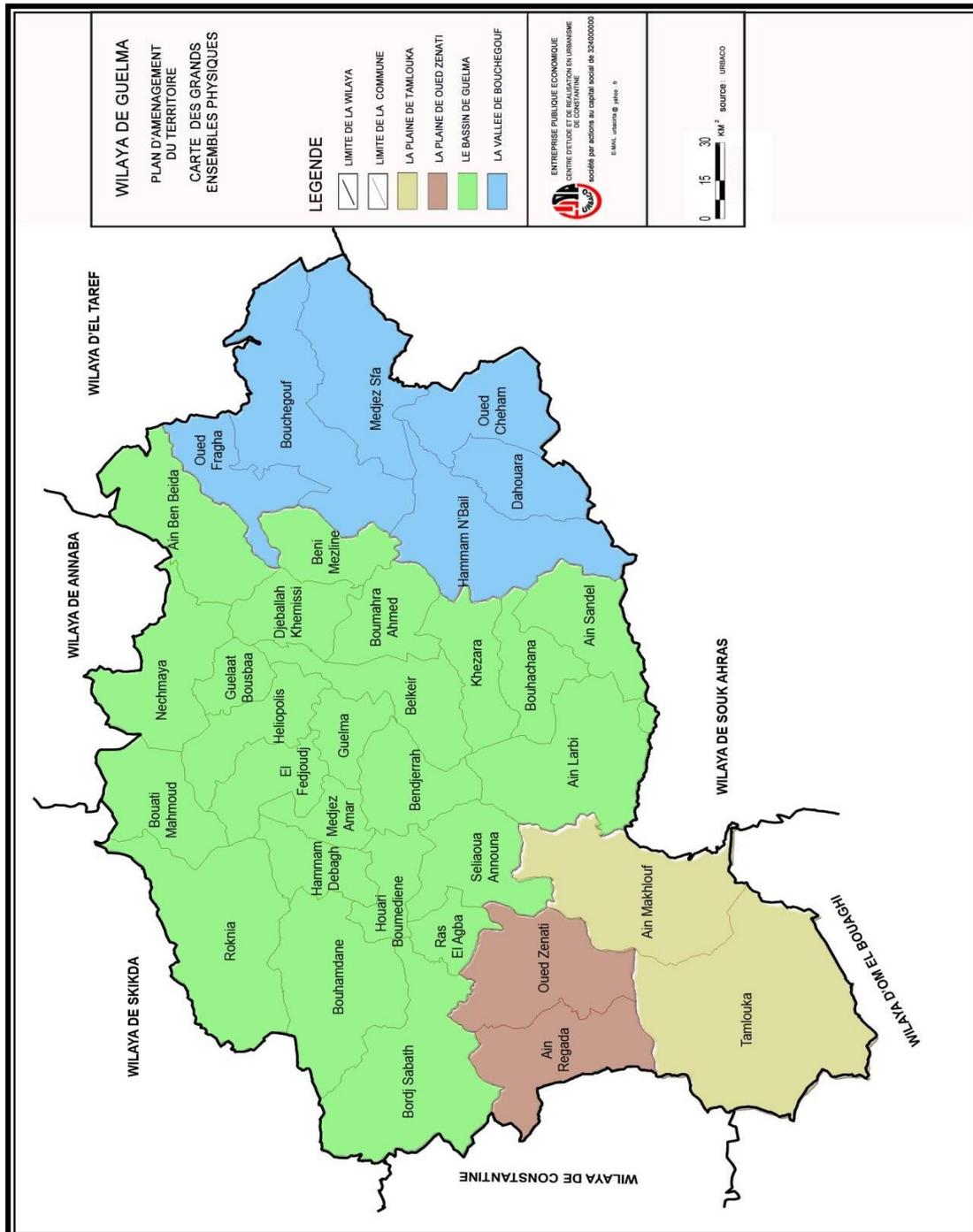


Figure 5 : Les grands ensembles physiques de la wilaya de Guelma
(URBACO, 2012)



Figure 6 : Implantation des barrages (A.B.H, 1999)



- Rejets urbains (L/s)
- Rejets industriels (L/s)
- Unités industrielles
- 22 Levurerie 23 ECVE (Céramique courante)
- 24 SYCMA 25 ENASUCRE 26 ENAQS SERRURERIE

Figure 7 : Carte des rejets de la Seybouse (A.B.H, 1999)

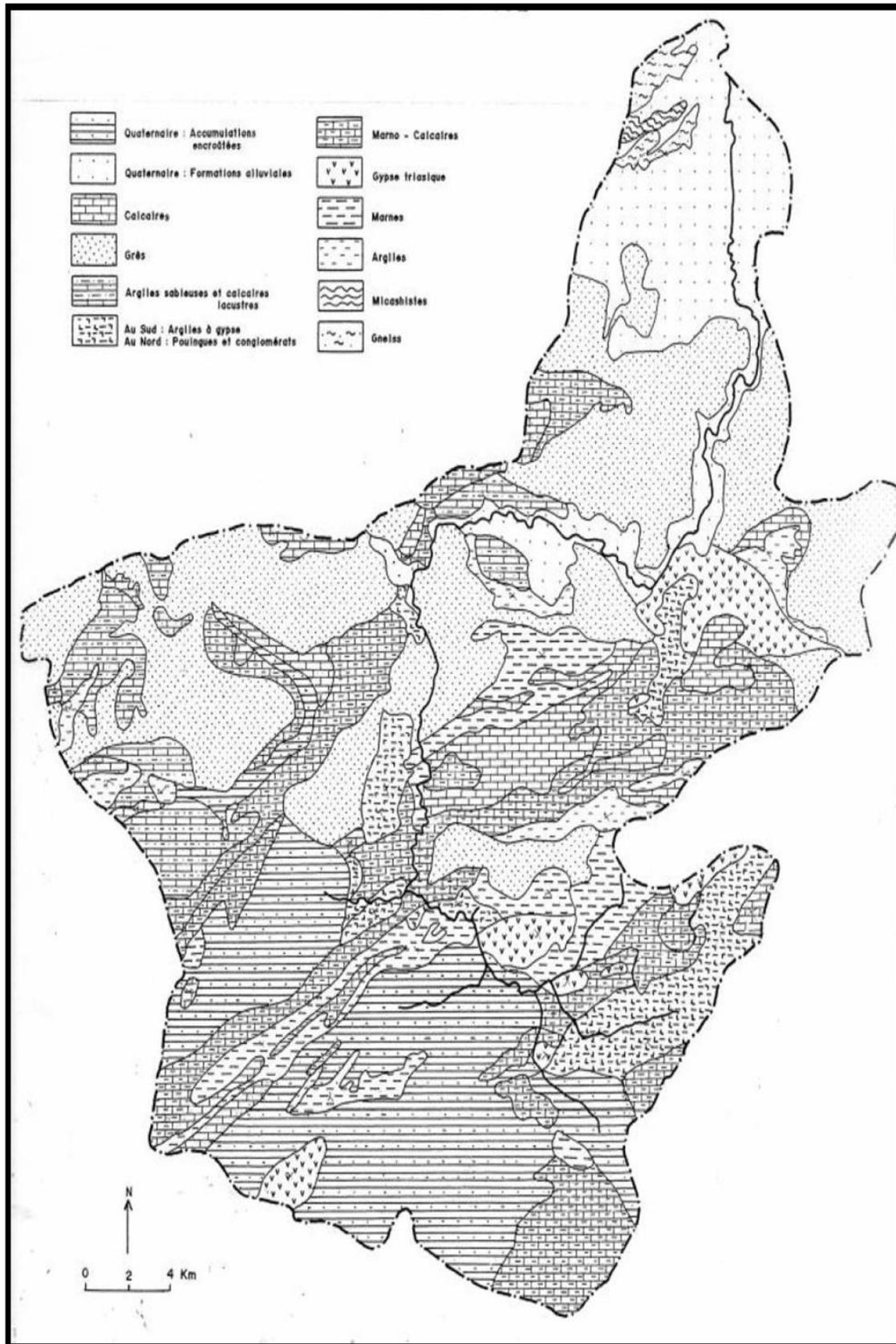


Figure 8 : Les grands ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse (Louamri, 2013).

1.6. Etude climatologique : L'étude climatique permet la détermination des termes du bilan hydrique par la connaissance notamment des précipitations, des températures, de l'évapotranspiration. La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes : L'une humide marquée par une forte pluviosité et par de faibles températures ; L'autre, sèche et chaude.

NB/ Les caractéristiques climatiques (La température, Le vent et Humidité relative) de la zone d'étude sont obtenues à partir des données de la station météorologique de Guelma pour une période s'étalant de 2002 à 2015

1.6.1. Température : La température dépend de l'altitude, de la distance du littoral, et de la topographie (Seltzer, 1946 in Chakri, 2007). Elle représente un facteur limitant de première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition des espèces et des communautés d'êtres vivants (Ramade, 1984 in Meziane, 2009). Ce facteur, agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration (Debieche, 2002). On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2015).

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	16,01	9,90	12,44	25,56	19,21	24,08	27,40	27,31	23,64	20,18	14,71	10,84

On remarque que les moyennes les plus élevées s'étendent du mois de juin à septembre s'étalant de 23,64°C à 27,40°C. Les températures moyennes les plus basses quant à elles, sont enregistrées en hiver durant les mois de décembre (10,84°C) et février (9,90°C) (Cf. Fig. 9).

1.6.2. Les précipitations : Les précipitations constituent une composante essentielle du cycle de l'eau. Elles conditionnent l'écoulement saisonnier et influence le régime des cours d'eaux (in Meziane, 2009).

Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	90,79	109,86	81,90	60,25	39,34	16,56	3,83	16,71	43,39	51,88	71,56	86,10

On remarque que les précipitations sont abondantes en hiver avec un maximum au mois de février (109,86 mm) et un minimum en été au mois de juillet avec 3,83 mm. (Cf. Fig. 10).

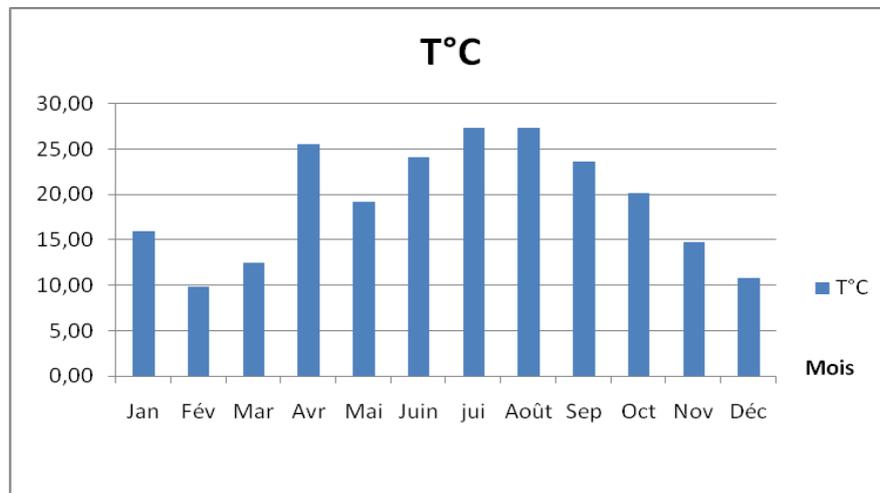


Figure 9 : Evaluation des températures moyennes à Guelma (2002-2015)

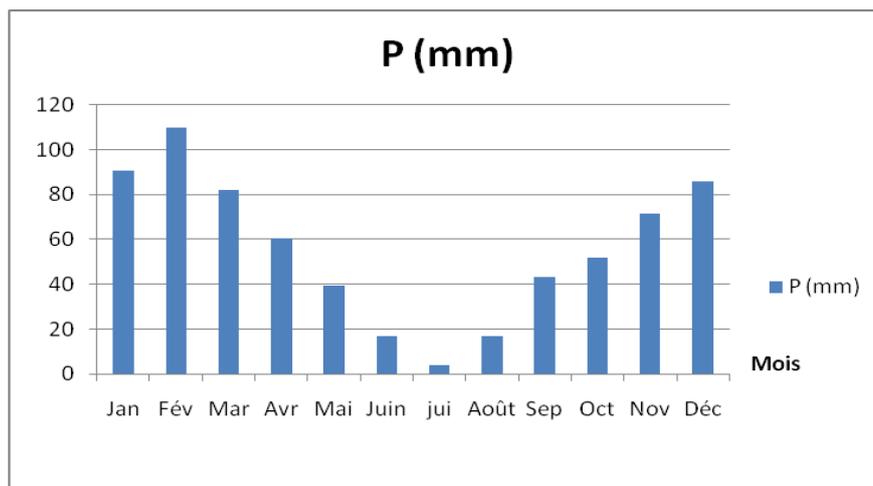


Figure 10 : Evaluation des précipitations moyennes à Guelma (2002-2015)

1.6.3. Les indices d'aridité : Le calcul d'un indice d'aridité, au même titre que la classification des climats a toujours été un sujet de recherche en climatologie. Il existe une multitude d'indices et de formules, certaines basées sur des critères climatologiques, d'autres biogéographiques. Parmi tous ces indices, les plus connus restent ceux de Charles Warren Thornthwaite (1948), d'Emmanuel de De Martonne (1926 à 1941) et celui de Bagnouls et Gaussen (1953 à 1957). Dans notre travail nous avons calculé les indices de Bagnouls et Gaussen ainsi que celui de De Martonne.

1.6.3.1. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

Le diagramme ombrothermique de **Gaussen et Bagnouls** est une méthode graphique qui permet de définir les périodes sèches et humides de l'année, où sont portés en abscisses les mois, et en ordonnées les précipitations (**P**) et les températures (**T**), avec **P=2T**.

La figure porte le Diagramme Ombrothermique de la région de Guelma établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de douze (12) ans.

D'après ce diagramme établi à partir des données de températures et de précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes (Cf. figure.11)

- La première période : froide et humide qui s'étale sur 8 mois, d'Octobre jusqu'au mois de Mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de Juin jusqu'à Septembre.

1.6.3.2. L'indice Climatique de De Martonne (1923) : La formule climatique de De Martonne est appelée indice d'aridité, il est en fonction de la température et de la précipitation :

$$A = P/T + 10$$

Avec : **P** : précipitation moyenne annuelle en (mm). **T**: température moyenne annuelle en C°. **A** : indice d'aridité annuelle.

Selon De Martonne :

- si $A < 5 \Rightarrow$ le climat est hyperaride.
- si $5 < A < 7.5 \Rightarrow$ le climat est désertique.
- si $7.5 < A < 10 \Rightarrow$ le climat est steppique.
- si $10 < A < 20 \Rightarrow$ le climat est semi-aride.
- si $20 < A < 30 \Rightarrow$ le climat est tempéré.
- si $A > 30 \Rightarrow$ l'écoulement est abondant (climat humide). **A= 22,92 donc un climat tempéré**

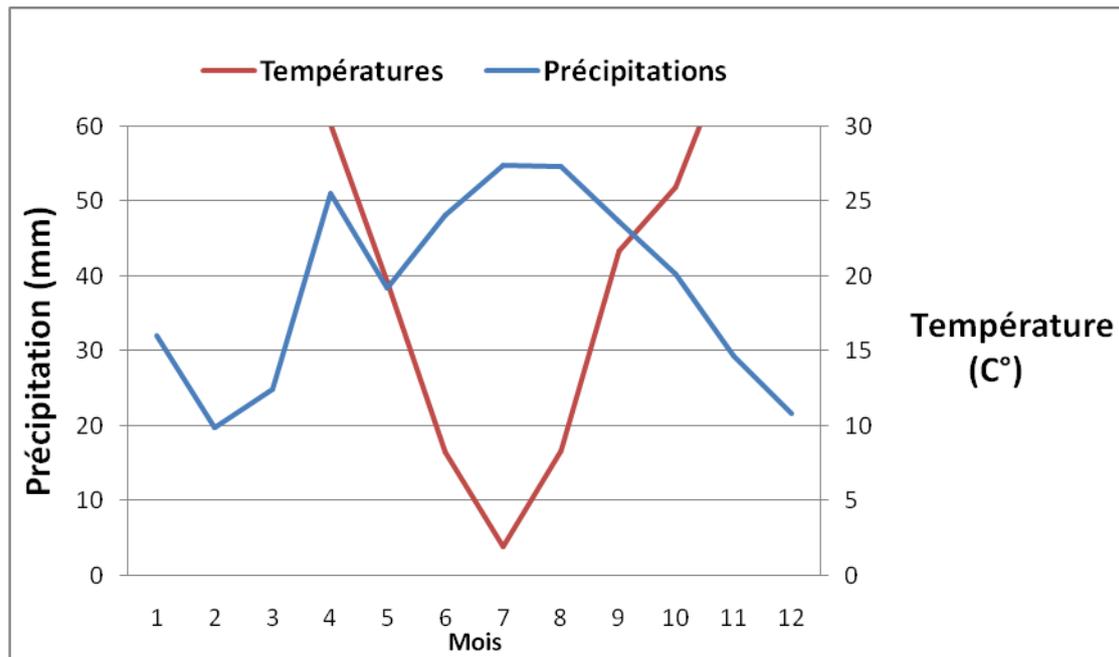


Figure 11 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN à la station de Guelma (2002-2015)

1.6.4. Climagramme d'Emberger

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques (in Meziane, 2009). Ce Climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique (in Benseghir, 2006). Ce quotient tient compte des précipitations et des températures, il est déterminé comme suit :

$$Q = 3,43 * P / M - m$$

Q : le quotient pluviométrique d'Emberger :

- P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm = à 640,61 mm
- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud = à 36,66° C
- m : Moyenne minimale du mois le plus froid = à 4,56° C

Après application de la formule, nous obtenons la valeur de Q égale à 68,45, ce dernier situe la région de Guelma dans l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver tempéré (Cf. Fig.12).

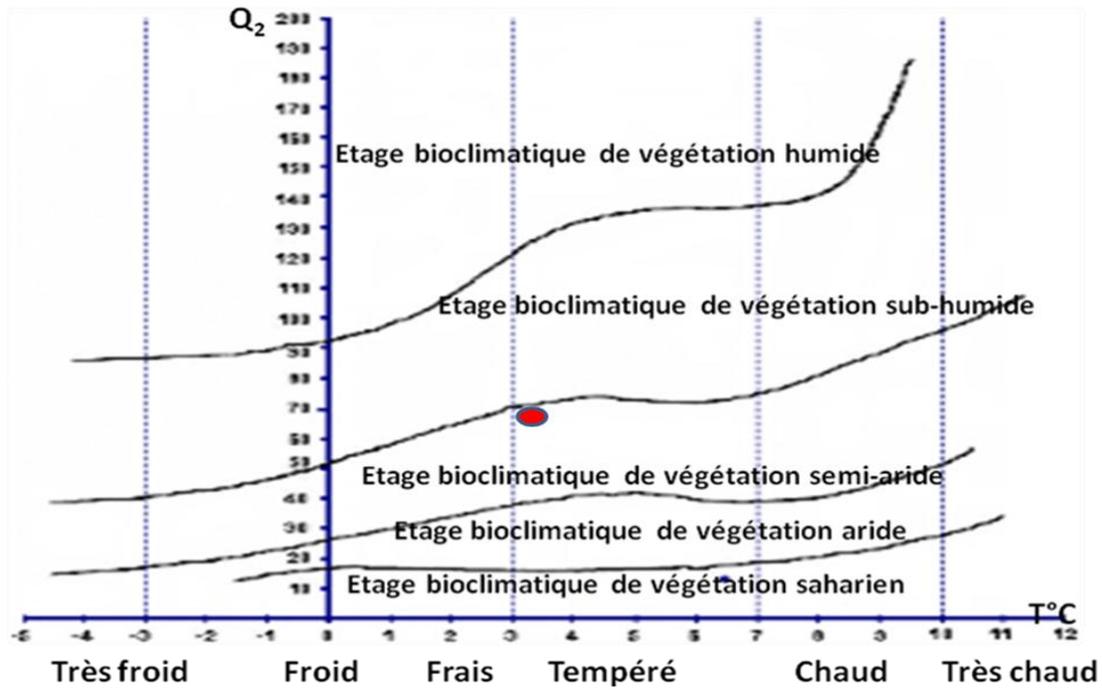


Figure 12 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2015)

1.6.5. L'humidité relative de l'air : L'humidité relative est élevée durant toute l'année et varie peu durant l'été. Cette humidité est due d'une part, aux fortes évaporations des eaux des nombreuses zones humides dont jouit la région (Barrages, cours d'eaux affluents retenues collinaires) et d'autre part, de la proximité de la région de la mer (Satha, 2014).

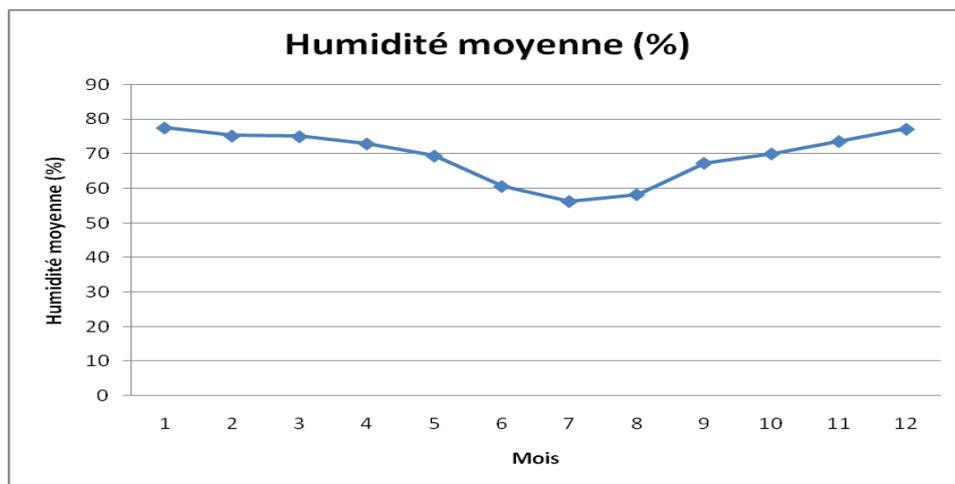


Figure 13 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station de Belkhir (2002-2015)

1.7. Le couvert végétal : Les forêts jouent un rôle primordial du point de vue écologique, culturel et économique. On compte une grande variété d'écosystèmes forestiers et la superficie de toutes ces terres forestières couvre plus de **1/3** de la wilaya de Guelma. Elle représente de **116864.95 Ha** (dont **804.55 Ha** forêts privées), avec un taux de couverture **31,70%** de la superficie totale de la wilaya et qui se répartissent selon les domaines suivants :

- Les maquis représentent une superficie de **70384.4 Ha** soit **60%** de la couverture forestière totale;
- Les forêts représentent une superficie de **32588.55 Ha** soit **28%** de la couverture forestière totale ;
- Les terrains nus disposent une superficie de **13982 Ha** soit **12%** de la superficie forestière.

Les principaux maquis sont localisés au niveau des communes de Roknia avec une superficie de 7237,9 Ha et Bouchegouf avec une superficie de 6956 Ha. En ce qui concerne les forêts, la superficie la plus importante se trouve dans la commune de Bouchegouf avec une surface de 6104 Ha (Conservation des forêts, 2012 in Satha, 2014).

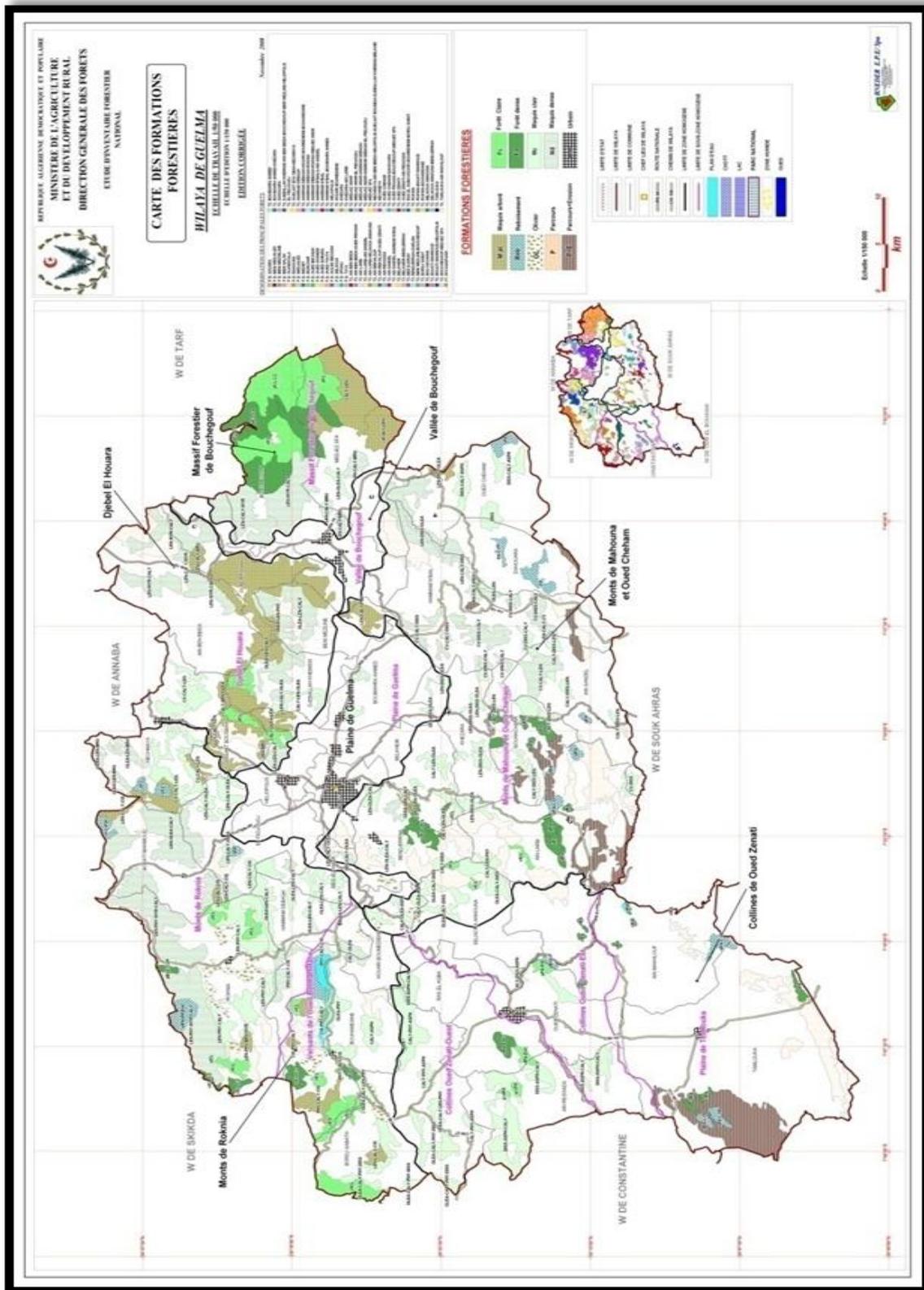


Figure 14 : Carte des formations forestières
(Conservation des forêts de Guelma)

1.8. Description des stations d'étude : Nos stations d'étude sont localisées dans le sous-bassin versant de oued El Malleh (14-05). La Seybouse ne traverse pas ce sous-bassin mais c'est l'oued El Malleh qui se jette dans la Seybouse.

Le cours principal de ce sous bassin est formé par la réunion de l'oued Sfa, Cheham et oued Ghanem. Ce dernier, qui plus haut porte le nom de oued R'biba, Sekaka avant de recevoir les eaux de l'oued Rhirane formé à son tour par la réunion oued Hammam et oued R'biba. Au Nord-Est, les oueds Bou Redine et maaza forment oued El Mellah en aval.

❖ **Station d'Oued El Malleh :** Cette station est située dans la Commune de Bouchegouf, Daira de Bouchegouf. Elle est limitée au Nord par Mjaz Sfa, à l'Est par Machroha au Sud par la commune d'Oued Cheham et à l'ouest par la commune de Hammam N'Bail.

Altitude (m) : 98,4m Précision 5,7m

Latitude : N 36° 27.772'

Longitude : E 007° 42.997'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum : 10

Maximum : 20

Profondeur (cm)

Minimum : 30,33

Maximum : 75,5

Vitesse du courant : 0,70 m/s rapide

Substrat : Des blocs de pierres, des galets, des cailloux de 0,5 cm de diamètre

Végétation : Les sols sont occupés d'une part par des oliviers, des roseaux, Juncus et du Laurier rose cette partie est surmontée par une voie ferrée ; de l'autre côté il y a un terrain de sport.

Anthropisation : Prélèvements d'eau pour l'irrigation, pâturage



- ❖ **Station d'Oued Ghanem 1** : Située dans la commune de Dahouara, Daira de Hammam N'Bail, cette station est limitée du côté Nord-Est par la commune d'Oued Cheham, au Nord - Ouest par la commune de Hammam N' Bail et au Sud par la commune de Hennancha wilaya de Souk-Ahras.

Altitude (m) : 384, 1m Précision 9,7m

Latitude : N 36° 21.232'

Longitude : E 007° 44.695'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum : 6,9

Maximum : 14,33

Profondeur (cm)

Minimum : 34,33

Maximum : 68

Vitesse du courant : 0,50 m/s rapide

Substrat : Des blocs de pierres, des galets, des cailloux.

Végétation : Prédominance des arbres *d'Olea europea* (Oliviers)

Anthropisation : Sur la rive gauche, prédominant des terres cultivées.



- ❖ **Station d'Oued Ghanem 2** : Située dans la commune de Dahouara, Daira de Hammam N'Bail, cette station est limitée du côté Nord-Est par la commune d'Oued Cheham, au Nord - Ouest par la commune de Hammam N'Bail et au Sud par la commune de Hennancha wilaya de Souk-Ahras.

Altitude (m) : 325, 5m Précision 5m

Latitude : N 36° 20.738'

Longitude : E 007° 41.475

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum : 5,93

Maximum : 16,9

Profondeur (cm)

Minimum : 18

Maximum : 37,5

Vitesse du courant : 0,47 m/s

Moyen

Substrat : Des galets, des cailloux.

Végétation : Des arbres de *Ficus carica* (Figuier) et de *Punica granatum*

(Grenadiers) et des vergers d'agrume



Anthropisation : Aucun

- ❖ **Station de Hammam N'Bail:** Commune du même nom, Daira de Hammam N'Bail, cette station est limitée du côté Nord par la Daira de Bouchegouf , à l'Est par la commune de Dahouara, Au Sud par Hannencha et à l'Ouest par Ain Sandel, les communes de Bouhachana, Khezzaras et Boumahra.

Altitude (m) : 396, 5m Précision 4,9m

Latitude : N 36° 19.996'

Longitude : E 007° 39.262'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum : 3,43

Maximum : 6,9

Profondeur (cm)

Minimum : 11,33

Maximum : 23,33

Vitesse du courant : 0,56 m/s rapide

Substrat : Des galets, des cailloux.

Végétation : Des arbres de *Ficus carica* (Figuier) et de *Punica granatum*

(Grenadiers) et des vergers d'agrume

Anthropisation : Cette station reçoit les eaux usées rejetées par Hammam N'Bail



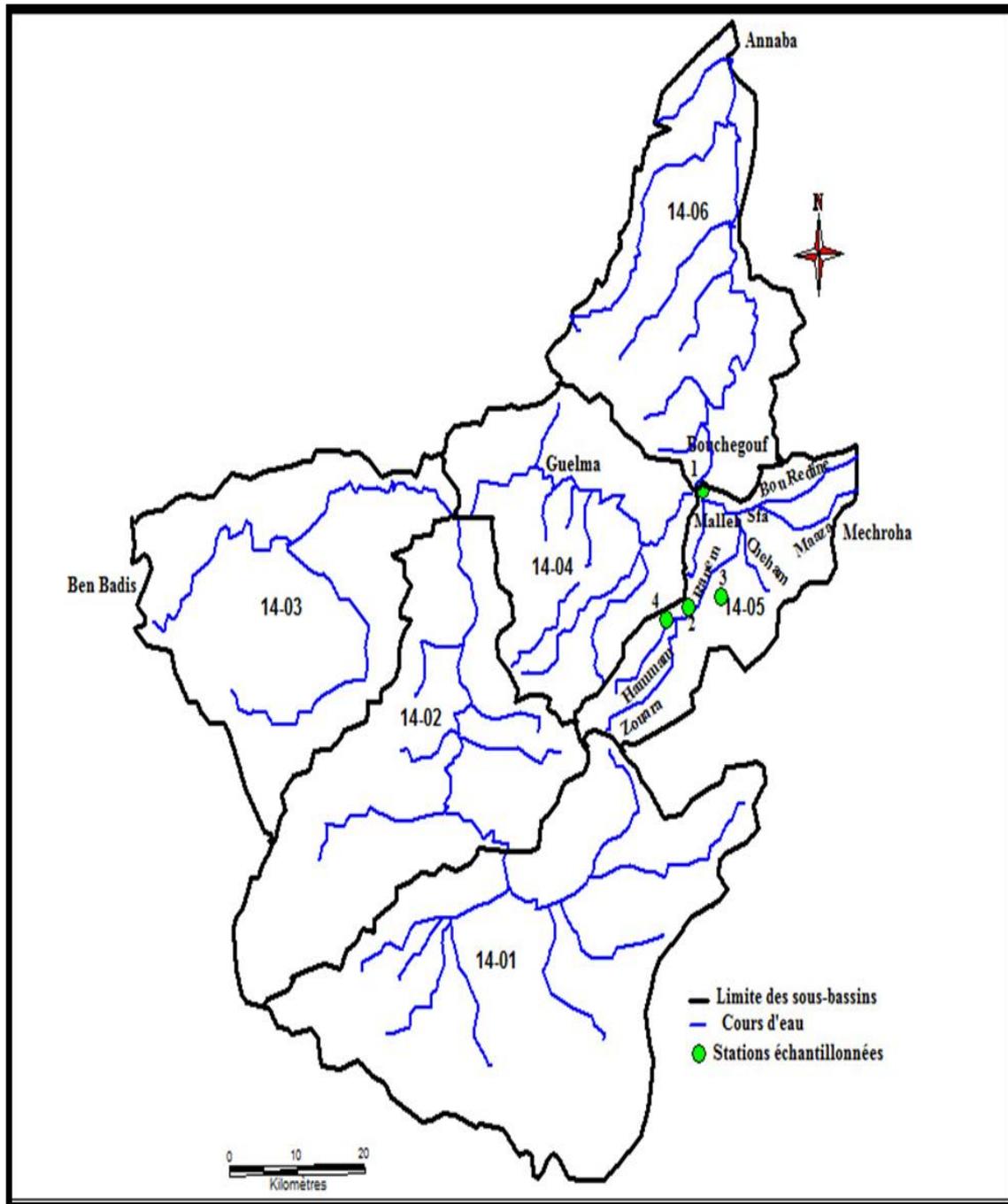


Figure 15 : Carte de localisation des stations échantillonnées

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| 1- Station de Oued El Malleh | 2- Station de Ghanem 1 |
| 3- Station de Oued Ghanem 2 | 4- Station de Hammam N'Bail |



Deuxième chapitre
Généralités sur les
macroinvertébrés
Benthiques

2. Généralités sur la morphologie, la biologie et l'écologie des macroinvertébrés benthiques :

Introduction :

Les macroinvertébrés benthiques, ou benthos, sont des organismes sans colonne vertébrale et visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs. Comme ils sont une source de nourriture pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux, ils constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques (Grenier, 2007).

2.1. Les Ephéméroptères : Les éphémères constituent un ordre d'insectes intimement lié à la vie aquatique. Bien connus des pêcheurs et souvent imités, ces insectes sont très sensibles tant aux pollutions qu'aux modifications anthropiques des milieux. Ils constituent ainsi un outil de biomonitoring très utilisé (bons indicateurs de la qualité des eaux). On rencontre 12 familles d'éphémères ; Les Leptophlebiidae, les Potamanthidae, les Polymitarcidae, les Ephemeridae, les Prosopistomatidae, les Caenidae, les Ephemerellidae, les Amaletidae, les Baetidae, les Siphonuridae, les Oligoneuriidae, les Heptageniidae, les Isonychiidae (Gretia, 2009).

2.1.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Ptérygote

Ordre : Ephéméroptera

2.1.2. Morphologie :

L'œuf : Les œufs d'Ephémères ont une forme ronde ou ovale ; leur taille est très réduite (en moyenne 0.2 mm x 0.1 mm, mais certaines espèces peuvent avoir des œufs qui excèdent 0.4 mm, voire 2 mm chez Dolania). Ils possèdent un certain nombre de caractéristiques qui peuvent avoir une valeur taxonomique importante; il s'agit de la capsule polaire, de la structure de la surface chorionique, des structures accessoires d'attachement et du micropyle. Des clés d'identification ont été construites uniquement sur les caractères des œufs, ces caractères peuvent s'avérer extrêmement utiles en particulier pour des femelles adultes qui ne possèdent pas de caractères

distinctifs, ainsi que pour faire l'association entre les larves et adultes de certaines espèces. Exception faite du genre *Guloptiloides*, les œufs de *Baetidae* sont recouverts d'une gangue de mucus qui masquent leurs caractères morphologiques. Ils ne présentent donc pas d'intérêt pour l'étude taxonomique de cette famille (Gattolliat, 2002 in Meziane, 2009).

