

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique Et Populaire
وزارة للتعليم 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 et Sciences de la Terre et de l'Univers



16 / 14210

Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : Science Biologique
Spécialité : Biodiversité et écologie des zones humides
Département : Ecologie et Génie de l'Environnement

Thème :

Cartographie et évaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse et ses affluents

Présenté par : Boughida Radhwane

Babes Islem

Devant le jury composé de :

Président:	Ibn Cherif Hayet	(MCB)	Université Guelma
Examinatrice:	Ouchtati Nadia	(MCB)	Université Guelma
Encadreur:	Satha Yalès Amina	(MAA)	Université Guelma

Juin 2016

Remerciements



On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination. Les cinq années qu'on a passé à l'université nous ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple. Ce parcours, en effet, ne s'est pas réalisé sans défis et sans soulever de nombreuses questions pour lesquelles les réponses nécessitent de longues heures de travail.

- ❖ *Nous tenons à la fin de ce travail à remercier « Allah » le tout puissant de nous avoir donné la foi et de nous avoir permis d'en arriver là.*
- ❖ *Nos remerciements vont également à nos parents pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis pour nous permettre de suivre nos études dans les meilleures conditions possibles et n'avoir jamais cessé de nous encourager tous au long de nos années d'études.*
- ❖ *Nous remercions infiniment notre encadreur madame **Sathia Yalles Amina** dont la disponibilité, le savoir-faire et le soutien ne nous ont jamais fait défaut.*
- ❖ *Sans oublier de remercier Mr. **Boudjahem Faycel** directeur de la station d'épuration de **Guelma** qui nous a permis de faire nos analyses physico-chimiques, et madame. **Bahia Houria** et le jeune **Mehdi** du labo pédagogique de bio-chimie.*
- ❖ *Enfin, nous remercions tous les professeurs de la faculté de **SNVTU** de l'université de **8 mai 1945 Guelma**.*

A tous ceux que nous avons omis de citer.....

Dédicace

Je dédie ce mémoire à

Mes parents

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier qu'il trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent.

Mes tantes, en témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous, vous êtes toujours dans mon cœur

Mes frères qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs de l'Université qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

A mes chers amis, avec qui j'ai passé des moments et des années inoubliables

A mes chers collègues

Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées, vous êtes pour moi des frères, sœurs et des amis sur qui je peux compter.

A toute personne que je connais et que j'aime...

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes parents

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit. Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien

باركائكم.

A mon frère Adel

Les mots ne suffisent guère pour exprimer l'attachement, l'amour et l'affection que je te porte.

Mon ange gardien et mon fidèle compagnon dans les moments les plus délicats de cette vie mystérieuse.

Je te dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

A mon très cher petit frère Nazim

Mon cher petit frère présent dans tous mes moments d'examens par son soutien moral et ses belles surprises sucrées.

Je t'exprime à travers ce travail mes sentiments de fraternité et d'amour.

Sans oublier mes très chers amis Chouaib Zouai et Abdallah Bouafia, et tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé durant toute la période de mon travail...

Liste des acronymes

ABH: Agence des bassins Hydrographiques.

CET : Les centres d'enfouissement technique qui ont été construits avec l'assistance technique et financière du MATE.

MATE : Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement.

QGIS : Quantum geographic information system.

ADE: Algérienne des eaux.

STEP : Station d'Épuration des Eaux Usées.

AFNOR: Association française de normalisation.

CSM: Constantinois, Seybouse, Mèllegue.

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: Indice Biologique Global Normalisé.

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).

S: Seconde.

ONA: Office national d'assainissement.

SWIM-SM: Sustainable water integrated Management Support Mechanism.

Liste des figures

Figure 1 : Position du bassin-versant de la Seybouse en Algérie.....	04
Figure 2: Une présentation des Sous-Bassins de la Seybouse et les sept Willaya qu'ils couvre.....	05
Figure 3 : Présentation détailler des Sous-Bassins de la Seybouse et nos stations d'études.....	06
Figure 4: Le réseau hydrographique du bassin- versant de la Seybouse.....	12
Figure 5 : Les ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse.....	14
Figure 6 : Mobilisation des eaux superficielles dans le bassin-versant de la Seybouse.....	16
Figure 7: Le couvert végétal dans le secteur de la Seybouse maritime.....	19
Figure 8 : Carte des formations forestières.....	20
Figure 9: Les différentes sources de pollution dans la wilaya de Guelma.....	24
Figure 10 : Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2015).....	26
Figure 11: Evolution des températures moyennes de la station de Guelma (2002-2015).....	27
Figure 12: Evolution de l'humidité relative moyennes mensuelles de l'air à la station de Guelma (2002-2015).....	28
Figure 13: Courbe d'évolution moyenne mensuelle de la vitesse des vents à la station Guelma (2002-2015).....	29
Figure 14 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la ville de Guelma.....	30
Figure 15 : Situation de la région de Guelma dans climagramme d'Emberger (2002-2015).....	31
Figure 16 : Localisation des stations d'étude dans le Bassin versant de la Seybouse.....	34
Figure 17 : Emplacement des stations d'études dans la willaya de Guelma en rose (QGIS).....	35
Figure 18 : Ephéméroptère adulte vue latérale.....	40
Figure 19 : Ephéméroptère adulte vue ventrale.....	40
Figure 20 : Larve vue latérale, vue dorsale et la tête.....	41
Figure 21 : Vue dorsale (ailes replier) d'un plécoptère	43
Figure 22 : Vue dorsale (ailes ouvert) d'une plécoptères (Famille des Perlidae).....	43
Figure 23 : Vue dorsale d'une larve de plécoptères.....	44
Figure 24 : Vue latérale d'un adulte de plécoptères.....	45
Figure 25 : Vue dorsale d'un adulte de plécoptères.....	45
Figure 26 : Vue latérale d'une larve et nymphe de trichoptères.....	46
Figure 27 : A droite : Larves de diptères de la famille des Simuliidae et à gauche son adulte.....	48
Figure 28 : Morphologie générale des larves et nymphes de différentes familles de diptères.....	49
Figure 29 : Schéma de la morphologie d'adultes de diptères.....	50
Figure 30 : Morphologie d'une larve de diptère de la famille de Chironomidae.....	52
Figure 31 : Morphologie d'une larve de Simuliidae.....	54
Figure 32 : Morphologie d'une larve de diptère de la famille des Tipulidae.....	56

Figure 33: Représente un adulte de coléoptères de la famille des Dytiscidae à Gauche et Noteridae Droite.....	57
Figure 34 : Morphologie d'une larve de coléoptère de la famille de Dytiscidae.....	57
Figure 35 : Morphologie d'une larve de coléoptère de la famille de Gyrimidae.....	57
Figure 36 : Morphologie générale des adultes de coléoptères	58
Figure 37 : Différences morphologiques des adultes et larves d'odonates.....	59
Figure 38 : les différences morphologiques entre la larve d'anisoptères et de Zygoptères.....	60
Figure 39 : Les différences morphologiques entre l'adulte d'Anisoptères et de Zygoptères.....	61
Figure 40 : Morphologie générale de l'ordre Hémiptères.....	63
Figure 41 : Morphologies des différentes familles de Gastéropodes.....	65
Figure 42 : Différentes familles de Bivalves de différentes morphologies.....	66
Figure 43: Représente la forme d'un Amphipode.....	68
Figure 44 : Représente la forme d'un Oligochète.....	71
Figure 45 : Les deux type de courant (a : laminaire et b : turbulent).....	75
Figure 46 : Les variations mensuelles de la température de l'eau dans quatre stations étudié.....	88
Figure 47 a) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (en mg/l) dans les quatre stations étudiées	89
Figure 47 b) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (en %) dans les quatre stations étudiées.....	89
Figure 48 : Les variations mensuelles de PH dans les quatre stations étudiées.....	90
Figure 49 a) : Les variations mensuelles de la conductivité électrique dans les quatre stations étudiées.....	91
Figure 49 b) : Les variations moyennes de la conductivité électrique dans les quatre stations.....	91
Figure 50 : Les variations mensuelles de la salinité dans les quatre stations.....	92
Figure 51 : Les variations mensuelles de turbidité dans les quatre stations.....	92
Figure 52 : Les variations mensuelles des nitrites dans les quatre stations.....	94
Figure 53 : Les variations moyennes des nitrites dans les quatre stations.....	94
Figure 54: Les variations mensuelles d'ammonium dans les quatre stations.....	95
Figure 55 : Les variations mensuelles moyennes d'ammonium dans les quatre stations.....	95
Figure 56 a) : Variation de l'azote minérale globale au niveau de Hlia Amont.....	96
Figure 56 b) : Variation de l'azote minérale globale au niveau de Hlia aval.....	96
Figure 56 c) : Variation de l'azote minérale globale au niveau Nador.....	97
Figure 56 b) : Variation de l'azote minérale globale au niveau Bradaa.....	97
Figure 57: Les variations mensuelles des Orthophosphates dans les quatre station.....	98
Figure 58 : Les variations mensuelles des Orthophosphates dans les quatre stations.....	98
Figure 59 : Variation de la demande chimique en oxygène DCO.....	99
Figure 60 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébé.....	102