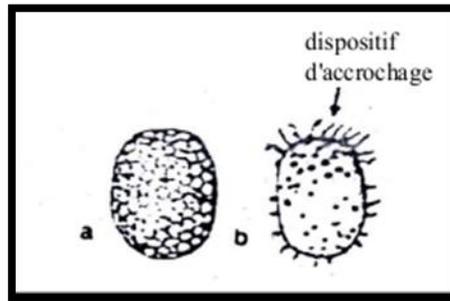


Figure 16 : Les Œufs : a : *Ephemerella*; b: *Heptagenia*

(Tachet et al, 2000)

Les larves : Les larves des éphéméroptères ressemblent plus ou moins aux imagos, toutefois, elles montrent des caractères adaptatifs spéciaux et sont toujours pourvues de pièces buccales de type broyeur mais les mandibules et les maxilles présentent des variations en liaison avec les adaptations à la vie fouisseuse ou un régime alimentaire particulier : carnivore (*Beatopus*) ou racleur de substrat (*Heptageniidae*). De cylindrique à comprimée dors-ventralement, la forme générale des larves varie d'une famille à une autre Néanmoins, la présence de deux ou trois longs filaments caudaux (2 cerques et 1 paracérque), de branchies trachéennes abdominales, et d'une seule griffe à chaque patte sont des caractères typiques et communs à toutes les larves d'éphéméroptères (Grac, 1999).

La Tête : Elle porte deux yeux composés, situés latéralement (par exemple chez les *Baetidae*) ou dorsalement et présentent souvent déjà le dimorphisme sexuel des adultes yeux composés plus grand chez les mâles que chez les femelles. Trois ocelles sont situés sur la partie dorsale de la tête, tandis que les antennes filiformes et de longueur variable sont insérées sur la partie antérieure. L'appareil buccal de type broyeur comprend sept pièces bien développées un labre, deux mandibules, deux maxilles, un hypopharynx et un labium (Grac, 1999).

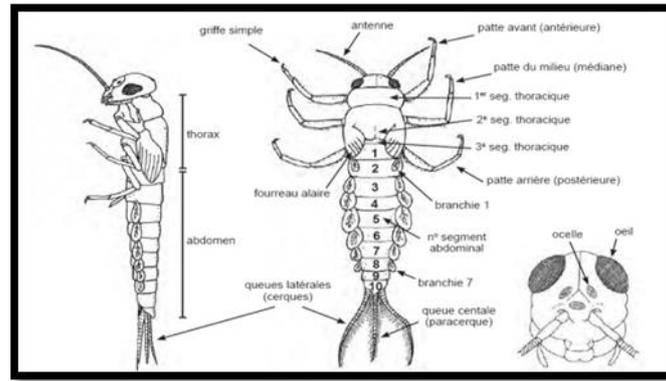


Figure 17 : Larve vue latérale vue dorsale Tête
(Tachet et al, 2010)

Thorax : Les larves possèdent un thorax généralement bien segmenté en trois parties (Prothorax, mésothorax et métathorax) Les faces dorsales (pronotum, mésonotum et métanotum) sont reliées aux faces ventrales (prosternum, mesosternum et metasternum) par les pleures latérales.

Chaque segment thoracique porte une paire de pattes bien développées, formées de cinq articles (Hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse) et munies d'une seule griffe. Pendant la vie larvaire, les ailes se développent dans des fourreaux portés par le mésonotum et le métanotum (Tachet et al, 2000 in Meziane, 2009).

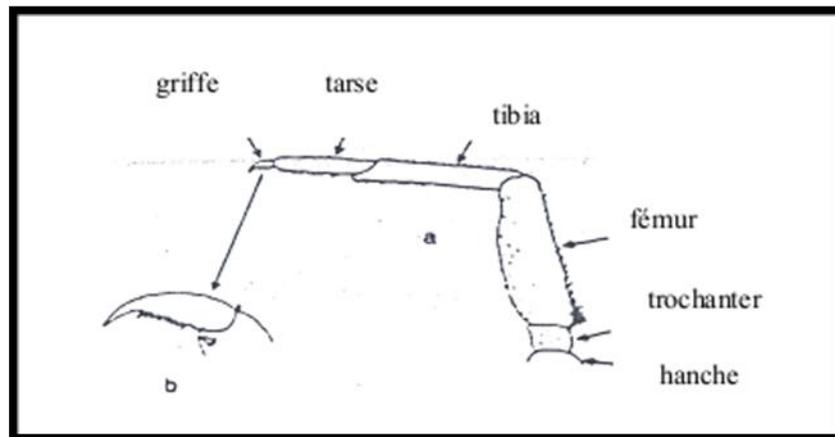


Figure 18 : Structure fondamentale d'une patte d'Ephéméroptères :
a patte ; b : griffe (Tachet et al, 2000).

l'Abdomen : Il est constitué de dix segments visibles dorsalement (les tergites) et ventralement (les sternites) Le dixième tergite porte deux longs cerques et un troisième filament caudal au milieu, le paracercus ou filament terminal, pouvant être

plus ou moins réduit .Ces cerques et le paracerque sont diversement garnies de phanères et de soie, ces dernières pouvant être placées des 2 cotés (sauf chez les Baetidae) , Les segments abdominaux antérieurs portent des branchies trachéennes permettant d'absorber l'oxygène dissous dans l'eau pour l'amener aux organes par un système de trachées très fines (Tachet et al, 2000 in Meziane, 2009).

L'appareil respiratoire : trachéen est entièrement clos les branchies varient en nombre de 5 à 7 (7 chez les Baetidae). Ces branchies sont de formes variables selon les espèces (simple ou double, en microlamelles juxtaposées ou en feuillets) (Tachet et al, 2000 in Meziane, 2009).

L'adultes : Possède deux paires d'ailes qu'il tient verticalement au-dessus du corps, les yeux composés sont grands, les antennes sont réduites ; Les pattes antérieures des mâles sont grêles et longues, les paires méso et métathoraciques sont courtes. Les pièces buccales sont atrophiées et l'adulte ne se nourrit pas.



Photo 1 : Mâle d'Éphémère [Heusser, 2013].

L'habitat : Les larves d'Ephéméroptères sont très abondantes dans les eaux douces, notamment les eaux courantes. Dans les principaux biotopes des torrents, ruisseaux et rivières (Tomas et Gadea, 1983). C'est toutefois dans les eaux courantes où se trouve la plus grande diversité. Les larves présentent de très nombreuses adaptations morphologiques notamment pour s'adapter aux courants rapides. Les larves d'Ephémères peuvent être classées suivant leur morphologie. Cinq types différents peuvent être mis en évidence : nageur, agrippeur, rampant, grimpeur et fouisseur (Gattoliat, 2002 in Touati, 2008).

Les larves nageuses : (*Cloeon* ; *Silphonurus*) possède des trachéobranches foliacées : on le rencontre dans les eaux stagnantes.

Larves agrippeuses : Elles colonisent les zones des rivières où le courant est important. Comme les larves nageuses, les larves agrippeuses sont capables de nager assez rapidement (Gattoliat, 2002 in Touati, 2008). Elles craignent la lumière et séjournent presque toujours sur la face inférieure des pierres, les longs filaments de leur queue sont des organes supplémentaires qui leur permettent de s'accrocher (Engelhardt, 1998 in Meziane, 2009). De nombreuses espèces présentent un aplatissement dorso-ventral caractéristique (Heptageniidae notamment), alors que d'autres ont développé un hydrodynamisme très poussé (*Afroptiloides* ou *Rheoptilum* chez les Baetidae) (Gattoliat, 2002 in Touati, 2008).

Larves grimpeuses : ce sont de mauvaises nageuses qui vivent principalement dans la végétation des eaux calmes. Les Ephemereidae sont les représentants type de cette catégorie.

Larves rampantes : (*Ephemerella*) ainsi que le type plat (*Ecdyonurus*) sont caractéristiques des eaux plus rapides ou des torrents ; la forme de ces larves leur permettant de s'appliquer étroitement aux pierres et de résister au courant ou (plus vraisemblablement) de l'éviter en se glissant sous les pierres.

Les larves fouisseuses : (*Ephemerella* de la famille des Ephemereidae), enfin, se rencontre dans tous les biotopes. Ces larves creusent dans le fond ou sur les berges des terriers où elles s'abritent. Elles sont caractérisées par leurs mandibules énormes et leurs trachéo-bronches frangées

La respiration : Elles respirent au moyen de branchies trachéennes aplaties situées des deux côtés de l'abdomen et dont l'aspect dépend de l'espèce; il y a généralement 7 paires de branchies parcourues par de petites trachées qui sont en relation avec celles du corps et dans lesquelles diffuse l'oxygène contenu dans l'eau (Chinery, 1987). Les jeunes larves n'ont pas encore de trachéobranches et se contentent de respirer par la peau (Engelhardt, 1998 in Meziane, 2009).

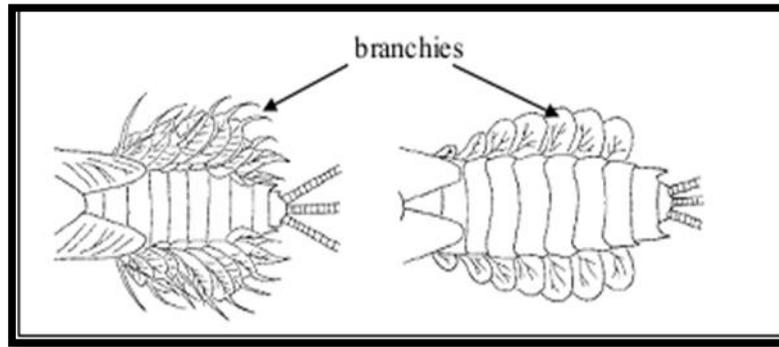


Figure 19 : Branchies. A : Leptophlebiasp, b : Isonychiaarida

(Bouchard, 2004).

2.2. Les Plécoptères : L'ordre des Plécoptères, connu depuis le Permien, regroupe des insectes hémimétaboles ressemblant beaucoup aux Éphéméroptères (et regroupés jadis avec eux) mais classés actuellement dans le vaste super ordre des Polynéoptères (= Orthoptéroïdes) (Le Doaré, 2006). Les plécoptères constituent un groupe aquatique particulièrement intéressant pour les études de biogéographie en raison de leur origine ancienne et pour les études d'écologie, grâce au niveau élevé de connaissance sur leur systématique et leur phylogénie. Si la faune des Plécoptères d'Europe est dans l'ensemble bien connue, des lacunes persistent en Afrique du Nord où les recherches sur ce groupe ont été beaucoup plus limitées (Lounaci et Vinçon, 2005 in Meziane, 2009).

2.2.1. Classification :

Règne : Animalia.

Embranchement : Arthropoda.

Sous-embranchement : Hexapoda.

Classe : Insecta.

Sous-classe : Pterygota.

Ordre : Plecoptera

2.2.2. Morphologie : Comme chez la plupart des insectes, le corps est composé de trois parties ou tagmes (tête, thorax et abdomen) (Cf. Fig. 20) qui sont sub-cylindriques, mous car peu chitineux et généralement de couleur terne. La taille du

corps des plécoptères varie selon les espèces de quelques millimètres à près de 5 cm pour les plus gros.

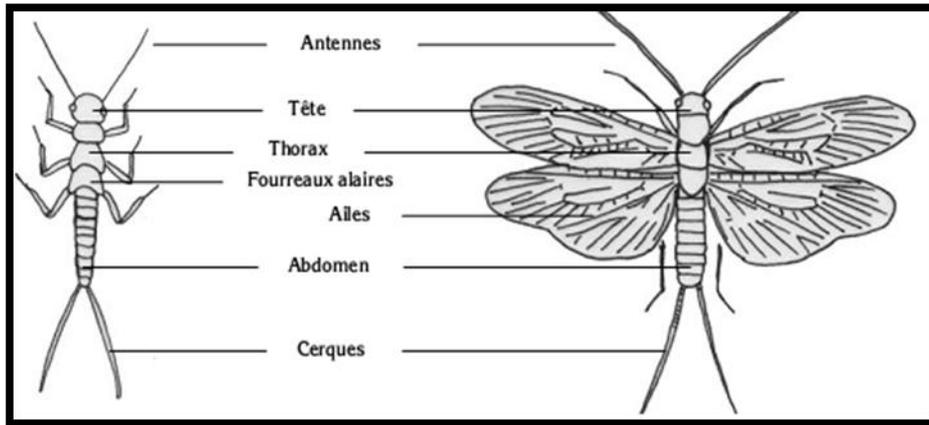


Figure20 : Dessin schématique d'une larve (gauche) et d'un adulte de Plécoptère.

La larve :

La tête : Globuleuse plus ou moins aplatie porte deux grandes antennes, deux gros yeux, trois ocelles répartis en triangle sur le haut de la tête, et des palpes faisant partie de certaines des diverses pièces masticatrices.

Le thorax : Est formé de trois métamères non réarrangés. Les pattes reliées au thorax sont croissantes en taille de l'avant vers l'arrière. Les points d'accroche sont éloignés les uns des autres, chaque paire étant portée par un métamère distinct. Ces pattes terminées par trois articles, le tarse portent deux griffes

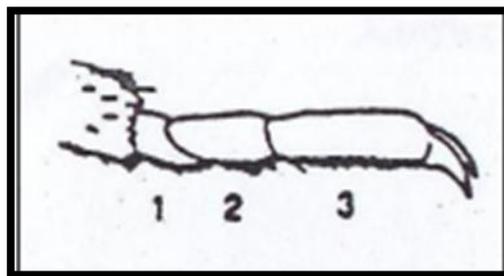


Figure 21 : Tarse de Plécoptère (Tachet et al, 2000).



Photo 2 : Larve de *Nemoura* sp. (Nemouridae) trouvée dans lalitière

(Taille réelle 2 mm) (Ruffoni, 2009)

L'abdomen : A section assez ronde, est composé généralement de 10 segments dont le dernier présente les cerques (appendices multiarticulés). Les organes sexuels de l'adulte portés par ce tagme font bien souvent partie des caractères distinctifs spécifiques (qui s'observent avec des dispositifs de grossissement optique allant jusqu'à 100X).



Photo 3 : Organes et ornements sexuels caractéristiques de deux mâles de *Leuctra* : a. *L. albida*, b. *L. nigra* (Ruffoni, 2009)

Remarque : Les larves, quant à elles, peuvent être déterminées facilement jusqu'au genre si leur stade de développement est assez avancé. Seuls certains de ces genres à l'état larvaire peuvent être déterminés jusqu'à l'espèce. Un des critères pouvant être utile est la présence de branchies (photographies) qu'elles soient coxales (sous l'insertion des pattes), prothoraciques ou anales. Les espèces qui n'en possèdent pas, respirent au travers de leur tégument.



Photo 4 : Branchies coxales d'un Perlidae (Ruffoni, 2009)

L'adulte : L'adulte a conservé de nombreux caractères larvaires, mais ce qui le différencie, c'est la présence d'un appareil génital mature et de deux paires d'ailes repliées sur le dos au repos.



Photo 5 : Adulte de Leuctra fusca (Ruffoni, 2009)

La tête : La tête globuleuse, les antennes longues et mince, compte jusqu'à 80 minuscules articles. Les yeux composés sont bien développés et il y a généralement trois ocelles (Le Doaré, 2006).

Le thorax : L'adulte arbore deux paires d'ailes disposées chacune au niveau du deuxième et troisième élément du thorax appelés respectivement mésothorax et métathorax. Très complexe, la nervation alaire entre en grande partie dans la détermination générique des adultes. La paire d'ailes antérieures est généralement plus longue que la deuxième qui, elle, est plus large. Cette surface alaire étonnamment disposée rapproche la physionomie de vol des Plécoptères de celle d'un hélicoptère. Mais, certaines espèces ou certains écotypes présentent des ailes raccourcies (brachyptère) ou sont aptères. L'absence d'aile permet sans doute des déplacements au sol plus faciles. Bien souvent, seul un sexe est touché, le mâle, la femelle ailée

assurant la dispersion. La larve peut montrer selon son stade larvaire des ébauches d'ailes appelées fourreaux alaires (Ruffoni, 2009).

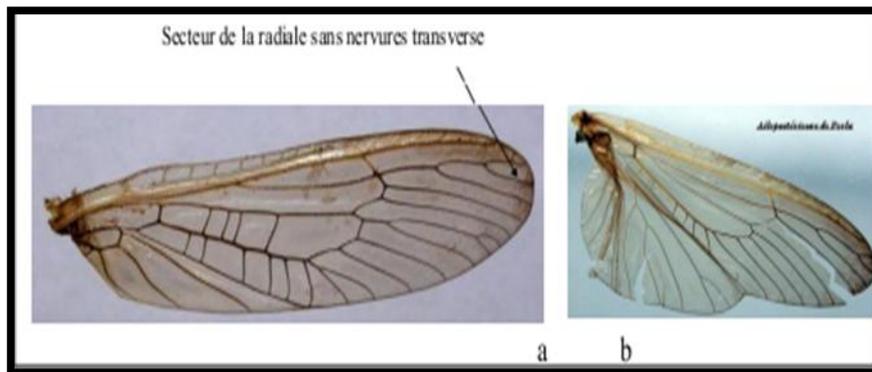


Photo 6 : Perla a : aile antérieure, b: aile postérieure (Doaré, 2006)[2].

L'abdomen : Les cerques abdominaux sont généralement de longues soies très segmentées, mais dans certaines familles ils se réduisent à de petites excroissances à peine visibles. L'abdomen et même le corps entier sont plutôt mous et charnus car les sclérites sont peu développés (Chinery, 1987).

Ecologie et bio-indication : L'ordre des plécoptères est composé de taxons très sensibles à la dégradation de leurs milieux de développement. Ce sont de bons bio-indicateurs. La composition spécifique en plécoptères est en effet révélatrice en partie de «l'état de santé» de la rivière : pollution chimique dissoute dans l'eau, accumulation de toxiques, restructuration du cours d'eau... Avec l'ordre des Epheméroptères et des Trichoptères, ils forment les groupes les plus sensibles utilisés dans l'évaluation de la qualité biologique des cours d'eau comme l'I.B.G.N. (Indice Biologique Global Normalisé)

Les Perles au sens large, sont présentes dans un grand nombre de milieux aquatiques : ruisseaux, fleuves, torrents, lacs, étangs, tourbières. .

2.2.Respiration :Les larves de Plécoptères respirent l'oxygène dissout dans l'eau au travers de son tégument ; certaines espèces possèdent des trachéobranches filiformes, ramifiées ou simples, qui forment selon les genres, des touffes sur diverses parties du corps (Le Doaré, 2006).

- **Les œufs :** une fois dans l'eau, les œufs peuvent s'arrimer solidement au substrat par des dispositifs d'adhérence empêchant la dérive. La durée

d'incubation est variable d'une espèce à une autre. le nombre d'œufs est de 100 à 400 produits par femelle.

2.3. Les Trichoptères : Les Trichoptères font partie des insectes holométaboles (à cycle complet) ; ils passent donc par un stade cocon entre la larve et l'insecte adulte. Parmi les quelque 7000 espèces décrites sur l'ensemble de la planète, environ 310 vivent en Suisse. La taille de la larve est de 3 à 40 mm suivant l'espèce.

Les Trichoptères occupent une place de choix tant par le nombre d'espèces recensées que par la diversité des milieux colonisés. Présents à différents niveaux de l'édifice trophique et occupant de ce fait un grand nombre de niches écologiques, les Trichoptères jouent un rôle essentiel dans la dynamique des écosystèmes (Faessel, 1985).

2.3.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterygota

Ordre : Trichoptera (Cf. Tab 5)

2. 3. 2. Morphologie :

Les Larves : On distingue aisément la tête, le thorax et l'abdomen (Fig. 23a, Fig. 23b)

La tête : La tête (fig.22), de forme généralement elliptique, est prognathe (dans le prolongement de l'axe du corps) chez les larves de type campodéiforme (Annulipalpia) et hypognathe (axes de la tête et du corps formant un angle) chez les larves de type éruciforme (Integripalpia). La capsule céphalique (fig. 23) comporte un sclérite dorsal formant le clypeus, 2 sclérites latéraux: les gena qui se prolongent ventralement où elles sont partiellement séparées par le submentum ou post-labium). A la face supérieure, le clypeus est séparé des gena par une ligne de suture en forme Y: les 2 branches forment la suture frontale qui se prolonge postérieurement par la suture coronale (A l'avant du clypeus s'articule le labre plus ou moins recouvert par la

membrane du clypeus. Ce labre est généralement corné et muni de nombreuses soies souvent disposées en touffes ; cependant chez les Philopotamidae, il est mou et rétractile.

Le submentum, de forme variable peut, chez les représentants de certains genres, être absent. A l'arrière s'ouvre le trou occipital ; vers l'avant, entre les sclérites pariétaux et le sclérite dorsal, se situent les pièces buccales visibles ventralement. Elles sont de type broyeur et de forme variable suivant les régimes alimentaires. Les mandibules s'articulent ventralement sur la capsule céphalique par un condyle ; elles portent des soies. Les maxilles forment avec le labium le complexe maxillo-labial. La partie antérieure du labium (prémentum) porte vers l'avant une sorte de petit prolongement : le lobe labial qui est largement étiré vers l'avant chez les individus appartenant à la famille des Psychomyiidae.

Tableau 5 : Les super-familles et familles des différents groupes de Trichoptères (Tachet et al, 2010)

Groupe	ANNULIPALPIA			
Super-Famille	PHILOPOTAMOIDEA	HYDROPSYCHOIDEA	RHYACOPHILODEA	HYDROPTILOIDEA
Famille	Philopotamidae	Hydropsychidae	Rhyacophilidae	Glossosomatidae
		Polycentropodidae		Hydroptilidae
		Psychomyiidae		
		Ecnomidae		
		Dipseudopsidae		
Groupe	INTEGRIPALPIA			
Super-Famille	PHRYGANOIDEA	LIMNAPHILOIDEA	LEPTOCEROIDEA	SERICOSTOMATOIDEA
Famille	Phryganeidae	Limnephilidae	Leptoceridae	Sericostomatidae
		Lepidostomatidae	Odotoceridae	Helicopsychidae
		Brachycentridae	Calamoceratidae	
		Uenoidae = Thremmatidae		

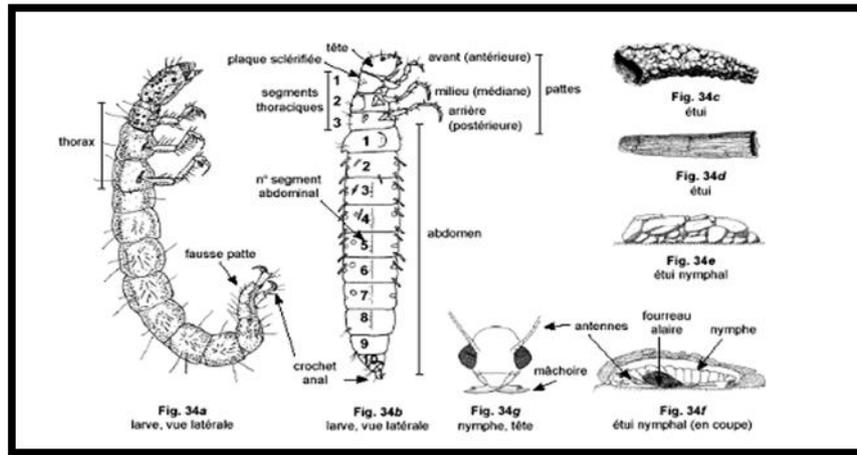


Figure 22 : Larve et étui d'un Trichoptère (MOISAN, 2006)

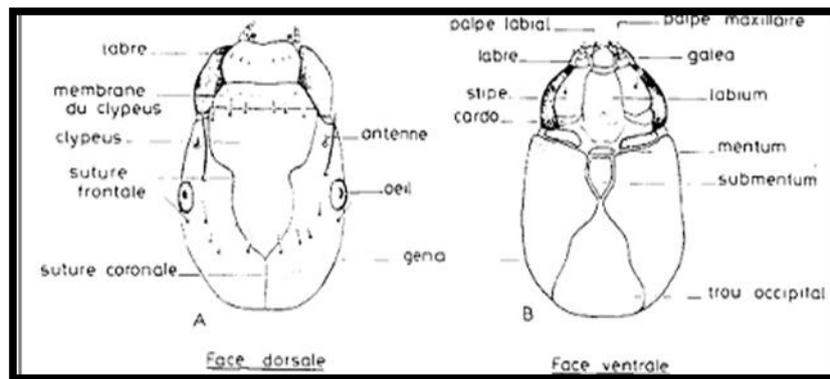


Figure 23 : Tête d'un Trichoptère : Face dorsale (A) et face ventrale (B) (Faessel, 1985)

Le thorax : est formé de 3 segments bien individualisés portant chacun une paire de pattes. Les tergites thoraciques présentent des degrés de sclérification variés. Le pronotum est totalement sclérifié. Ventralement le prothorax peut porter une (ou plusieurs) pièce sclérifiées : le prosternite (Tachet et al, 2000).

Les pattes comportent 5 segments : hanche ou coxa, trochanter, fémur, tibia et tarse terminé par une seule griffe pourvue ou non de crochets ou de soies. Chez certaines familles, ventralement, en avant de la première paire de pattes se développe une formation unique charnue : la corne prosternale (Faessel, 1985)

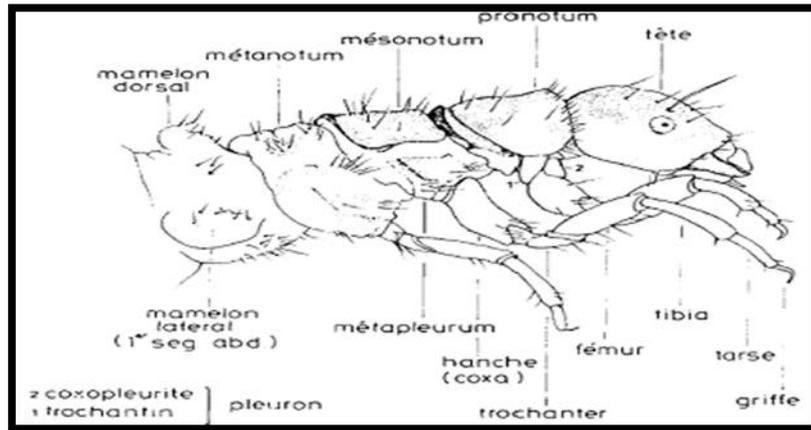


Figure 24 : Thorax et tête d'un Trichoptère (Faessel, 1985)

L'abdomen : L'abdomen allongé est constitué de 9 segments bien individualisés généralement mous, bien que chez certains genres on remarque la présence de sclérites dorsaux. Un certain nombre de segments abdominaux peuvent être munis de branchies dont le nombre, la disposition et la forme sont variables suivant les genres ou même les espèces. Chez les Limnephilidae, par exemple, on trouve des : branchies dorsales, branchies ventrales, branchies pleurales (latérales) que l'on peut qualifier de pré- ou post segmentales suivant leur implantation en avant ou en arrière du segment.

Les branchies sont de type tubulaire ; elles peuvent être simples, doubles, par filaments de trois ou plus formant alors une houppe branchiale. Latéralement, les segments abdominaux portent une rangée de fines soies formant la ligne latérale qui s'étend du 2^{ème} au 8^{ème} segment.

Enfin, l'abdomen se termine par deux prolongements charnus plus ou moins longs : les pygopodes munis d'une griffe (fig.25). Ces pygopodes servent essentiellement à maintenir l'animal sur son support, dans son fourreau ou son filet.

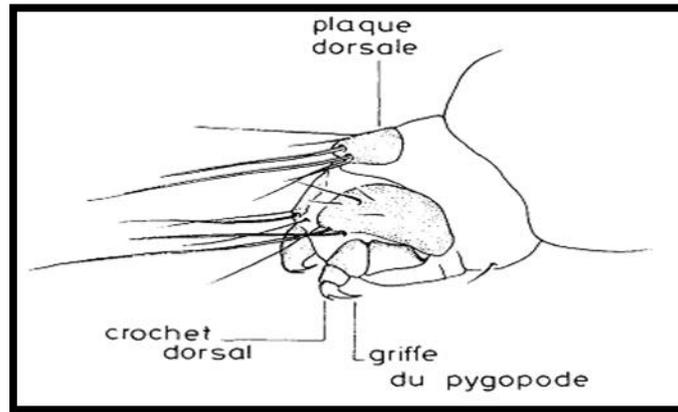


Figure 25 : Neuvième segment abdominal

L'Adulte : Les imagos de Trichoptères sont de taille moyenne variant de 5 mm (Hydroptilidae) à 20 mm environ (Phryganeidae et certains Limnephilidae). Ils sont reconnaissables à la disposition des ailes qui, chez l'animal au repos, sont disposées en forme de toit sur l'abdomen (Fig. 26) (Faessel, 1985) .

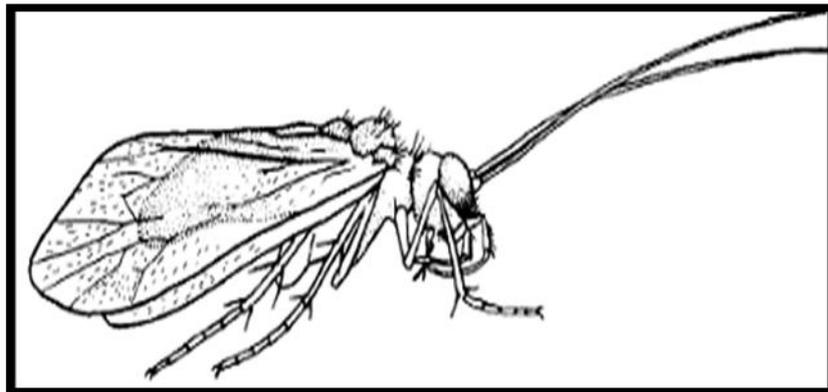


Figure26 : Imago de Trichoptère (Faessel, 1985)

Morphologie de l'adulte :

La tête : Petite et transverse, porte deux yeux latéraux composés ; les ocelles au nombre de trois sont absents chez les représentants de certaines familles. Les antennes sont relativement longues. L'appareil buccal est de type suceur-lécheur, on y observe une régression des mandibules (l'adulte ne se nourrit pas) et formation d'un complexe maxillo-labial ou haustellum. (Faessel, 1985).

Le thorax : Le thorax est muni de pattes de type marcheur. Les tibias épineux portent toujours des éperons mobiles situés au milieu et vers le tarse. Leur nombre, bien que variable d'une patte à l'autre, mais également suivant les groupes, n'excède

pas 4 (Faessel, 1985). Les ailes possèdent de nombreuses nervures dont la disposition est utilisée en systématique (Tachet et al, 2000).



Photo 7 : Ailes d'Hydropsychiade (Robert, 2007) [3]

L'abdomen : L'abdomen ne compte que dix segments ; le premier est réduit au tergite, le neuvième et le dixième participent à la formation des organes copulateurs (Faessel, 1985). Les appendices génitaux (genitalia) sont bien visibles ; ceux des mâles sont de forme plus complexe que ceux des femelles (Tachet et al, 2000). La systématique des adultes au niveau spécifique est basée sur la structure des genitalia des mâles (Giudicelli et Dakki, 1980 in Meziane,2009).

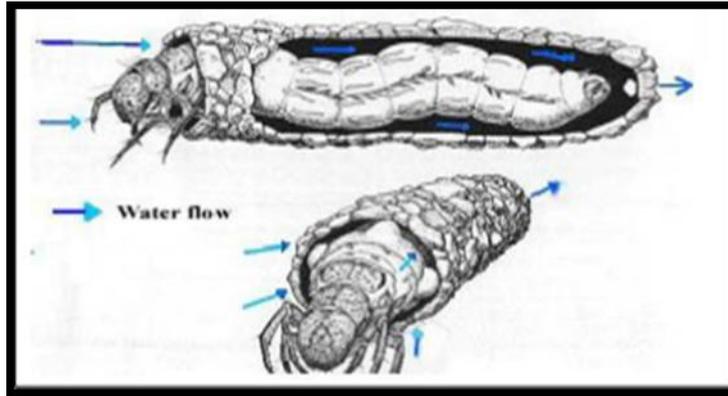
2.3.3. Habitat

Les larves de trichoptères vivent dans l'eau douce, mais il existe quelques espèces qui vivent sur terre ou dans la mer. Les larves des espèces d'eau douce vivent habituellement dans les eaux froide et propres, mais certaines espèces préfèrent les eaux lentes et plus chaudes. Leurs présences dépendent particulièrement de la température de l'eau, de la vitesse, de la présence des minéraux dissous et des polluants (Meziane, 2009)

La Respiration: Les larves de trichoptères de type éruciforme ont généralement des trachéobranches filiformes alignées, selon l'espèce, sur la face supérieure, les côtés et/ ou la face ventrale de l'abdomen et qui peuvent être isolées, par deux, par trois ou en petites touffes. Rare sont les espèces qui respirent exclusivement par la peau (Engelhardt, 1998).

Les fourreaux des Trichoptères sont toujours ouverts aux deux extrémités quoique l'ouverture postérieure puisse être très petite et les mouvements de la larve y

font circuler l'eau au travers. De cette façon, la larve reçoit constamment de l'oxygène qu'elle extrait de l'eau grâce aux branchies. Le rôle de l'étui dans la respiration serait aussi important que le rôle protecteur qui lui est attribué (Fig. 27) (Chinery, 1984 in Meziane, 2009).



**Figure 27 : Circulation de l'eau dans le fourreau d'un trichoptère
(TOUZIN, 2008 in Meziane, 2009)**

Ethologie : Les adultes ne s'éloignent guère de leur lieu d'émergence. Ce sont des insectes crépusculaires fortement attirés par la lumière artificielle. Durant la journée ils sont le plus souvent posés sur les divers supports bordant le milieu aquatique dont ils sont issus (arbres, buissons...). Les femelles de certaines espèces remontent souvent en amont de leur lieu d'émergence, compensant ainsi le phénomène de dérive des larves. La période de vol s'étale du printemps à l'automne, cette saison correspondant pour la majorité des espèces à une émergence maximale. Les périodes d'émergence, la longévité des individus souvent liées au degré de maturation des gonades sont variables d'une espèce à l'autre.

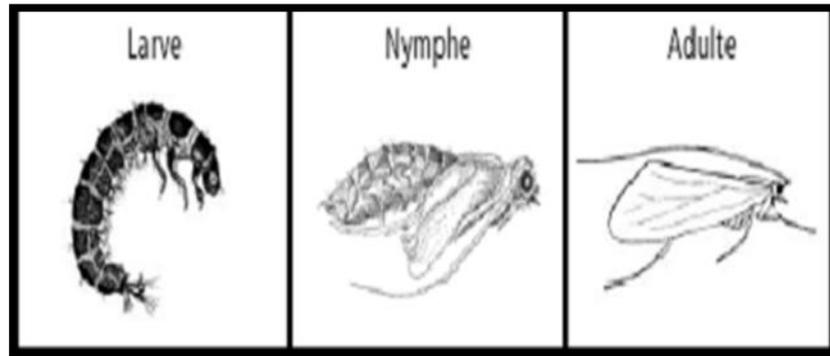


Figure 28 : Métamorphose complète chez les Trichoptères

(Gagnon, 2006 in Meziane, 2009)

- **Ponte et développement embryonnaire** : La forme de la ponte est très différente:

— Chez les Rhyacophilidae, les œufs sont pondus isolément.

— Chez les Hydropsychidae et Polycentropodidae, ils sont réunis dans une masse cimentée, déformée subcirculaire, ils sont contigus et disposés en une seule couche (Photo 8). Chez les autres familles, les œufs sont enrobés dans une masse gélatineuse gonflant au contact de l'humidité de l'air ou de l'eau et adhérant parfois à l'abdomen de la femelle.

Les œufs sont déposés soit sur des supports immergés, dans ce cas la femelle s'enfonce sous l'eau pour pondre, soit sur des supports totalement émergés. Lorsque la masse des œufs déjà expulsée adhère à l'abdomen de la femelle, celle-ci les libère à la surface de l'eau.

Le nombre d'œufs pondus varie selon les espèces ; on a pu compter une quinzaine d'œufs dans une ponte de *Beraeodes minutus* et plus de 800 chez les individus du genre *Hydropsyche*.



Photo 8: Ponte et logette nymphale [4].

2.4. Les Diptères :

2.4.1. Les Chironomidae :

La famille des Chironomidae est un groupe d'insectes Diptères du sous ordre des Nématocères. Les membres de cette famille sont appelés communément « les moucherons non piqueurs ». Ils forment le groupe de macro invertébrés le plus abondant, en nombre d'espèces et individus, rencontrés dans tous les milieux aquatiques d'eaux douces. En plus, les Chironomidae ont envahi la mer se trouvant le long des côtes du monde entier et vivant à une profondeur de 30 m dans l'océan, et la terre, où ils peuvent être rencontrés dans les milieux humides ou le feuillu sec de litières de forêt.

2.4.1.1. Classification :

Superfamille : Chironomoidae

Famille : Chironomidae

Sous famille : Chironominae

Tribu : Chironomini

Genre : Chironomus

Sous genre : Chironomus

2.4.1.2. Morphologie: Les Chironomidae sont des Diptères faisant partie du groupe morphologique des Culiciformes, c'est-à-dire que leur aspect général est

celui d'un moustique. Ce sont des Nématocères et à ce titre, ils sont caractérisés par des antennes longues et l'appareil buccal est très régressé et l'atrophie des mandibules au stade adulte ne leur permet pas de piquer.

Leur cycle de développement comporte trois états morphologiquement très différents qui, tout en ayant un aspect général identique d'une sous-famille à l'autre, présentent des variations anatomiques qui constituent des bases essentielles de la systématique (Sæther 1980 in Zerguine, 2010).

Les œufs : L'œuf des Chironomidae, comme tous les insectes, est de type centrolécithe, riche en vitellus qui constitue une masse centrale de réserves nutritives. Le cytoplasme contenant plusieurs noyaux est périphérique (Beaumont et Cassier, 1983). La coque de l'œuf comporte, de l'intérieur vers l'extérieur, l'enveloppe vitelline et le chorion séparés par une couche cireuse protectrice. En général, le chorion des œufs des Chironomidae est peu épais et contient des protrusions et présente un micropyle (Dinulesco, 1932 ; Williams, 1982).

Le nombre d'œufs : Souvent, les masses d'œufs des Chironomidae contiennent approximativement 20 à 30 œufs. Ce nombre peut s'étendre jusqu'à plus de 3000 chez les espèces de grande taille (Davies, 1976). En fait, la ponte la plus volumineuse a été enregistrée chez *Chironomus tentans* avec 3300 œufs dans une seule masse. Néanmoins, il peut y avoir également des variations intra spécifiques (Nolte, 1993).

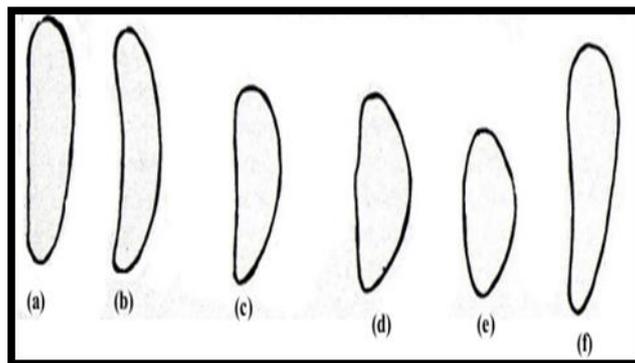


Figure 29 : les formes des œufs de quelques Chironomidae (a) : *Chironomus tentans*, (b) : *nervosus*, (c) : *Cricotopussylvestris*, (d) : *Metricnemusfuscipes*, (e) : *Paratanytarsustenuis*, (f) : *Procladiusculiciformis* (Armitage et al, 1995).

Les larves : Les larves des Chironomidae sont des Diptères Nématocères typiques. Elles possèdent une capsule céphalique bien individualisée développée, exposée, complète et non rétractile et un corps segmenté étroit, allongé et qui ne possède pas de pattes thoraciques (Cranston, 1995a).

NB : Les larves des Chironomidae diffèrent des autres larves Nématocères par la combinaison des caractères suivants :

- L'absence des stigmates (larves apneustiques).
- La présence de deux paires de pseudopodes sur le premier segment thoracique et le dernier segment abdominal.
- Le segment abdominal terminal porte une paire de pro-cerques qui supportent chacun une touffe de soies plus ou moins long.



Photo 9: Forme générale d'une larve de Chironomidae [5]

Le corps : Le corps des larves de Chironomidae est divisé en un thorax et un abdomen.

Thorax : constitué toujours de trois segments. Les seuls appendices qu'on trouve au niveau du thorax sont deux pseudopodes (qu'on appelle les pseudopodes antérieurs). Ces derniers placés sur le premier segment thoracique, sont charnus, non segmentés et portent une couronne de griffes simples ou en forme de crochets. Les pseudopodes peuvent être trouvés chez la majorité des Chironomidae. Cependant ils peuvent être réduits ou fusionnés chez les espèces terrestres.

Abdomen : plus étroit, constitué de 09 segments. Des pseudopodes similaires à ceux du thorax se trouvent ventrolatéralement au niveau du segment abdominal terminal et sont appelés : les pseudopodes postérieurs. De même, sur la face dorsale de l'avant dernier segment se trouve une paire de tubercules supportant chacun une touffe

de soies s'appelle : les procerques . Dans la région terminale de l'abdomen on trouve également souvent 02 paires de tubules anaux.

Les espèces appartenant au genre *Chironomus* possèdent dans cette région des tubules remplis d'hémolymphe appelés : tubules ventraux et ont un rôle dans la respiration. Généralement, il y a 02 paires de tubules ventraux placés sur le segment abdominal VIII, et souvent, selon les espèces, une paire latérale sur le segment abdominal VII (In Zerguine, 2010).

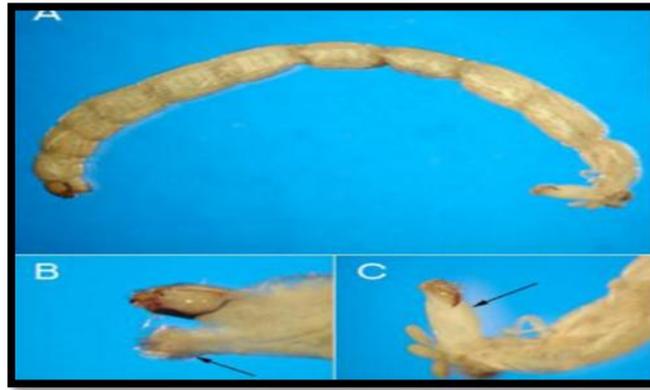


Figure 30 : le corps de la larve d'un Chironomidae (A) : larve complète, (B) pseudopodes antérieurs, (C) : région anale d'un Chironominae. Les flèches montrent les pseudopodes antérieurs et postérieurs [6]

La nymphe : On distingue trois régions dans la nymphe : la tête (région céphalique), le thorax et l'abdomen. Néanmoins, la tête et le thorax sont fusionnés et on les traite ensemble en tant que céphalothorax.

La tête : porte les ébauches antennaires, une paire de tubercules céphaliques et une paire de soies frontales. Des caractères de la région céphalique sont d'une grande importance taxinomique, sont : la localisation, le nombre et la longueur des soies frontales, le vertex, postorbit et la région oculaire.

Le thorax : Il porte une paire d'organes respiratoires, appelés aussi : cornes prothoraciques ou cornes thoraciques, de formes très variables en fonction des espèces ou des genres . Ces organes servent dans un premier temps à la respiration aquatique puis ensuite à la respiration aérienne dans les derniers moments de la vie nymphale quand la nymphe se tient au niveau de l'interface air-eau. Les parties les plus importantes de la corne prothoracique sont : le plastron et l'atrium. Celui-ci est connecté distalement au plastron poreux qui est en contact direct

avec l'air de l'environnement extérieur. Le thorax porte également les ébauches alaires, ou ptérothèques, et les ébauches des pattes, ou podothèques.

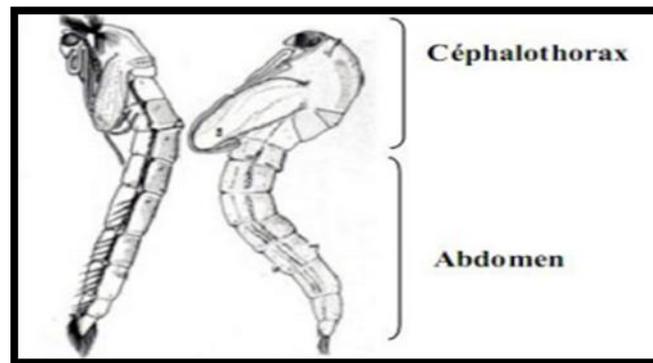


Figure 31 : Forme générale de la nymphe de Chironomidae

(Armitage et al. 1995).

Abdomen : L'abdomen des nymphes des Chironomidae est formé de 09 segments articulés. Outre un certain nombre de soies, l'exuvie nymphale présente des ornements très variables utiles pour la caractérisation des divers niveaux taxinomiques. Ces ornements sont représentés par : des épines, spinules et des tubercules. La forme, la disposition et l'abondance peuvent être des critères spécifiques de détermination.

Chaque tergite supporte normalement cinq paires de soies (D1-D5), qui forment un arc à partir de D1 (soies antérieures) jusqu'aux D5 (soies postérieures). Cependant, ces soies sont souvent difficiles à observer. Les pleures des segments I-VIII supportent des soies latérales qui peuvent être filamenteuses ou aplaties.

Le dernier segment s'élargit formant les deux lobes anaux. La marge externe de ces lobes anaux porte toujours des soies natatoires formant la frange ou palette natatoire. Outre les soies natatoires on trouve près de l'apex du dernier segment des soies souvent rigides et incurvées, en nombre de 3 ou 4, qu'on appelle les soies apicales et subapicales. Ces dernières peuvent aussi manquer. De même, dans leur partie distale, les lobes anaux portent des soies appelées : les macrosetae anales. Ces dernières peuvent être filamenteuses, courtes en forme d'épines ou en forme de cheveux. Les lobes anaux cachent toujours les appendices génitaux particulièrement de grande taille chez les mâles et sont contenus dans des sacs gonopodiaux (Zerguine, 2010).

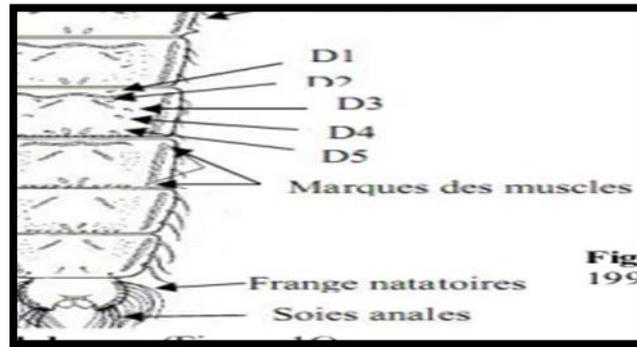


Figure 32 : Structure de la nymphe (Langton, 1991)

L'adulte : Le corps de l'adulte Chironomidae est constitué de trois parties :

➤ **La tête :**

Les antennes : elles sont longues et présentent un dimorphisme sexuel puisqu'elles sont plumeuses chez le mâle et moniliformes chez la femelle.

L'antenne de l'adulte des Chironomidae est constituée d'un scape étroit, un pédicelle globuleux et d'un nombre (souvent 11-14) flagellomères de forme cylindrique. Le nombre des segments antennaires et leur forme sont en fonction des espèces et ce caractère est utilisé pour la détermination.

Les yeux : sont très grands et réniformes. Chez certaines espèces ils apparaissent pubescents et ceci est dû à la présence de fines microtriches entre les facettes. Deux tubercules frontaux peuvent également exister dorsalement par rapport aux pédicelles des antennes et peuvent avoir une importance diagnostique.

Les pièces buccales : sont très réduites. Les palpes maxillaires sont souvent bien développés. Ils sont plus ou moins longs et comportent selon les espèces de 3 à 5 segments. Les mandibules sont absentes mais les autres pièces buccales sont présentes mais très réduites. En effet, l'hypopharynx et le labium forment le canal alimentaire qui absorbe le nectar.

➤ **Thorax :** généralement bien développé, il comporte trois parties d'inégale importance:

Le pronotum : c'est le segment thoracique antérieur immédiatement en arrière du cou dont la forme représente un caractère systématique important pour la différenciation des genres. Le pronotum est divisé antérieurement en un

antépronotum, ensuite un collier et un petit postpronotum.

Le mesonotum : est le deuxième segment thoracique. Il est volumineux et contient les muscles du vol. Dorsalement il contient trois parties distinctes : le scutum, le scutellum et le postnotum. Le scutum peut avoir une suture médiane ou tubercule, et souvent il contient une rangée médiane et longitudinale de soies appelée : soies acrostichales.

Le métanotum : est le segment thoracique postérieur, il est très réduit de même que les pleurs et le sternum ; sa structure et sa coloration sont rarement utilisées dans la classification des espèces.

➤ **L'Abdomen :**

Il est composé de 10 segments, les sept segments antérieurs sont aplatis dorso-ventralement. L'abdomen de la femelle est plus court et plus renflé que celui du mâle. La partie dorsale présente une coloration ou des ornements souvent utiles pour l'identification. De même que les derniers segments abdominaux qui forment les genitalias (Zerguine, 2010).

Le thorax porte les appendices suivants :

Les ailes : Elles constituent également une pièce anatomique importante pour la détermination des espèces. La forme générale de l'aile, la présence ou l'absence de soies sur la membrane alaire (macrotriches ou microtriches) et enfin la forme de la nervation sont autant des caractères fréquemment utilisés en systématique. La nervation des ailes chez les Chironomidae est relativement réduite comparativement aux autres Diptères.

Les pattes : elles constituent également un caractère anatomique spécifiquement variable tant en ce qui concerne la morphologie que la coloration. La structure de base d'une patte comporte les segments suivants : coxa, trochanter, fémur, tibia et cinq segments tarsaux dont le dernier se termine par deux griffes. Les principales variations portent entre autres sur la longueur relative des différents segments des pattes antérieure (Debbiche, Zerguine, 2010).

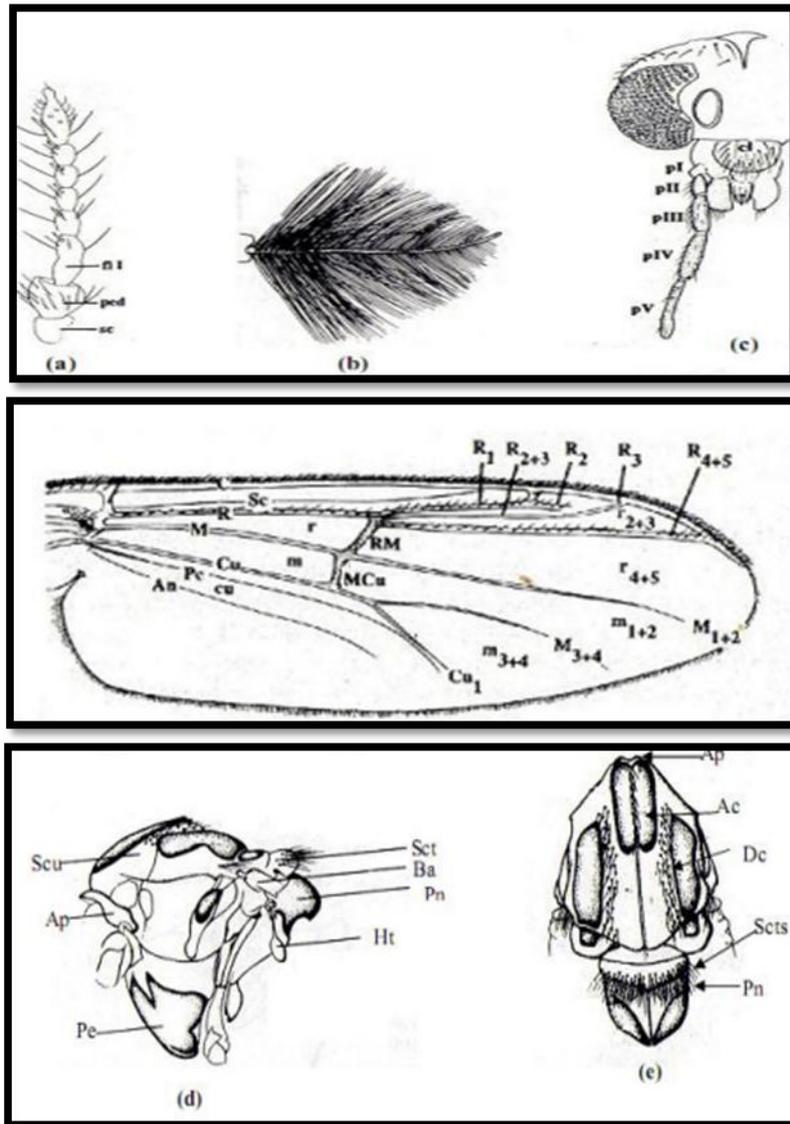


Figure 33 : Morphologie de l'adulte. (a) : structure de l'antenne de la femelle ; (b) : antenne du mâle ; (c) : la tête ; (d) : vue latérale du thorax ; (e): vue dorsale du thorax ; (f) : structure de l'aile. Ac : soies acrostichales ; An : nervure anale ; Ap : Antépronotum ; Ba : base de l'aile ; C : costa ; Cl : clypeus ; Cu : nervure cubitale ; Dc : soies dorso-centrales ; fl : flagellomère ; Ht : haltère ; M (m) : nervure médiane (cellule) ; PI-V : palpomères ; Pe : Pré-episternum ; Ped : pedicelle ; Pn : post-pronotum ; Pc : postcubitus ; R (r): nervure radiale (cellule) ; sc : scape ; Sc : subcosta ; Sct : scutellum ; Scts : soies du scutellum ; Scu : scutum (Armitage et al., 1995 ; Pinder, 1978)

2.4.2. Les Simuliidae : Il existe 2142 espèces de mouches noires dont la répartition est presque mondiale. Il s'agit de Diptères de la famille des Simuliidae dont les stades immatures sont aquatiques. (Adler et Crosskey, 2013in Boukhateb, 2013)

2.4.2.1. Systématique :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropodes

Sous-embranchement : Tracheates

Classe : Insectes

Ordre : Diptères

Famille : Simuliidae

2.4.2.2. Morphologique :

Les œufs : Ils sont de forme sub-triangulaire, asymétriques, à coque lisse, blancs à la ponte, foncés après embryogenèse, de taille variable de 0,2 à 0,3 mm. La maturation est très rapide (moins de 48 heures) entre la ponte et l'éclosion des larves (Rodhain et Perez, 1985 in Boukhateb, 2013).

Les larves : Les larves des simulies sont des Diptères encéphales. Elles sont de forme allongées et renflées en massue dans leur partie postérieure. La taille d'une larve mature du septième stade varie selon les espèces de l'ordre de quelques millimètres à un centimètre.

La tête : Est en général de couleur plus foncée que le corps. Elle porte en plus un organe pair que l'on appelle prémandibules, formée d'une hampe sur laquelle s'insèrent de longues soies falciformes qui peuvent se déplier en éventail ou se rabattre le long de la hampe comme les baleines d'un parapluie.

Le thorax: Dorsalement, le thorax ne montre aucun organe tandis que la face ventrale porte un pseudopode qui est terminé par des couronnes de crochets de fixation. Latéralement, sur les larves matures du septième stade, on voit les histoblastes des trois pattes de l'adulte ainsi que les ébauches alaires et les ébauches des branchies

nymphales. Ces dernières se présentent sur chaque côté du thorax comme une tache brune ou noire caractéristique de la maturité larvaire.

L'abdomen : Est de forme allongée, le tiers postérieur est renflé et se termine par un organe d'ancrage formé par des couronnes concentriques de minuscules crochets. Dorsalement sur l'extrémité terminale, l'abdomen porte des branchies rectales de formes variées et spécifique. Un sclérite anal de forme variable suivant le groupe est également situé dans cette zone. Ventralement toujours sur l'extrémité terminale, la larve porte ou non une papille ventrale (Demanou, 2004 in Boukhateb, 2013).

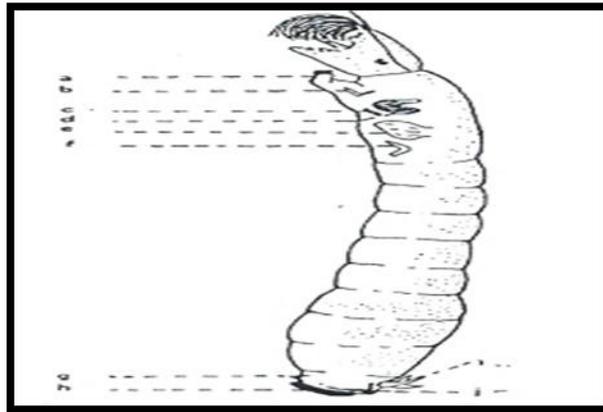


Figure 34 : Larve de septième stade (Clergue-Gazeau, 1991 in Boukhateb, 2013)

a: pseudopode thoracique; b: histoblaste de la patte 1; c: histoblaste de la patte 2; d: ébauche branchiale; e: ébauche alaire; f: histoblaste de la patte 3; g: papille ventrale; h: couronne postérieure de crochets; i:branchie rectale j: sclérite anal.

Les nymphes : Les simulies sont des holométaboles, de ce fait le stade nymphal d'une Simulie ressemble à un imago enveloppé dans une membrane. La nymphe est immobile, logée dans un cocon de soie fixé au support. Sa couleur est claire lorsqu'elle est jeune, jaune ou gris foncée voire noire avant l'émergence. (Décamps et al, 1975in Boukhateb, 2013).

Les adultes : L'adulte de simulie a l'aspect d'une petite mouche bossue. Sa taille est de quelques millimètres d'où leur nom en malgache "moka fohy" qui signifie « petit moustique ». Elles sont en général de couleur sombre.

La tête : Le dimorphisme sexuel est évident au niveau des yeux, ils sont holoptiques chez les mâles et dichoptiques chez les femelles. Les antennes sont semblables chez

les deux sexes. Le nombre d'articles antennaires varie ainsi que leur couleur et leur longueur.

Le thorax : est constitué de trois segments souvent couverts d'une pruinosité diversement colorée dont la couleur et l'ornementation varient suivant le groupe ou l'espèce. L'unique paire d'ailes est portée par le deuxième segment thoracique.

L'abdomen : comprend dix segments dont neuf bien visibles, le dernier peu visible portant les genitalia et les deux cerques. Ces cerques sont bien développées chez la femelle tandis qu'ils sont réduits à de petites plaques sclérotisées et sétigères chez le mâle

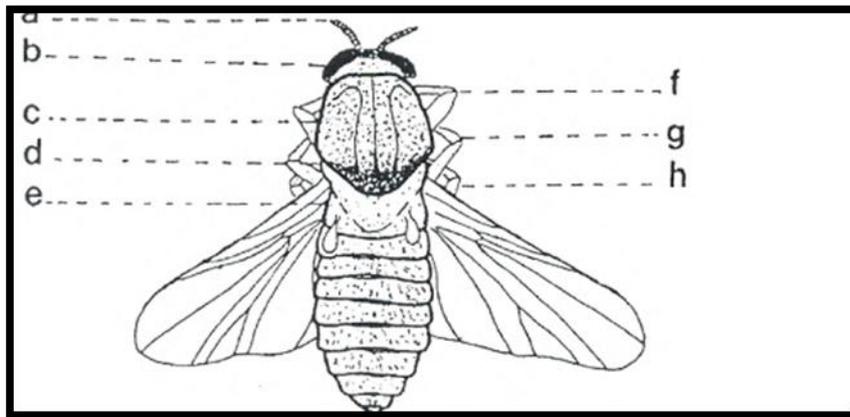


Figure 35 : Image femelle (Clergue -Gazeau, 1991 in Boukhateb, 2013)

a : antenne ; b : oeil;cpronotum; d : mésonotum; e : scutellum ; f : patte droite 1; g :
patte droite 2 ; h : patte droite3.

2.4.3. Les Tabanidae : Les Tabanidae sont généralement de grande taille. Ils sont d'un grand intérêt vétérinaire du fait de maladies qu'ils transmettent au bétail. De nombreuses larves sont aquatiques et sont surtout inféodés aux eaux stagnantes ou elles vivent dans la vase, près du rivage. On peut également les trouver en abondance dans la végétation aquatique d'eau courante (Dejouxet al, 1983 in Bouda, 2001)

Corps fusiforme, souvent blanchâtre ; téguments striés longitudinalement sur l'abdomen, des bourrelets locomoteurs favorisant les déplacements dans les sédiments. Un siphon unique rétractile à l'extrémité de l'abdomen. Taille jusqu'à 50 mm.

Nymphe libre : Des rangées d'épines au bord postérieur des segments, pas de corne respiratoire, pattes pas plus longues que les fourreaux alaires. Les femelles de Tabanidae sont hématophages (Clergue -Gazeau, 1991 in Boukhateb, 2013).

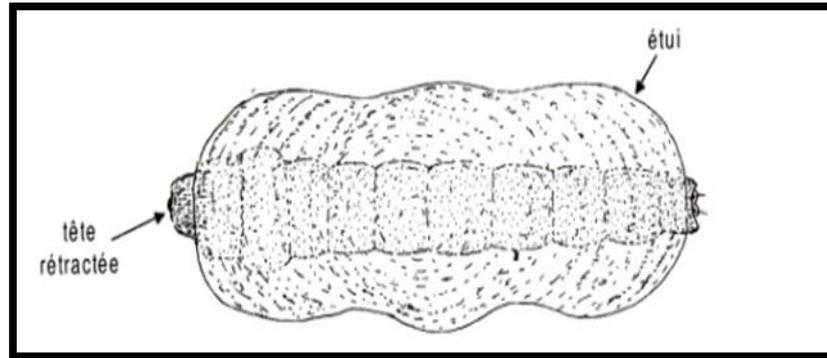


Figure 36 : Limoniidae larve de Thaumastoptera (Tachet et al, 2010)

2.4.4. Les Tipulidae : Tête partiellement sclérifiée, rétractile dans les premiers segments thoraciques. L'extrémité de l'abdomen terminée par une cupule respiratoire où s'ouvrent les stigmates postérieurs entourée de six, plus rarement huit lobes égaux. Ventralement, on trouve les branchies trachéennes. Larves détritivores se trouvant le plus souvent à proximité des rives dans les débris organiques plus ou moins fortement décomposés. (In satha 2014)

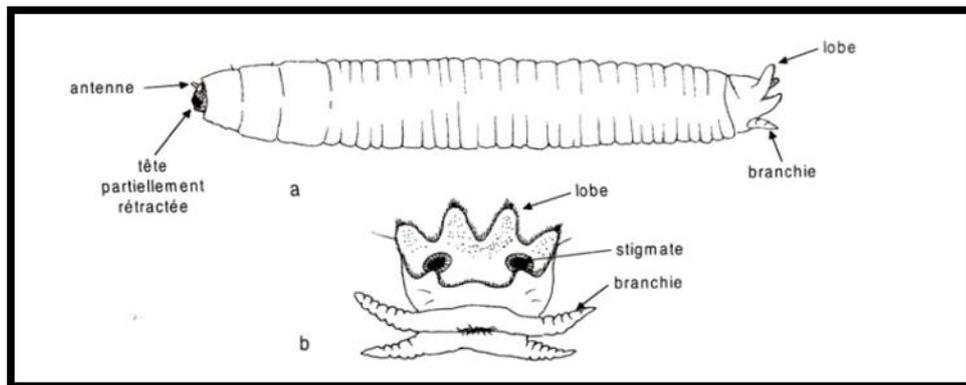


Figure 37 : Tipulidae a) larve et b) extrémité postérieure (Tachet et al, 2010)

2.5. Les Annélides : Les Oligochètes et les Achètes, représentent les principales classes de cet embranchement.

Les Oligochètes : Les Oligochètes fréquentent tous les types de biotopes, depuis les ruisseaux de sources jusqu'au cours d'eau de plaine. Ils sont surtout représentés dans les sections les plus proches des pollutions. La classe des Oligochètes

correspond à des Annélides Caractérisés fondamentalement par la présence de deux paires de faisceaux de soies : une paire latéro-dorsale et une paire latéro-ventrale. Très exceptionnellement, il peut y avoir absence totale de soie comme cela est le cas chez un Enchytraeidae hyporhéique du genre *Achaeta*. Chez les individus sexuellement matures, il y a présence d'un épaissement glandulaire, le clitellum, qui est en relation avec l'appareil génital (in Bouda 2001)

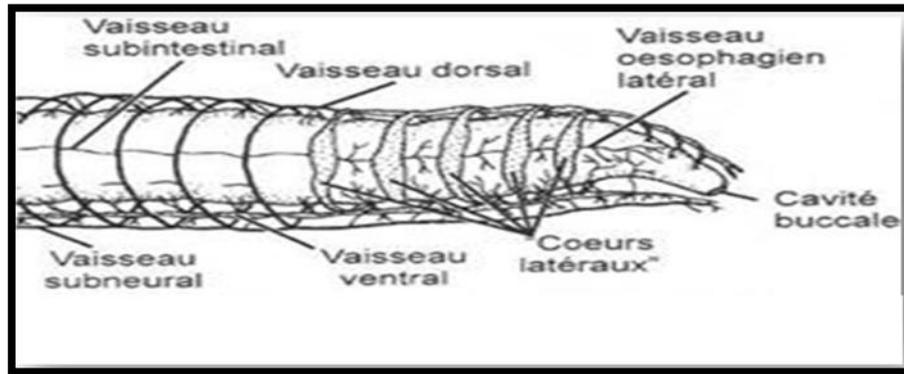


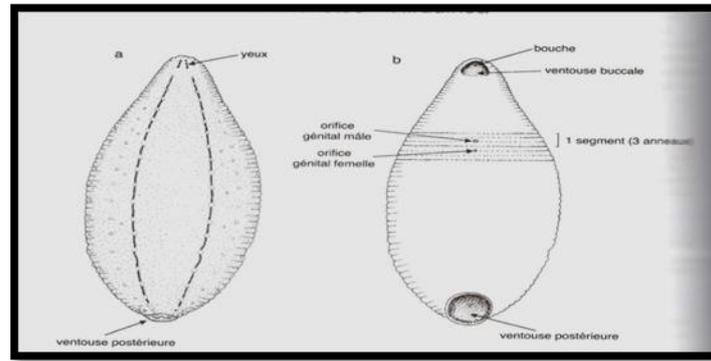
Figure 38 : Région antérieure d'un Lombric (circulation) (in Bouda, 2001)

Les Achète : Ou sangsues sont présentes en milieu marin et en eau douce. Certaines espèces sont terrestres (*Trochetabykowskii*). Plusieurs espèces sont parasites.

Morphologie : Tous les Achètes présentent une ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Le corps est segmenté.

Biologie et écologie :

Les Achètes sont Hermaphrodites, la reproduction est exclusivement sexuée et croisée, il y a formation de cocons où les œufs sont déposés, ce dernier est soit collé au substrat ou à la face ventrale du géniteur qui va le transporter jusqu'à l'éclosion des sangsues. Le développement est direct. La durée de vie est de plusieurs années, pour les espèces hématophage, elle est d'une année. On les trouve dans les milieux stagnants et lotiques. Ils sont résistants à des conditions d'hypoxie : Ce sont les seuls prédateurs des milieux où la pollution organique est élevée. Les sangsues sont soit prédatrices : elles perforent les téguments des proies pour en aspirer l'hémolymphe ou parasites en pompant le sang de l'hôte (vertébré). La dispersion est assurée soit par les jeunes emportés par le courant ou bien par les cocons emportés par l'homme ou d'autres animaux quant aux espèces parasites, c'est l'hôte lui-même qui assure la dissémination (Tachet, 2010 in Satha, 2014).



**Figure 39 : Hirudinae a) Vue dorsale b) Vue ventrale
(Tachet et al, 2010)**

2.6. Les Coléoptères : Les coléoptères forment l'ordre d'insectes dont on a dénombré le plus grand nombre d'espèces. De nombreux groupe sont des noms bien connus comme les scarabées, coccinelles, lucanes, chrysomèles, hannetons, charançons, carabes... Ils vivent pratiquement dans tous les biotopes, excepté les milieux polaires et océaniques. Ils possèdent en général deux paires d'ailes. La première paire d'ailes, quelquefois très colorée, les élytres, forme la carapace de ces insectes et la deuxième paire, les ailes membraneuses, servent au vol.

2.6.1. Classification : Se référer au tableau 6

2.6.2. Morphologie externe des Coléoptères :Le corps des Coléoptères comme celui de la plupart des insectes, est constitué de trois parties bien distinctes : la tête, le thorax et l'abdomen. (Fig. 40).

La tête : La tête est de forme très diverse, allongée, transverse, globuleuse ou déprimée avec un cou distinct ou non. Elle est toujours plus ou moins engagée dans le prothorax où elle est encastrée parfois presque entièrement. Sur le dessus, on distingue les pièces buccales avec mandibules et palpes maxillaires et labiaux (Fig. 40). Le labre ou lèvre supérieure et le clypéus ou épistome sont séparés du front par une suture visible. Sur le côté, les joues sont situées en avant des yeux et les tempes en arrière (Du Chatenet, 2005).

Les palpes maxillaires : sont généralement constituées de quatre articles, le premier étant très court, le deuxième très allongé, les derniers de longueur et de formes très variables. Le développement des pièces buccales est lié au régime alimentaire. Les mandibules et les maxilles sont grandes, fortement dentées ou ciliées

chez les espèces prédatrices, notamment chez les Cicindelidae et les Scaritinae. Elles sont réduites chez les floricoles et les coprophages.

Les antennes : Elles sont insérées sur le côté du front entre les yeux, sont formées par un nombre d'articles variable, mais ne dépassant que rarement 11. Leur longueur est variable, plus souvent plus longue chez les mâles que chez les femelles et peuvent se présenter sous différentes formes (Fig.41 et 42)

Tableau 6 : Les familles et les critères d'identification des différents Sous-ordre des Coléoptères (Tachet et al, 2010)

	Sous-Ordres		
	Adephaga	Myxophaga	Polyphaga
Adultes	Métacoxas soudées au sternum	Métacoxas non soudées au métasternum Suture notopleurale distincte	Métatoxas non soudées au métasternum Suture notopleurale indistincte
Larve	Tarse et griffe distincts	Tarse et griffe indistincts	Tarse et griffe indistincts
Familles	Haliplidae Hygrobidae Noteridae Dyticidae Gyrinidae	Hydroscaphidae	Hydraenidae Spercheidae Hydrochidae Helophoridae Hydrophilidae
			Scirtidae
			Elmidae
			Dryopidae
			Psephenidae
			Chrysomelidae
			Curculionidae

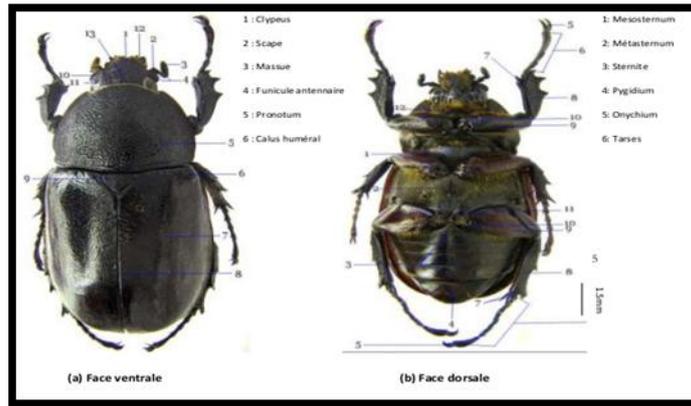


Figure 40: Morphologie d'un Coléoptère (Boukli, 2012)

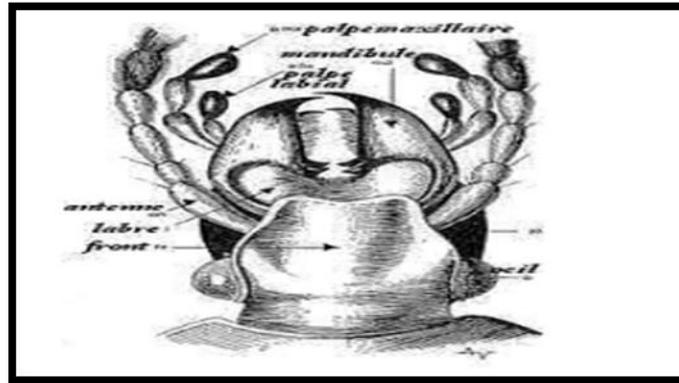


Figure 41: Morphologie externe de la tête d'un carabe (Perrier, 1977).

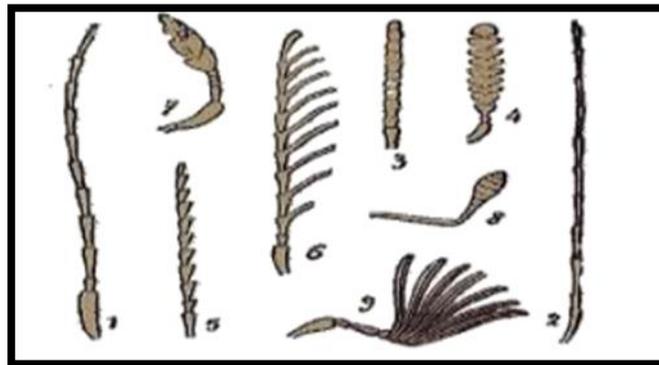


Figure 42 : Divers types d'antennes. -1 : A. Filiforme (*Carabusauratus*) ; 2 : A. Sétacée (*Dyticusmarginalis*) ; 3: A. moniliforme (*Tenebriomolitor*) ; 4: A. perfoliée (*Diaperisboleti*) ; 5: A. serriforme ou en scie (*Buprestismariana*) ; 6: A. Pectinée (*Corymbitespectinicornis*) ; 7: A. claviforme ou en massue (*Hydrophiluspiceus*) ; 8: A. géniculée (*Otiorrhynchusligustici*) ; 9: A. à massue lamellée (*Melolonthavulgaris* mâle) (Perrier, 1977).

Le thorax : Le thorax qui est situé entre la tête et l'abdomen, comprend trois parties distinctes, le prothorax, le mésothorax et le métathorax.