Figure 61 : Abondance relative des familles d'Ephéméroptères par rapport à l'ordre.....	103
Figure 62 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre.....	104
Figure 63 : Abondance relative des familles de Trichoptères par rapport à l'ordre.....	104
Figure 64 Abondance relative des familles de Coléoptères par rapport à l'ordre.....	105
Figure 65 Abondance relative des familles d'Hétéroptères par rapport à l'ordre.....	106
Figure 66 : Abondance relative des Familles des crustacés par rapport à la classe.....	107
Figure 67 : Abondance relative des Familles de Mollusques par rapport au sous-Ordre.....	107
Figure 68 : Abondance relative des Familles d'Annélides par rapport au sous-Ordre.....	108
Figure 69 : Abondance relative de chaque ordre par rapport à l'effectif total.....	108
Figure 70 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Helia Amont.....	115
Figure 71 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Helia Aval.....	115
Figure 72 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Nador.....	116
Figure 73 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Bradaa.....	116
Figure 74 : Richesse spécifiques des stations d'étude pour chaque sortie.....	117
Figure 75 : Richesse spécifiques moyenne de chaque station d'étude.....	117
Figure 76 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Helia Amont.....	118
Figure 77 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Helia Aval.....	119
Figure 78 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Nador.....	119
Figure 79 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Nador.....	120
Figure 80 : Représentation de la qualité d'oxygène sur les 4 station.....	128
Figure 81 : Représentation de la qualité des Nitrites sur les 4 station.....	129
Figure 82 : Représentation de la qualité d'ammonium sur les 4 station.....	130
Figure 83 : Représentation de la qualité des ortho phosphates sur les 4 station.....	131
Figure 84 : Représentation de la qualité de la DCO sur les 4 station.....	132
Figure 85 : Représentation de la qualité des 4 station selon l'IBGN.....	133

Liste des photos

Photo 1 : Oued Helia amont.....	32
Photo 2 : Oued Helia aval.....	32
Photo 3 : Oued Hammam Bradaa.....	33
Photo 4 : Oued Nador.....	33
Photo 5 : Image prise par google earth de la station de Helia amont.....	36
Photo 6 : Image prise par google earth de la station de Helia aval.....	36
Photo 7 : Image prise par google earth de la station de Nador.....	37
Photo 8 : Image prise par google earth de la station de Hammam Bradaa.....	37
Photo 9 : Rejets des déchets domestique dans le cours d'eau de Bradaa.....	38
Photo 10 : Elevage de bétail dans la station de Helia aval.....	38
Photo 11 : Des vastes terres agricoles le long du cours d'eau de Nador.....	39
Photo 12 : Des terres agricoles le long du cours d'eau de Helia aval.....	39
Photo 13 : Hémiptères de la famille de Gerridés, espèce de <i>Limnopus dissortis</i>	62
Photo 14: Un multiparamètre	77
Photo 15: PH mètre a électrode	78
Photo 16 : Turbidimètre	79
Photo 17: Echantillonnage sur terrain.....	83
Photo 18: Identification des macroinvertébrés.....	84

Liste des tableaux

Tableau 1 : Données sur le réseau hydrographique des bassins-versants aux stations Hydrométriques.....	11
Tableau 2 : Principaux barrages dans le bassin de l'oued Seybouse.....	15
Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015).....	25
Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2015).....	27
Tableau 5 : Humidité relative moyennes mensuelles de l'air à la station de Guelma (2002-2015).....	28
Tableau 6 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station de Guelma (2002-2015).....	28
Tableau 7: Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température.....	77
Tableau 8 : Les valeurs de l'indice biologique global normalisé soninterprétation.....	85
Tableau 9 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune.....	87
Tableau 10 : Les variations de la turbidité au niveau des stations d'étude.....	92
Tableau 11 : Variation mensuelles de la vitesse de l'eau des quatre stations.....	93
Tableau 12 : Définition des classes de vitesses selon l'échelle de Berg.....	93
Tableau 13: Classe de qualité des eaux des stations d'après les normes de l'ABH.....	100
Tableau 14 : Check-list des taxa faunistiques durant toute la période d'étude dans les 4 Stations.....	101
Tableau 15 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Helia Amont selon l'IBGN.....	109
Tableau16: Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Helia Aval selon l'IBGN.....	110
Tableau 17: Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Nador selon l'IBGN.....	111
Tableau 18: Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Bradaa selon l'IBGN.....	112
Tableau 19 : Synthèse des résultats des quatre stations.....	113
Tableau 20: Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (Jaccard).....	120
Tableau 21: La fréquence Globale des familles des 4 stations.....	123
Tableau 22 : La phénologie de la station de Helia Aval.....	124
Tableau 23 : La phénologie de la station de Helia Amont.....	125
Tableau 24 : La phénologie de la station de Nador.....	126
Tableau 25 : La phénologie de la station de Bradaa.....	127

Table des matières

Remerciements.	
Dédicace.	
Liste des acronymes.	
Liste des figures.	
Liste des photos.	
Liste des tableaux.	

Introduction.....	1
-------------------	---

Chapitre 1 : Description du site d'étude

1.1. Présentation du bassin versant de la Seybouse	3
1.2. Les grands ensembles physiques du bassin de la Seybouse.....	3
1.2.1. La zone des Hautes Plaines.....	7
1.2.2. Le domaine sud-Tellien.....	7
1.2.3. Le domaine Tellien du Nord.....	7
1.3. Organisation du réseau hydrographique.....	8
1.3.1. L'artère principale.....	8
1.3.2. Les affluents de l'oued Seybouse.....	9
1.3.2.1. L'oued Cherf	9
1.3.2.2. L'oued Bouhamdane	9
1.3.2.3. La Moyenne Seybouse	9
1.3.2.4. L'oued Mellah	9
1.3.2.5. La Basse Seybouse et l'oued Ressoul	10
1.4. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant.....	13
1.5. Les barrages.....	15
1.5.1. Les petits barrages.....	15
1.5.2. Les retenues collinaires.....	15
1.6. Aperçu socio-économique.....	17
1.7. Le couvert végétal.....	18
1.8. La pollution dans le bassin versant de la Seybouse	21
1.8.1. Pollution urbaines et domestiques.....	21
1.8.2. Pollution industrielle	22
1.8.3. Pollution d'origine agricole	22

1.8.4. Le stockage des produits industriels	23
1.8.5. Les apports naturels	23
1.9. Climatologie	25
1.9.1. Les précipitations	25
1.9.2. La température	26
1.9.3. L'humidité	27
1.9.4. Le vent	28
1.9.5. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen	29
1.9.6. Climagramme d'Emberger	30
1.10. Description des stations d'études.....	32
1.10.1. Informations générales sur les stations d'études	32
1.10.2. Cartographie	34
1.10.2.1 : Photo par satellites des stations d'études (Photo Réelle Google Earth)	36
1.10.3. Pression Anthropiques dans les stations d'étude	38
Chapitre 2 : Généralités sur la morphologie, la biologie et l'écologie des macroinvertébrés benthiques	
2.1. Les Ephéméroptères.....	40
2.1.1. Classification :	40
2.1.2. Morphologie :	41
2.1.3. Biologie et écologie :	42
2.2. Les plécoptères :	43
2.2.2. Morphologie :	43
2.2.3. Biologie et écologie :	44
2.3. Les Trichoptères :	45
2.3.1. Classification :	45
2.3.2. Morphologie :	46
2.3.3. Biologie et écologie :	47
2.4. Les Diptères :	48
2.4.1. Classification :	48
2.4.2. Morphologie :	49
2.4.3. Biologie et écologie :	51
2.4.4. Familles des diptères :	51
2.5. Les Coléoptères :	57

2.5.1. Classification :	57
2.5.2. Morphologie :	57
2.5.3. Ecologie et biologie.	58
2.6. Les Odonates.	59
2.6.1. Classification :	59
2.6.2. Morphologie.	59
2.6.3. Ecologie et biologie :	60
2.7. Les hémiptères :	62
2.7.1. Classification :	62
2.7.2. Morphologie :	62
2.7.3. Ecologie et biologie :	64
2.8. Les mollusques :	64
2.8.1. Les Gastéropodes :	64
2.8.1.1. Classification :	64
2.8.1.2. Morphologie :	65
2.8.2. Les Bivalves :	65
2.8.2.1. Classification :	66
2.8.2.2. Morphologie :	66
2.8.3. Biologie et écologie.	67
2.9. Les crustacés.	68
2.9.1. Les amphipodes :	68
2.9.1.1. Classification :	68
2.9.1.2. Ecologie et biologie :	68
2.10. Les Annélides.	69
2.10.1. Oligochètes :	69
2.10.2. Classification.	69
2.10.3. Morphologie.	69
2.10.4. Ecologie et biologie.	70

3.1. Matériel d'étude :.....	72
3.1.1. Liste du matériel de terrain.....	72
3.1.2. Liste du matériel de laboratoire.....	73
3.2. Méthodologie de travail.....	73
3.2.1. Stratégie d'échantillonnage :.....	74
3.2.2. Choix des paramètres physico-chimique :.....	74
3.2.3. Choix des paramètres de pollution :.....	80
3.2.4. Approches Biologiques à partir des macroinvertébrés benthiques.....	82
3.2.5. Calcul de l'indice biologique global normalisé.....	85
3.2.6. Analyse des données :.....	85
3.2.6.1. La structure d'un peuplement :.....	85
3.2.6.2. L'organisation d'un peuplement:.....	86

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau	88
4.1.1. Variation mensuelle de la température de l'eau.....	88
4.1.2. Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous	88
4.1.4. Variation mensuelle de la conductivité électrique et de la salinité de l'eau	90
4.1.5. Variation mensuelle de la turbidité	92
4.1.6. Variations mensuelles de la vitesse de l'eau.....	93
4.1.8. Variations mensuelles de l'ammonium	94
4.1.9. Variations mensuelles des matières minérales azotées	95
4.1.10. Variation mensuelle des orthophosphates	98
4.1.11. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO)	99
4.2. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'ABH-CSM.....	100
4.3. Analyse globale de la faune benthique.....	101
4.3.1. Check-list des taxa faunistiques.....	101
4.3.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques	102
4.3.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthiques	102
4.3.4. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN.....	109
4.3.5. La richesse spécifique des stations étudiées et les indices de diversité.....	114
4.3.5.1. La richesse spécifique de stations étudiées.....	114

4.3.6. L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité	117
4.3.7. L'indice de similarité de Jaccard / Tanimoto	120
4.3.8. L'organisation des peuplements	121
4.3.8.1. Les fréquences des familles	121
4.3.8.2. La phénologie	121
Chapitre 5 : Cartographie	
5.1. Oxygène.....	128
5.2. Nitrites	129
5.3. Ammonium.....	130
5.4. Orthophosphates:.....	131
5.5. Demende chimique en Oxygène	132
5.6. Indice Biologique Globale Normalisé	133
Conclusion.....	134
Glossaire	136
Références bibliographiques.....	140
Résumés.....	145
Annexes	148

Introduction

Les cours d'eau sont parmi les écosystèmes les plus complexes et dynamiques (Dynesius et Nelson 1994), ils jouent un rôle dans la conservation de la biodiversité et le fonctionnement des organismes. A l'aide des macroinvertébrés benthiques on peut détecter des perturbations qui ont eu lieu même si elles ne sont plus présentes au moment de l'échantillonnage (Chessman, 1995).

Dans ce contexte, il est aujourd'hui indispensable que l'évaluation de la qualité des cours d'eau repose à la fois sur l'analyse physico-chimique de l'eau et des sédiments, sur l'analyse de la qualité biologique de ces écosystèmes, sur la morphologie et l'hydrologie des cours d'eau. Ces approches sont complémentaires. En effet, tandis que la démarche physico-chimique caractérise l'origine de perturbations (présence d'éléments polluants) et renseigne sur la nature des polluants, la démarche biologique ou biocénotique permet quant à elle d'identifier ces mêmes perturbations par leurs effets sur les communautés animales et végétales en place

Les premières recherches en Afrique du nord en limnologie datent du XIX^e siècle. Les travaux pionniers ont été réalisés par (Gauthier, 1928) sur la faune des eaux continentales d'Algérie et de Tunisie, et (Vaillant, 1958) sur la faune macroléontine d'Afrique du Nord. En Algérie, à partir des années 80, des études hydro biologiques ont été initiées par plusieurs chercheurs.

Les activités humaines peuvent modifier la composition des communautés des macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau. Une diminution des taxons intolérants à la pollution et à la dégradation de l'habitat et une augmentation des taxons tolérants seraient indicatrices d'une baisse du niveau d'intégrité écologique du bassin versant

Les macroinvertébrés benthiques sont des organismes visibles à l'oeil nu, comme les insectes, les mollusques, des crustacés ou les vers, qui habitent le fond des milieux aquatiques. Parmi les différentes communautés biologiques, ils sont les plus utilisés pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques. Ces organismes constituent une source de nourriture importante pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux (Lounaci, 1987)

L'étude des macroinvertébrés benthiques permet d'évaluer la valeur biogène des cours d'eau à ce titre, l'indice biologique global normalisé (IBGN) permet d'avoir une vision synthétique de l'état de l'oued Seybouse et ses principaux affluents : oued Hlia et oued Bradaa

Le présent travail, mené durant cinq mois, sur le bassin de l'oued Seybouse constitue une étude hydro biologique qui se fixe pour objectif:

- Dresser une liste faunistique des différents groupes systématiques et préciser leur distribution (Giani et al, 1986)
- Evaluer la qualité des eaux de quelques cours d'eau de la Seybouse
- 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 l'égide de l'agence des bassins hydrographiques (A.B.H.)
- 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 cinq chapitres : Le premier est consacré à la description du site d'étude. Le second 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 principaux résultats qui seront cartographiés au cinquième chapitre avant de conclure.

Premier chapitre

Description du site d'étude

Produced with Scantopdf

Chapitre 1 : Description du site d'étude

1.1. Présentation du bassin versant de la Seybouse :

Le bassin-versant de la Seybouse (14) compte parmi les dix sept bassins -versant de l'Algérie Située au Nord Est de cette dernière à écoulement exoréique de l'Algérie orientale (Kébir-Rhumel, Soummam, etc...) (Figure 1) (Louamri, 2013).

Il a une superficie de 6471 Km² et couvre 68 communes dans sept wilayas Annaba, Taref, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras (Figure 2).

L'oued de Seybouse est né dans les hautes plaines semi-arides. Cet oued est continentale par sa naissance (puisque'il résulte de la confluence de deux oueds qui sont le Cherf et le Bouhamdane à Medjaz Amar) et méditerranéen à sa fin en débouchant au Nord dans la Méditerranée (A.B.H.C.S.M., 2008).

1.2. Les grands ensembles physiques du bassin de la Seybouse

Le Bassin de la Seybouse est subdivisé en 6 sous-bassins (Fig. 3) (Cherf amont (14-1), Cherf - aval (14 - 2) Bouhamdane (14 -3) Seybouse moyenne (14- 04) Oued El Malleh (14-05), Oued Seybouse maritime (14-06). Il est principalement alimenté par l'Oued Seybouse avec un apport de 408 millions de m³/an à la station de Boudaroua, est aussi destiné à l'irrigation des périmètres de Ksar Sebihi et Sedrata d'une superficie de 3,517 ha ; l'Oued Bouhamdane a un apport de 96 millions de m³/an à la station de Medjez Ammar II ; L'apport de l'Oued Cherf est estimé à 107 millions m³/an et l'Oued Malleh à 151 millions de m³/an à la station de Bouchegouf (SWIM, 2013) .

On peut aussi les classer selon les caractéristiques physiques et bioclimatiques en grands 3 domaines

- ✓ Le domaine des Hautes Plaines au Sud (La haute Seybouse).
- ✓ Le domaine sud-Tellien (La moyenne Seybouse).
- ✓ Le domaine Tellien du Nord (La basse Seybouse) qui comprend la Seybouse maritime ; bassin de l'oued Ressoul, oued Dardar et la zone des plaines littorales (Fig. 3). Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement (Louamri, 2013)

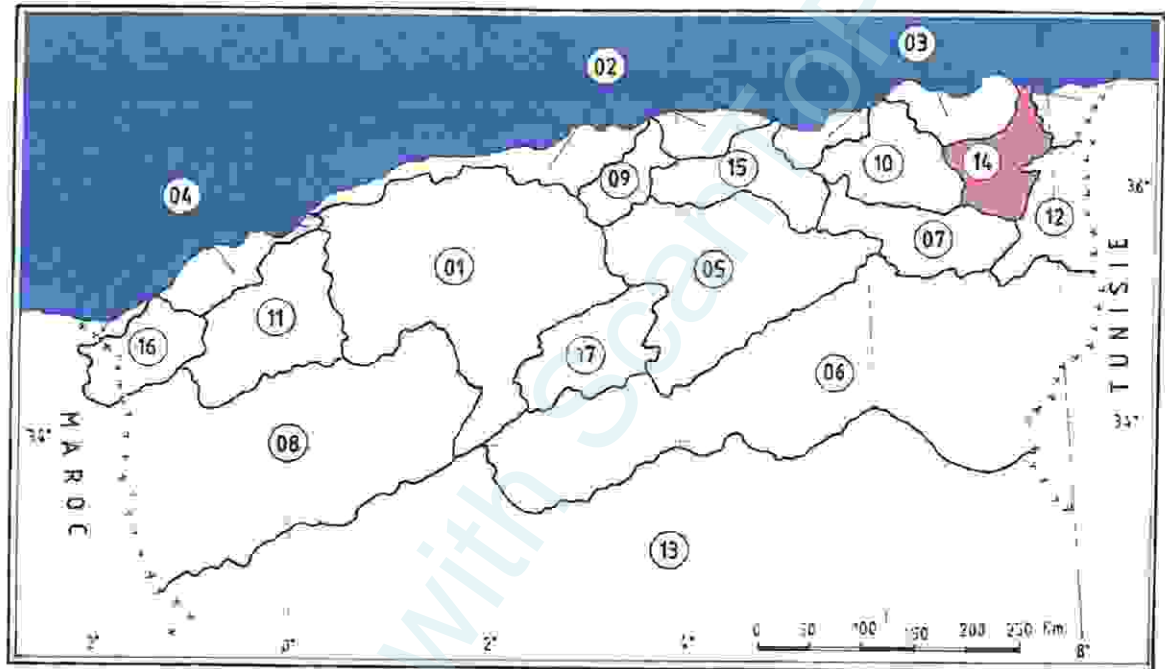


Figure 1 : Position du bassin-versant de la Seybouse en Algérie (Louamri, 2013).