Le prothorax : Porte la paire de pattes antérieures. La face dorsale du prothorax, le pronotum est séparée de la partie inférieure par les bords latéraux qui sont généralement plus ou moins fortement carénés.

Le mésothorax : porte la paire de pattes intermédiaires et les élytres. Comme le prothorax, le dessus du mésothorax est constitué d'une seule pièce le scutellum, une petite pièce triangulaire insérée entre la base des élytres (Fig 40)

Le métathorax : Porte les pattes postérieures et les ailes membraneuses.

L'abdomen : L'abdomen est constitué de 9 segments, dont un ou deux peuvent être atrophiés à la base et un rétracté à l'intérieur de l'extrémité postérieure de l'abdomen. Chaque segment se compose d'un arceau dorsal, le tergite, et d'un arceau ventral, le sternite. Le nombre de sternites de la face ventrale de l'abdomen est toujours inférieur à celui des tergites. Chez le mâle comme chez la femelle, le neuvième et dernier segment de l'abdomen est invaginé et constitue l'armure génitale.

Les élytres : Les élytres sont les deux ailes antérieures qui forment deux pièces sclérifiées symétriques, contiguës le long de leur bord postérieur sur la ligne longitudinale médiane du corps. Elles recouvrent plus ou moins complètement l'abdomen, mis à part le dernier tergite abdominal ou pygidium . Elles jouent des rôles protecteurs multiples : protection contre la déshydratation (ce qui permet à certains Coléoptères de vivre en milieu aride), protection contre les blessures (Chez certains charançons, elles sont soudées pour ne former qu'un seul bouclier protecteur). Elles ne jouent pas de rôle actif en vol et sont tenues perpendiculairement au corps. Elles peuvent avoir des rôles plus spécifiques chez les Coléoptères aquatiques à savoir la rétention d'air dans un but respiratoire (Fig.43) (Du Chatenet, 2005).

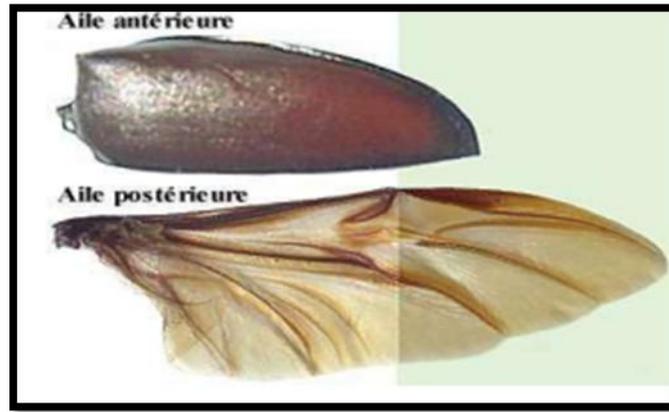


Figure 43: Elytres et aile membraneuse d'un Coléoptère (Boukli, 2012).

Les pattes : La patte d'un Coléoptère est représentée par la coxa, qui est le premier segment, le trochanter le deuxième segment, le fémur représente le troisième segment de la patte suivi du tibia et enfin les tarse qui se terminent par des griffes.

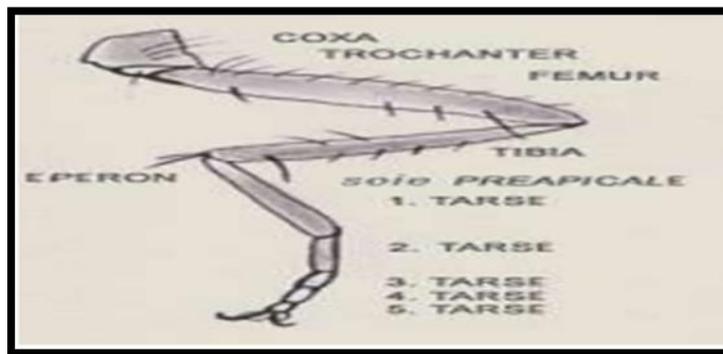


Figure 44: Patte d'un carabidé (Boukli, 2012).

Les larves: L'appareil buccal est de type broyeur le régime alimentaire des Coléoptères est varié: Herbivores stricts (Curculionidae), détritivores, des algivores et des carnivores. La respiration des larves correspond à 4 types:

- 1- Directement à travers les téguments (Larvules et genres de petite taille)
- 2- Stigmates s'ouvrant à l'extrémité de l'abdomen (Dytiscidae)
- 3- Branchies trachéennes (Gyrinidae)
- 4- Crochets stigmatiques que la larve enfonce dans les canaux aérifères d'un hydrophyte (Donaciinae)

Les adultes: L'appareil buccal est de type broyeur, certains sont prédateurs, mais la majorité détritivore-algivore. Chez les adultes, la respiration se fait grâce aux stigmates qui s'ouvrent dans la cavité sous-élytrale (Dytiscidae).

La durée de vie est d'un an à plusieurs années, le nombre d'œufs est très variable de un œuf à plusieurs centaines; ils sont isolés ou rassemblés dans une ponte. L'oviposition se fait dans l'eau pour les groupes à larves et adultes aquatiques; ou peut se faire près de l'eau (Scirtidae) et quelques Dyticidae ont des pontes endophytiques. La majorité des Coléoptères ont trois stades larvaires mais les Elmidae ont cinq ou six stades larvaires. La nymphose a lieu à terre dans une logette construite par la larve de dernier stade, mais pour les Noteridae, Donaciinae et Curculionidae, elle se passe dans le milieu aquatique dans un cocon rempli d'air.

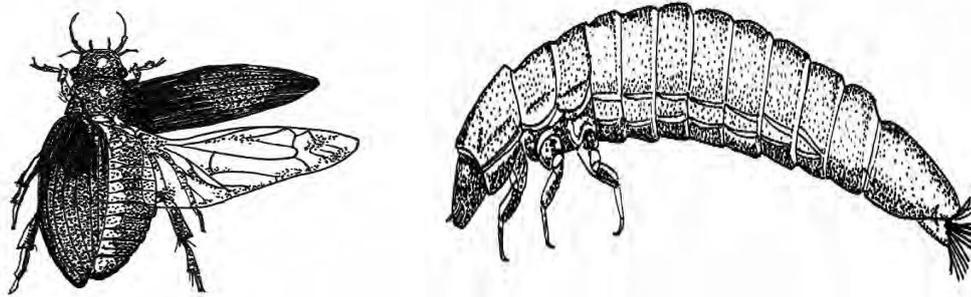


Figure 45: les Coléoptères (Adulte et larve) (Moisan et al, 2008)

2.6.3. Ecologie: Les Coléoptères colonisent tous les habitats d'eaux continentales, les larves peuvent se retrouver dans les milieux interstitiels à plusieurs centimètres des sédiments; Les larves sont marcheuses, les adultes de nombreux genres sont marcheurs, mais certains genres sont nageurs en pleine eau ((Dytiscidae et Hydrophilidae) ou en surface (Girinidae). La dispersion est assurée par le vol des adultes qui peuvent temporairement quitter le milieu aquatique.

2.7. Les Odonates : Ce sont des insectes remarquables que l'on rencontre près des milieux humides. La larve, exclusivement aquatique, va mettre plusieurs mois voire plusieurs années pour devenir un adulte volant qui ne vivra que quelques semaines. Larves comme adultes sont exclusivement prédateurs.

Cet Ordre d'insectes compte environ 6 000 espèces au monde, ce qui représente un groupe très modeste au regard des 300 000 Coléoptères actuellement connus. En Europe, les Odonates sont représentés par deux sous-ordres : les Zygoptères et les Anisoptères

2.7.1. Classification : l'ordre des odonates comprends trois sous-ordres chaque ordre contient cinq famille sauf les Anisozygoptères qui sont représentées par deux espèces Asiatiques

Tableau 7: Les différents sous-ordres et familles d'Odonates
(Aguilar et Dommanget, 1985)

Sous-Ordre	Anisoptère	Zygoptère	Anisozygoptère
Familles	Aeshnidae Gomphidae Cordulegastridae Cordulidae Libellulidae	Calopterigidae Lestidae Platycnemididae Epallagidae Coenagrionidae	Epiophlebidae

2.7.2. Morphologie :

Les larves : Elles sont caractérisées par la présence d'un labium transformé en organe préhenseur (le masque)

La tête : Peu mobile, porte des antennes multiarticulées dont le nombre des articles ne dépasse pas sept. Les yeux sont composés sont bien développés. Le labre est transversal, les mandibules présentent un lobe incisif avec des dents. Le labium comprend un mentum et un prémentumce dernier porte des palpes labiaux portant eux-mêmes du côté interne des dents

Le thorax : se divise en deux parties le prothorax et le méso-métathorax. Les pattes sont longues et servent à la locomotion. Les fourreaux alaires sont parallèles. Les tarsi sont de trois articles et se terminent par deux griffes.

L'abdomen : Formé de dix segments porte des épines sur l'axe médio-dorsal et sur les bords latéraux-postérieurs des derniers segments abdominaux. L'extrémité de l'abdomen permet de différencier les deux sous-ordres: Chez les zygoptères l'abdomen se prolonge par des lamelles caudales foliacées; Chez les Anisoptères, l'extrémité est une pyramide anale ou appendices anaux (Tachet et al, 2010 in Satha, 2014).

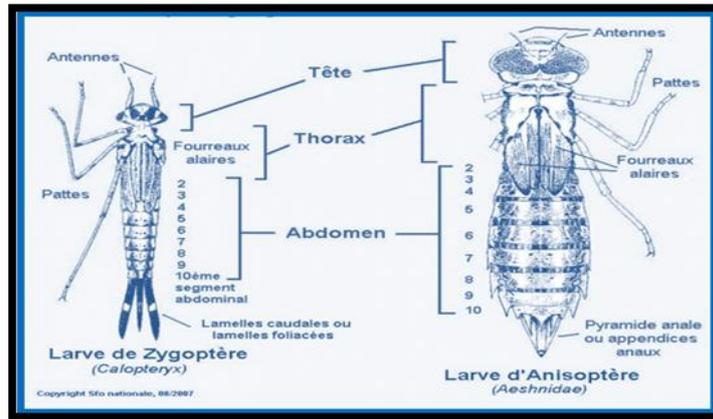


Figure 46 : Morphologie générale des larves d'Odonates[7]

Les adultes

La tête : Peu mobile, porte des antennes multiarticulées dont le nombre des articles ne dépasse pas sept. Les yeux sont composés sont bien développés. Le labre est transversal, les mandibules présentent un lobe incisif avec des dents. Le labium comprend un mentum et un prémentum ce dernier porte des palpes labiaux portant eux-mêmes du côté interne des dents (Tachet et al, 2010 in Satha, 2014)

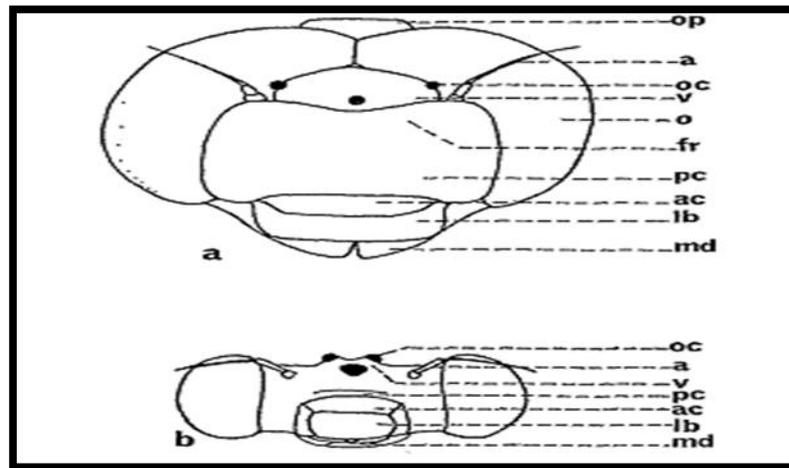


Figure 47 : Vue frontale de la face des Odonates adultes.

a : Anisoptère ; b : Zygoptère. a : antenne, ac : anteclypeus, fr : front, lb : labre, md : mandibule, O : œil, oc : ocelle, oc : occiput, pc : postclypeus, v : vertex.

Les yeux : sont séparés chez les Zygoptères et chez une famille d'Anisoptères : les Gomphidae ; ils sont contigus sur une distance variable chez tous les autres Anisoptères d'Afrique. Tous les Odonates portent trois ocelles disposés en triangle sur le vertex (Fig.47). Celui-ci est en position horizontale sur la partie supérieure de

la tête chez les Zygoptères ; il est projeté vers l'avant chez les Anisoptères, par suite de l'extension des yeux(in Jourde, 2010)

Le thorax :Le thorax se subdivise en deux parties inégales : à l'avant, un prothorax étroit et postérieurement un volumineux synthorax résultant de la fusion du méso et du métathorax. Ses éléments sont inclinés vers l'arrière en partant de la base, tels que les ailes se trouvent rejetées en arrière par rapport aux pattes (in Jourde, 2010) .

Les pattes : La structure des pattes d'odonates répond au schéma classique des pattes d'Insectes. Elles sont courtes, garnies d'épines et toutes dirigées vers l'avant. Aucune ne présente de dispositif répondant à une fonction spécialisée

Les ailes : Les deux paires d'ailes sont toujours fonctionnelles ; elles sont de longueur égale mais peuvent être de formes différentes. Une bonne connaissance de l'organisation de la nervation alaire est indispensable pour la détermination des adultes jusqu'au niveau du genre dans un grand nombre de cas.

Plusieurs systèmes de codification sont encore utilisés pour décrire cette nervation. Nous avons adopté ici, à quelques différences de symboles près, la nomenclature préconisée par Tylliard et Fraser et adoptée par les spécialistes de l'odonatofaune . Les nervures sont de deux types : les nervures principales à orientation longitudinale ou oblique, ramifiées ou non, et les nervures secondaires ou transverses qui constituent un réseau rigide de type cellulaire entre les nervures principales (Fig. 48)

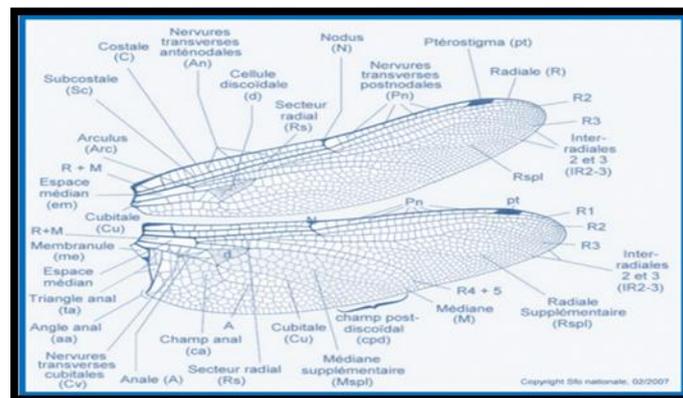


Figure 48 : Nervation alaire des Odonates [8]

2.7.3. Biologie et écologie: Les larves sont prédatrices et se nourrissent de proies vivantes qu'elles chassent à l'affut. A la fin de la vie larvaire, les larves gagnent un support et subissent la mue imaginale. L'adulte est également prédateur. La reproduction est originale: Le mâle doit d'abord effectuer un transfert du sperme (il recourbe son abdomen en ramenant l'orifice génital (neuvième segment) au contact de l'appareil copulateur (deuxième segment) ensuite la femelle recourbe son abdomen pour joindre son orifice génital à l'organe copulateur du mâle) il y a alors formation du cœur copulateur. La ponte peut-être endophyte (dans les tissus des plantes), épiphyte (à la surface de la végétation) ou exophyte (dans l'eau); le nombre d'œufs varie de quelques centaines à des milliers, ils peuvent se développer directement ou passer par une diapause. Il y a de 7 à 15 stades larvaires et le développement varie de un à cinq ans. La respiration chez les Zygoptères se fait grâce aux lamelles caudales qui assurent une absorption efficace de l'oxygène que le reste du corps (Pennack, Mac Call, 1944 in Corbet 1955). Chez les Anisoptères, la respiration se fait grâce à des branchies situées sur la surface interne du rectum. L'eau est renouvelée continuellement par des mouvements de pompage assurés par des muscles segmentaux dorso-ventraux (4,5) et des bandes de muscles transverses (Corbet 1954) Ils sont présents dans les milieux lenticules, certaines familles comme les Calopterygidae, les Gomphidae, les Cordulegastridae ont une affinité envers les milieux lotiques

2.8. Les Hémiptères : Les hémiptères (Hemiptera) forment un ordre d'insectes qui sont caractérisés par leurs deux paires d'ailes dont l'une, en partie cornée, est transformée en hémélytre.

2.8.1: Classification : Ils se divisent en deux sous-ordres: Les Hétéroptères et les Homoptères

Tableau 8 : Infra-ordres et familles des Hémiptères (Tachet et al, 2010)

Infra-Ordre	
Nepomorpha	Gerromorpha
Familles	
Pleidae	Hydrometridae
Naucoridae	Mesoveliidae
Aphilecheiridae	Veliidae
Nepidae	Gerridae
Corixidae	

2.8.2. Morphologie :

La tête : Les yeux sont composés chez la larve et l'adulte, les antennes ont de un à cinq articles, le rostre est dirigé antérieurement, un labium dont les palpes labiaux et maxillaires ont disparu. Labre, maxilles et mandibules sont transformés en stylets qui délimitent un canal salivaire ou un canal d'aspiration

Le thorax : Au niveau du mésothorax, il existe une pièce triangulaire : Le scutellum (écusson), les pattes sont de formes variées, le tarse a 1 à 3 articles chez l'adulte et 1 seul chez la larve il y a 1 ou 2 griffes. Les ailes antérieures sont rabattues à plat sur l'abdomen et présentent une partie proximale sclérifiée et une partie membraneuse, les ailes postérieures sont membraneuses (In Meziane, 2009)

L'abdomen : L'orifice génital femelle s'ouvre sur le 8^{ème} segment et celui des mâles sur le 9^{ème}.

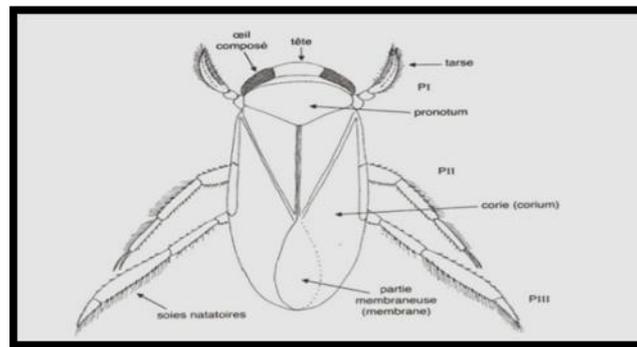


Figure 49 : Corps d'un adulte mâle d'hétéroptère (Tachet et al,2010)

2.9. Les Gastéropodes : Les Gastéropodes sont des Mollusques qui possédaient primitivement une symétrie bilatérale qui se trouve profondément altérée dans les espèces actuelles.

2.9.1. Morphologie et anatomie :

La coquille est constituée d'une seule pièce qui sert de protection au corps de l'animal. Ce dernier, mou et segmenté, présente trois grandes régions :

La tête : qui porte une paire de tentacules contractiles a la base desquels se trouvent les yeux chez les mollusques aquatiques. La bouche comprend généralement une mâchoire chitineuse sur la face dorsale et une radula (sorte de langue râpeuse) sur la face ventrale.

Le pied : Est un organe musculueux souvent bien développé qui sert à la locomotion.

La masse viscérale : enveloppée dans une membrane, le manteau, qui sécrète la coquille. Cette masse viscérale comprend les principaux organes. Chez les Gastéropodes, on note l'existence d'une cavité palléale formée par un repli du manteau, dans laquelle débouche l'anus et l'orifice urinaire. Cette cavité palléale abrite une branchie chez les Prosobranches. Les Pulmonés n'ont pas de branchies mais possèdent une cavité pulmonaire à plafond très vascularisé (in Meziane, 2009).

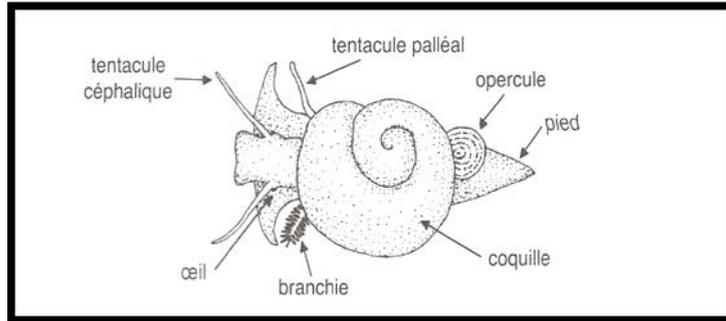
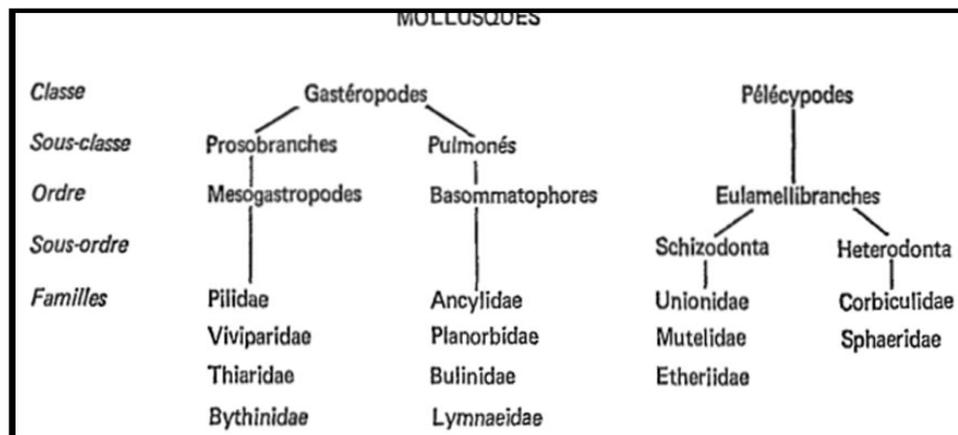


Figure 50 : Gastéropode Prosobranchie vue dorsale
(Tachet et al, 2010)

2.9.2. La classification : Les mollusques aquatiques peuvent être classés comme l'indique la planche suivante



- **Les Planorbidae :** Les espèces de ce groupe sont caractérisées par des coquilles discoïdes, senestres et parfois globuleuses. Les tentacules sont longs, filiformes et cylindriques. La structure du système pénien est très variable. Ils possèdent une pseudo-branchie bien vascularisée sur le côté gauche. (BROWN, 1994 in Djuikwo & Teukeng, 2011)

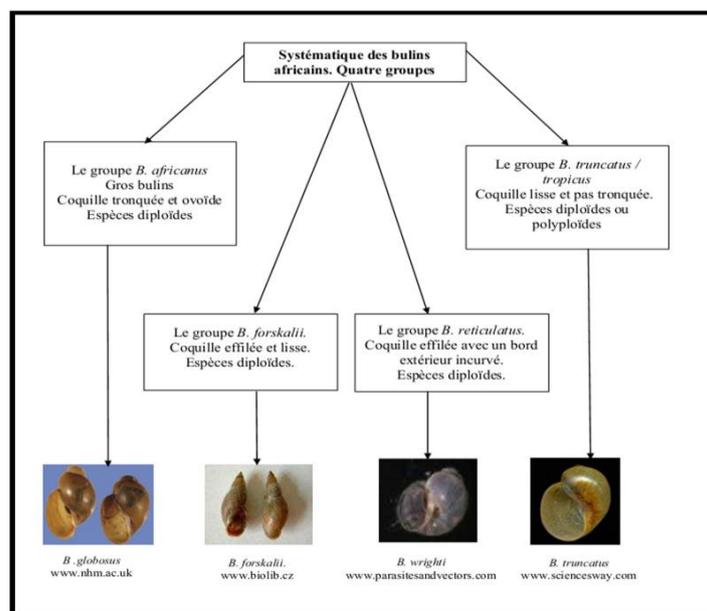


Figure 51 : La systématique des bulins Africains

2.10. Les crustacés

2.10.1. Classification

Tableau 9 : Sous-Classes, Ordres, Sous-ordres et Familles des Crustacés (Tachet et al, 2012)

Sous-Classes	BRANCHIOURES	BRANCHIOPODES	MALACOSTRACES			
Ordre		Anostracés Conchostracés	Amphipodes	Isopodes	Décapodes	
Sous-Ordre					Macroures	Brachyours
Familles			Gammaridae Niphargidae Crangonyctidae Corophiidae Talitridae	Asellidae	Atyidae Astacidae Cambaridae	Grapsidae Potamonidae

2.10.2. Morphologie : Les Amphipodes se caractérisent par un aplatissement latéral, les antennes sont presque de même taille excepté chez les Corophiidae où les antennes

présentent un fort développement. Chez les premières familles (voir planche ci-dessous) les péréipodes 4 et 5 sont dirigés vers l'avant et les péréipodes 6,7et 8 sont dirigés vers l'arrière.

2.10.3. Biologie et écologie : Le nombre d'œufs par femelle varie de 2 à 35, il ya 8 portées par femelle et par an. Les amphipodes muent pendant toute leur vie. Les espèces sont détritivores et sont des proies aux poissons, oiseaux et aux sangsues. Les Gammaridae occupent tous les types d'habitats lotiques, lénitiques, des eaux douces aux eaux saumâtres.

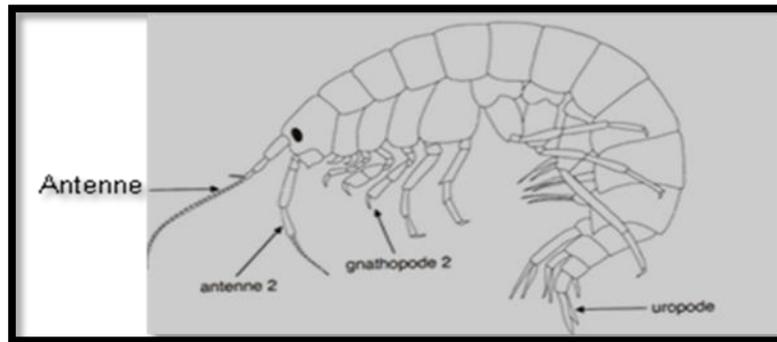


Figure 52 : Amphipode, Gammaridae vue latérale (Tachet et al, 2010)

- **Les Décapodes :** La carapace céphalo-thoracique recouvre complètement bases des péréipodes et les branchies à leur base. Le péréion compte 8 segments, le pléon 6. La dernière paire de pléopodes constitue avec le telson, chez les Macroures une palette natatoire. Les 3 premiers péréipodes sont annexés à la bouche, le 4ème est transformé en pince. Les yeux sont pédonculés. Il existe deux types de décapodes : Les Macroures (crevette, écrevisses) et les Brachyours (crabes). La reproduction est sexuée, les œufs sont recueillis par la femelle sur ses pléopodes où ils sont fixés jusqu'à l'éclosion. Les écrevisses et les crabes sont omnivores et s'attaquent même aux pontes de poissons. Les Décapodes sont la proie de nombreux poissons et oiseaux aquatiques.

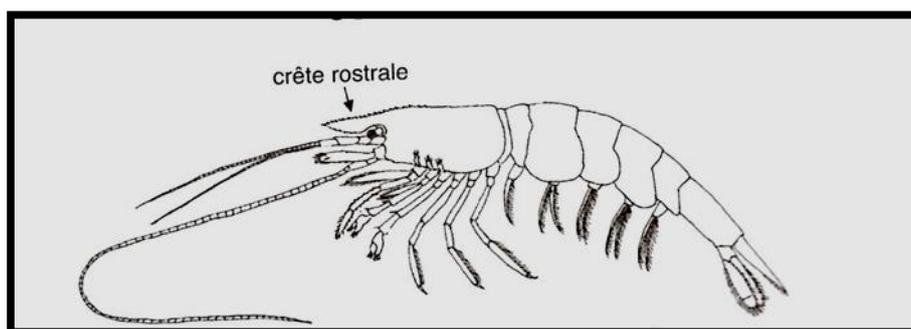


Figure 53 : Décapode, Macrobrachia, Atyidae (vue latérale) (Tachet et al, 2010)

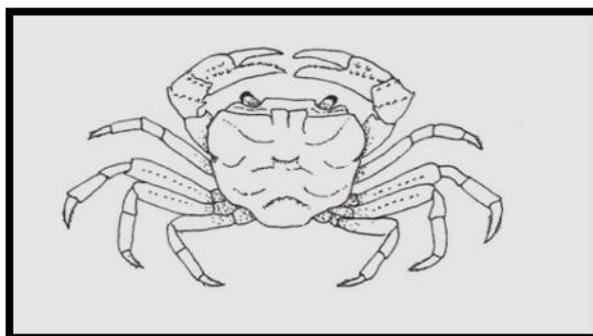


Figure 54 : Décapode, Brachyura, Potamonidae (vue dorsale) (Tachet et al, 2010)



Troisième chapitre

*Matériel et
méthodes*

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel d'étude

3.1.1 Sur le terrain

- Une épaisseur pour la collecte des taxons faunistiques, avec un diamètre de maille de 500 du micromètre de diamètre.
- Du formol (5%) pour la conservation des échantillons.
- Un appareil photo numérique.
- Un multiparamètre.
- Un récepteur de type (GPS). Global Positioning system
- Des bouteilles en plastique étiquetées.
- Des fiches techniques.
- Un carnet de terrain.
- Un chronomètre.
- Un décamètre.
- Un manche gradué.
- Des bottes.
- Des bouchons en liège.

3.1.2. Au laboratoire :

- Une loupe binoculaire.
- Un pH mètre.
- Un turbidimètre.
- Boîtes de pétri.
- Flacons en verre.
- Formol à 5% pour la conservation du matériel biologique.
- Ethanol 90% pour la conservation du Mollusques.
- Guides d'identification des macro-invertébrés.
- Etiquettes (Confirmation des échantillons après identification).
- Des pinceaux.
- Des pinces.
- Des gants.
- Un masque de protection.



Photo 10: Multiparamètre



Photo 11: Récepteur GPS



Photo12 : Bottes



Photo13 : Epuisette



Photo14 : Appareil numérique



Photo 15 : Bouchon en liège



Photo16 : Tamis



Photo17 : seau

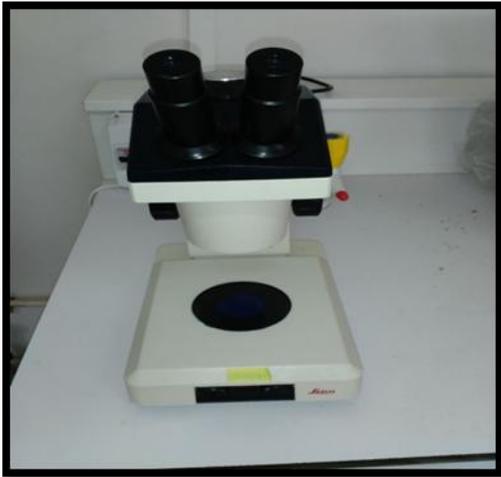


Photo18 : Une loupe binoculaire



Photo 19 : PH mètre



Photo 20 : Turbidimètre

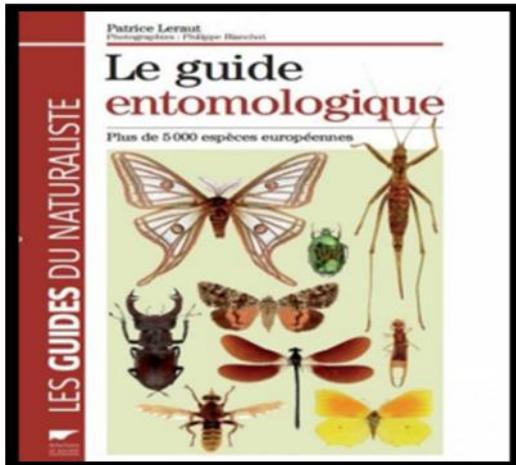


Photo 21 : Guide entomologique



Photo 22 : Des boîtes de pétri



Photo 23 : Deux pinceaux et une pince

3.2 Méthodologie de travail

3.2.1 Choix des sites

Notre travail s'est étalé de Décembre 2015 à Avril 2016. Nous avons réalisé six sorties durant lesquelles nous avons essayé autant que possible de respecter le rythme d'échantillonnage

Quatre stations ont été choisies sur les principaux affluents de la Seybouse sur la base de plusieurs paramètres :

- Accessibilité du site (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense) permettant une visite régulière.
- Paramètres morphodynamiques (débit et vitesse du courant).

3.2.2 Plan d'échantillonnage

Avant la sortie, nous avons vérifié le matériel et préparé les fiches techniques. Arrivés sur le terrain, nous notons sur les fiches techniques la date de la sortie, l'heure, les coordonnées GPS et les conditions météorologiques, ainsi que les différentes observations concernant l'état de la station (couleur de l'eau, transparence, pompage, effluents d'origine domestique ou industrielle, etc.) (Cf. fiche technique en annexes)

Nous avons mesuré les facteurs abiotiques tels que :

- ✓ La température de l'eau
- ✓ L'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage %
- ✓ La conductivité
- ✓ La salinité
- ✓ La vitesse de l'eau

- ✓ La profondeur du lit
- ✓ La largeur du lit

NB / le PH et la turbidité ont été mesurés au laboratoire, pour cela un échantillon d'eau de chaque station a été prélevé à chaque sortie quant aux paramètres de pollution, ils ont été mesurés au laboratoire de l'ADE de Hammam Debagh.

➤ **Paramètres physiques**

- **La profondeur et la largeur :** Ces deux paramètres fournissent une idée de la taille du cours d'eau dans une station donnée.
- **La profondeur** de l'eau influence le réchauffement des eaux et donc l'installation et la prolifération de la faune et de la flore thermophile. La profondeur de l'eau agit sur la teneur en oxygène. La surface peu profonde permet à l'air de diffuser largement et de bien se mélanger, par contre dans les lacs, la profondeur est telle qu'elle conduit à la stratification thermique. Elle est estimée grâce à un manche gradué.
- **La largeur** du lit dépend des précipitations et de la température, elle varie d'un cours d'eau à l'autre, et du même cours d'eau pendant l'année. (Touati, 2008 In Meziane 2009). Elle est estimée grâce à un décimètre.
- **La vitesse du courant :** Dans les milieux lotiques, la vitesse du courant est un facteur écologique important car elle conditionne le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes.

NB/ Les mesures sont effectuées au moyen d'un flotteur lâché à la surface du cours d'eau sur une distance de 10 m, le temps est mesuré par un chronomètre

**Tableau 10 : Normes de vitesse de l'eau selon l'échelle de Berge
(Haouchine ; 2011)**

Vitesse très lente	Inferieur à 0,1 m/s
Vitesse lente	0,1 à 0,25 m/s
Vitesse moyenne	0,25 à 0,50 m/s
Vitesse rapide	0,50 à 1 m/s
Vitesse très forte	Supérieur à 1 m/s

➤ **Paramètres abiotiques**

• **La température de l'eau (°C):**

La température est le facteur abiotique le plus important qui affecte la dynamique des populations. Elle favorise la fermentation qui agit comme pollution additionnelle et qui diminue la teneur en oxygène dissous. Des températures élevées de l'eau peuvent détruire la faune et la flore présente dans l'eau et favoriser le développement d'espèces peu utiles telles les algues (Chaib, 2002 In Meziane, 2009). La mesure de la température a été effectuée sur site à l'aide d'un multiparamètre.

• **La conductivité (µS/cm) :**

La conductivité, qui est l'inverse de la résistivité est liée à la teneur en sels minéraux (électrolytes) dissous dans l'eau sous forme d'ions (CHAKRI, 2007 TOUATI, 2008). Elle dépend de la nature de ces ions dissous et de leurs concentrations. Elle a été mesurée à l'aide d'un conductimètre.

• **L'oxygène dissous (mg/l, %) :**

La présence d'oxygène dans les eaux superficielles est importante pour la vie aquatique. La diminution de la teneur en oxygène génère un milieu favorable à la fermentation et aux dégagements d'odeurs nauséabondes (Chaib, 2002). L'oxygène dissous est indispensable à tous les organismes aquatiques, il provient : des échanges de l'interface (air- eau), de l'aération (mouvement de l'eau), des rejets industriels, et de la photosynthèse des plantes aquatiques et des algues (Satha, 2008). La solubilité de l'oxygène dans l'eau diminue lorsque la température augmente. Pour évaluer la teneur en oxygène nous avons utilisé un multiparamètre.

Tableau 11 : Classe proposées pour les pourcentages de saturation en oxygène (Nisbet et verneaux, 1970)

% de saturation en Oxygène	Classe	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

- **Le PH**

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 des 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 (Khattar, 2009). La mesure du pH a été effectuée au laboratoire, à l'aide d'un pH-mètre.

- **La turbidité NTU :**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). Une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. La mesure est donnée grâce à un turbidimètre et est effectuée au laboratoire.