- 01 : Cheliff 02 : Côtiers algérois 03 : Côtiers constantinois 04 : Côtiers oranais 05 : Chott Hodna
 06 : Chott Melrhir 07 : Hauts Plateaux constantinois 08 : Hauts Plateaux oranais 09 : Isser
 10 : Kebir-Rhumel 11 : Macta 12 : Medjerda 13 : Sahara 14 : Seybouse 15 : Soumami 16 : Tafna
 17 : Zahrez

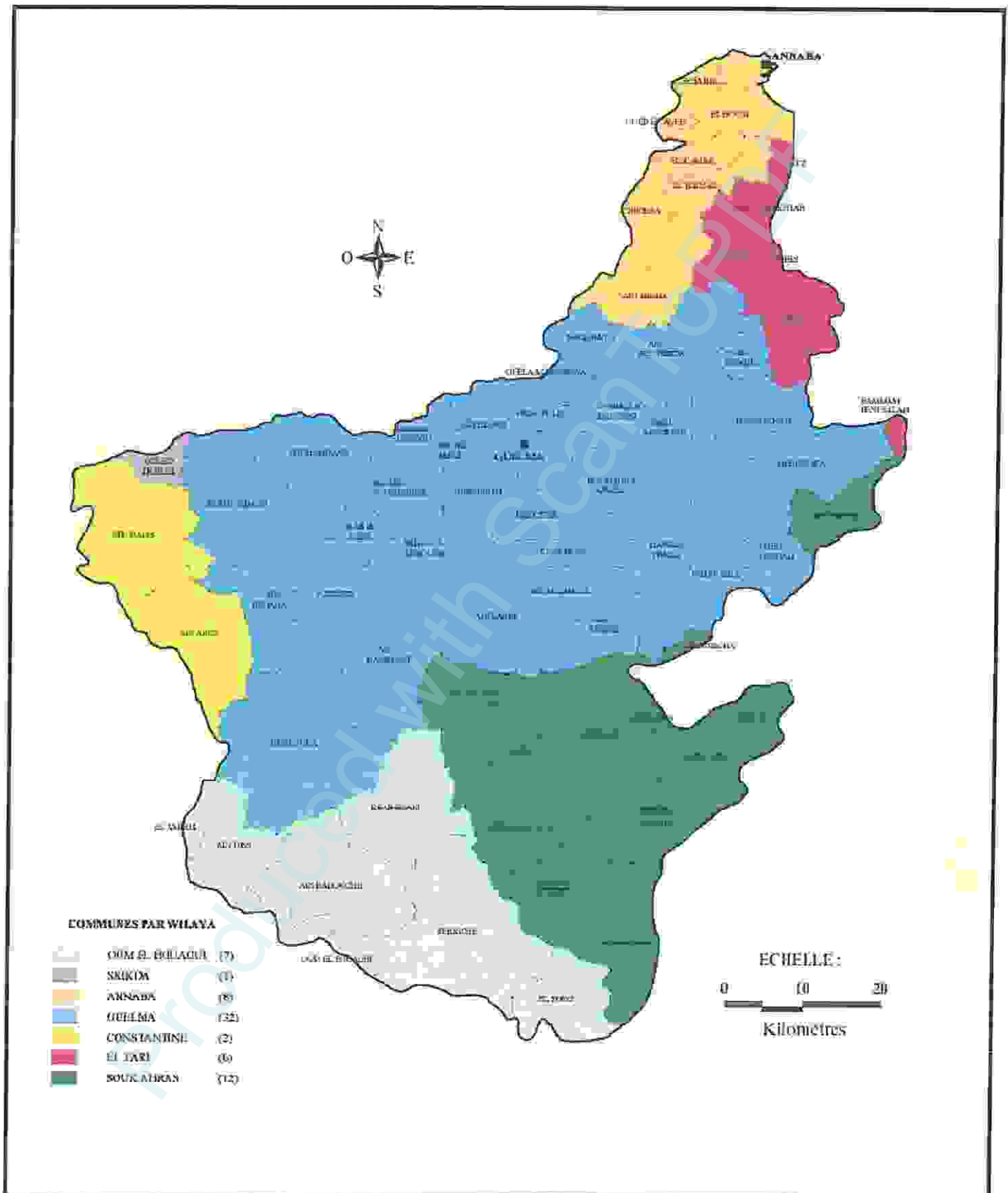


Figure 2 : Une présentation des Sous-Bassins de la Seybouse et les sept Wilaya qu'ils couvrent (ABHCSM, 2008)

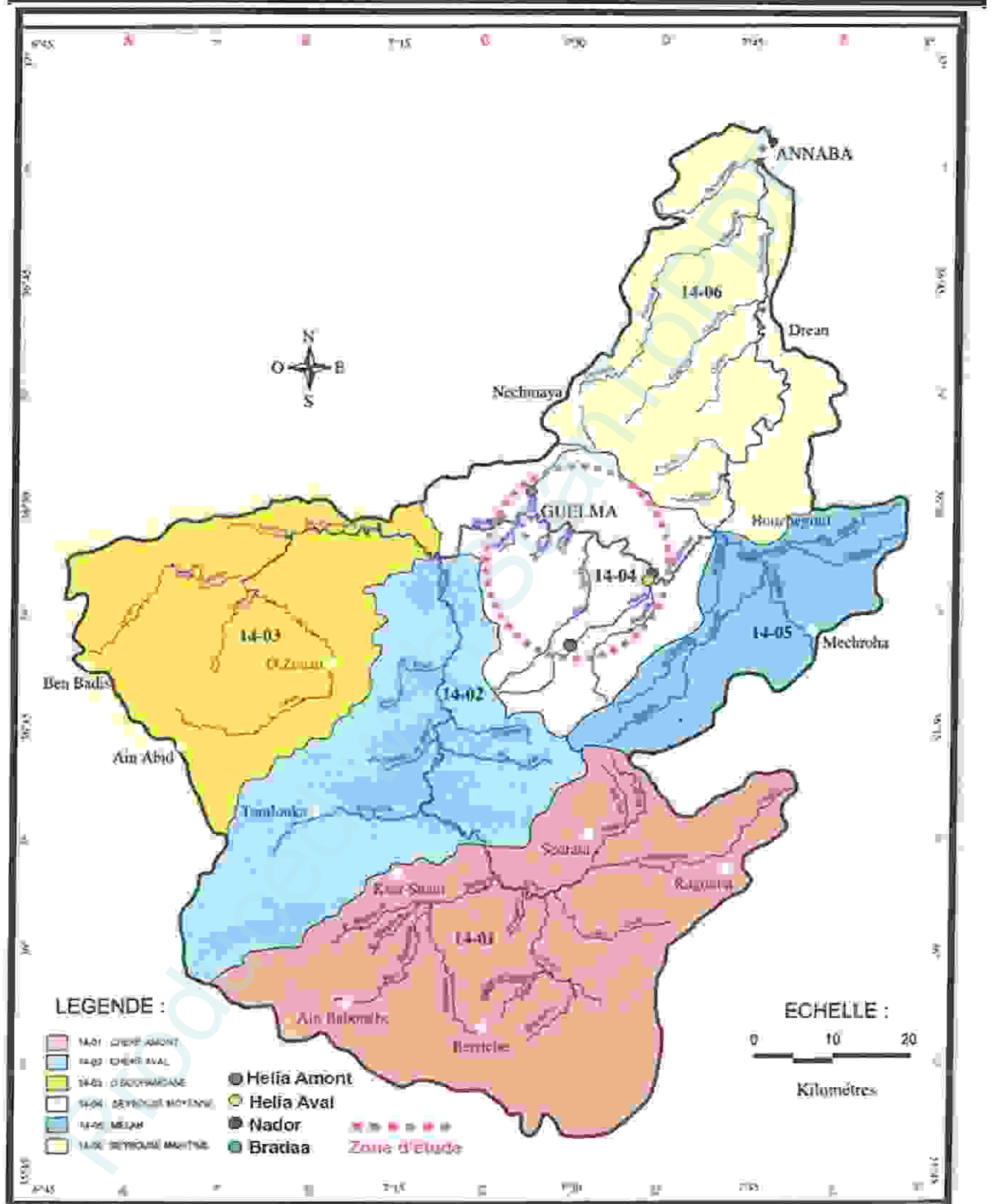


Figure 3 : Présentation détaillée des Sous-Bassins de la Seybouse et nos stations d'études (ABHCSM, 2008).

1.2.1. La zone des Hautes Plaines : Elle intègre en totalité le bassin du Haut Cherf. C'est une zone au relief plat, parsemée de plaines (plaine de Sedrata, plaine d'Ain Babouche, plaine de Tamlouka) avec un encadrement montagneux imposant :

- ✓ Djebel Tiffech (1164 m).
- ✓ Djebel El Guelaa au Nord de Ain Beida (1135 m).
- ✓ Djebel Sidi Reghiss (1635 m).
- ✓ Chebket Sellaoua, d'orientation SW – NE avec Djebel El Hamra (1188m), Koudiat El Bouib (1117 m).
- ✓ Djebel Terraguelt (1156 m).

Le bassin-versant du Cherf aval est une zone de transition entre les Hautes Plaines et le Tell, les altitudes diminuent mais le relief devient compartimenté (Louamri, 2013).

1.2.2. Le domaine sud-Tellien : Il couvre une superficie importante qui correspond assez étroitement sur le plan morpho-structural à la chaîne numidique. A ce domaine appartiennent plusieurs sous-Bassins : le bassin aval de l'oued Cherf, le bassin de l'oued Bouhamdane et les affluents de la Seybouse dans la vallée de Guelma (oued Halia, oued Bou Sorra, oued Zimba), le sous-bassin de l'oued Mellah ; la Moyenne Seybouse avec des reliefs encadrant la vallée de Guelma (courbe qui encadre la vallée= 200 à 300 m). Sur le versant Nord, les altitudes augmentent progressivement jusqu'à 583 m (Kef Es Soud), et Kef El Mansour (932 m). Le Versant Sud est plus étendu, plus vaste spatialement, et présente des altitudes plus élevées : Il correspond au versant Nord des Monts de la Medjerdah. Le djebel Mahouna culmine à 1051 m (Kouidiat Ed Drizina). Le versant Nord des Monts de la Medjerdah est occupé par les affluents de la Moyenne Seybouse, et le bassin de l'oued Mellah (Louamri, 2013).

1.2.3. Le domaine Tellien du Nord : La Basse Seybouse présente un relief dissymétrique avec une zone de moyennes montagnes, relativement accentuée sur la rive gauche de l'oued Seybouse. A l'extrême Nord-Ouest, le massif de l'Edough, est à une altitude de 1008 m (Kef Seba) (Louamri, 2013).

1.3. Organisation du réseau hydrographique

1.3.1. L'artère principale.

Deux zones montagneuses constituent les principales zones d'alimentation en eau du bassin versant de la Seybouse :

Les Monts de la Medjerdah, avec le djebel Ras El Alia qui culmine à 1317 m, et le djebel Zaoura (1292 m), sur le versant septentrional du Tell. Ils constituent une zone commune de partage des eaux et donnent naissance à trois artères hydrographiques :

- L'oued Cherf formé par la rencontre de l'oued Tiffech-Lahmimime et l'oued Crab.
- L'oued Zouamel dans le bassin amont de la Medjerdah.
- L'oued R'biba pour l'oued Mellah.

Une seconde zone montagneuse est constituée par le djebel Sidi Reghiss et la chaîne de Sellaoua. L'oued Settara de direction Sud-Ouest Nord-Est est issu de la rencontre de deux oueds. Le premier issu de la rencontre des oueds Dhimine et Mebdoua et le second des oueds Aïn Babouch et Ousseh. Tous ces cours d'eau sont alimentés à partir de cours d'eau secondaires assez denses issus du Djebel Sidi Reghiss et de la chaîne des Sellaoua (Louamri, 2013).

L'oued Cherf (Carte 4) qui constitue le bassin amont de l'oued Seybouse résulte de la rencontre des oueds Cherf et Settara qui drainent respectivement 1099.4 km² et 668.4 km². Les oueds Lahmimime et oued Crab prennent leurs sources sur le piémont Sud des monts de la Medjerdah et forment l'oued Cherf après leur rencontre. Celui-ci reçoit des affluents issus des Hautes plaines : Oued Radran, oued Trouch et oued Aïn Senoub. Les oueds ont un parcours en Hautes Plaines (oued Cherf, oued Trouch, oued Settara et oued M'gaisba) et en zone intermédiaire de transition avec le Sud-Tell (Louamri, 2013).

L'oued Bouhamdane, principal affluent de rive gauche, se forme après la jonction des oueds Zenati et Sabath, rejoint l'oued Cherf à Medjez Ammar. Après la confluence, l'oued prend la dénomination d'oued Seybouse, et reçoit les écoulements des affluents issus des versants Nord et Sud de la vallée (oued Halia, oued Bou Sorra, oued Zimba) (Louamri, 2013).

Après sa confluence avec l'oued Mellah à l'aval de Bouchegouf, la Seybouse parcourt dans son cours inférieur une zone de plaine littorale. Les oueds Ressoul, Dardar et Meboudja issus des moyennes montagnes affluent dans la Basse Seybouse (Louamri, 2013).

La Basse Seybouse se caractérise par des pentes faibles et par un faible développement du chevelu hydrographique. Mais les affluents de rive gauche issus de la chaîne numidique sont assez importants (oued Ressoul et oued Dardar).

Les grandes artères de l'oued Seybouse présentent une organisation orthogonale liée à la tectonique.

1.3.2. Les affluents de l'oued Seybouse.

1.3.2.1. L'oued Cherf :

Limité à la station de Aioun Settara, le bassin de l'oued Cherf est inclus dans sa presque totalité en Hautes Plaines, et draine un bassin de 1743 km². Si on l'étend à sa confluence avec le Bouhamdane à Medjez Ammar, il intègre une zone de transition avec le Tell (Louamri, 2013).

1.3.2.2. L'oued Bouhamdane :

C'est un bassin sud-tellien au relief compartimenté. Le réseau hydrographique principal est constitué par les oueds Zenati, Sabath et Bouhamdane proprement dit. Les altitudes sont comprises entre 270 m, à la station de Medjez Ammar II au niveau de la vallée et 1281 m au sommet du Djebel Mzarat Sidi Chagref (Louamri, 2013).

1.3.2.3. La Moyenne Seybouse :

Le bassin de la Moyenne Seybouse (14 04) est en fait constitué de bassins de surfaces modestes qui alimentent des oueds avec les écoulements des affluents issus des versants Nord et Sud de la vallée, perpendiculaires à l'oued principal, l'oued Seybouse (oued Helia, oued Bou Sorra, oued Boumia). Les apports de ces bassins de surfaces modestes ne peuvent pas être négligés. Ils sont très utiles dans le cadre des aménagements des ressources en eau à l'échelle des communes. Certains de ces bassins alimentent des retenues collinaires (Louamri, 2013).

1.3.2.4. L'oued Mellah :

L'oued Mellah est le principal affluent de rive droite de la Seybouse avec laquelle il conflue au débouché de la vallée de Guelma. Il doit son nom à la forte salinité des eaux dans le bassin aval. Celle-ci est due au lessivage des terrains gypsifères du Trias situés dans le bassin moyen (Fig.4). D'une superficie de 551 km², il draine une zone montagneuse du versant septentrional du Tell (les Monts de la Medjerdah). Ce bassin peut être décomposé en trois zones différenciées :

- Le bassin amont est essentiellement montagneux et accidenté, avec des sommets dépassant 1000m (djebel Ras El Alia 1317m, djebel Zaoura 1292 m).
- Le bassin moyen est montagneux, mais nettement moins accidenté. Le bassin aval présente des reliefs moins élevés, Djebel Metelek (704m) et djebel El Maza (500m). Cependant, la dénivelée brute du bassin est importante 1222 m. Près de 70% de la surface du bassin se situe à une altitude supérieure à 500m.

Le réseau de drainage est très développé, se caractérisant par une densité de drainage de 4.0 km/km² (Louamri, 2013).

1.3.2.5. La Basse Seybouse et l'oued Ressoul :

Le bassin de l'oued Ressoul à Ain Berda est localisé au sein de la Chaîne numidique. Le dessin du réseau hydrographique du bassin de l'oued Ressoul est très simple. Il est constitué de deux principales artères (oued MouiyaBerda et oued Dardara) (Louamri, 2013).

Tableau 1 : Données sur le réseau hydrographique des bassins-versants aux stations hydrométriques d'après Cahiers de l'A.B.H.-C.S.M., (1999)

Bassin	Oued	Longueur (km)
	Oued El Mebdoua	15.76
	Oued Ain Snob	21.04
	Oued Tifféch	16.76
Bassin de l'Oued El Ferfouch	Oued Behez	15.82
	Oued Souinia	11.16
	Souinia	
	Oued Ouessah	22.07
	Oued Ed Dahimine	10.66
	Oued Trough	20.84
	Oued Ain Babouche	17.45
	Oued ELKhouidjel	10.93
	Khouidjel	
	Oued Lahamimine	19.44
	Oued Krab	10.13
	Oued Cherfamt	24.13
	Oued Settara	14.14
	Oued Cherfaval	64.48
	Oued El Aar	18.73
Bassin de l'Oued Cherfaval	Oued Chenfir	13.53
	Oued Bou El Frais	10.97
	Oued M'gaisha	15.74
	Oued Nil	12.74
	Oued Melah	10.28
	Oued El Bgare	12.33
Bassin de l'Oued Bouhmidjane	Oued Bouhmidjane	17.16
	Oued Zouira	21.00
	Oued El Amir	10.55
	Oued Salmeh	10.90
	Oued El Ma	10.75
	Oued Boumou	12.70
Bassin de l'Oued Seybouse	Oued Bou Sopp	16.32
	Oued El Muz	10.18
	Oued Hella (Oual et Amam)	18.41
	Oued Bou Djedra	10.07
	Oued Seybouse	57.15
	Oued Seybouse (Nadert)	
	Oued Manza	17.82
	Oued Brauna	
Bassin de l'Oued Mellah	Oued Rdine	
	Oued RameM	15.94
	Oued Zouira	10.11
	Oued Cheham	14.12
	Oued Rhirane	11.14
Bassin de l'Oued Seybouse Maritime	Oued Fratih	12.76
	Oued Dardara	25.56
	Oued Ressoul	17.86

1.4. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant

On présentera l'organisation morpho-structurale du bassin de la Seybouse (Fig 5). Le Cherf amont est situé en totalité dans les Hautes Plaines. C'est la zone où on rencontre la partie la plus septentrionale du domaine atlasique matérialisée par le massif de Sidi Reghiss, relayé au nord par le domaine écaillé des Sellaoua (Becheri, 2011).

La plaine de Tamlouka (Montcalm) se caractérise par un couvert quaternaire important. La plaine de Sedrata présente un diapir triasique qui peut générer des eaux sulfatées et chlorurées calciques à l'aval.

Les accumulations encroûtées du quaternaire occupent les zones de plaines. Pour passer de cette zone amont du bassin de Guelma qui s'étend de Medjez Ammar à l'Ouest jusqu'à MedjezSfa à l'Est, on transite par des monticules constitués par des formations d'âge paléogène (paléocène et éocène) recouverts au niveau de la vallée de l'oued Settara par des formations mio-pliocènes (marnes et gypses, calcaire) et oligocènes (argiles, et mélange de formations détritiques moyennes et fines) (Becheri, 2011).