Tableau 12 : Classes de turbidité (In Satha, 2008)

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

3. 3. Mesure de l'intégrité du cours d'eau

3.3.1. Approche physico- chimique et choix des paramètres de pollution

➤ **Les nitrates (NO₃⁻) :**

Les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote, c'est une forme très soluble. Son existence dans les eaux est liée à l'utilisation intensive des engrais chimiques des eaux usées domestiques et parfois des eaux usées industrielles. Ils constituent l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Lorsqu'ils sont présents

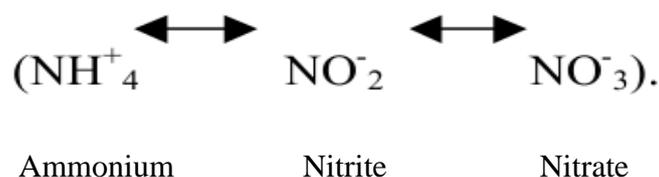
en quantité importante, ils provoquent le phénomène d'eutrophisation qui constitue un danger pour la faune et la flore.

La méthode adoptée est celle au salicylate de sodium (voir en annexes)

- **Mode opératoire** : Prendre 10ml de l'échantillon à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de NAOH à 30%, ajouter 1ml de salicylate de sodium et évaporer au bain marie. Reprendre le résidu avec 2ml de H₂SO₄ et laisser reposer 10mn. Ajouter 15ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- **Résultats**: Les nitrates en présence de salicylate de sodium, donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune. La quantité de nitrates contenue dans l'échantillon est directement exprimée en mg/l à une longueur d'onde de 415nm.



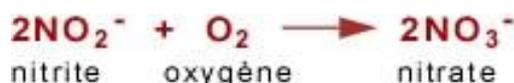
- **Les nitrites (NO₂⁻) ou azote nitreux** : Ils sont extrêmement toxiques pour les animaux car ils bloquent la fixation et le transport d'oxygène par l'hémoglobine du sang. Les nitrites proviennent soit de l'oxydation bactérienne de l'ammonium (nitritation), soit de la réduction des nitrates (nitratation) ; ces deux opérations forment la nitrification



- La nitritation :



- La nitratisation

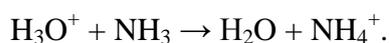


La méthode adoptée est celle au sulfanilamide (voir en annexes 4)

- **Mode opératoire** : Prendre 50ml d'eau à analyser, ajouter 1ml du réactif mixte et attendre 10mn. L'apparition de la coloration pourpre (rouge violacé) indique la présence de nitrites
- **Résultats** : La diazotation de l' amino-4-benzènesulfonamide par les nitrites en milie acide et sa copulation avec le dichlorure de N-(naphtyl-1) diamino-1,2éthane donne un complexe coloré pourpre susceptible d'un dosage spectrométrique à une longueur d'onde de 543nm.



- **L'ammonium (NH₄⁺)** : Lorsque l'ammoniac est dissous dans l'eau, une quantité importante de celui-ci réagit avec l'ion hydronium de l'eau pour donner des ions ammonium :



H₃O⁺ : L'ion hydronium

NH₃ : Ammoniac

- **Mode opératoire** : Prendre 40ml d'échantillon dans une fiole de 50ml, ajouter 4ml du (Réactif I) puis ajouter 4ml de la solution du (réactif II) .Attendre 1h30' à l'obscurité.
- **Résultats** : L'apparition de la couleur verte indique la présence d'ammonium dont la valeur est donnée par un spectrophotomètre sous 655nm.

NB/ Dans l'écosystème, l'ammonium constitue une importante source d'azote assimilable, via les plantes.



- **Les ortho phosphates (PO_4^{3-})** : Ils sont utilisables pour la croissance des végétaux, parmi les phosphates présents dans l'eau, on distingue couramment : les orthophosphates (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), qui sont des sels minéraux de l'acide phosphorique (H_3PO_4).

- Le phosphore est naturellement présent dans les eaux douces soit par le lessivage d'éléments minéraux issus de roches (ignées ou sédimentaires) par les processus naturels d'érosion soit par la décomposition de la matière organique. - les eaux de surfaces contiennent très peu de phosphates, la teneur naturelle (fond biogéochimique) en PO_4^{3-} des cours d'eaux est inférieure à 0,025 mg.L⁻¹. (Meybeck, 1989 in Satha, 2014).

- **Mode opératoire** : Prendre 40ml d'eau à analyser, ajouter 1ml d'acide ascorbique puis ajouter 2ml du réactif de mélange attendre 10mn

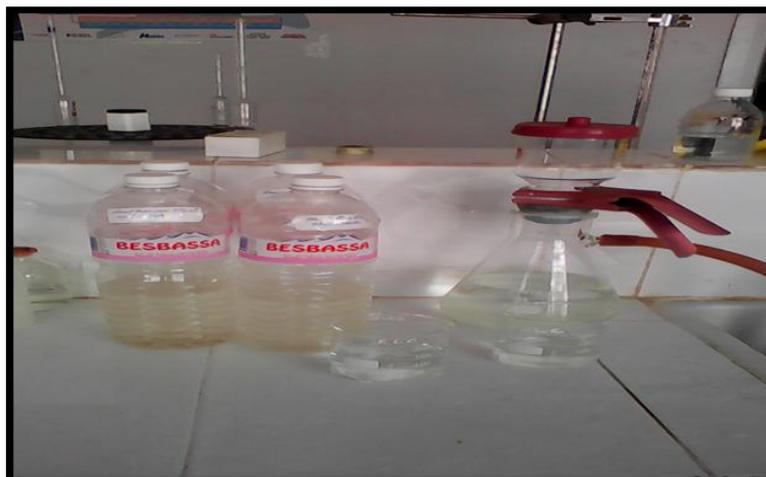
- **Résultats :** L'acide ascorbique réduit le complexe coloré en bleu formé de molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Les résultats sont lus sous 880nm.



Les matières en suspension : Ce paramètre a été déjà mesuré lors de la turbidité, il s'agit d'utiliser une autre technique par filtration, par l'usage d'une pompe à vide en utilisant un filtre en fibre de verre (Voir annexes 4).

NB : Nos résultats n'ont pas été pris en compte n'étant pas représentatifs de toute la période d'étude

- **Résultats :** le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (Rodier, 9ème édition).



3.3.2. Approche biologique à partir de l'indice biologique global normalisé

Cette méthode fournit une estimation qualitative du milieu dans son ensemble en utilisant la faune macroinvertébrée en tant que compartiment intégrateur du milieu. Elle intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau. Rappelons que l'indice IBGN n'est en aucun cas un indice de pollution (GENIN, 2003 in Satha, 2014)

3.3.2.1. Méthode d'échantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage consiste en la collecte de la diversité la plus représentative de macro invertébrée au niveau de chaque site visité pour obtenir un inventaire le plus précis possible des espèces présentes.

➤ Sur le terrain :

A l'aide d'une épuisette, on effectue plusieurs prélèvements au milieu et en bordure des berges, dans les parties à forte végétation aquatique ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses. Une fois l'eau écoulée à travers la toile, le contenu de l'épuisette est versé dans un seau plein d'eau. Le contenu en macroinvertébrés est passé dans un tamis et toute la faune est récupérée dans des flacons en plastique sur lesquels noms du site et date du prélèvement sont inscrits. Les plantes sont ajoutées au contenu des flacons et les échantillons ainsi obtenus sont conservés dans du formaldéhyde à 5%.

Remarque : Pour l'échantillonnage, nous avons essayé au maximum d'impartir la même durée de temps dans chaque station (généralement 30 minutes)

➤ Au laboratoire :

Tous les organismes sont triés sous une loupe binoculaire Grossissement (x45) selon les différents groupes taxonomiques en utilisant les clés d'identification (**Tachet et al, 2010**). Après le tri, les organismes sont conservés dans des flacons en verre remplis avec du formol. L'identification des taxons faunistiques est confirmée par Mme Satha



Mesure des différents paramètres



Echantillonnage des macroinvertébrés



Tri des macroinvertébrés



Identification des macroinvertébrés

3.3.2. 2. Calcul de l'indice biologique global normalisé: Une fois que le tri est effectué et une liste faunistique établie, on détermine:

- La variété taxonomique (St) c'est à dire le nombre total de taxons identifiés, quelque soit le nombre d'individus trouvés par taxons.
- Le groupe indicateur (GI, ou groupe repère : GR) "le plus polluosensible" c'est à dire ayant une présence significative sur la station (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons) et possédant l'indice le plus élevé possible.
- L'IBGN est calculé à partir d'un tableau à double entrée : En abscisse (Classe de variété taxonomique) et en ordonnées (les groupes faunistiques indicateurs, classés par ordre décroissant (Indice de 9 à 1) de sensibilité aux pollutions (Archaimbault, 2004 In Djebnoui & Nouar).
- On attribue ensuite une note de qualité hydrobiologique variant de 1 à 20. Pour la représentation cartographique, chaque station est affectée d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN.

Tableau 13: Les valeurs de l'indice biologique global normalisé soninterprétation Ecologique (A.F.NOR., 2004)

IBGN	> = 17	16-13	12-9	8-5	< =4
Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise
Couleur					

Tableau 14 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (AFNOR, 1992)

		Classe de variété	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
		Σ des taxons observés	>50	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3
			45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1	
Taxons Indicateurs	GI	Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)														
<i>Chloroperlidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Perlodidae</i> <i>Iaeniopterygidae</i>	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	
<i>Capniidae</i> <i>Brachycentridae</i> <i>Odontoceridae</i> <i>Trichoptamidae</i>	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	
<i>Leuctridae</i> <i>Glossosomatidae</i> <i>Beraeidae</i> <i>Goeridae</i> <i>Leptophlebiidae</i>	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	
<i>Nemouridae</i> <i>Lepidostomatidae</i> <i>Serkostomatidae</i> <i>Ephemeridae</i>	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	
<i>Hydroptilidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Polymitarcidae</i> <i>Potamanthidae</i>	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	
<i>Leptoceridae</i> <i>Polycentropodidae</i> <i>Psychomyiidae</i> <i>Rhyacophilidae</i>	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	
<i>Limnephilidae</i> * <i>Hydropsychidae</i> <i>Ephemereilidae</i> * <i>Aphelocheiridae</i>	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	
<i>Baetidae</i> * <i>Caenidae</i> * <i>Elmidae</i> * <i>Gammaridae</i> * <i>Mollusques</i>	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	
<i>Chironomidae</i> * <i>Asellidae</i> * <i>Achétes</i> <i>Oligochètes</i> *	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	

* Taxons représentés par au moins 10 individus - Les autres par au moins 3 individus

3.4. Analyse des données :

3.4.1. La structure d'un peuplement :

L'étude de la diversité peut-être réalisée selon plusieurs approches fondées sur l'usage d'indices de diversité

- ❖ **Indice de Shannon** : cet indice a l'avantage d'intervenir l'abondance des espèces. Il se calcule par la formule suivante :

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i$$

Avec : $p_i = n_i / N$ où n_i : effectif de l'espèce i N : effectif total du peuplement

Cet indice s'exprime en bit (unité d'information) et mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité élevé correspond à un peuplement à grand nombre d'espèce pour un petit nombre d'individus.

- ❖ **Equitabilité** :

Les valeurs de l'indice de diversité connaissent des déséquilibres qui peuvent être appréciés par l'indice d'équitabilité ou (régularité). comme étant le rapport :

$$E = H/H_{\max}$$

H_{max} : étant la diversité maximale **H_{max} = log₂ .S**

S : richesse spécifique.

H : indice de diversité.

- ❖ **L'indice de Jaccard / Tanimoto** : Permet de mesurer le degré de similarité en espèces de deux sites

$$I = N_c / (N_1 + N_2 - N_c)$$

Avec N_c : nombre de taxons commun aux stations 1 et 2

N_1 et N_2 : nombre de taxons unique respectivement pour stations 1 et 2. Il varie de 0 à 1.

- ❖ **L'indice de similarité de SÖRENSEN**

$$S = (2c / (a + b)) \times 100$$

a = nombre d'espèces présentes dans la première station,

b = nombre d'espèces présentes dans la seconde station

c = nombre d'espèces communes aux deux stations).

3.4.2. L'organisation d'un peuplement : Il s'agit d'une mesure quantitative des divers peuplements d'une biocénose, elle peut -être mesurée par :

L'abondance : Le nombre d'individus échantillonnés

La fréquence : Le nombre de relevés contenant l'espèce $C = (p/p_i) * 100$

P : Nombre de relevés contenant l'espèce

Pi : Nombre total de relevés effectués

La richesse spécifique : Le nombre d'espèces échantillonnées sur le site

La phénologie : Présence de l'espèce durant la période d'étude.



Quatrième chapitre

*Résultats et
discussion*

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau

4.1.1. Variations mensuelles de la température de l'eau : On remarque qu'il ya un léger écart des températures des eaux des différentes stations : Les valeurs les plus basses sont notées durant la deuxième quinzaine de janvier (9,9- 10,7) respectivement à Oued Ghanem 1 et El Malleh. Avec le début du printemps, nous assistons à une hausse des températures où les valeurs maximales atteignent (15,8°C et 16,2°C) à Oued Ghanem 2 et oued Hammam N'Bail.

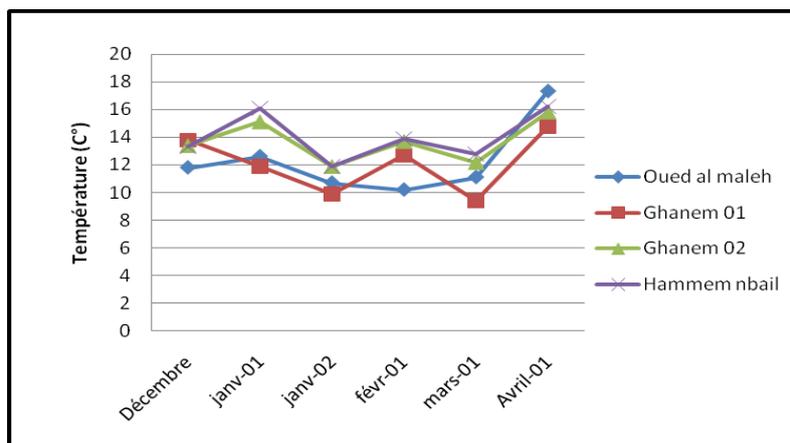


Figure 55 : Les variations mensuelles de la température dans les affluents de Oued El Malleh

4.1.2. Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous : Au mois de décembre, les valeurs de l'oxygène dissous sont très élevées et atteignent un pic de 10mg/l à Oued El Malleh. Les valeurs sont plus stables en janvier 2 et février (6,66 mg/l- 7,29mg/l) et finissent par connaître une nouvelle hausse avec le début du printemps. Si ces valeurs ne sont pas dues à une défaillance technique, nous pouvons qualifier les eaux de nos stations d'excellente à bonne qualité.

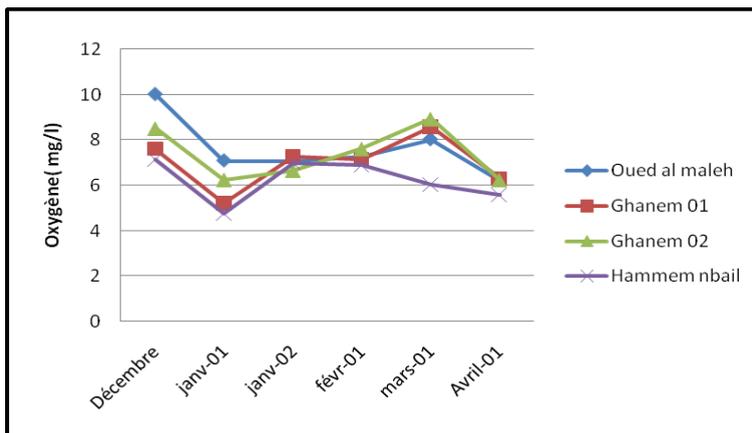


Figure 56 : Les variations mensuelles de l'oxygène (mg/l) de Oued El Malleh et ses affluents

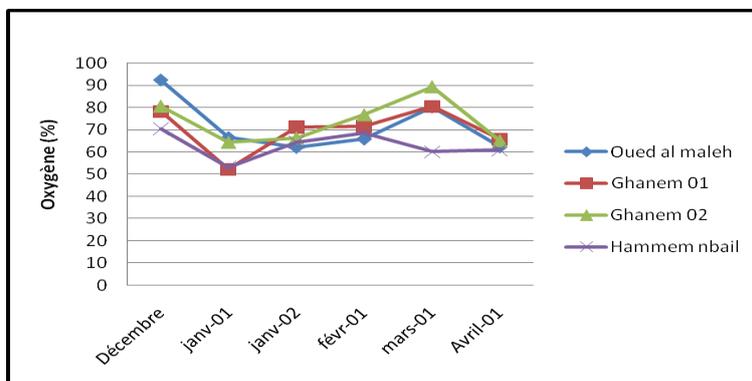


Figure 57: Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (%) de Oued El Malleh et ses affluents

4.1.3. Variations mensuelles du pH : Le pH de l'eau mesure la concentration des protons H⁺ contenus dans l'eau. Il résume la stabilité de l'équilibre établi entre les différentes formes de l'acide carbonique (Makhouk, 2011). Les valeurs observées révèlent que le pH a une tendance alcaline qui a atteint 9,29 à oued El Malleh au mois de décembre, 9,55 à Ghanem 2 en Janvier 1 et enfin un pic de 10,88 en janvier à Ghanem 1. Ces valeurs sont dues à la présence de carbonates qui ruissellent et s'infiltrant dans la couverture marno- calcaire en effet, ces roches sont des formations sédimentaires composées de carbonate de calcium et d'argile (Fig.58).

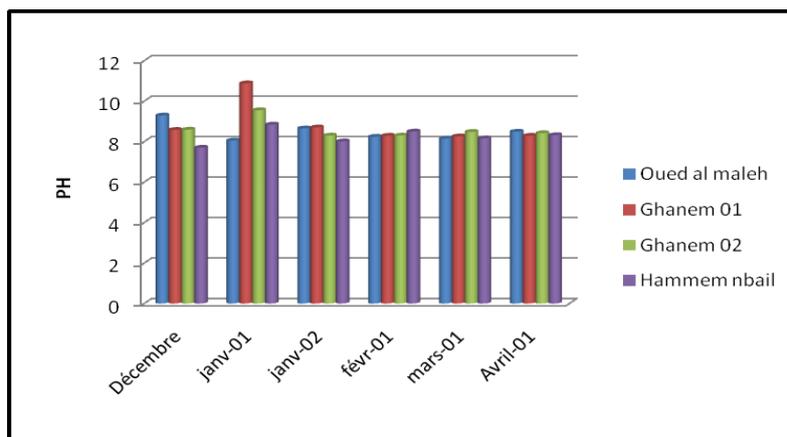


Figure 58 : Les variations mensuelles du pH dans l'oued El Malleh et ses affluents

4.1.4. Variations mensuelles de la conductivité électrique de l'eau : La mesure de la conductivité constitue une bonne appréciation du degré de minéralisation. Les valeurs relevées indiquent une forte minéralisation naturelle des eaux de l'oued El Malleh (valeur maximale atteinte 4240 μ S/cm) due au lessivage des terrains gypsifères situés dans le bassin moyen. Cependant, une minéralisation excessive d'une valeur de 6160 μ S/cm est notée à Oued Hammam N'Bail qui est d'origine anthropique puisque l'oued reçoit les rejets de Hammam N'Bail.

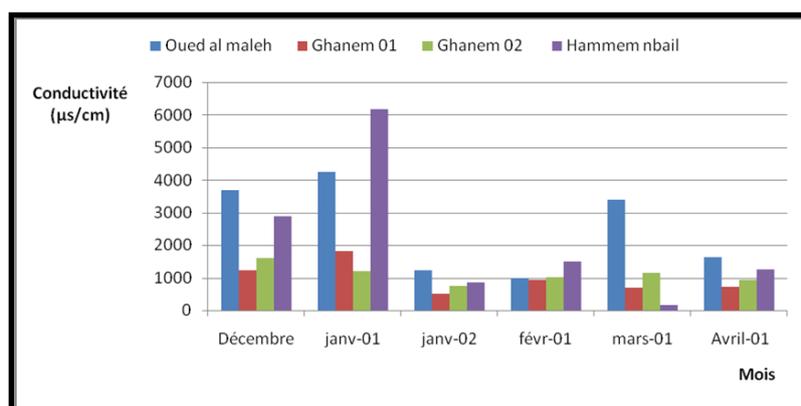


Figure 59 : Les variations mensuelles de la conductivité dans l'oued El Malleh et ses affluents

4.1.5. Variations mensuelles de la salinité de l'eau : Les valeurs de la salinité sont dans l'ensemble assez bien corrélées avec celles de la conductivité

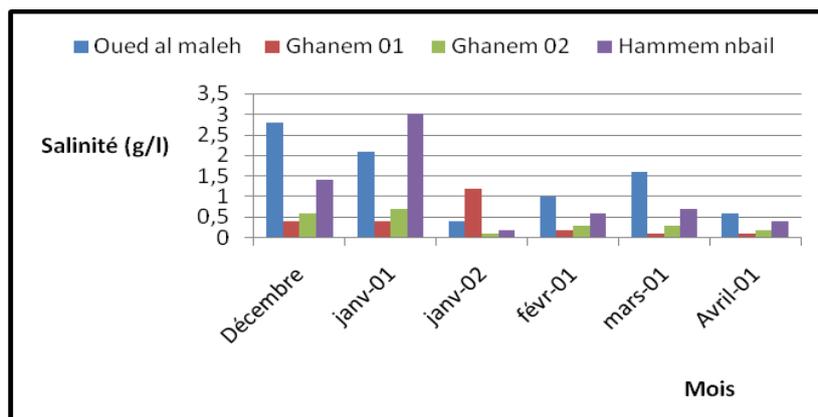


Figure 60 : Les variations mensuelles de la la salinité de Oued El Malleh et ses principaux affluents

4.1.6. Variations mensuelles de la vitesse de l'eau :

Tableau 15 : Moyennes mensuelles de la vitess de l'eau des stations d'étude

Stations \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	avr-01	Moyenne
Oued al maleh	0,5	0,83	0,67	0,28	1,11	0,83	0,70
Oued Ghanem 01	0,43	0,45	0,5	0,44	0,59	0,9	0,55
Oued Ghanem 02	0,37	0,26	0,67	0,36	0,54	0,67	0,48
Hammem nbail	0,45	0,36	0,33	0,63	0,55	0,86	0,56

La moyenne des relevés mensuels de la vitesse montre que les eaux des oueds El Malleh, Ghanem 1 et Hammam N'Bail ont une classe de vitesse rapide accepté pour oued Ghanem 2 dont la vitesse est de 0,48m/s et a par conséquent une classe de vitesse moyenne (Cf. Tab.15)

Tableau16 : Définition des classes de vitesses selon l'échelle de Berg (Khattar,2009)

Vitesse (cm/s)	Classe
< 10	Très lente
10-25	Lente
25-50	Moyenne
50-100	Rapide
> 100	Très rapide

4.1.7. Variations mensuelles de la turbidité et des matières en suspension :

La turbidité représente l'ensemble des particules minérales et organiques contenues dans les eaux. Elles sont fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie, du régime d'écoulement des eaux, de la nature des rejets, (Rodier, 1984). La figure (61) traduit un gradient décroissant d'amont en aval en particulier durant les trois dernières campagnes ; Rappelons que le facteur turbidité s'accroît avec les précipitations qui coïncident avec la période d'étude (janvier 2 à avril).

Tableau 17 : Valeurs mensuelles et moyennes de la turbidité d'Oued El Malle et ses affluents

Station mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	Avril-01	Moyenne
Oued El Malleh	6,45	3,2	79,2	33,3	13,7	44,9	30,125
Oued Ghanem 1	7,68	2,12	116	6,09	242	32,3	67,70
Oued Ghanem 2	1,4	2,36	688	8,01	64,8	47,6	135,36
Hammam NBail	0,5	3,53	136	13	492	78,7	120,62

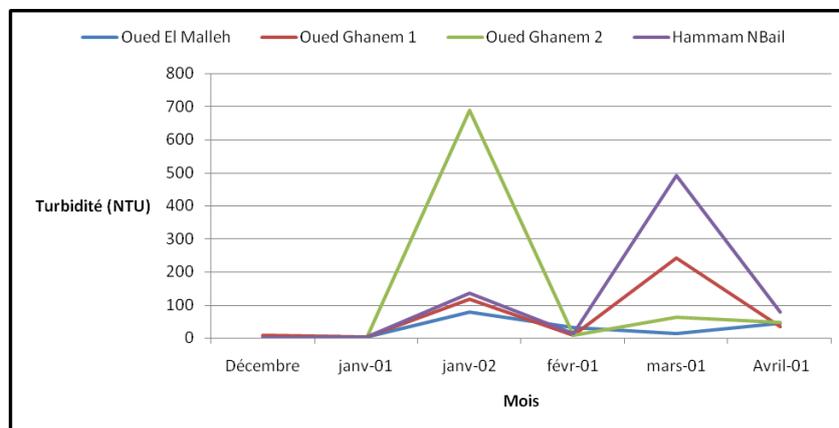


Figure 61 : Les variations de la turbidité dans oued El Malleh et ses affluents

Tableau 18 : Classe des valeurs de la turbidité

NTU < 5	Eau claire
5 < NTU < 30	Eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

4.1.8. Variations mensuelles des nitrites : Les taux de nitrites mesurés pendant 3 campagnes (jan 2, fév1 et avril), ont indiqué une classe de qualité excellente des eaux d’oued El Malleh, Ghanem 1 et Ghanem2. Cependant, à Hammam N'Bail, la valeur maximale de 0,70mg/l en avril traduit des eaux de qualité passable.

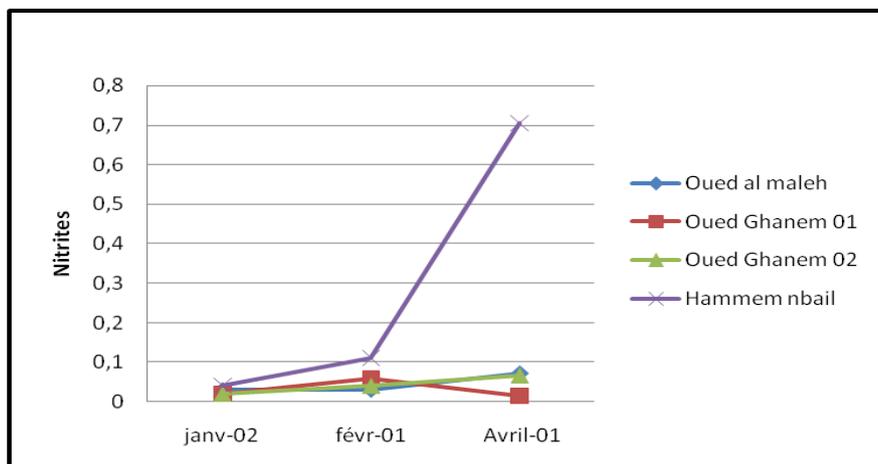


Figure 62 : Les variations mensuelles des nitrites dans les affluents de Oued El Malleh

4.1.9. Variations mensuelles des nitrates : Les taux de nitrates enregistrés au niveau des quatre stations d’étude sont inférieurs à 5mg/l. En effet, la plus faible valeur est notée en janvier 2 à oued Ghanem 1 (0,54mg/l). Quant à la plus forte valeur, elle est atteinte en février à oued El Malleh. Les eaux de nos stations d’étude sont d'excellente qualité.

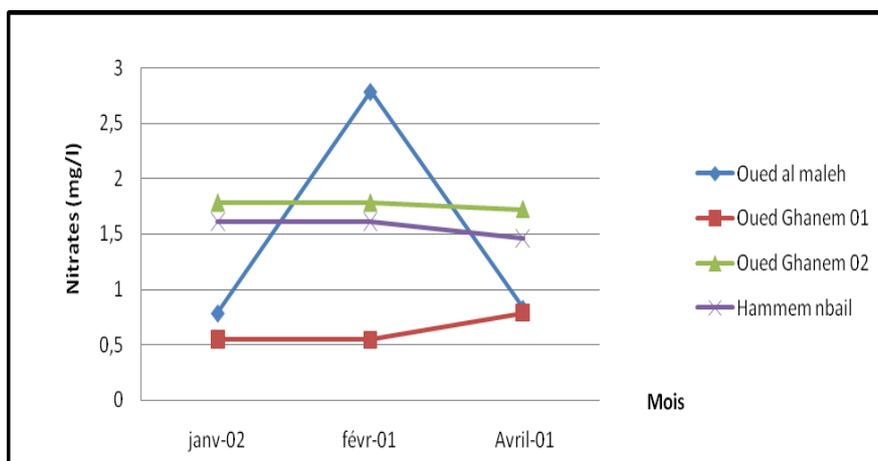


Figure 63 : Les variations mensuelles des nitrates dans oued El Malleh et ses affluents

4.1.10. Variations mensuelles de l'ammonium : D'après les valeurs enregistrées au niveau des quatre stations, les eaux des Quatre stations sont d'excellente qualité à bonne, étant donné que les valeurs notées oscillent entre (0,034mg/l à 0,42mg/l). Cependant, nous remarquons que les stations Ghanem2 et Hammam NBail enregistrent des valeurs allant respectivement de 0,77mg/l en Février à 0,96mg/l en janvier ; traduisant ainsi des eaux de qualité passable.

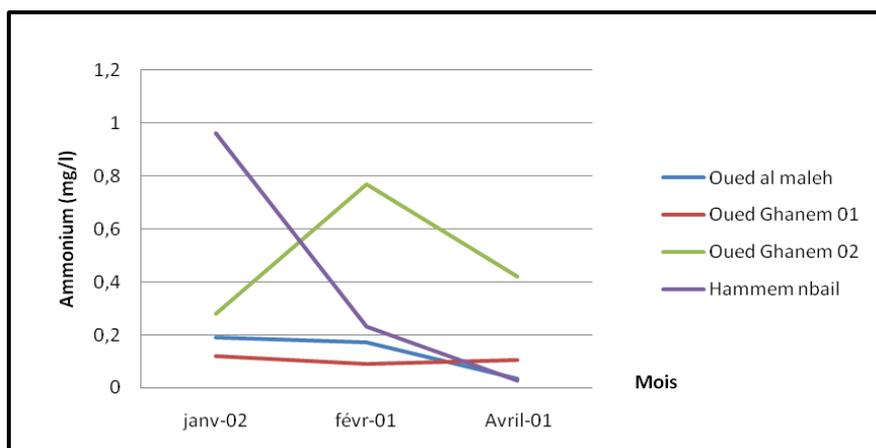


Figure 64 : Les variations mensuelles de l'ammonium dans oued El Malleh et ses affluents

4.1.11. Variations mensuelles des orthophosphates : Les valeurs les plus élevées des orthophosphates sont enregistrées en janvier 2 à oued El Malleh (0,9mg/l) et à Hammam NBail (0,59mg/l) indiquant des eaux de qualité passable. La présence de ces éléments dans l'eau, indique une pollution urbaine et/ou agricole dues aux rejets des agglomérations avoisinantes ou à l'utilisation des engrais phosphorés

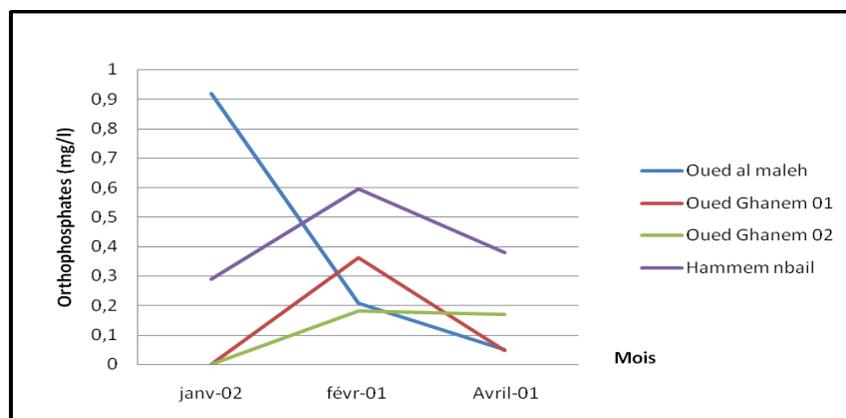


Figure 65 : Les variations mensuelles des orthophosphates dans oued El Malleh et ses affluents

4.1.12. Variations mensuelles des matières minérales azotées :

- **Oued El Malleh** : La fraction des valeurs minérales de l'azote sont dues aux nitrates, les valeurs des nitrites et de l'ammonium sont de moindre importance

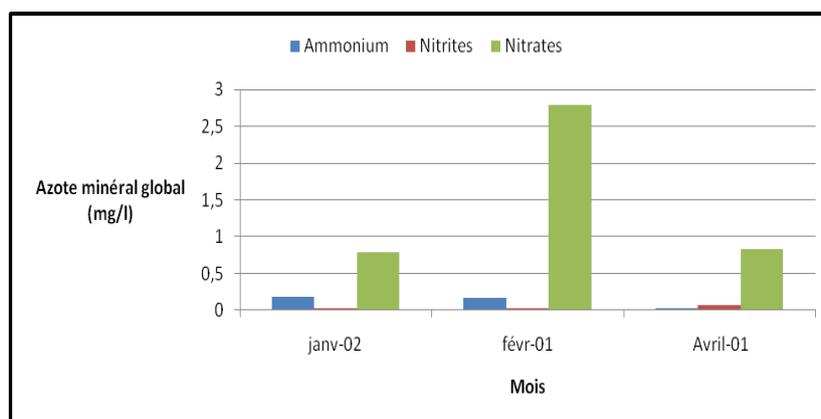


Figure 66 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued El Malleh

- **Oued Ghanem 1** : Il en est de même dans la station de Ghanem1, ce sont les nitrates qui prédominent en particulier au mois d'avril.

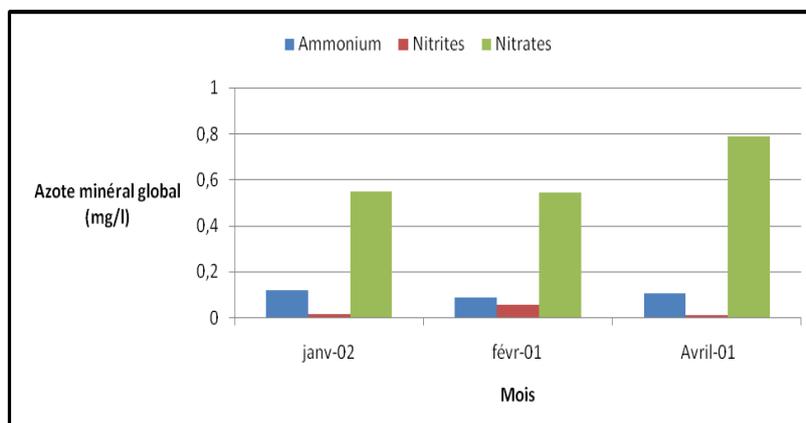


Figure 67: Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued Ghanem 1

- **A Ghanem 2** : Dans ce cas, la fraction de l'azote minéral est surtout représentée par les nitrates et l'ammonium, Les valeurs des nitrites restent négligeables. Rappelons que l'origine de ces éléments peut être anthropique par l'usage des fertilisants ou naturelle par les processus de dégradation de la matière vivante.

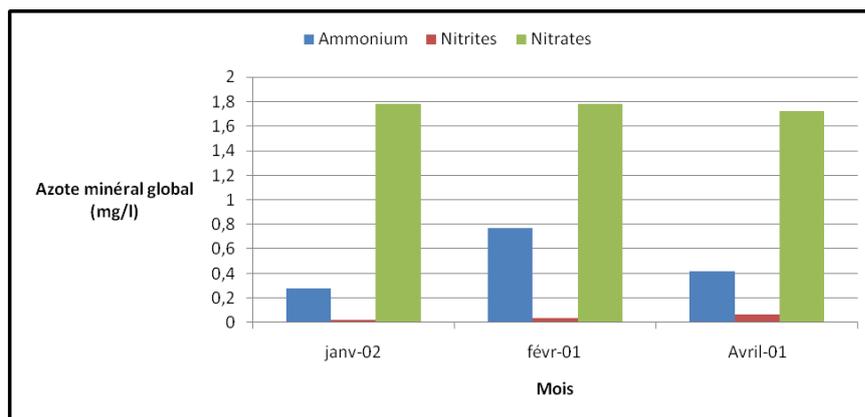


Figure 68 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à oued Ghanem 2

- **A Hammam N Bail:** La présence des nitrates est significative durant les trois campagnes ainsi que l'ammonium dont les valeurs sont importante en janvier et diminuent lors de la dernière campagnes au dépend des nitrites qui atteignent leur maximum en avril.