Un deuxième grand ensemble est constitué par le prolongement oriental de la chaîne Numidique. Celle-ci est d'orientation sensiblement Est –Ouest et est représentée par les djebels Debagh, djebel Bou Sbaa, djebel Houara. La chaîne numidique est constituée d'Ouest en Est par M'sid Aicha, djebel Sma, Sidi Driss, Kantour, djebel Sesnou, les Toumiettes, djebel Roknia, Taya, Debagh, djebel Houara, kalaa Bou Sbaa (Becheri, 2011).

L'oued Bouhamdane suit l'axe d'un grand graben qui délimite au Sud la chaîne numidique. Celle-ci d'orientation générale, SW-NE, s'étend sur les bassins de l'oued Bouhamdane, la Moyenne Seybouse, l'oued Mellah, et l'amont de la Basse Seybouse. Elle est composée essentiellement de grès avec parfois des conglomérats et comprend également le versant Sud de la Moyenne Seybouse (Becheri, 2011).

Le bassin de Guelma est caractérisé sur le plan géologique de l'extérieur vers l'intérieur par des formations oligocènes détritiques au niveau des piémonts, du mio-pliocène, et dans le lit majeur par des formations quaternaires (Becheri, 2011).

L'importance des méandres dans le bassin de Guelma traduit le rôle joué par le Trias sous l'effet d'une tectonique récente restée active dans la région (Becheri, 2011).

De Mdjez Sfa jusqu'à l'embouchure de l'oued Seybouse, on a deux faciès principaux :

- l'Oligocène de l'amont jusqu'à Mondovi.
- du Quaternaire à l'aval.

L'oued Ressoul prend sa source sur le djebel Houara (altitude :932m) et draine sonflane Nord

La Basse Seybouse est composée essentiellement de formations récentes. On note la présence de fossés d'effondrement de dimension modeste et d'orientations différentes (fosse BenAhmen et fosse Benmhidi) qui ont influencé le tracé vers l'exutoire de l'oued Seybouse. Les alluvions quaternaires se caractérisent par une perméabilité importante (Becheri, 2011).

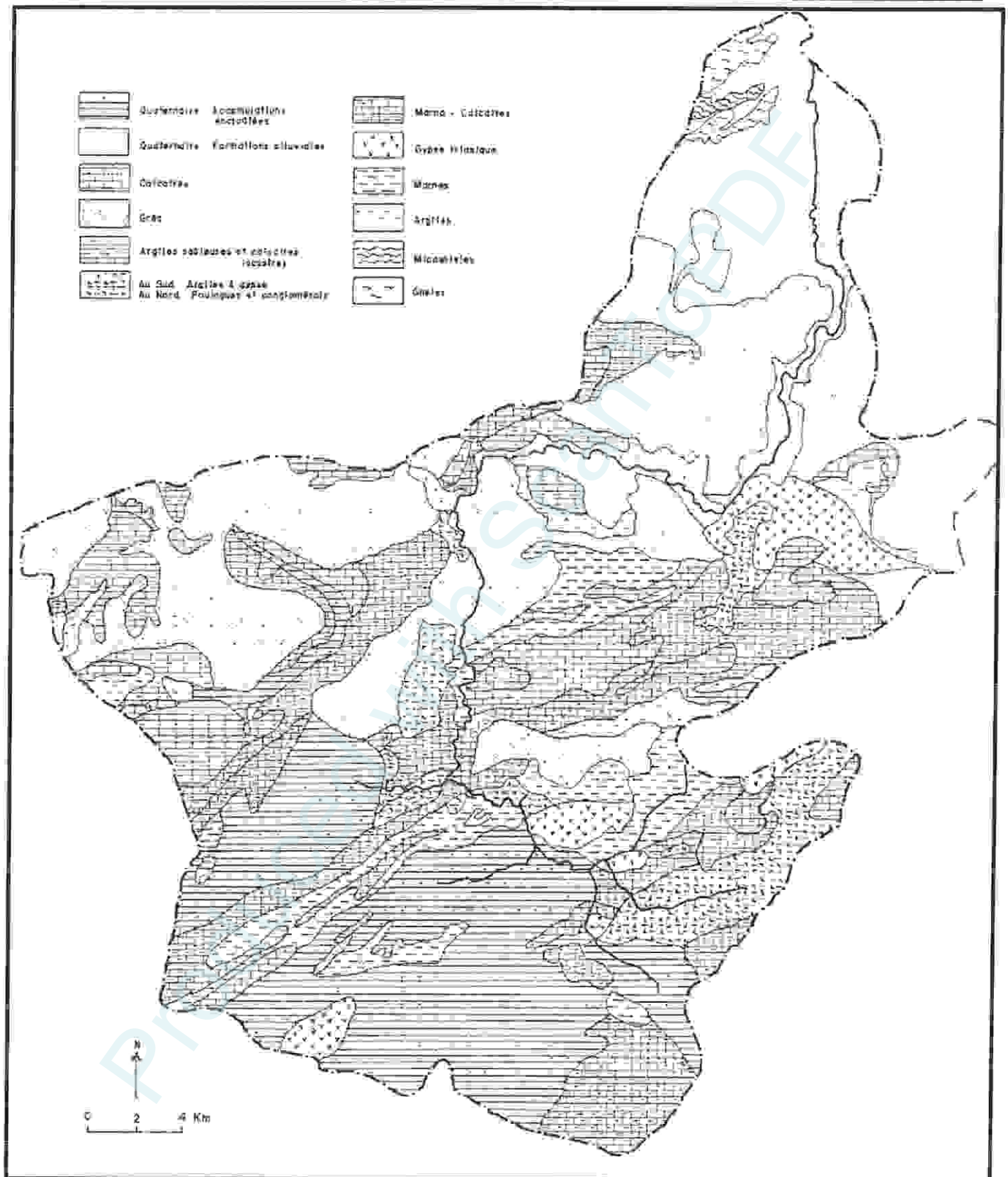


Figure 5 : Les ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse (Louamri, 2013).

1.5. Les barrages.

Le Bassin de la Seybouse dispose de deux grands barrages : celui de **Hamman Debbagh** sur l'Oued Bouhamdane situé dans la Wilaya de Guelma avec une capacité de 184 millions de mètres cubes et un envasement de 530.000 m³/an (0,28%) (1m³ de sédiments équivaut à 1200Kg) ; il dessert Guelma en eau potable pour environ 20 millions de m³/an et l'irrigation du périmètre de Guelma-Boucheougouf pour 35 millions de m³/an sur une superficie de 9.940 ha dans le périmètre de Boucheougouf. Celui de **Foum El Khanga** de Oued Cherf sur l'Oued Cherf, situé dans la Wilaya de Souk Ahras avec une capacité de 152 millions de m³ et un envasement de 520.000 m³/an (0,34%) ; il est affecté à l'irrigation des périmètres de Ksar Sebahî et Sedrata sur une superficie équipée de 3.517 ha avec un volume régularisable de 30 millions de m³/an (SWIM, 2013).

1.5.1. Les petits barrages

Des barrages ont été réalisés dans le bassin du Cherf et un barrage dans le bassin de l'oued Bouhamdane à des fins d'irrigation (Tab. 2). Le barrage de Medjez El Bgar est situé sur l'oued Medjez El Bgar dans le Bas Cherf alors que les barrages de Sedrata et Tiffech sur les oueds Cherf et sur l'oued Lahmimime dans le Haut Cherf régularisent 5,80 hm³ et 3,90 hm³ annuellement. (Figure 6).

Tableau 2 : Principaux barrages dans le bassin de l'oued Seybouse (ABHCSM, 2008)

Barrage	Oued	Capacité (hm ³)	Utilisation
MedjezElBgar	Medjez El Bgar	2.86	Irrigation
Sedrata	l'oued Lahmimime	5.80	Irrigation
Tiffech	Tiffech	3.90	Irrigation
El Héria	El Héria	1.8	Irrigation

1.5.2. Les retenues collinaires

Les retenues collinaires ont été développées en Algérie dans les décennies 1970 et 1980. Elles présentent l'avantage d'être réalisables dans des délais très courts et d'être peu coûteux. Les retenues collinaires sont spécialement affectées à l'irrigation et au cheptel (Louamri, 2013).

Le bassin de la Seybouse a connu un développement considérable des retenues collinaires. Soixante-dix (70) retenues collinaires ont été recensées sur l'ensemble des communes du bassin-versant d'après l'inventaire établi par l'Agence de 187 du bassin hydrographique du Constantinois-Seybouse-Mellegue, mobilisant un volume d'eau annuel de : 12,79 hm³, destiné à l'irrigation (Louamri, 2013).

Les retenues collinaires subissent une forte sédimentation et un nombre important de retenues collinaires a été déclassé (Louamri, 2013).

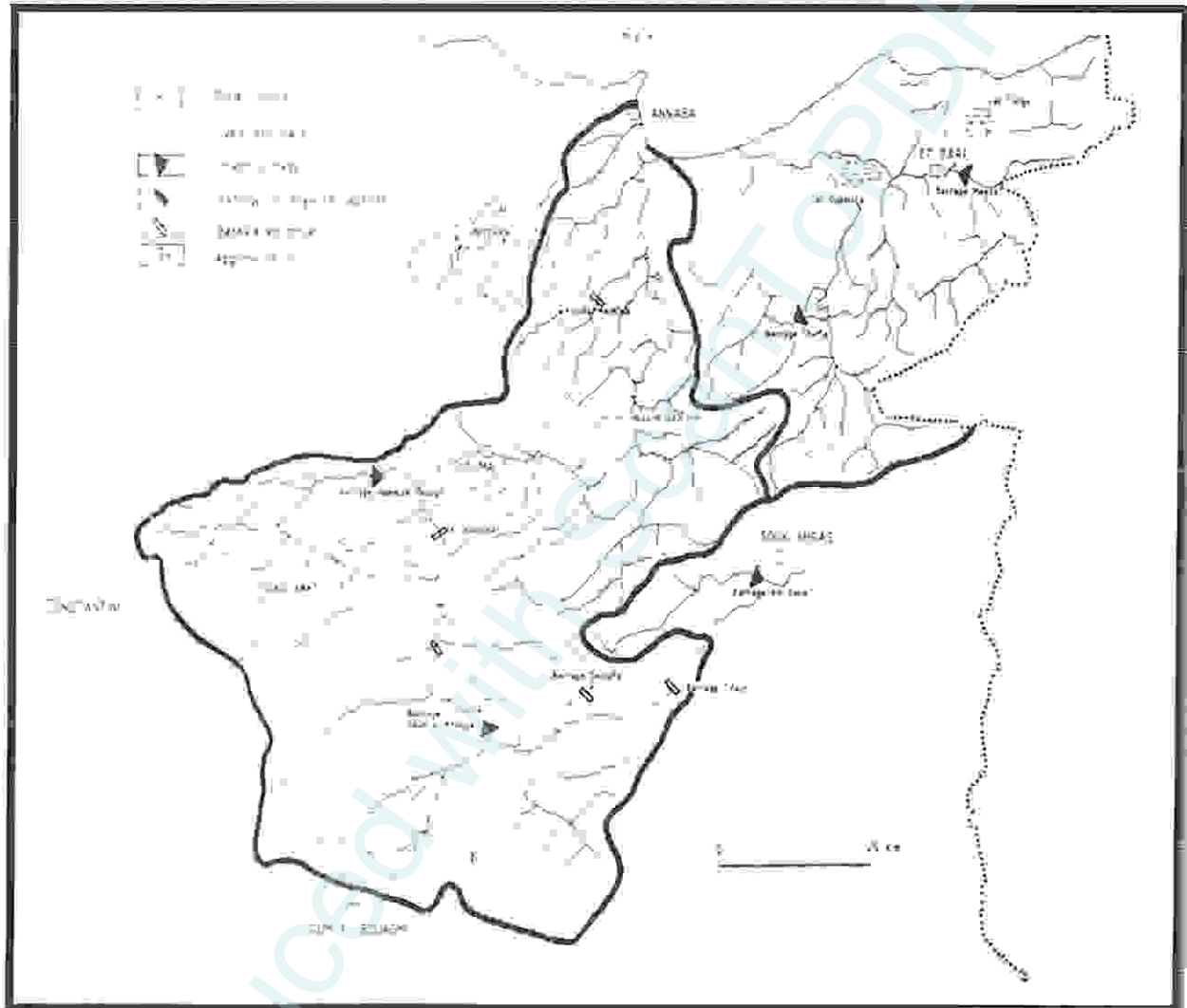


Figure 6 : Mobilisation des eaux superficielles dans le bassin-versant de la Seybouse (Louamri, 2013)

1.6. Aperçu socio-économique

Au lendemain de l'indépendance, et avec le souci d'endiguer la pauvreté, les dirigeants de l'époque ont voulu satisfaire les besoins sociaux de tous les Algériens. Des villes telles qu'Annaba et Guelma sont devenues des pôles industriels et agricoles, ce qui a causé un exode rural important. Pour ces populations, des villes nouvelles ont été créées en un temps très court et des activités économique et sociale en été mise en place nous citons quelques-unes :

Les principaux secteurs d'activités économiques du bassin sont :

- L'agriculture (Annaba, Guelma, Oum El Bouaghi, El Tarf) qui contribue à la production de denrées alimentaires du pays (céréales, fruits, tomates, vignes, olives etc.) ainsi que la pêche avec 9.430 tonnes/an ; cette dernière constitue une activité prédominante.
- Les industries agroalimentaires (production laitière, conserves de tomates, sucre, etc...
- L'industrie manufacturière.
- L'industrie lourde à Annaba pour la production d'acier d'environ 1,0 millions de tonnes/an, de 115.000 tonnes/an de bobines d'acier et tôles laminées à chaud et à froid par Arcelor Mittal, ainsi que les engrais phosphatés et azotés par Fertiberia/Asmidal. (SWIM,2013).

1.7. Le couvert végétal

Dans la wilaya de Guelma, on compte une grande variété d'écosystèmes forestiers (Fig.8) 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 Ha¹** 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).

Dans le bassin de la Seybouse maritime, l'essentiel de la couverture végétale est représentée par des cultures diverses. On distingue deux catégories :

- Le domaine agricole : est représenté par les grandes cultures et parcours, les oliviers.
- La végétation naturelle : regroupe toute la végétation naturelle : les forêts qui couvrent 116864.95 Ha soit 31.70% de la wilaya de Guelma, il y a aussi les maquis qui couvrent 70384.4 Ha, et les broussailles (Fig.7 et 8).

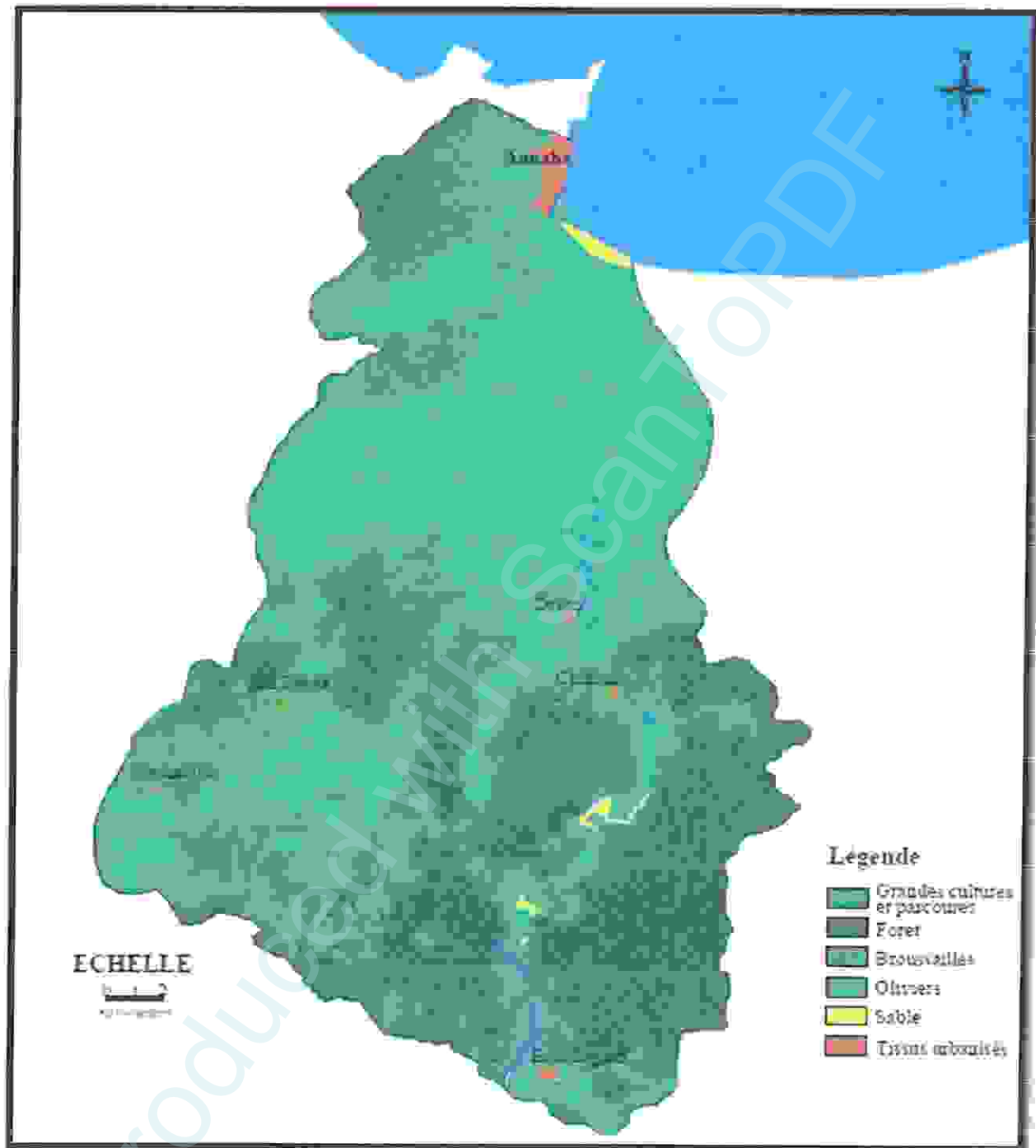


Figure 7 : Le couvert végétal dans le secteur de la Seybouse maritime (D'après Bouare et Kabira, 2004).