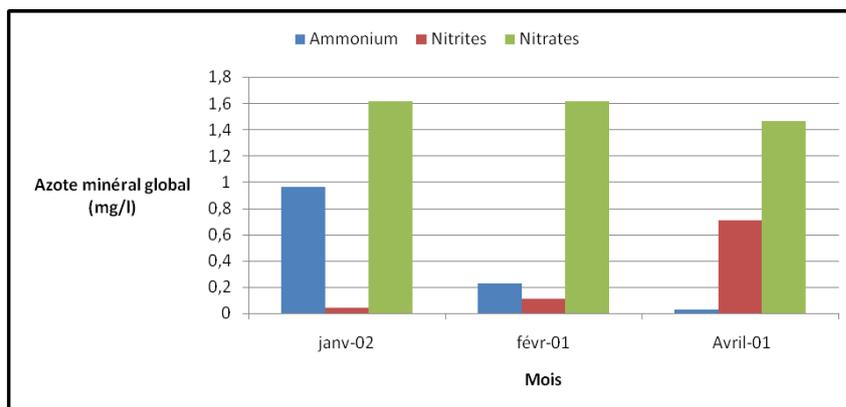


Figure 69 : Les variations mensuelles de l'azote minéral global à Hammam N'Bail

4.1.13. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'ABH-CSM

Afin de déterminer le degré de pollution des eaux superficielles de nos stations , nous avons mesuré les paramètres de pollution suivants: nitrites, nitrates, ammonium orthophosphates. La moyenne de ces trois mesures , nous a permis de comparer la qualité des eaux de nos stations aux normes établies par l'agence des bassins hydrographiques. Les résultats sont exprimés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 18 : Classe de qualité des eaux des stations d'après les normes de l'ABH

Stations	Classe de qualité / Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Al Malleh Ghanem 01 Ghanem 02 Hammem N'baïl	Oxygène dissous	mg/l	>7 7,62 7,02 7,36	5 à 7 6,22	3 à 5	<3	0
	Saturation	%	>90	70 à 90 71,55 73,76	50 à 70 69,95 63,03	<50	0
	DBO5	mg/l	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25	>25
	DCO	mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
	NH ₄	mg/l	<0,2	0,1à 0,5 0,13 0,49 0,40	0,5 à 2	2 à 84	>8
	PO ₄	mg/l	<0,2 Ghanem01 :0,13 Ghanem02 :0,11	0,2à 0,5	0,5 à 1 Al Malleh : 0,39 Hammem Nbaïl :0,42	1 à 2	>2
	NO ₃ -	mg/l	<5 1,46 0,62 1,76 1,56	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
	NO ₂ -	mg/l	<0,1 0,04 0,03 0,042	0,1à 0,3 0,28	0,3 à 1	1 à 2	>2

4.2. Analyse globale de la faune benthique

4.2.1. Check-list des taxa faunistiques

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Oued al maleh	Oued Ghanem 01	Oued Ghanem 02	Hammem nbail
Arthropodes	Insectes	Ephemeroptères	Ephemeridae	0	0	1	0
			Baetidae	1	1	1	1
			Caenidae	1	1	1	1
			Heptagenidae	1	1	1	1
		Plécoptères	pertoperliidae	0	1	0	0
			Taeaioperygidae	0	0	1	0
		Diptères	Chironomidae	1	1	1	1
			Empididae	1	0	0	0
			Tabanidae	1	1	1	1
			Simuliidae	1	1	1	0
			Athericidae	0	1	0	0
			Tipulidae	1	1	1	1
			Stratiomiidae	0	1	0	0
			Limoniidae	0	1	0	0
			Syrphyidae	0	0	0	1
			Thaumaleidae	0	1	0	0
			Psychodidae	0	0	0	1
		Trichoptères	Hydropsychidae	1	1	1	1
			Hélicopsychidae	1	0	0	0
		Coléoptères		1	1	1	1
			Dyticidae	0	1	0	0
		Odonates	Zygoptère	1	1	0	0
			Anisoptère	1	0	1	0
		Hémiptères	Notonectidae	0	1	0	1
			Nepidae	0	0	1	1
			Gerridae	0	1	1	1
			Gerromorphe mesoveliidae	1	1	0	0
	Crustacés	Amphipodes	Gammaridae	0	1	1	1
		Décapodes	Potamoniidae	1	1	1	0
			macroures	1	1	1	0
Mollusques			Physidae	0	1	1	0
			Planorbidae	1	1	1	1
			Limnaeidae	0	1	1	0
	Bivalves						
Annélides	Oligochètes			1	0	0	1
Némathelminthe		Nématodes		0	1	1	1
Poisson				1	1	1	0
Total				19	27	22	17

1 : Présence 0: Absence

4.2.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques :

Les six prélèvements effectués au cours de notre période d'étude qui s'est étalée du 19 Décembre 2015 au 06 avril 2015, nous ont permis de récolter 4754 spécimens répartis en 31 taxa (Cf. Check-list). Du point de vue qualitatif, les insectes représentent (85%), les Crustacés (10.01%), les Mollusques (2.31%), les Annélides (0.04%), et les Nématodes (2.63%)

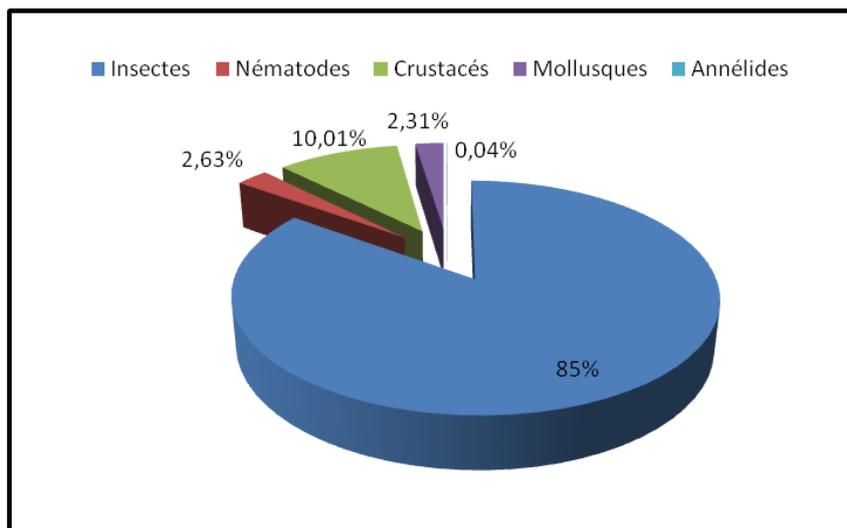


Figure 70 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés

4.2.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthiques :

4.2.3.1. Les insectes :

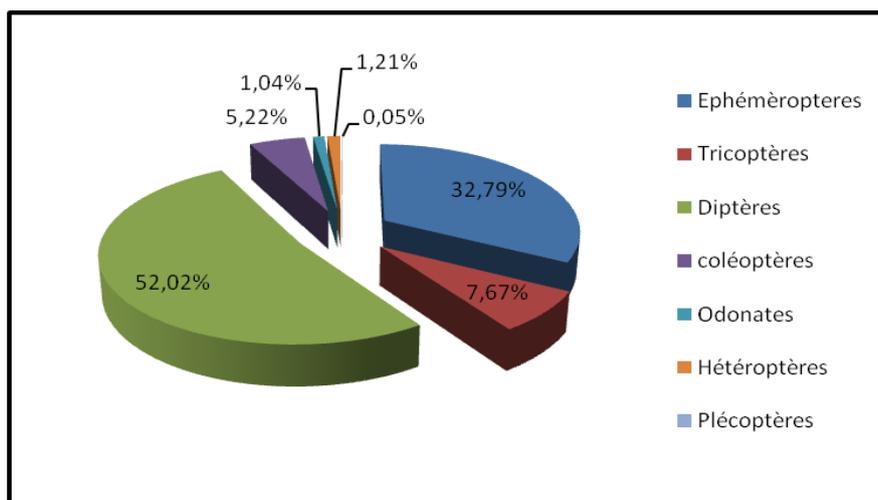


Figure 71 : Répartition globale des principaux groupes des insectes

- **Les Ephemeroptères** : Avec 1325 individus soit 32.79%, les Ephemeroptères se répartissent en quatre (04) familles: Les Ephemeridae, Les Beatidae , Les Caenidae, et les Heptagenidae. Les Beatidae et les Caenidae sont les familles qui prédominent avec respectivement 70,19% et 25,89%, les Heptageniidae représentent 2,57% , les Ephémériidae avec 1,36% (Figure 72)

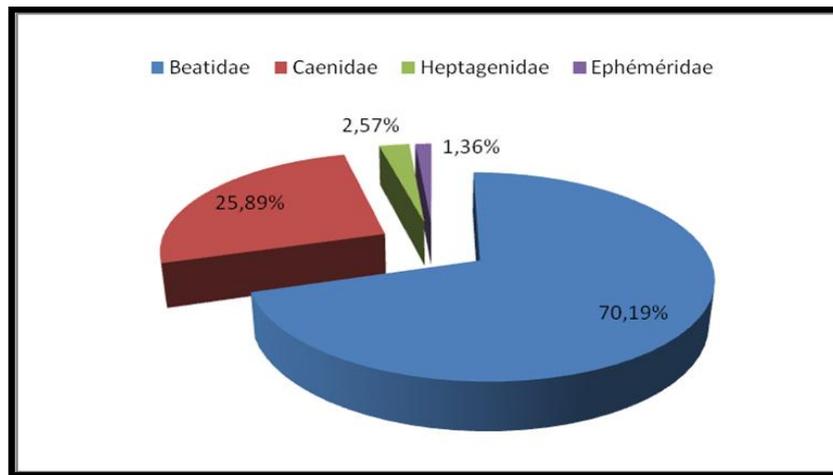


Figure 72 : Abondance relative des familles d'Ephemeroptères par rapport à l'ordre

Les Diptères : C'est le deuxième ordre le plus abondamment représenté avec un effectif total de 2102 réparti en onze (11) familles. Les principales familles sont les Simuliidae 1163 spécimens (55,33%), les Chironomidae avec 871 individus soit (41,44%), les autres familles sont très faiblement représentées avec les Tipulidae (1.52%), les Tabanidae (1.19%), les Empididae et les Syrphidae et les Stratiomiidae avec (0.05%) chacun. les Athericidae et les Psychodidae et les Thaumaleidae et les Limoniidae (0,09%). Les Diptères sont très abondants dans la station de oued Ghanem 01 et oued Hammam N'Bbail.

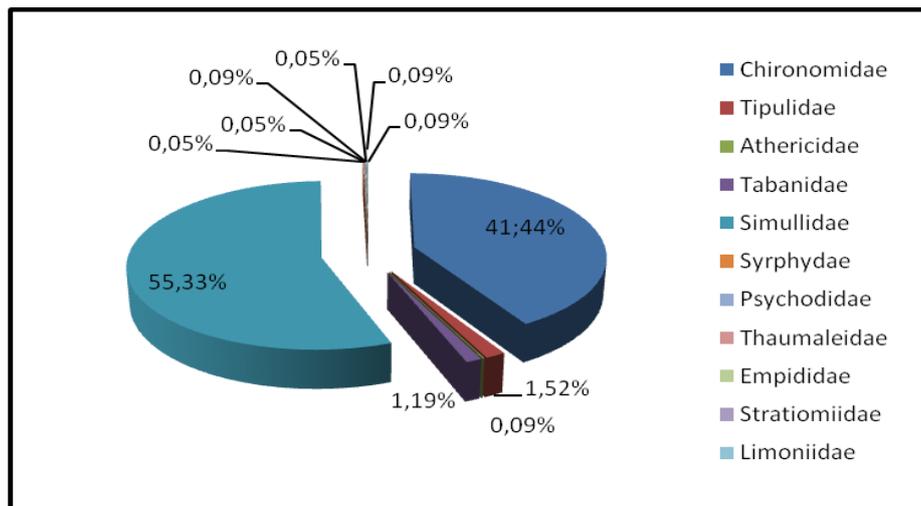


Figure 73 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre

Les Trichoptères: Les Trichoptères ne sont pas très abondants, au total on compte 310 spécimens soit (7,67%) qui sont représentés par deux familles : les Hydropsychidae, et les Héliopsychidae. Les Hydropsychidae sont les familles qui prédominent avec 309 individus soit (99,68%), et les Héliopsychidae avec seulement un seul représentant au niveau de la station de oued El Malleh. Soit (0,32%).

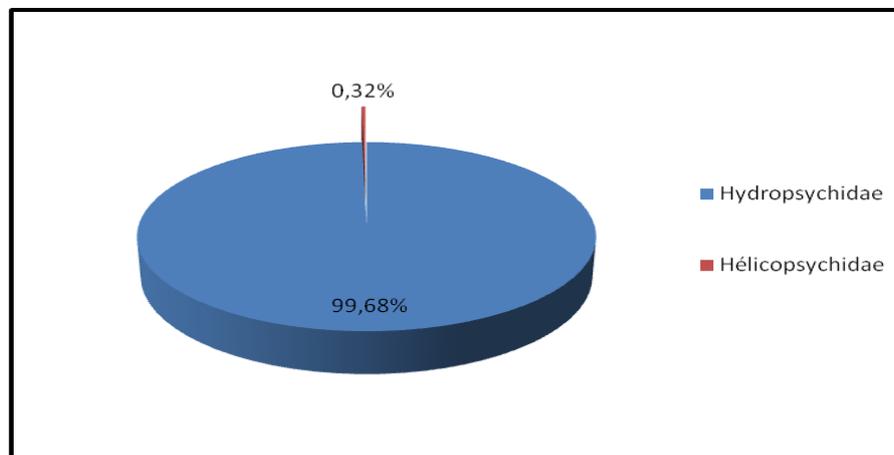


Figure 74: Abondance relative des Familles Trichoptères par rapport à l'ordre

Les Coléoptères: Cet Ordre est représenté par 211 individus soit ,22% par rapport au groupe des insectes, 29 individus au niveau de la station de Oued El Malleh et 40 individus à Oued Ghanem 1 et 106 individus au niveau de la station de Oued Ghanem 2, et 36 individus à Hammam Nbail.

Les Odonates: Cet ordre est représenté par 42 individus soit 1.04% de la faune totale des insectes. les Zygoptères présentent 23 individus (54,76%) et les Anisoptères avec 19 individus (45,24%).

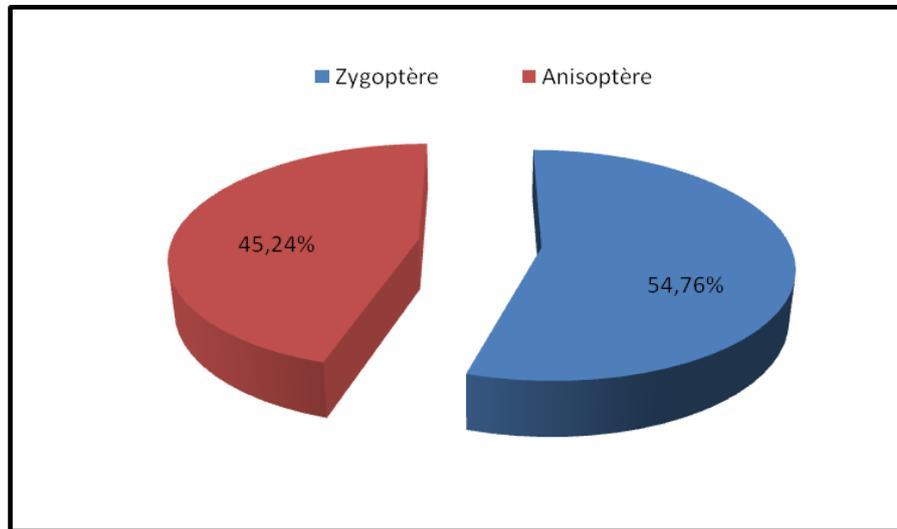


Figure 75 : Abondance relative des Familles d'Odonates par rapport au sous-ordre

- **Les Héétéoptères:** Les Héétéoptères sont très peu représentés : 49 individus soit 1.21% par rapport au total des insectes peuplant les quatre stations. Les principales familles qui le composent sont les Gerridae (36 individus) 73,47%, Les Notonectidae (7 individus) 14,28%, Les Nepidae (4 individus) soit 8,16%, Les Gerromorphe (Mesovelidae) (2 individus) 4,08%. Il est à noter que la majorité des Héétéoptères est concentrée à Oued Ghanem 1 et Oued Ghanem 2.
- **Plécoptères :** On compte deux (2) individus, le premier au niveau de Oued Ghanem 1 et le deuxième au niveau de Oued Ghanem 2.

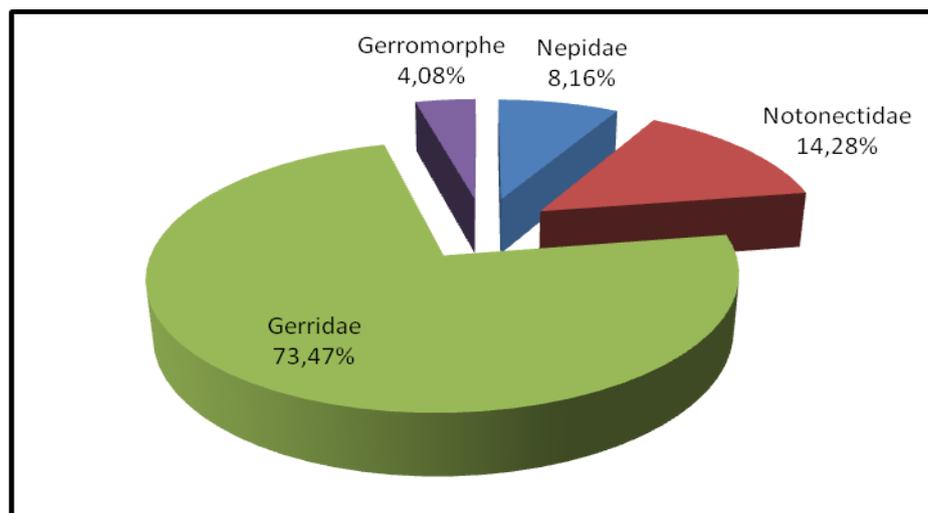


Figure 76 : Abondance relative des Familles d'Hétéroptères par rapport au sous-Ordre

4.2.3.2. Les Nématodes :

Cet ordre est représenté par 125 individus au total, ce nombre est surtout concentré dans les stations Ghanem 1. 71 individus soit (56,8%) et Hammam NBail avec 43 individus soit (34,4%). A Oued Ghanem 2, on retrouve 11 spécimens seulement soit (8,8%).

4.2.3.3. Les Crustacés:

Les Crustacés sont représentés par 476 spécimens soit 10.01 % répartis en Trois (3) familles : Les Atyidae totalisant 449 individus soit (94,33%) concentrés particulièrement à Oued El Malleh, Les Gammaridae 24 individus soit (5,04%) cette famille étant connue dans la littérature d'être tolérante à la pollution, Les Potamoniidae avec une abondance de 03 individus seulement (0,63%).

4.2.3.4. Les Mollusques :

Le total des mollusques est estimé à 110 individus, répartis en trois espèces : Les Physidae 87 spécimens (79,10%), les Planorbidae 21 individus soit (19,09%), les Lymnaeidae 02 spécimens (1,81%).

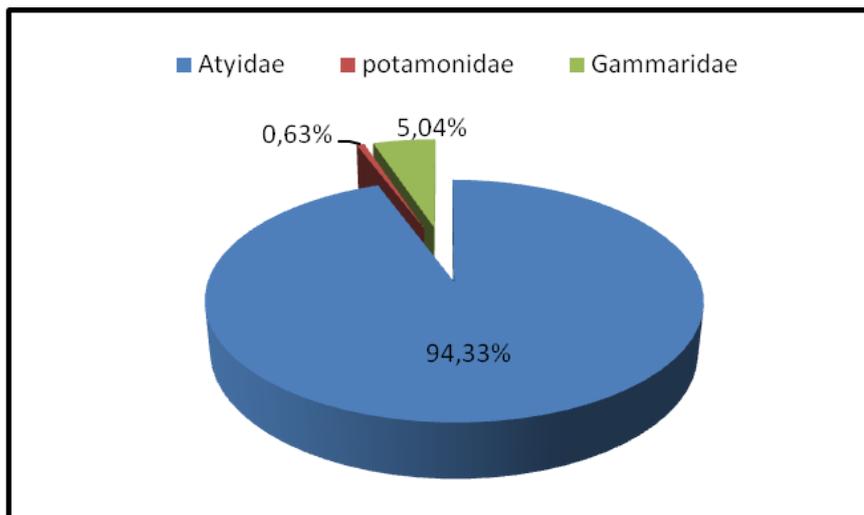


Figure 77 : Abondance relative des Familles des Crustacés

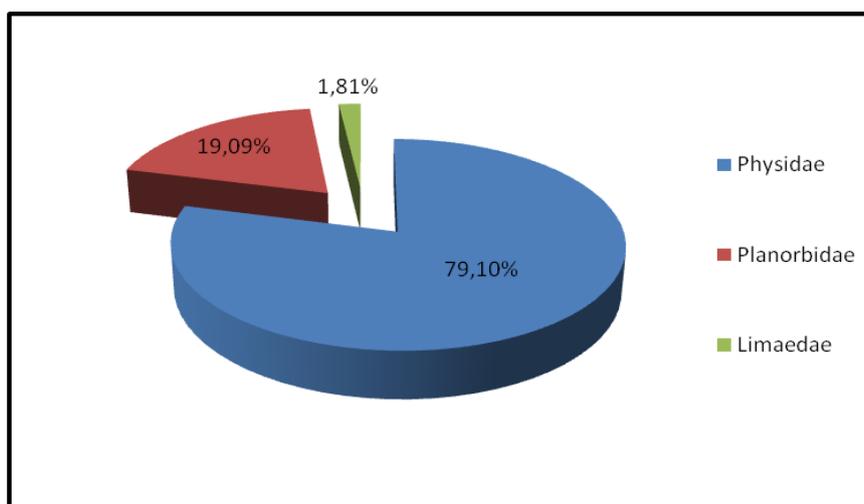


Figure 78 : Abondance relative des Familles de Mollusques

4.2.3.5. Les Annélides :

Durant toute la période de notre étude, nous avons récoltés 02 individus d'Annélides soit (0,04%) se répartissant dans la famille des Oligochètes : l'un au niveau de Oued El Malleh et l'autre à Hammam N'Bail.

4.3. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN : Afin de connaître la qualité biologique d'oued El Malleh, nous avons réalisé une étude de l'indice biologique global normalisé. Quatre stations d'échantillonnages ont été choisies. Pour chaque station, six relevés ont été effectués. Les résultats sont présentés dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 20 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de oued El Malleh selon l'IBGN

Relevés de la station 1: Oued El Malleh		19/12/2015	04/01/2016	22/01/2016	07/02/2016	09/03/2016	06/04/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères							
Trichoptères	Hydropsychidae	4	16	1	43	13	2
	Hélicopsychyidae	1					
Ephéméroptère	Ephemeraeidae						
	Ephemereillidae						
	Baetidae	16	27	3	214	58	7
	Caenidae	15	1	17	41	13	5
	Heptagenidae			1	10	9	
Diptères	Chironomidae	1		1			
	Tipulidae	3		1			1
	Athericidae						
	Ceratopogonidae						
	Empididae	1					
	Tabanidae						1
	Simuliidae		6		1	35	
	larve						
	Nymphe						
	Dixidae						
	Psychodidae						
Coléoptères		2	21			2	
Odonates							
	Zygotère*		3		3	6	
	Anisoptère*		2			1	3
Hétéroptères							
	Nepidae						
	notonectidae						
	Gerridae						
	Gerromorphe					1	
	corixidae						
Crustacés							
	Gammaridae						
	Atyidae	11	150	3	26	162	76
	Potamoniidae		1				
Mollusques							
	Physidae						
	Planorbidae				1		1
	Lymnaeidae						
Poissons			9	1	1		2
Anguille				1			
Batraciens			1				
Arachnides					1		3
Nématodes							
Achètes	Hirudinae(Sangsue)						
Oligochètes	(Lombricidae)				1		
Effectif des échantillons		54	227	27	340	301	99

* Sous-Ordre

Effectif total de la station	1048
Variété totale	18
Classe de variété	6
Groupe indicateur	5
IBGN	10
Classe de qualité	Passable

Tableau 21 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de oued Ghanem 01 selon l'IBGN

Relevés de la station 2: Ranem 1	19/12/2015	04/01/2016	22/01/2016	07/02/2016	09/03/2016	06/04/2016
Numéros des échantillons	1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons						
Les insectes						
Plécoptères						
			1			
Trichoptères						
	7	18		12	2	
Ephéméroptères						
	8	5	1	150	63	44
	1		6	28	11	24
	1		1			
Diptères						
			39	10		
	7	7	3	1		1
	2					
			1			
	1		2	1	3	
	1		1			
	44		1	517	279	190
larve						
Nymphe						
Dixidae						
Thaumaleidae (Nymphe)					1	
Psychodidae						
Coléoptères						
				34	1	3
Dytiscidae						2
Odonates						
Zygoptère*		1		2		8
Anisoptère*						
Hétéroptères						
Nepidae						
notonectidae				2		3
Gerridae				3	9	2
Gerromorphe Mesoveliidae						1
corixidae						
Crustacés						
Gammaridae		1	1	3		10
Décapodes						
Atyidae				10	1	
Potamonidae						1
Mollusques						
Physidae	16	5	7	36	9	4
Planorbidae	1		1		2	
Lymnaeidae				1		
Bivalves						
Poissons					2	
Batraciens				1		
Arachnides				1		
Nématodes						
	37		34			
Achètes						
Hirudinae(Sangsue)						
Oligochètes						
(Lombricidae)						
Effectif des échantillons	127	38	98	810	381	293

* Sous-Ordre

Effectif total de la station	1747
Variété totale	25
Classe de variété	8
Groupe indicateur	3
IBGN	10
Classe de qualité	Passable

Tableau 22 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de oued Ghanem 02 selon l'IBGN

Relevés de la station3: Ghanem 2	19/12/2015	04/01/2016	22/01/2016	07/02/2016	09/03/2016	06/04/2016
Numéros des échantillons	1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons						
Les insectes						
Plécoptères						
			1			
Trichoptères						
	52	19	3	86	12	16
Ephéméroptère						
	14	2		2		
	6	1		82	209	18
	2	5	5	66	13	31
			2	1	5	
Diptères			16			
	2					
	3	1		1		
	7	1		1	1	
	6			84		
Coléoptères						
	31	26		9	5	35
Odonates						
	5	3	1	4		
Hétéroptères						
				1		
						21
Crustacés						
			3			
Décapodes						
	4	3		2		
	1					
Mollusques						
	5	4	1			
	3	3			1	1
	1					
Nématodes					11	
Achètes						
Poisson			1			1
Oligochètes						
Effectif des échantillons	142	68	32	339	257	122

* Sous-Ordre

Effectif total de la station	960
Variété totale	21
Classe de variété	7
Groupe indicateur	6
IBGN	12
Classe de qualité	Passable

Tableau 23 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de oued Haammam N'Bail selon l'IBGN

Relevés de la station 4: Hammam N'BAIL		19/12/2015	04/01/2016	22/01/2016	07/02/2016	09/03/2016	06/04/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
Gl/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères							
Trichoptères	Hydropsychidae		3				
	Hélicopsychidae						
Ephéméroptère	Ephemeridae						
	Ephemerellidae						
	Baetidae		6	1	11		
	Caenidae			4	2		53
	Heptagenidae				4		
Diptères	Chironomidae	160	224	76	62	163	14
	Nymphe	43				60	
	Tipulidae	1			2		
	Athericidae						
	Ceratopogonidae						
	Empididae						
	Tabanidae				3		4
	Limoniidae						
	Simuliidae						
	larve						
	Nymphe						
	Syrphyidae	1					
	Thaumaleiidae						1
	Psychodidae	1			1		
Coléoptères		12	6		3		15
	Gerridae						
Odonates							
	Zygotère*						
	Anisoptère*						
Hétéroptères	Nepidae	3					
	notonectidae						2
	Geridae						1
	corixidae						
Crustacés	Gammaridae						6
Décapodes	Atyidae						
Mollusques	Physidae						
	Planorbidae				1	1	5
	Lymnaeidae						
Arachnides		1					
Nématodes		37					6
Achètes	Hirudinae(Sangsue)						
Poisson							
Oligochètes	(Lombricidae)				1		
Effectif des échantillons		258	239	81	90	224	107

* Sous-Ordre

Effectif total de la station	999
Variété totale	17
Classe de variété	6
Groupe indicateur	2
IBGN	7
Classe de qualité	Médiocre

Tableau 24: Synthèse des résultats des quatre stations

	S1 Oued al Malleh	S2 Oued Ghanem 1	S3 Oued Ghanem 2	S4 Oued Hammem nbail
Effectif total	1048	1747	960	999
Variété totale	18	25	21	17
Classe de variété	6	8	7	6
Goupe indicateur	5	3	6	2
IBGN	10	10	12	7

IBGN S1= IBGN S2 = IBGN S3

- **A l'oued El Malleh** : Cet oued présente un IBGN de 10 et un groupe indicateur 5 représenté par le taxon des Ephéméroptère de la famille des Heptageniidae dont la plupart des larves sont connues pour être des détritivores. Quant au cortège faunistique des macroinvertébrés, il est principalement représenté par les crustacés (Atyidae) avec 40,83% de la faune totale, les Coléoptères 2,38%, les Diptères 4,86%, les mollusques (0,19%), les Trichoptères 7,63% et enfin les Ephéméroptères (Baetidae, Caenidae, Heptageniidae) qui prédominent avec 58,87% dont 1,90% sont des Heptageniidae; Rappelons que ce taxon est moyennement tolérant à la pollution. Nous pouvons donc qualifier les eaux d'oued El Malleh comme étant de qualité passable d'après (IBGN) des normes A.F.N.O.R.
- **A l'oued Ghanem 1**: Dans cette station , l'IBGN est de 10 au même titre que la station de l'oued El Malleh mais avec un groupe indicateur de 3 représenté par les Trichoptères avec 2,63% de la faune totale des Macroinvertébrés, ces derniers ont une tolérance moyenne à la pollution. Par ailleurs, Ce sont les Diptères qui représentent le taxon dominant durant toute la période d'étude avec 59,01% dont 19,51% pour les simuliidae. Ces insectes sont connus pour être les vecteurs de L'onchocercose , une filariose cutanée, due à un nématode

parasite *Onchocerca volvulus* dont l'espèce *Simulium damnosum* en est l'hôte intermédiaire. Le reste de la faune est constitué de Nématodes (4,06%), Mollusques (4,63%) de Crustacés (0,01%) et enfin de Coléoptères avec (0,02%). Les eaux de l'oued Ghanem sont donc de qualité passable selon l'IBGN certifié par A.F.N.O.R.

- **A l'oued Ghanem 2:** La station de l'oued Ghanem enregistre l'indice IBGN le plus élevé 12 qui correspond à des eaux de classe de qualité biologique passable mais qui se rapproche de la deuxième classe de bonne qualité des eaux : En effet, le groupe indicateur dans ce cas est 6 qui correspond au taxon des Ephéméroptères (Ephemerae) qui représente 1,87% par rapport au total des Ephéméroptères qui représentent 44,58% de la faune totale. Le reste des taxons sont représentés par les Trichoptères 19,68%, les Diptères 12,81% dont 8,95% des Simuliidae, les Coléoptères 11,04%, les Crustacés 1,35%, les Mollusques 1,97% et enfin les Nématodes avec 1,14% et les Plécoptères avec un seul individu (0,10%). Il est à noter que les taxons composant ce cortège de macroinvertébrés sont tous tolérants moyennement à la pollution, en plus l'association Ephéméroptère, Plécoptère, Trichoptère donne à ces eaux une meilleure qualité allant vers la classe de bonne qualité.
- **A l'oued Hammam N'Bail:** Cette station enregistre l'indice IBGN le plus bas 7 avec également un groupe indicateur le plus bas 2 représenté par le groupe des Ephéméroptères (Beatidae et Caenidae), ce groupe à lui seul représente 8,10%. Les Trichoptères représentent 0,3% c'est à dire 3 individus seulement (D'après, les normes IBGN, la famille doit être représentée par au moins 10 individus alors qu'on a échantillonné seulement 3 durant toute la période d'étude. Les autres taxons sont les Diptères 81,28% dont les Chironomidae représentent une large part 80,28%? les Coléoptères 3,60%, les Crustacés 0,60%, les Mollusques 7% et les Nématodes 4,30%. l'intégrité biologique des eaux de cette station est de qualité médiocre.

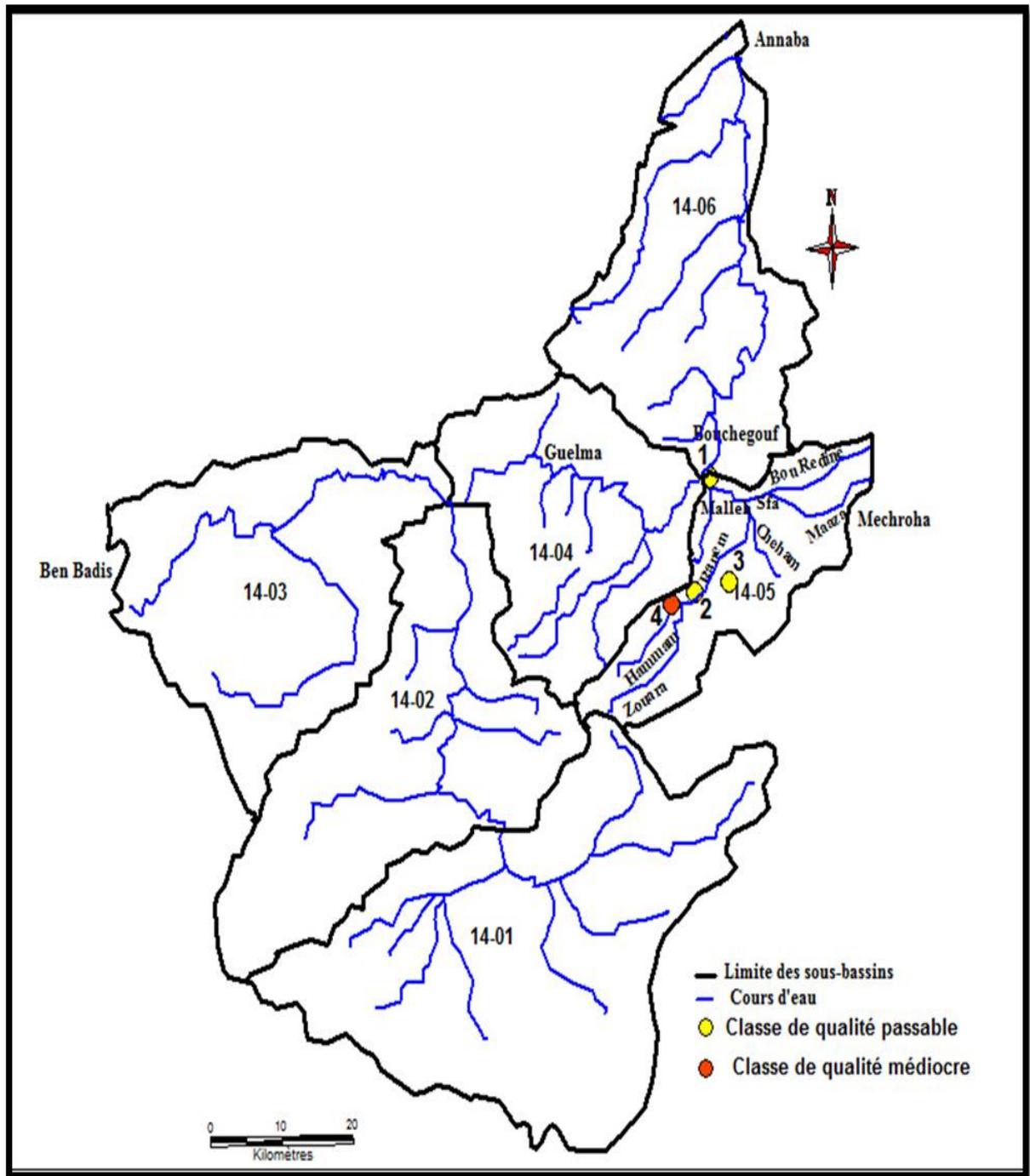


Figure 79 : Classe de qualité des stations d'étude selon l'indice biologique global normalisé

4.4. La structure du peuplement

4.4.1. La richesse spécifique :

- ❖ **A l'oued El Malleh :** la richesse spécifique la plus basse est notée aux mois de janvier 2 et avril ce qui peut-être expliqué par les températures minimales de l'eau dans le premier cas (10,2°C) et maximale au mois de mars, avec l'augmentation de la température de plus d'un degré ce qui a pour effet d'accélérer la croissance des différents stades de larves et également la levée de la diapause. A la fin du mois, on assiste à une diminution de l'effectif totale qui coïncide avec les premières émergences du printemps.

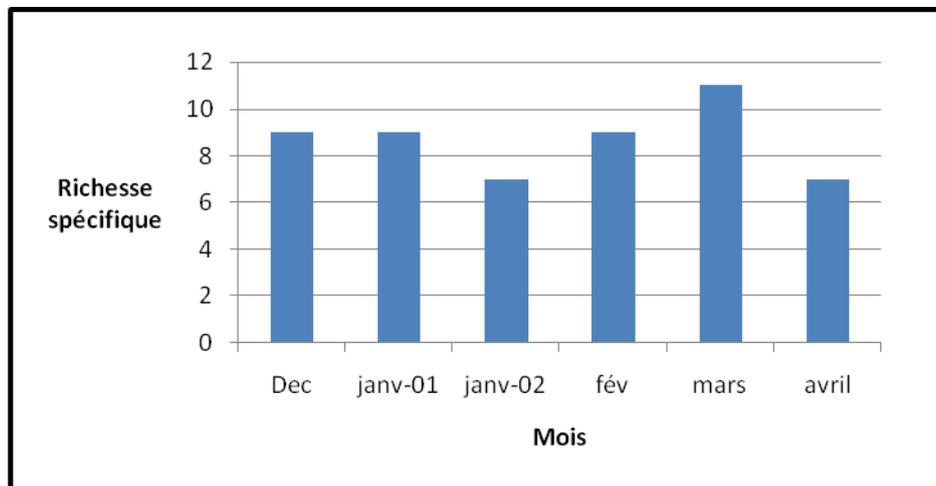


Figure 80 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued El Malleh

- ❖ **A l'oued Ghanem 1:** C'est au mois de février que la richesse spécifique est la plus élevée alors que le nombre d'espèces est seulement de 7 au mois de Janvier.

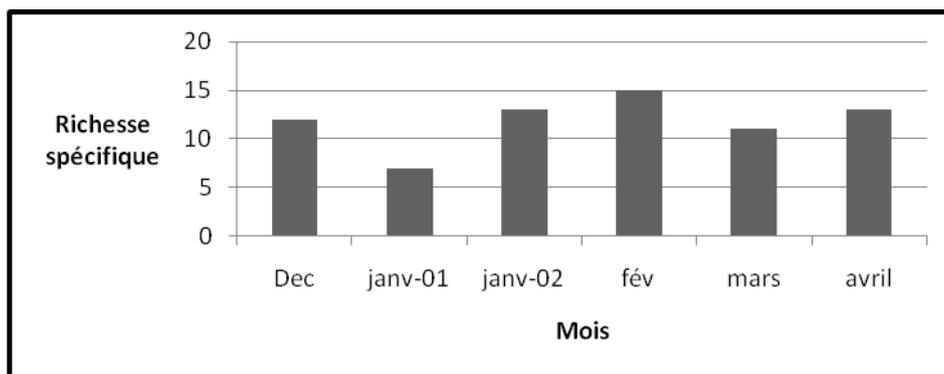


Figure 81 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Ghanem 1

- ❖ **A l'oued Ghanem 2** : La richesse spécifique est maximale au début de l'inventaire où la température de l'eau a atteint 13,4°C, en hiver, le nombre d'espèces commence à baisser pour atteindre 11 en janvier 1 et 8 espèces en janvier 2 notons par ailleurs que les macroinvertébrés sont également de proies aux oiseaux et aux poissons ce qui peut expliquer aisément cette diminution. Aux mois de mars et avril, la diminution de la richesse est due à l'envol de la majorité des espèces (Trichoptère, Ephéméroptère),

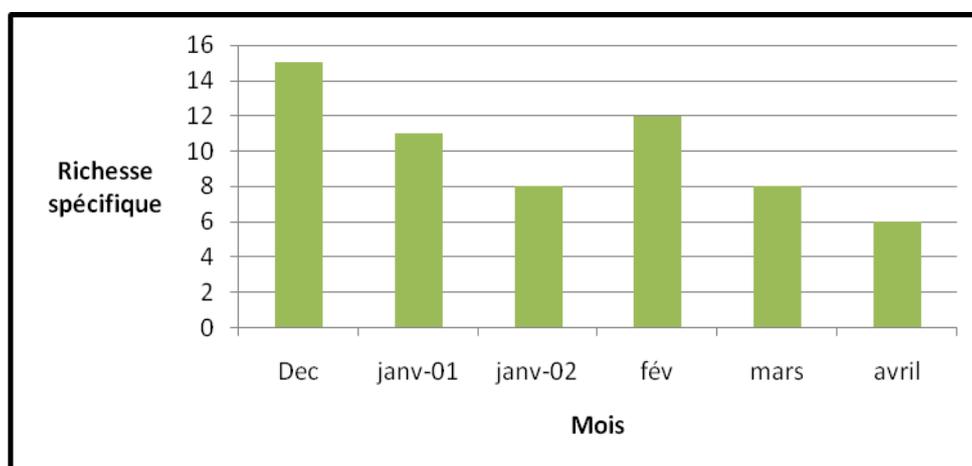


Figure 82 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Ghanem 2

- ❖ **A oued Hammam N'Bail** : la richesse spécifique est assez stable est connaît deux pics le premier au mois de février et le second en avril avec chacun une richesse spécifique de 10.

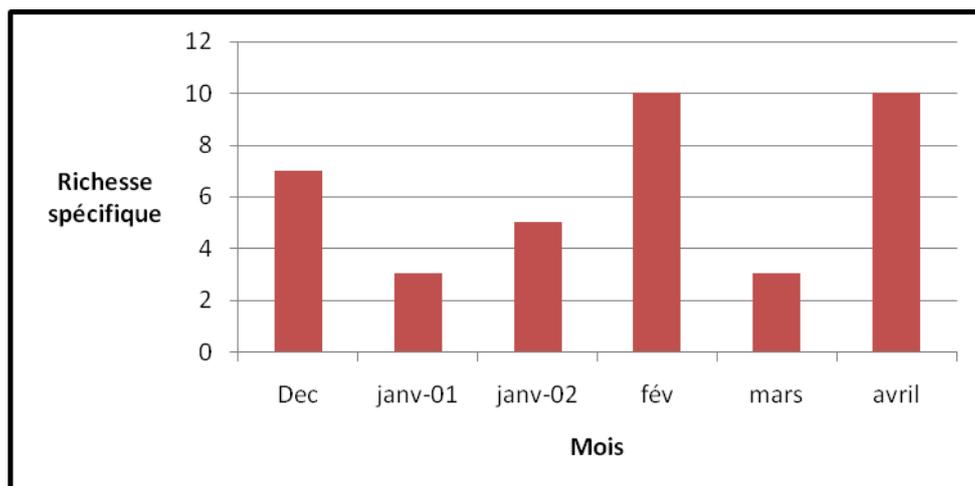


Figure 83 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à oued Hammam NBail

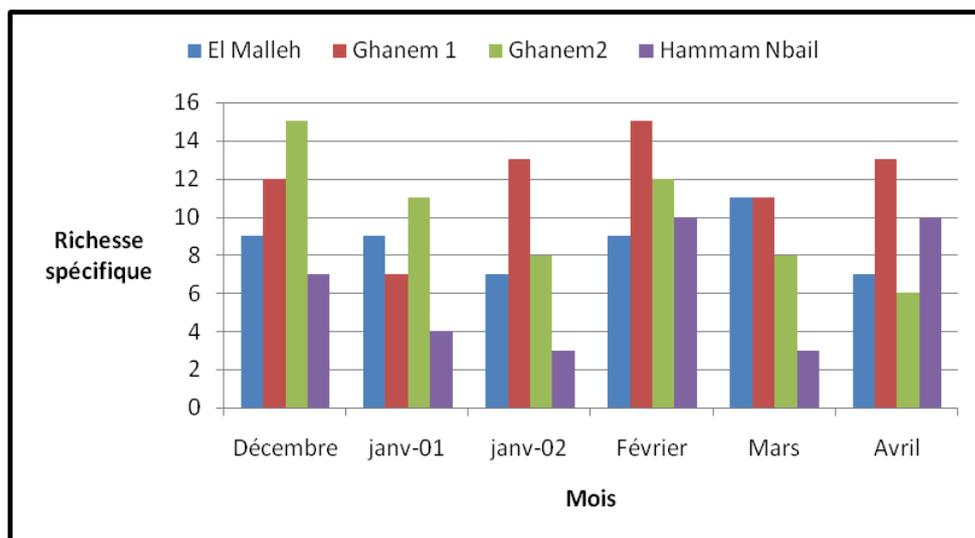


Figure 84 : Richesse spécifiques des stations d'étude

4.4.2. L'indice de Shannon et d'équitabilité:

A l'oued El Malleh, l'indice de Shannon indique une diversité maximale au mois de décembre, se stabilise entre 1,6-1,7 et 1,8 respectivement en janvier 1, janvier 2 et février pour atteindre enfin sa valeur la plus basse de 1,3 au mois d'avril. L'équitabilité suit avec un maximum de 1 au mois de décembre donc une équirépartition des individus (Familles) dans le peuplement (abondance identique), puis une baisse jusqu'à 0,54 où les effectifs ne sont plus représentés que par quelques taxons. Il en est de même pour l'oued Ghanem 1 où l'indice est maximal en décembre avec 2,56 est

diminue jusqu'à 1,36 en mars; l'équitabilité est également maximale en décembre 1 est minimale en mars 0,53. **A Ghanem 2**, l'indice de Shannon est maximale 2,93 en décembre puis se stabilise pendant tout le mois de janvier et février pour atteindre valeur minimale de 1,14 en mars. Quant à l'équitabilité, elle est maximale en décembre 1 est minimale en mars avec une valeur de 0,38. **A Hammam N'Bail**, les résultats ne suivent pas comme dans les autres stations où l'indice de Shannon est maximal au mois d'avril avec 2,36 et est minimal en janvier 2 avec 0,37, Il en est de même pour l'équitabilité qui est maximale en avril (1) est minimale en janvier 2 avec 0,16 en janvier 2.

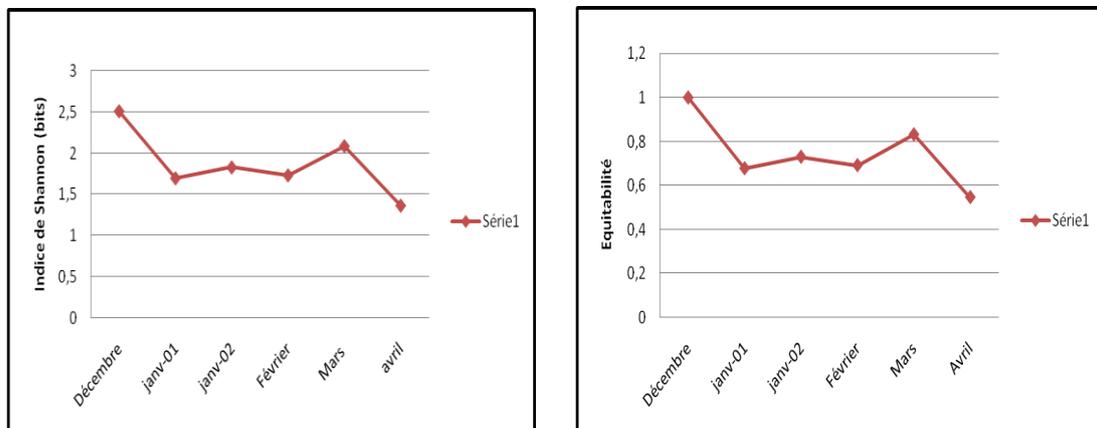


Figure 85 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à oued El Malleh

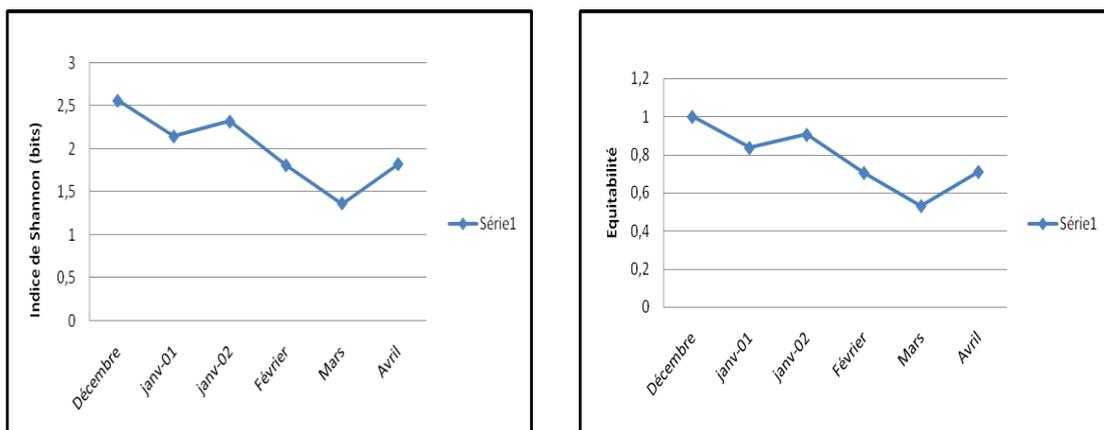


Figure 86 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à Ghanem 1

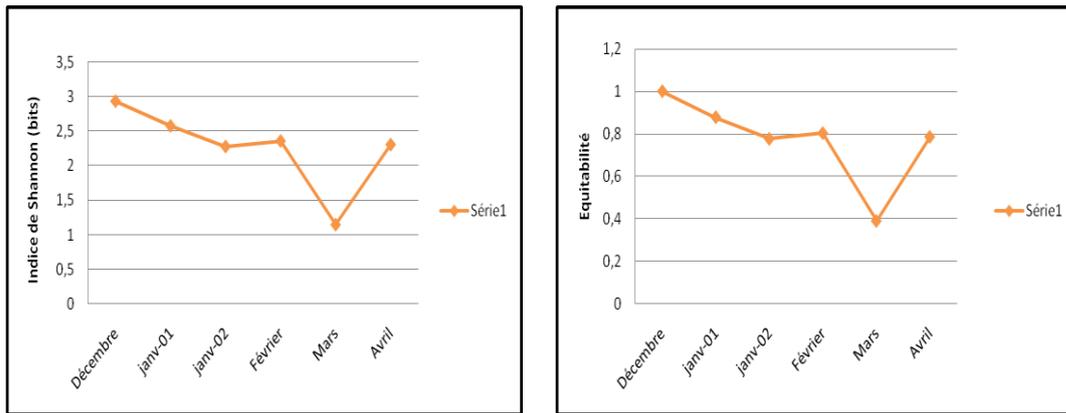


Figure 87 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à oued Ghanem 2

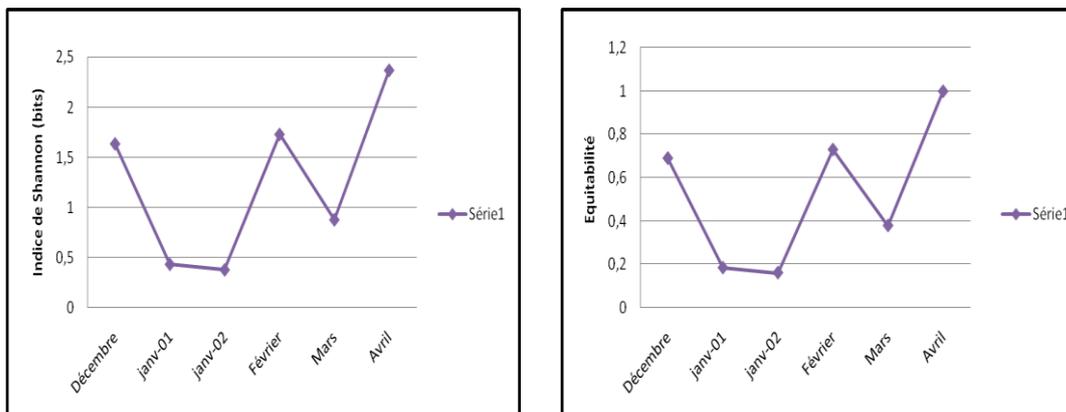


Figure 88 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon a) et d'équitabilité b) à Hammam NBail

4.4.3. L'indice de Jaccard : L'indice de similarité de Jaccard permet de comparer les peuplements entre eux et juger de leur degré de similitude, Il mesure les écarts selon un critère qualitatif (présence/absence de taxons) entre les peuplements des stations étudiées. Il varie de 0 à 1 et se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$I = N_c / (N_1 + N_2 + N_c)$$

Tableau 25 : Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (Jaccard)

	El Malleh	Ghanem 1	Ghanem 2	Hammam NBail
El Malleh	1			
Ghanem 1	0,46	1		
Ghanem 2	0,50	0,62	1	
Hammam NBail	0,40	0,43	0,54	1

- ❖ les stations S1-S3 et S3-S4 présentent une forte similarité avec un indice variant respectivement de (0,50 à 0,54). les peuplements de ces deux stations possèdent un fond commun de taxons importants (13familles).
- ❖ Les stations S1-S4 et S2-S4 possèdent des indices faibles allant respectivement de (0,40 à 0,43).
- ❖ Les stations S2-S3 se démarquent nettement des autres, en affichant une forte similarité qui se traduit par un indice de diversité de 0,62 et se partagent 18 familles. En effet, ces stations sont proches géographiquement et sont situées sur le même cours d'eau.

4.4.4. L'indice de similarité de SÖRENSEN : Nous avons eu recours à l'indice de SÖRENSEN qui est également utilisé pour comparer les différentes stations entre elles. Il a pour formule $(S = (2c / (a + b)) \times 100)$ * (avec a = nombre d'espèces présentes dans la première station, b = nombre d'espèces présentes dans la seconde station et c = nombre d'espèces dans notre cas il s'agit de familles communes aux deux stations).

Les résultats indiquent :

- ❖ Une très forte similarité entre S2-S3 (Ghanem 1- Ghanem 2) (0,76) avec 18 familles communes et également entre S3-S4 avec un fort indice de similarité de (0,70)
- ❖ Une forte similarité entre S2-S4 (0,60) se partageant 13 familles
- ❖ Les stations d'Oued El Malleh et Hammam N' Bail sont les moins similaires et présentent un indice de 0,57 avec 10 familles seulement en commun

Tableau 26: Similarité entre les peuplements benthiques des stations d'étude (SÖRENSEN)

	El Malleh	Ghanem 1	Ghanem 2	Hammam NBail
El Malleh	1			
Ghanem 1	0,63	1		
Ghanem 2	0,66	0,76	1	
Hammam NBail	0,57	0,60	0,70	1

* Le facteur (x100) est facultatif

4.5. L'organisation du peuplement

4.5.1. La fréquence des familles:

Les familles rares rencontrées une fois durant l'échantillonnage des stations sont représentées par un pourcentage de 16,66%, les moyennement communes par 50% et les plus fréquentes 100% ou espèces constantes; Ces dernières sont considérées comme les plus tolérantes aux perturbations saisonnières durant toute la période d'étude (Tab. 26).

4.5.2. La phénologie des familles

Nous avons noté que les familles ne sont pas toujours présentes durant toute la période d'étude.

- Les familles des Hydropsychodae, des Beatidae, des Ceanidae, des Chironomidae, des Tabanidae, des Simuliidae, des Atyidae, des Physidae sont les familles échantillonnées durant toute la période d'étude de Décembre à Avril. Ce sont des espèces ubiquistes.
- Les familles de Peltoperlidae, Teaniopterigidae, d'Hélicopsychidae, Athericidae, Stratiomiidae ainsi que les Syrphidae sont des espèces rares notons que la dernière famille se rencontre uniquement dans les milieux pollués et dégradés où les teneurs en oxygène sont les plus basses, la présence de cette espèce en décembre traduit une perturbation due à une forte pollution organique puisque cette famille se rencontre surtout dans les milieux putrides et les larves se nourrissent essentiellement de déchets .

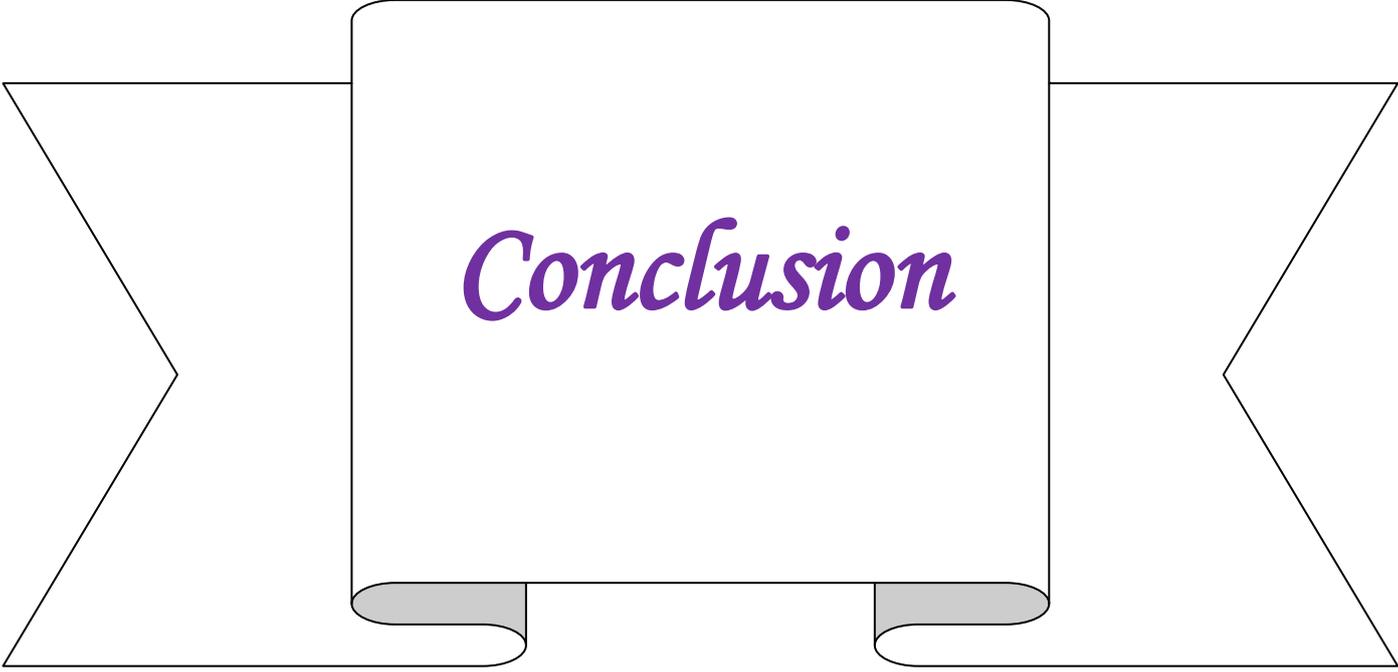
Tableau 27 : Fréquence des familles dans les stations échantillonnées

Nombre de sortie	6	6	6	6
Sites / Ordre/ Famille	El Malleh	Ghanem 01	Ghanem 02	Hammam Nbail
Pertoperlidae		16,66%		
Taeniopterigidae			16,66%	
Hydropsychidae	100%	66,66%	100%	16,66%
Hélicopsychidae	16,66%			
Ephemeridae			50%	
Baetidae	100%	100%	83,33%	50%
Caenidae	100%	83,33%	100%	50%
Heptagenidae	50%	33,33%	50%	16,66%
Chironomidae	33,33%	33,33%	33,33%	100%
Empididae	16,66%			
Tabanidae	16,66%	66,66%	66,66%	33,33%
Limoniidae	50%	33,33%		
Simuliidae	50%	83,33%	33,33%	
Syrphydae				16,66%
Athericidae		16,66%		
Tipulidae	50%	83,33%	50%	33,33%
Stratiomiidae		16,66%		
Thaumaleidae		16,66%		16,66%
Psychodidae				33,33%
Coléoptères	50%	50%	83,33%	66,66%
Dyticidae				
Zygotère	50%	50%		
Anisoptère	50%		66,66%	
Notonectidae		33,33%		16,66%
Nepidae			16,66%	16,66%
Gerridae		50%	16,66%	16,66%
Gerromorphe	16,66%	16,66		
Gammaridae		66,66	16,66%	16,66%
Potamoniidae	16,66%	16,66	16,66%	
Atyidae	100%	33,33	50%	
Physidae		100%	50%	
Planorbidae	33,33%		66,66%	50%
Lymnaeidae		16,66%	16,66%	
Nématodes		33,33%	16,66%	33,33%
Oligochète	16,66%			16,66%

Tableau 28 : Phénologie des familles dans les stations échantillonnées

Fréquence	Décembre	janv-01	janv-02	Février	mars	Avril
Pertoperlidae						
Taeniopterigidae						
Hydropsychidae						
Hélicopsychidae						
Ephemeridae						
Baetidae						
Caenidae						
Héptagenidae						
Chironomidae						
Empididae						
Tabanidae						
Limoniidae						
Simuliidae						
Syrphyidae						
Athericidae						
Tipulidae						
Stratiomiidae						
Thaumaleidae						

Psychodidae						
Coléoptère						
Dyticidae						
Zygoptère						
Anisoptère						
Notonectidae						
Nepidae						
Gerridae						
Gerromorpe						
Gammaridae						
Potamoniidae						
Atyidae						
Physidae						
Planorbidae						
Lymnaeidae						
Nématodes						
Oligochète						



Conclusion

Conclusion

Notre étude a porté sur quatre cours d'eau situés dans le sous-bassin de oued El Malleh, pour cela nous avons choisi quatre stations la première sur le cours principal (Oued El Malleh) et les trois autres sur ses affluents (oued Ghanem et l'Oued Hammam N'Bail). Durant la période d'échantillonnage qui s'est étalée du dix neuf Décembre au six Avril, nous avons mesuré plusieurs paramètres in situ tels que la température de l'eau, l'oxygène dissous, la conductivité, la salinité ainsi que la vitesse de l'eau. Au laboratoire, nous avons mesurés la turbidité ainsi que les principaux paramètres de pollution tels que les nitrites, les nitrates, l'ammonium et les Orthophosphates.

La composante physico-chimique des eaux pour les différents paramètres a montré des températures croissant normalement selon les saisons de 9,9°C en hiver à 16, 2° C au printemps. La conductivité des eaux est très élevée (4240 μ S/cm), elle est globalement naturelle à cause de la nature des terrains gypsifères de la région ; mais de nature anthropique à l'Oued Hammam N'Bail dont la charge en substances minérales est de 6160 μ S/cm et est du principalement à la décomposition de la matière organique issue des rejets de Hammam N' Bail. Par ailleurs, nous remarquons que la faune de cet oued est massivement dominée par la présence de larves et de nymphes de Chironomidae qui sont des bioindicateurs d'une très mauvaise qualité de l'eau. Le pH est naturellement alcalin à cause des roches sédimentaires riches en carbonates de calcium. La bonne oxygénation des eaux est attestée par la présence accidentelle des Chironomidae au sein de l'oued El Malleh (2) Ghanem 1 (49) et Ghanem 2 (18) où aucune exuvie n'a été récoltée et l'absence totale d'annélides (Achètes ou sangsue) qui sont très tolérant à la pollution.

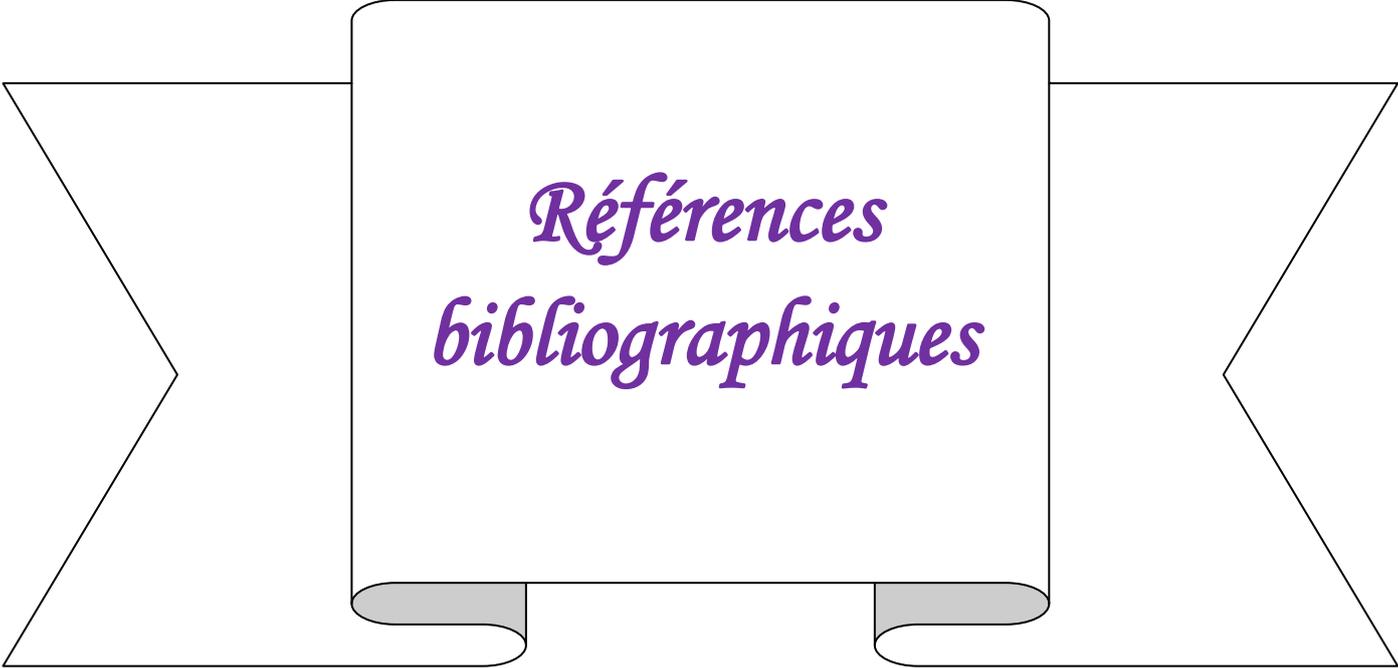
En se référant aux normes établies par l'agence des bassins Hydrographiques, on peut qualifier les eaux des quatre stations par rapport à la charge en matières minérales azotées (Nitrites et nitrates) d'excellentes à bonne qualité puisque les valeurs ne dépassent pas 5mg/l pour les nitrates et 0,3mg/l pour les nitrites. Les valeurs de l'ammonium sont bonnes. Pour les orthophosphates, les eaux situées sur le même cours d'eau comme Ghanem 1 et Ghanem 2 sont d'excellentes qualité, à l'opposé des stations de l'oued El Malleh et de Hammam N'Bail dont les eaux sont de qualité passable. Nous rappellerons ici que l'origine des orthophosphates est anthropique par l'usage des fertilisants à l'oued El Malleh et la pollution domestique due aux rejets de Hammam N'Bail.

L'analyse de la composante biologique par l'étude de la faune des macroinvertébrés, nous a permis de recenser 4754 individus répartis en cinq classes: les insectes avec 4041 specimens (85%) individus, les Crustacés 476 (10.01%) les Mollusques avec 110 représentants (2.31%), les Nématodes 125 (2.63%) et les Annélides avec seulement deux individus (0.04%).

L'application de l'indice biologique global normalisé aux peuplements de macroinvertébrés de l'oued El Malleh et ses affluents montre une qualité hydrobiologique passable à oued El Malleh, Ranam 1 et Ranem 2 avec respectivement des groupes indicateurs 5, 3 et 6, notons que dans la cas de l'oued Ranem 2, les eaux tendent vers la bonne qualité. A l'oued Hammam'NBail la qualité est médiocre.

Les résultats biologiques obtenus par l'étude des assemblages de macroinvertébrés nous orientent sur les conditions du milieu et les différentes pressions anthropiques qui s'y exercent. La physico-chimie de l'eau quant à elles permet de mesurer et de quantifier les différents paramètres en cause. Ces deux volets sont complémentaires et indissociables pour nous renseigner sur l'état de santé des écosystèmes.

Les autorités locales doivent impérativement veiller à la réalisation des infrastructures selon les normes (réseaux d'assainissement...), des campagnes de sensibilisation auprès des agriculteurs et des Fellahs doivent être menées afin d'attirer leur attention sur les risques et dangers de l'usage excessif des fertilisants et les répercussions qu'ils peuvent avoir sur la faune benthique.



*Références
bibliographiques*

Références bibliographiques

- 📖 Benseghir, A.2006, Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra).Mémoire d'ingénieur, Univ Biskra.113p
- 📖 Bertrand, H. 1951. les insectes aquatiques. (En ligne). pp89-104.Disponible sur<http://www.kmae-journal.org> <http://dx.doi.org/10.1051/kmae:1951012>
- 📖 Bouchard, 2004. La répartition spatio-temporelle du peuplement de *macro-invertébrés* benthiques de la Soummam (Nord de l'Algérie). (En ligne). pp54-66 Disponiblesurwww.univ-bouira.dz/.../publications%20Mr%20mouni%20PDF/EFF. Consulté le (23/03/2016)
- 📖 Boukhateb, Y. 2013, Etude des Diptères Simuliidae de la haute Tafna (Nord-Ouest algérien). Mémoire de Master II, Univ de Tlemcen. 54p.
- 📖 Bouda, S. 2001, étude des macros invertébrés benthiques et de l'alimentation d'espèces de poisson en relation avec le rétrécissement saisonnier de la superficie d'eau du lac de barrage la Comoé. Ingénieur en développement rural.Univ polytechnique de BOBO-DIOULASSO(U.P.B). 113p
- 📖 www.beep.ird.fr/collect/upb/index/.../IDR-2001-DIG-ETU.pdf. consulté le (15/03/2016)
- 📖 Chinery, M. 1987. Les insectes d'Europe en couleur. (En ligne). Bordas. Paris. Disponiblesurhttps://fr.wikipedia.org/wiki/Michael_Chinery. Consulté le 11/4/2016
- 📖 Chaib N, 2002. Contribution à l'étude écologique et hydrochimique de quelques hydrosystèmes de la Numidie (Région d'El Kala et de Guerbès-Sanhadja). Mémoire de Magister. Université Badji Mokhtar Annaba.
- 📖 Chakri Kh, 2007. Contribution à l'étude écologique de *Daphnia magna* (Branchiopoda : Anomopoda) dans la Numidie, et inventaire des grands Branchiopodes en Algérie. Thèse de Doctorat. Université Badji Mokhtar Annaba.
- 📖 Debieche, H.2002, Evolution de la qualité des eaux (Salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la base plaine de la Seybouse Nord-Est algérien. Mémoire d'ingénieur, Univ Constantine. 236p.

- 📖 Dinulesco G. 1932. Sur la biologie d'un Chironomidae nouveau *Cardiocladius leoni* Goetghebuer et Dinulesco ordinairement confondu avec la mouche de Golubatz *Simulium columbacensis*. Diptera. Disponible sur www.cyclopaedia.fr/wiki/Cardiocladius consulté le 23/04/2016
- 📖 Dommanget, j-l. 1987. Inventaire de faune et de flore. (En ligne) Disponible www.libellules.org/fra/pdf/595_pagesdynadocs567836e6c68f4.pdf consulté le (06/04/2016)
- 📖 Djebnoui et Nouar, 2015. Contribution de l'étude des macroinvertébrés à la haute Seybouse .Mémoire Master. Univ Guelma .93p
- 📖 Engelhardt, W. 1998. Guide vigot de la vie dans les étangs, les ruisseaux et les mares. (En ligne) Vigot. France www.unitheque.com consulté le 10/4/2016
- 📖 Faessel, B. 1985, Les Trichoptères : données biologiques, éthologiques et écologiques. Clés de détermination larvaire des familles et des principaux genres de France. (En ligne) Bull. Fr. Pêche Piscic. 299 : 1- 41 Disponible sur www.kmae-journal.org/articles/kmae/pdf/1985/04/kmae198529901.pdf. Consulté le 15/4/2016
- 📖 Ghoudjil, A. & Aydoud, M. 2015. Structure des communautés de macroinvertébrés de la moyenne Seybouse. Mémoire de Master, Univ Guelma. 73p.
- 📖 Grac C. 1999, Bilan bibliographique de deux ordres de larves d'insectes aquatiques, les Epheméroptères et les Trichoptères : systématique, écologie, biologie et répartition. (En ligne). 39 p, www.eaureunion.fr/fileadmin/user_upload/.../ETUDE_00529.PDF Consulté le (04/03/2016)
- 📖 Grenier, M., 2007. Identification des communautés de référence de macroinvertébrés pour l'évaluation du niveau d'intégrité écologique des écosystèmes aquatiques : comparaison des approches a priori et a posteriori et proposition d'un indicemultivarié.(Enligne). www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco.../macroinvertébré/.../index.htm Consulté le 15/4/2016.
- 📖 Gretia .2009, invertébré continentaux des pays de la Loire. (En ligne). Société Française d'Odonatologiepp (337 -344) Disponible sur www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/.../PDF/.../Ephemeropteres.pdf Consulté le 13 avril 2016

- 📖 Haouchine, S. 2011, Recherches sur la faunistique et l'écologie des macroinvertébrés des cours d'eau de kabylie. Mémoire de Magister, Univ Mouloud Mammeri Tizi ouzou ,105p.
- 📖 Khettar, S. 2009, Etude des peuplements de macroinvertébrés et des conditions de milieu de l'oued El Hammam (W. Mascara et Saida). Mémoire de Magister, Univ. Houari Boumediene. 89 p.
- 📖 Le Doaré, J. 2006. Inventaire des Plécoptères de France : premier bilan. (En ligne). Insectes 26 n° 141: 25- 29 . Disponible sur www.bourgogne-nature.fr/fichiers/bn-9-10-018-026_1405083078.pdf Consulté le 20/04/2016
- 📖 Louamri, 2013. Le bassin versant de la Seybouse (Algérie orientale) : Hydrologie et aménagement des eaux .Thèse de doctorat en sciences. Univ Constantine. 300p
- 📖 Makhoukh, M., Sbaa, M., Berrahou, A., Van Clooster, M. 2011. Contribution à l'étude physico- chimique de l'oued Moulaya (Maroc oriental). (En ligne). Larhyss Journal n°9 pp 149-169 Disponible sur lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/Journal09/13.makhoukh.pdf. consulté le 15 mai 2016.
- 📖 Meziane, N. 2009, Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva. Mémoire de Magister, Univ Guelma. 162 p.
- 📖 Moisan, et al 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques D'eau douce du Québec. (En ligne). Disponible sur www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/guide.pdf consulté le 23/04/2016
- 📖 Mouchara, N. 2009, L'impact des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est algérien). Mémoire de Magister, Univ Annaba. 123p.
- 📖 Robert, A. 2007. The Helicopsychidae, a caddisfly family new to British Columbia (Insecta: Trichoptera). (En ligne) Disponible sur www.academia.edu/.../The_Helicopsychidae_a_caddisfly_family_ne..pdf consulté le (16/04/2016)
- 📖 Ruffoni, A. 2009, Les Plécoptères (*Insecta, Plecoptera*). (En ligne). Rev. sci. Bourgogne-Nature 18-26 P. Disponible sur www.bourgogne-nature.fr/.../bn-9-10-018-026_1405083078.pdf Consulté le 10 avril 2016

- 📖 Satha, H.2014, Evaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse. Mémoire de Master, Univ. Guelma. 111p
- 📖 Soualmia, I & Kebebsa, H.2013, Etude des macroinvertébrés de l'oued Seybouse. Mémoire de Master, Univ Guelma. 61p.
- 📖 Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2012. Invertébrés d'eau douce-Systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, Paris.
- 📖 - Thomas A.G.B et Gadea E, 1983. Ephéméroptères du Sud-Est de la France. II. Catalogue provisoire des espèces recensées. Extrait des Annales de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Toulon et du Var. N° 35: 151- 160.
- 📖 Touati L, 2008. Distribution spatio-temporelle des genres Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.
- 📖 Yalles, A.2008, Caractérisation du peuplement Odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse. Mémoire de Magister, Univ Guelma. 124p.
- 📖 Zerguine, K. 2010, Contribution à l'étude des Chironomidae (Diptera, Insecta) Des mares temporaires de la Numidie Orientale. Aspects de biologie, écologie et systématique. Thèse de doctorat, Univ Annaba. 31

Web photos

[1] <http://codexvirtualis.fr/codex/tag/plan-dorganisation/page/2pdf> (02/04/2016)

[2] ww.bourgogne-nature.fr/.../bn-9-10-018-026_1405083078.pdf (02/04/2016)

[3] ww.bourgogne-nature.fr/.../bn-9-10-018-026_1405083078.pdf (02/04/2016)

[4] ww.bourgogne-nature.fr/.../bn-9-10-018-026_1405083078.pdf (02/04/2016)

[5] ww.bourgogne-nature.fr/.../bn-9-10-018-026_1405083078.pdf (02/04/2016)

[6] www7.inra.fr/opie-insectes/pdf/i1411e-doare.pdf (16/04/2016)

[7] www.academia.edu/.../The_Helicopsychidae_a_caddisfly_family_ne.pdf
(16/04/2016)

[8] www.academia.edu/.../The_Helicopsychidae_a_caddisfly_family_ne.pdf
(16/04/2016)

[9] @ <http://www.faunaeur.org>.



Résumé

Résumé

Notre période d'étude qui s'est étalée du 19 décembre 2015 au 6 Avril 2016, nous a permis d'évaluer l'intégrité écologique des eaux de l'oued El Malleh et ses affluents.

Les analyses physico-chimiques ont révélé des eaux de bonne qualité excepté pour les phosphates où on a noté des eaux de qualité passable à l'oued El Malleh et l'Oued Hammam N'Bail.

L'approche biologique complémentaire par l'analyse des peuplements de macroinvertébrés a recensé 4754 individus répartis en cinq classes : Les insectes avec les principaux ordres (Ephéméroptères, les Diptères, les Trichoptères, les Hémiptères et les Odonates) les Crustacés, les Mollusques, les Nématodes et les Annélides.

L'application de l'indice biologique global normalisé (IBGN) indique des classes de qualité passable à médiocre avec des IBGN allant de 10 à l'oued El Malleh et Ghanem 1 , 12 à Ghanem 2 et une classe de qualité médiocre avec 7 comme IBGN à l'Oued Hammam N'Bail.

Abstract

Our study period which lasted four and a half months from December , 2015 to April , 2016, allowed us to evaluate the ecological integrity of the waters of wadi El Malleh and its tributaries.

The physico-chemical analyzes showed good water quality except for phosphates where there was water fair quality at Wadi El Malleh and Hammam N'ail. The additional biological approach by analyzing macroinvertebrate populations identified 4754 individuals divided into five classes: Insects with major orders (Ephemeroptera, Diptera, Trichoptera, Heteroptera and Odonata) crustaceans, mollusks, the nematodes and annelids.

The application of the standardized global biological index (IBGN) indicates the quality classes varying from fair to poor: 10 to Wadi El Malleh and Ghanem and 1, 12 to Ghanem 2 and a class of poor quality 7 in wadi Hammamm N'ail.

المخلص:

خلال فترة دراستنا التي امتدت من 19 ديسمبر 2015 إلى 6 افريل 2016، قمنا بدراسة بيئية لمياه واد المالح وفروعه.

وأظهرت التحاليل الفيزيوكيميائية نوعية المياه جيدة باستثناء الفوسفات حيث كان هناك المياه ذات النوعية المتوسطة في وادي المالح وادي حمام النبائل .

أما بالنسبة للدراسة البيولوجية المكملة التي درسنا فيها اللافقاريات ، تحصلنا على 4754 فرد تنقسم إلى خمسة فئات: الحشرات تحتوي هذه الأخيرة على (متغايرات الأجنحة ، ذوات الاجنحين ، شعريات الأجنحة، عمدية الأجنحة والرعاشات)، القشريات ، الرخويات، الديدان الخيطية والحقليات.

تطبيق IBGN العامل البيولوجي الشامل المتفق عليه أثبت إن نوعية مياه الوديان متوسطة إلى رديئة مع تراوح المؤشر من 10 بوادي الغانم 1 و واد المالح ، 12 غانم 2 وفئة من نوعية رديئة في واد حمام النبائل .

الكلمات المفتاحية: دراسة بيئية ، مؤشرات التلوث IBGN ، اللافقاريات.



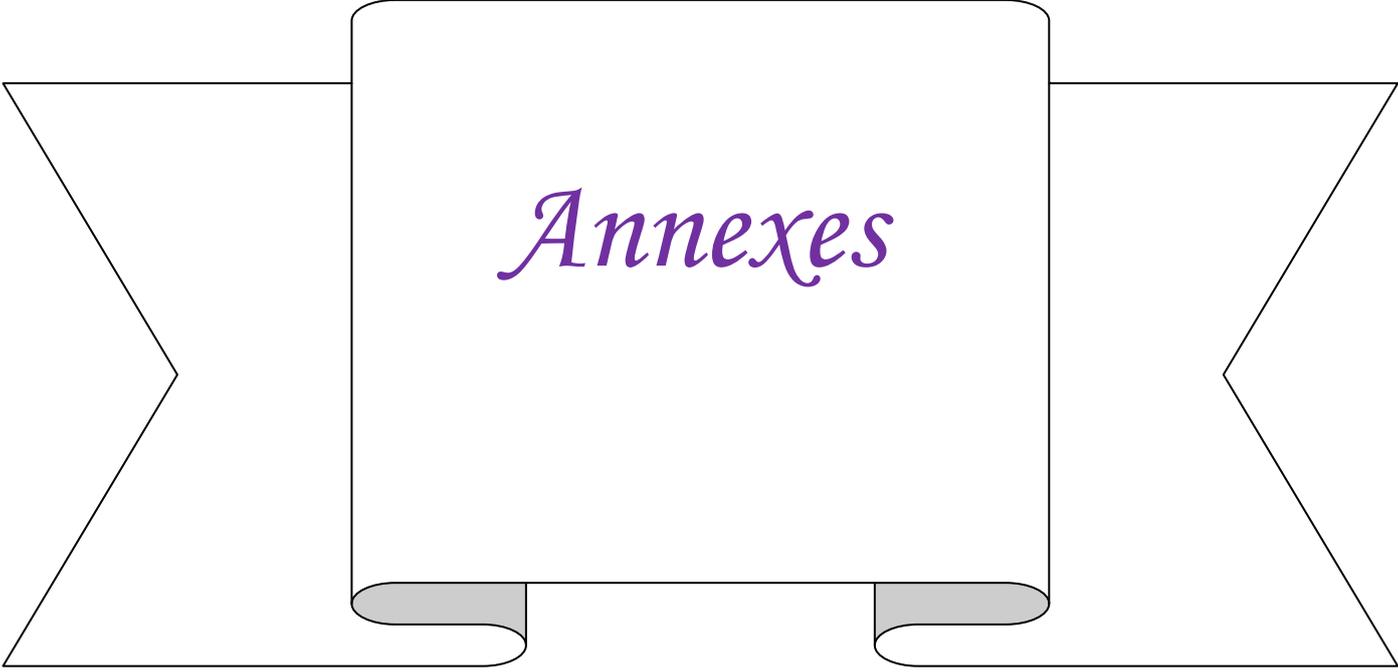
Glossaire

Glossaire

- **Atrium** : Chez les animaux hermaphrodites, cette cavité débouche dans les canaux génitaux mâle et femelle.
Chez les Dipneustes et les tétrapodes, l'atrium est cloisonné en deux oreillettes.
- **Dichoptique** : se dit d'une stimulation visuelle dans laquelle un dispositif permet de présenter séparément des stimulations différentes et simultanées dans les régions correspondantes des deux yeux.
- **Elytres** : Aile antérieure des coléoptères, fortement sclérifiée, pouvant former un étui sous lequel se replie l'aile postérieure et protégeant celle-ci.

Flagellomère : Partie de l'antenne située au delà du second article.
- **Hémimétaboles** : Ce sont des insectes dont la larve vit en milieu différent de l'adulte; ceci fait apparaître des adaptations à la vie, généralement aquatique : trachéobranches, masque, etc. La dernière mue est appelée métamorphose chez les arthropodes et insectes odonates.
- **Holométaboles** : Les insectes holométaboles ont un cycle de vie complexe, ils passent de l'état de larve à celui de nymphe, puis d'adulte. La morphologie, la physiologie et le mode de vie des larves diffèrent fortement de ceux des adultes. Les larves sont aptérygotes (sans ailes). Elles ne font que grandir sans changer de forme jusqu'au stade pré imaginal. Elles vont alors s'isoler au sein d'une chrysalide afin d'y effectuer leur métamorphose vers l'état adulte ou imago.
- **Holoptique** : *entomol.* « Dont les yeux sont contigus, ou presque contigus, à la partie supérieure; qui a Les yeux des Moucheron sont holoptiques chez les mâles.les yeux réunis sur la ligne médiane ».
- **Macrotriche** : Chez les Lépidoptères, plaquette microscopique recouvrant les ailes.
- **Microtriche** : Petite projection portant des microvillosités, située à la surface du tégument des Ténias. Les microtriches accroissent la surface disponible pour les échanges gazeux et peuvent s'interdigiter avec les microvillosités de l'intestin de l'organisme hôte
- **Oligotrophe** : se dit d'un milieu, généralement une masse d'eau, pauvre en nutriment

- **Péréipode:** C'est un terme qui sert à décrire les appendices céphalo-thoraciques des crustacés.
- **Plastron:** Ce sont des soies soudées par leurs extrémités ne permettent plus à l'interface air-eau de bouger
- **Podothèque:** Portion de la chrysalide qui enveloppe les pattes de l'insecte
- **Ptérothèque:** Etui à l'intérieur duquel l'aile se forme pendant la métamorphose des insectes exoptérygotes (ailes des insectes qui se forment à l'extérieur du corps)
- **Sclérotisé :** e, adj.[En parlant du tégument de l'insecte] ,Durci en aires définies par le dépôt ou la formation (...) de substances autres que la chitine
- **Sétigère :** (lat. *sætiger*), adj.« Qui porte une ou plusieurs soies ».
- **Scutellum:** Est une partie du thorax des insectes. Situé à la jonction des élytres chez les coléoptères, et entre les points d'insertion des ailes le scutellum (appelé aussi écusson ou mésoscutellum), de forme triangulaire ou arrondie, est un élément utilisé pour l'identification de nombreuses espèces.
- **Système pénien :** Le pénis appartient aux systèmes reproducteurs et urinaire masculins.
- **Tergite:** Plaques de chitine ou sclérite situées sur l'abdomen des arthropodes (chez les insectes on dit notum)



Annexes

Calendrier des sorties

Sorties	Date	Durée
Première	19/12/2015	8H- 14H
Deuxième	04/01/2016	8H- 14H
Troisième	21/01/2016	8H- 14H
Quatrième	07/03/2016	8H- 14H
Cinquième	09/03/2016	8H- 14H
Sixième	06/04/2016	8H- 14H

Fiche technique					
Date:	heure:				
Nom de la station:	Numéro de la station:		Coordonnées géographiques de la station:		
			Latitude:	Longitude:	Elevation:
Bassin versant:	Ville	Commune	Daira		
	Cours d'eau	Principal	Affluent		
Description de la station:	Végétation environnante: prendre des échantillons et constituer un herbier Ombrage/Ensoleillement: Substrat: Berge: Naturelle/Artificiel/Nue /Erodée ou non Occupation des sols à proximité de la station (côté droit et gauche à 50m):				
Anthropisation : (Modification du cours d'eau)		Prélèvement ou pompage irrigation): Présence de barrage Existence d'effluent domestique Existence d'effluent industriel Odeur de l'eau: Couleur de l'eau: Apparence de l'eau: apparition d'une pellicule huileuse, mousse,....			
Paramètres physiques	Largeur moyenne du lit de l'oued (m): Profondeur du lit (m) Surface échantillonnée (m ²): pH à mi profondeur Vitesse m/s				
Paramètres chimiques	Conductivité $\mu\text{s}/\text{cm}$ Température de l'eau (°C) Turbidité (NTU): Aspect de l'eau: a) Transparente: b) Assez claire c) Relativement turbide d) Turbide				

Tableau 1 : humidité moyenne (%)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	75,6	75	71,6	66	57,9	48,7	56,8	62,4	62,5	68,9	72,6	76,7	66,2
2003	76,5	75,7	73,7	75,1	72,4	56,7	49,4	47,4	69,8	67,8	73,3	75,6	67,7
2004	79,9	73,2	78,3	76,6	73,1	70,1	61,3	58,7	65,7	63,0	82	79,8	71,7
2005	80,4	78,7	76,8	76	67,8	62,8	58,5	61,1	69,4	74,4	68,5	79	70,9
2006	79,2	77	70,3	69,5	69,8	53,5	53,1	66	63,7	63,1	72,2	81,1	68,2
2007	78,4	76,3	80,3	78,8	71,2	66,9	55,9	58,2	67,4	78,7	78,9	80,1	72,6
2008	77,9	75,9	73,1	66,3	67,8	61,6	54,4	56,7	66,3	70	67,5	75,3	67,7
2009	78,9	71,4	73,1	77,6	72,8	56,9	52,7	60,5	75,8	76,5	76,8	75,5	70,4
2010	75,4	72,8	77,7	74,3	76,5	63,5	56,5	59,5	67,6	65,8	70,3	65	77,9
2011	79,9	77,3	74,4	72,1	69,8	68	58,1	54,3	67,2	75,4	76,5	79	71
2012	80,4	79,2	77,5	73,6	67	58,8	55,6	47,4	66,7	71,3	75,5	75,7	69,4
2013	76,5	73,8	70,9	72,2	68,6	58,4	59,6	62,4	73,7	69,4	73,2	81,1	70
2014	73	74,3	79	71	69,3	61,9	56,5	58,1	58,7	64,3	62,4	77,3	67,2
2015	74,4	75,9	73,3	71,8	67	59,4	57,3	61	67,4	71,5	81	79,4	70

Tableau 2 : Température moyenne (C°)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	8,6	10,7	13,0	15,8	20,0	25,6	26,9	26,7	23,3	19,7	15,5	11,9	18,2
2003	10,1	9,1	12,3	15,6	19,0	26,6	29,7	29,7	23,5	21,2	14,6	10,1	18,5
2004	9,9	11,6	12,8	14,2	16,3	22,5	26,1	27,6	23,3	21,2	12,8	11,1	17,5
2005	7,7	7,8	12,4	15,5	20,2	24,7	27,3	25,7	23,0	20,0	14,8	9,8	17,5
2006	8,6	9,9	13,2	17,2	21,6	25,3	27,8	26,2	23,3	21,1	15,3	11,1	18,4
2007	10,2	11,6	11,4	15,4	18,9	24,0	26,9	26,8	23,2	19,0	12,6	9,7	17,5
2008	9,4	10,0	11,7	15,4	19,8	23,0	27,7	27,5	23,8	19,8	13,7	10,1	17,7
2009	10,0	9,9	11,8	13,8	19,9	23,9	28,5	27,5	22,5	18,2	14,2	12,8	18
2010	10,5	11,8	12,6	16,1	18,0	22,4	27,1	26,6	23	19,2	15,0	11,8	17,9
2011	10,0	9,6	12,5	16,4	19,1	22,7	26,8	27,3	24,2	18,6	15,2	10,8	17,8
2012	9,1	7,2	12,5	15,4	19,2	26,4	28,2	29,1	24	20,5	16,0	10,9	17,9
2013	9,8	9,1	13,9	15,6	18,2	21,9	27	26,2	23,4	22,3	14,4	10,0	17,7
2014	11,1	11,1	11,4	15,5	18,7	24,1	26,4	27,4	26,2	21,4	17,2	11,3	18,5
2015	10,1	9,2	12,7	15,5	20,1	24	28	28,1	24,3	20,3	14,6	10,4	18,1

Tableau 3 : Vent Moy (m/s)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	1,2	1,6	1,9	2,5	2,1	2,0	2,1	2,0	1,8	1,6	2,9	2,3	2,0
2003	3,4	2,4	1,3	2,0	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,4	1,4	2,3	1,9
2004	1,9	1,9	1,6	2,3	2,4	1,7	1,7	1,5	1,6	1,0	1,5	1,9	1,7
2005	2,1	2,7	1,8	2,2	1,6	1,9	1,9	2,0	1,7	0,9	1,9	1,7	1,9
2006	1,7	1,9	2,4	2,0	1,7	2,3	1,7	1,9	1,8	1,3	1,3	1,2	1,8
2007	0,9	2,2	2,5	1,6	1,9	1,9	1,9	2,0	2,1	1,8	1,4	1,8	1,8
2008	1,1	1,0	2,6	2,3	2,1	1,9	1,9	1,5	1,4	1,7	2,4	2,2	1,9
2009	1,9	Mq	Mq	2,1	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	0,1	2,3	1,7
2010	Mq	Mq	Mq	1,4	1,6	1,6	1,7	1,4	1,5	1,6	1,9	1,4	1,6
2011	0,7	1,6	1,8	1,9	1,8	1,6	1,8	1,4	1,4	1,2	1,6	1,9	1,6
2012	1,5	2,4	1,4	2,0	1,5	1,8	2,1	1,4	1,4	1,4	1,1	1,3	1,8
2013	2,2	2,6	2,3	1,8	2,0	2,0	1,6	1,9	1,1	1,0	2,6	1,3	1,9
2014	2,2	1,3	2,2	2,0	1,6	1,8	1,7	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	1,8
2015	Mq	1,5	1,0	1,3									

Mq = données marquantes

Tableau 4 : température moyenne minimale (C°)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	2,6	4,5	6,2	8,1	11,2	15,4	19,0	19,9	16,8	12,8	10,8	7,1	11,2
2003	5,6	4,2	5,7	9,1	11,8	17,0	20,8	20,9	17,9	16,0	9,3	5,4	12,0
2004	5,1	5,1	7,1	8,1	9,8	14,5	17,3	19,4	16,1	13,6	8,2	7,4	11,0
2005	2,8	3,4	6,7	9,7	11,3	16,3	18,9	18,1	16,0	13,4	9,0	5,3	10,9
2006	4,7	5,0	6,0	9,9	14,5	16,2	18,8	19,2	16,0	13,8	9,1	6,8	11,7
2007	4,4	6,1	6,0	9,8	10,9	16,7	17,2	18,5	17,0	14,3	7,4	5,3	11,2
2008	3,4	3,3	5,3	7,6	12,8	14,9	19,3	19,4	17,8	13,8	8,1	5,5	11,0
2009	5	5,2	5,6	8,4	11,9	14,0	18,9	19,3	16,7	12,9	8,7	7,5	11,4
2010	6,0	6,1	6,1	9,9	10,4	14,0	17,7	18,5	16,5	12,7	10,1	6,1	11,2
2011	5,2	4,5	6,5	9,3	11,4	14,5	18,6	18,2	17,2	12,8	10,6	6,1	11,3
2012	3,8	2,5	6,0	8,7	10,3	17,0	19,6	19,5	17,4	14,5	10,8	5,2	11,3
2013	4,7	4,1	7,9	8,7	10,9	16,7	18,2	18,4	18,7	15,6	10,2	4,9	11,6
2014	6,2	4,8	6,6	7,5	10,6	14,9	17,1	19,3	18,2	14,7	10,8	7,1	11,5
2015	5,1	5,1	6,9	7,5	11,5	11,5	18,2	20,1	18,4	14,9	10,1	3,7	11,4

Tableau 5 : précipitations totales (mm)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	31,6	66,4	15,3	32,3	12,4	3,6	10,2	45,9	27,1	30,2	120,2	108,6	503,8
2003	238,3	104,6	19,9	187,6	41,9	0,0	0,0	0,2	72,0	48,6	25,1	200,3	938,5
2004	86,8	9,7	71,1	82,6	88,2	93,3	0,1	4,1	41,6	20,3	177,1	129,9	804,8
2005	69,8	97,5	64,3	85,7	5,3	19,4	3,0	5,3	11,0	17,4	17,1	145,2	541,0
2006	140,1	76,7	42,7	14,2	43,0	1,3	4,5	12,6	12,3	12,8	28,6	89,5	478,3
2007	33,5	43,7	215,9	94,4	17,4	28,3	3,5	0,8	63,9	84,2	64,7	72,7	723,0
2008	16,6	11,5	91,8	22,3	53,5	14,8	5,9	4,3	29,5	25,4	70,5	35,7	381,8
2009	160,4	67,1	98,0	134,2	88,9	0,3	7,9	49,3	140,3	58,7	22,6	62,6	890,3
2010	102,6	27,1	60,7	46,4	53,5	23,5	0,8	10,0	23,4	69,8	147,9	48,4	614,1
2011	30,3	148,5	78,6	42,1	62,0	29,5	1,2	1,3	18,6	178,3	40,5	80,1	711,0
2012	82,8	141,4	89,0	51,6	4,7	1,8	1,3	25,1	65,3	38,7	34,9	34,4	571,0
2013	90,7	107,9	64,9	42,0	14,5	1,2	6,2	54,8	54,1	34,2	122,6	37,5	630,6
2014	56,5	484	139,5	4,4	37,0	12,7	0,5	1,7	7,1	29,3	14,1	159,7	511,7
2015	131,1	152,0	94,9	3,7	28,4	2,2	4,7	18,5	41,3	75,1	115,9	0,8	668,6

Tableau 6 : température moyenne maximale (C°)

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Annuel
2002	16,0	18,5	20,4	23,8	28,7	35,2	35,1	35,1	30,8	28,0	20,5	17,5	25,8
2003	14,6	14,3	19,3	22,2	26,4	35,4	38,6	38,9	30,6	27,5	21,1	15,7	25,4
2004	15,9	18,9	19,4	20,7	23,3	30,4	35,1	37,2	31,5	30,6	18,5	15,5	24,8
2005	13,2	12,8	19,4	22,2	29,1	32,9	36,3	34,2	31,1	28,5	22,1	15,5	24,9
2006	13,6	15,6	21,1	25,1	29,7	34,8	36,6	34,5	32,0	30,0	22,8	17,0	26,1
2007	18,4	17,9	18,1	22,0	27,1	32,5	36,8	36,4	31,7	25,6	19,3	15,5	25,2
2008	17,5	18,2	19,2	23,8	28,0	31,4	36,7	37,1	31,9	27,7	20,6	15,9	25,7
2009	15,4	15,0	18,9	19,6	28,0	33,0	38,4	36,8	29,5	24,5	21,4	19,2	25,2
2010	16,2	18,4	20,5	23,1	25,8	31,1	36,6	36,1	31,2	27,6	20,8	18,6	25,5
2011	16,9	15,7	19,4	24,3	26,6	31,1	36,0	37,2	32,5	25,8	21,3	17,2	25,4
2012	15,5	13,1	20,1	22,6	28,4	36,2	37,2	39,6	32,3	27,9	23,1	17,8	26,2
2013	16,1	15,4	20,8	23,6	26,0	30,6	36,4	35,0	30,3	31,1	19,7	16,9	25,2
2014	17,2	18,8	16,9	24,4	27,3	33,3	35,6	36,8	35,1	29,6	25,0	16,4	26,4
2015	16,2	13,8	19,0	24,3	28,9	32,6	37,8	36,9	31,7	27,3	20,4	19,9	25,7

I) Méthodes d'analyses des différents paramètres physico-chimiques

I.1. Dosage de l'ammonium: Méthode spectrométrique manuelle ISO 7150/1-1984 (F)

Principe :

Mesurage spectrométrique du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et Hypochlorite en présence de nitrosopentacyanoferrate (III) de sodium (nitroprussiate de sodium) .

Réactifs :

1-Eau exempte d'ammonium.

2-**Réactif coloré (Réactif I):** Peser 13g + ou- 1g de salicylate de sodium, 13g +ou- 1g de citrate trisadiquedihydraté et 0,097g de sodium nitropentacyanoferrate (III) dihydraté à dissoudre dans 100 ml d'eau distillée . Conserver dans un récipient en verre brun . Cette solution est stable pendant 2 semaines.

3-**Dichloroisocyanurate de sodium (Réactif II):** prendre 3,2g d'hydroxyde de sodium dans 50 ml d'eau distillée, + 0,2g +ou- 0,002g de dichloroisocyanuratedihydraté . Dissoudre dans 100 ml d'eau distillée. Conserver dans un récipient en verre brun.

4- **Solutions étalons** :chlorures d'ammonium $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ou le sulfate d'ammonium

Etalonnage :

Courbe d'étalonnage :

S fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	25	40
E.D (ml)	50	49	47,5	45	25	10
Réactif I (ml)	4	4	4	4	4	4
Réactif II (Coloré) (ml)	4	4	4	4	4	4
Attendre 1h 30min						
$[\text{NH}_4]$ enmg/l	0	0,02	0,05	0,1	0,5	0,8

Préparation de l'échantillon : prendre 40 ml d'échantillon dans une fiole de 50 ml, ajouter 4 ml(réactifI) . ; puis ajouter „4 ml de la solution de réactif II , compléter la fiole jusqu'à la jauge, Attendre 1h30min ,L'apparition de la couleur vert indique la présence de l'ammonium
effectuer la lecture à 655 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l .

I.2. Dosage des ions nitrites: Méthode spectrométrique ISO 5667

1-PRINCIPE

Les ions nitrites réagissent en milieu acide (PH=1,9) avec la sulfanilamide en formant sel de di-azonium (diazotation) qui forme avec le N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté un colorant azoïque rouge.

3- REACTIFS :

-Solution du réactif :

20g de Sulfamide, (C₆H₈N₂O₂S) a dissoudre dans un mélange de **50ml** d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% de masse) et **250 ml** d'eau distillée.

Dans cette solution dissoudre **1g de** N-(1-naphtyl)-éthylènediamine-dichlorohydraté (C₁₂H₁₆CL₂N₂)

Compléter avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée à un volume de **500ml**, cette solution est stable pendant un mois si elle est gardée à l'obscurité (bouteille en verre marron bien fermée) et 4⁰ C au frigo.

-Solution d'acide phosphorique :

Dans une fiole jaugée de 250 ml, dissoudre 25 ml d'acide phosphorique (d=1,71g/ml=85% en masse) dans 150ml d'eau distillée. Après refroidissement à la température ambiante, on complète à l'eau distillée à 250ml.

-Solution standard de 100 mg/l

Dissoudre **0,4926g ± 0,0002** de Nitrites de Sodium (NaNO₂), sécher pendant 2 heures à

105⁰ C dans 750 ml d'eau distillée compléter à 1L.

1ml=100gr= 0,1mg de NO₂-N. Cette solution est stable pendant 1 mois à l'obscurité et à 4⁰c.

4- PRELEVEMENT ET PREPARATION DES ECHANTILLONS.

Conserver l'échantillon à 4⁰C et effectuer le dosage dans les six heures qui suivent le prélèvement. En cas d'impossibilité, ajouter une goutte de chloroforme à l'échantillon.

Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre.

Courbe d'étalonnage :

\$ fille 1 mg/l	0	1	2,5	5	7,5	10
Eau distillée (ml)	50	49	47,5	45	42,5	40
Réactif Mixte (ml)	1	1	1	1	1	1
Attendre 10 mn						
[NO ₂ ⁻] mg/l	0	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2

5- MODE OPERATOIRE :

Prendre 50 ml d'eau à analyser, - Ajouter 1 ml du réactif mixte. Attendre 10mn.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

I.3.Dosage des nitrates NO_3^- méthode au salicylate de sodium**1-Principe :**

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

2-Réactifs :

* Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).
0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

* Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.
30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

* H_2SO_4 concentré.

* Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

Solution mère d'azote d'origine nitrique à 1000 mg/l.

* Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

Solution fille d'azote d'origine nitrique à 5 mg/l..

4-Courbe d'étalonnage.

N° de capsule	B	I	II	III	IV
\$ étalon 5 mg/l.	0	1	2	5	10
Eau distillée	10	9	8	5	0
\$ de salicylate de Na	1	1	1	1	1
Correspondant en mg/l de N nitrique	0	0.5	1	2.5	5

-5-Mode opératoire

-Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

-Ajouter 2 à 3 gouttes de NaOH à 30 %.

-Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

-Evaporer à sec au bain marie ou à l'étuve 75 - 88° C.

(ne pas surcharger ni surchauffer très longtemps) laisser refroidir.

-Reprendre le résidu avec 2 ml. H_2SO_4 laisser reposer 10 mn.

- Ajouter 15 ml d'eau distillée.
- Ajouter 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium

-6-Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l à une longueur d'onde de 415 nm.

I.4.Détermination des phosphates PO₄³⁻ ISO : 6878

1.Principe : Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium.

Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption (l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm).

2.Réactifs :

2.1 Réactif- mélange :

- A- 13 g d'heptamolybdate d'ammonium qsp 100 ml H₂O distillée.
- B- 0.35 g de tartrate d'antimoine qsp 100 ml H₂O distillée.
- C- 150 ml d'acide sulfurique concentré qsp 300 ml H₂O distillée.
- Mélanger (A + C) + B = 500 ml (Stable pendant deux mois).

2.2 Acide ascorbique : - 10 g Acide ascorbique qsp 100 ml H₂O distillée. .

4. solution mère d'orthophosphate à 50mg/l PO₄³⁻ :

A partir de K₂HPO₄ dipotassium hydrogène phosphate préalablement séché pendant 2 heures

A 105 °c

- K₂HPO₄.....0,281g
- Eau Distillée.....1000 ml
- H₂SO₄ 4,5 N10 ml

A partir de solution d'acide sulfurique 9mol/l (50% eau + 50% H₂SO₄)

Prélever un volume de cette solution et diluer à 50%

Solution fille à 2 mg/l PO₄³⁻

20 ml de la solution à 50mg/l dans une fiole de 500 ml et compléter au volume ,par l'eau distillée

5. Gamme d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
S.fille à 2.0 mg/l P	0 ml	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8
Qsp 40 ml eau distillée	40 ml	40	40	40	40	40
Mg/l de P	0.0	0,0015	0,03	0,06	0,120	0,240
Mg/l de PO₄³⁻	0.0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Formule : $P \times 3.06 = PO_4^{3-}$						
Acide ascorbique	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Réactif – mélange	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml

3.Mode opératoire :

- Prendre 40 ml d'eau à analyser
- 1 ml d'acide ascorbique
- Ajouter 2 ml du réactif-mélange
- attendre 10 mn.

L'apparition de la coloration bleue indique la présence des PO₄³⁻.

Longueur d'onde λ à 700 ou 880 nm

6. Expression des résultats : Le résultat est donné directement en mg/l.

I.5.Matières en suspension (MES)

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

Matériel utilisé:

- ✓ Dispositif de filtration
- ✓ Disque de filtration : Papier en fibre de verre /Papier Watman 47mm de diamètre

Mode opératoire:

- 1- Peser les disques après passage au dessiccateur
- 2- Le mettre en place sur le dispositif de filtration, mettre en service le dispositif et verser 200 ml de l'échantillon(V) sur le filtre
- 3- Sécher le disque de filtration à 105°C pendant 20mn
- 4- Laisser refroidir et peser

Expression des résultats: La teneur de l'eau en MES est exprimée en (mg/l) et est donnée par l'expression suivante

$$\text{MES (mg/l)} = (P2 - P1) \times 5 \times 1000$$

1-Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	368	424	1232	978	339	1623
Oued Ghanem 01	1219	1808	499	936	693	718
Oued Ghanem 02	1605	1192	748	1024	1150	931
Hammem nbail	289	616	845	1496	147	1256

2-Salinité :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	2,8	2,1	0,4	1	1,6	0,6
Oued Ghanem 01	0,4	0,4	1,2	0,2	0,1	0,1
Oued Ghanem 02	0,6	0,7	0,1	0,3	0,3	0,2
Hammem nbail	1,4	3	0,2	0,6	0,7	0,4

3- Oxygène (%) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	92,5	66,5	62	65,8	80,3	62,2
Oued Ghanem 01	78,4	52,2	71,2	71,6	80,5	65,8
Oued Ghanem 02	80,6	64,4	66,4	76,7	89,3	65,2
Hammem nbail	70,5	53,2	64,6	68,7	60,2	61

4- Oxygène (mg/l) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	10,03	7,09	7,07	7,29	8,03	6,21
Oued Ghanem 01	7,61	5,20	7,27	7,16	8,59	6,30
Oued Ghanem 02	8,51	6,25	6,66	7,61	8,93	6,24
Hammem nbail	7,13	4,75	6,98	6,87	6,02	5,58

5-Température ($^{\circ}\text{C}$) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	11,8	12,6	10,7	10,2	11,1	17,3
Oued Ghanem 01	13,8	11,9	9,9	12,7	9,4	14,8
Oued Ghanem 02	13,4	15,1	11,9	13,7	12,2	15,8
Hammem nbail	13,3	16,04	11,9	13,9	12,8	16,2

6- Vitesse (cm/s) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	0,5	0,83	0,67	0,28	1,11	0,83
Oued Ghanem 01	0,43	0,45	0,5	0,44	0,59	0,90
Oued Ghanem 02	0,37	0,26	0,67	0,36	0,54	0,67
Hammem nbail	0,45	0,36	0,33	0,63	0,55	0,86

7- Profondeur (cm) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	30,33	33,5	36,67	42,33	63	75,5
Oued Ghanem 01	46	55	39,33	34,33	54,33	68
Oued Ghanem 02	18	26,1	23	31,5	37,5	28
Hammem nbail	13,3	11,33	17	22	24,33	24

8- Largeur moyenne (m) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	10,36	11,21	15,33	13,50	15,63	20
Oued Ghanem 01	6,9	7,7	8,20	11	13,44	14,33
Oued Ghanem 02	5,93	9,06	12,20	10	14,60	16,9
Hammem nbail	3,43	4,44	4,93	5,33	6	6,90

9- PH :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	9,29	8,05	8,65	8,24	8,15	8,49
Oued Ghanem 01	8,58	10,88	8,70	8,29	8,26	8,29
Oued Ghanem 02	8,59	9,55	8,30	8,30	8,48	8,42
Hammem nbail	7,70	8,84	8,01	8,50	8,16	8,32

10- Turbidité (NTU) :

Station \ mois	Décembre	Janvier-01	Janvier -02	Février-01	Mars-01	Avril-01
Oued al maleh	6,45	3,20	79,2	33,3	13,7	44,9
Oued Ghanem 01	7,68	2,12	116	6,09	242	32,3
Oued Ghanem 02	1,40	2,36	688	8,01	64,8	47,6
Hammem nbail	0,50	3,53	136	13	492	78,7

11- Les nitrites :

Station \ mois	Janvier -02	Février-01	Avril-01
Oued al maleh	0,03	0,03	0,072
Oued Ghanem 01	0,02	0,06	0,015
Oued Ghanem 02	0,02	0,04	0,066
Hammem nbail	0,04	0,11	0,706

12- Les nitrates :

Station \ mois	Janvier -02	Février-01	Avril-01
Oued al maleh	0,786	2,786	0,827
Oued Ghanem 01	0,548	0,545	0,788
Oued Ghanem 02	1,780	1,780	1,721
Hammem nbail	1,612	1,612	1,462

13- L'ammonium :

Station \ mois	Janvier -02	Février-01	Avril-01
Oued al maleh	0,19	0,17	0,034
Oued Ghanem 01	0,12	0,09	0,106
Oued Ghanem 02	0,28	0,77	0,420
Hammem nbail	0,96	0,23	0,028

14- Les Ortho phosphates :

Station \ mois	Janvier -02	Février-01	Avril-01
Oued al maleh	0,92	0,207	0,05
Oued Ghanem 01	00	0,362	0,046
Oued Ghanem 02	00	0,182	0,17
Hammem nbail	0,29	0,596	0,38

15- Les matières en suspension (mg/l) :

Station \ mois	Février-01	Avril-01
Oued al maleh	9,5	65,5
Oued Ghanem 01	292	73,5
Oued Ghanem 02	54,2	73
Hammem nbail	301,5	65,5