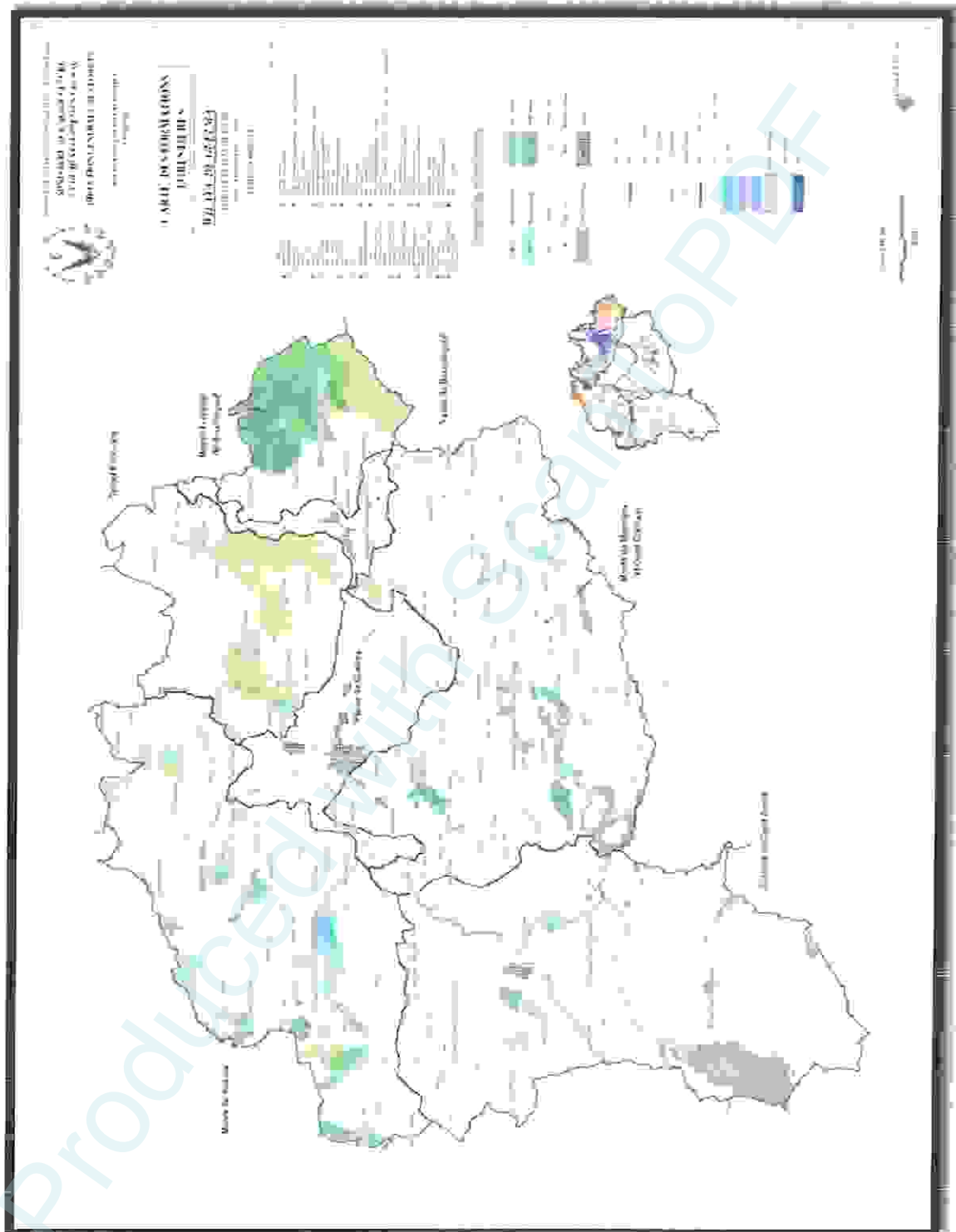


Figure 8 : Carte des formations forestières
(Conservation des forêts de Guelma).

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

Vu la forte activité urbaine, industrielle et agricole qui se développe dans la zone d'étude, plusieurs apports de contaminations ont été détectés le plus souvent d'origine anthropique due au rejets direct d'eaux usées, au stockage des produits industriels et à l'utilisation des produits chimiques dans l'agriculture. Comme elle peut être d'origine naturelle, c'est essentiellement l'effet des évaporites et de la salinité marine. L'ensemble de ces apports induisent une pollution chimique ou provoquent l'augmentation de la concentration des éléments chimiques dans les eaux superficielles ou souterraines. Cela conduit à une dégradation de leur qualité (Debieche, 2002).

1.8.1. Pollution urbaines et domestiques :

La pollution urbaine constitue une source de pollution importante, en effet toutes les agglomérations situées le long du cours d'eau déversent leurs eaux usées dans l'oued Seybouse ou ses affluents sans traitement préalable sauf pour la ville de Guelma où on a une station d'épuration récemment mise en service.

Dans le cas d'assainissement collectif ou individuel défectueux ou un contact hydraulique avec les nappes, les substances indésirables contenues dans les eaux ménagères (matières organiques, solvants, détergents micro-organismes, antibiotiques...), peuvent atteindre la nappe.

Les trois décharges publiques à savoir celles situées respectivement au Nord de Guelaât Bou Sbâa, à l'Est de d'Héliopolis et au Nord de la ville de Guelma du côté de Djebel Hallouf, contribuent eux aussi à la pollution par leur lexiviats (Becheri, 2011).

Notons que d'autres décharges sauvages existent également dans notre zone d'étude.

- ✧ La pollution urbaine est due principalement aux rejets d'eaux usées non traitées. Guelma dispose d'un réseau d'assainissement dans un état dégradé, ce qui donne naissance à des inondations en hiver tout en étant la cause principale de la pollution (SWIM, 2013).

A Guelma, la station d'épuration traite 26.450 m³/jour en traitement primaire quoique sa capacité est de 43.388 m³/jour⁴⁸ pour 200.000 équivalents habitants. Les eaux épurées sont déversées directement dans le milieu récepteur naturel de l'Oued Seybouse. Elles sont partiellement réutilisées pour l'irrigation. Les eaux usées des petites localités ne sont pas traitées et sont rejetées dans les oueds.

La pollution urbaine est due aussi partiellement aux déchets communaux, industriels et spéciaux (dangereux). La quantité de déchets communaux est estimée à 480.000 tonnes par an pour la population du Bassin sur la base de la génération d'une moyenne de 0,6 kg/habitant/jour (SWIM, 2013).

La majorité de ces déchets (environ 80-85%) sont enfouis soit dans les décharges sauvages qui génèrent une quantité importante de lixiviat s'écoulant dans les zones périphériques et les oueds limitrophes, soit dans les centres d'enfouissement technique (CET) qui ont été construits avec l'assistance technique et financière du MATE. Dans la Wilaya de Annaba, on compte dans notre région d'étude à Guelma un CET d'une capacité de 130 tonnes par jour soit 47.450 tonnes/an qui couvre les besoins de 8 communes et qui correspond au tiers de la génération de 360 tonnes par jour pour la wilaya de Guelma (SWIM, 2013).

De même, Guelma dispose de 27 décharges sauvages, dont la décharge sauvage d'Héliopolis d'une superficie de 4 ha avec une accumulation d'environ 30.000 m³ (9.000 tonnes) de déchets solides et qui est située tout près de l'Oued Seybouse. A El Tarf, la décharge sauvage de Metroha occupe une surface de 12 ha et contient 5.040 tonnes de tous genres de déchets y compris les déchets hospitaliers. La production journalière est estimée à 12,9 tonnes (SWIM, 2013).

1.8.2. Pollution industrielle :

L'essor industriel qu'a connu les régions d'Annaba et Guelma a donné naissance à beaucoup de petites et grandes industries les rejets de ces derniers sont constituées d'eaux usées et de déchets solides qui sont rejetés en général dans les oueds sans traitement préalable. Les stations de lavage et de carburants au nombre de 33 et les unités industrielles déversent également leurs déchets dans les affluents de l'oued Seybouse. Ces rejets peuvent occasionner des modifications des eaux de surface et souterraines et compromettent la santé de (Becheri, 2011).

1.8.3. Pollution d'origine agricole :

Les pratiques actuelles des cultures et d'élevage influencent fortement le régime et la qualité des eaux. L'utilisation massive des engrais et des pesticides dans notre zone d'étude contribuent à la dégradation des eaux de surface et des eaux souterraines.

Le transfert des engrais et pesticides vers la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans les puits perdus et gouffres. Les élevages intensifs des bovins

(étables, fermes pilotes) et volailles (poulaillers), produisent une grande quantité de déjections azotées qui peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines.

Les nitrates sont des engrais azotés les plus utilisés dans l'agriculture, ce sont des sels très solubles qui sont soumis au processus de lessivage dans le sol et s'enfoncent progressivement pour atteindre la nappe (Naouel, 2011).

1.8.4. Le stockage des produits industriels :

Généralement dans les zones industrielles, les résidus et les produits sont déposés directement sur la nappe alluviale sous forme des terrils, sans aucune protection par rapport à la nappe. Plusieurs produits (fer, résidus de galvanoplastie, plastique, papiers...etc.) sont stockés sur le réservoir aquifère. Ils présentent un risque majeur pour la qualité des eaux de la nappe, vu la possibilité d'altération et d'entraînement de ce produit par l'effet des pluies, qui va produire une infiltration des ions vers les eaux souterraines. Un cas de pollution par le chrome et l'étain a été détecté dans la nappe superficielle (Debieche, 2002).

1.8.5. Les apports naturels :

Jouent un rôle principal dans l'acquisition des éléments chimiques par les eaux, par la dissolution des formations géologiques. Le danger de ce processus apparaît lorsque les concentrations de ces éléments dépassent les limites de potabilité (Debieche, 2002).

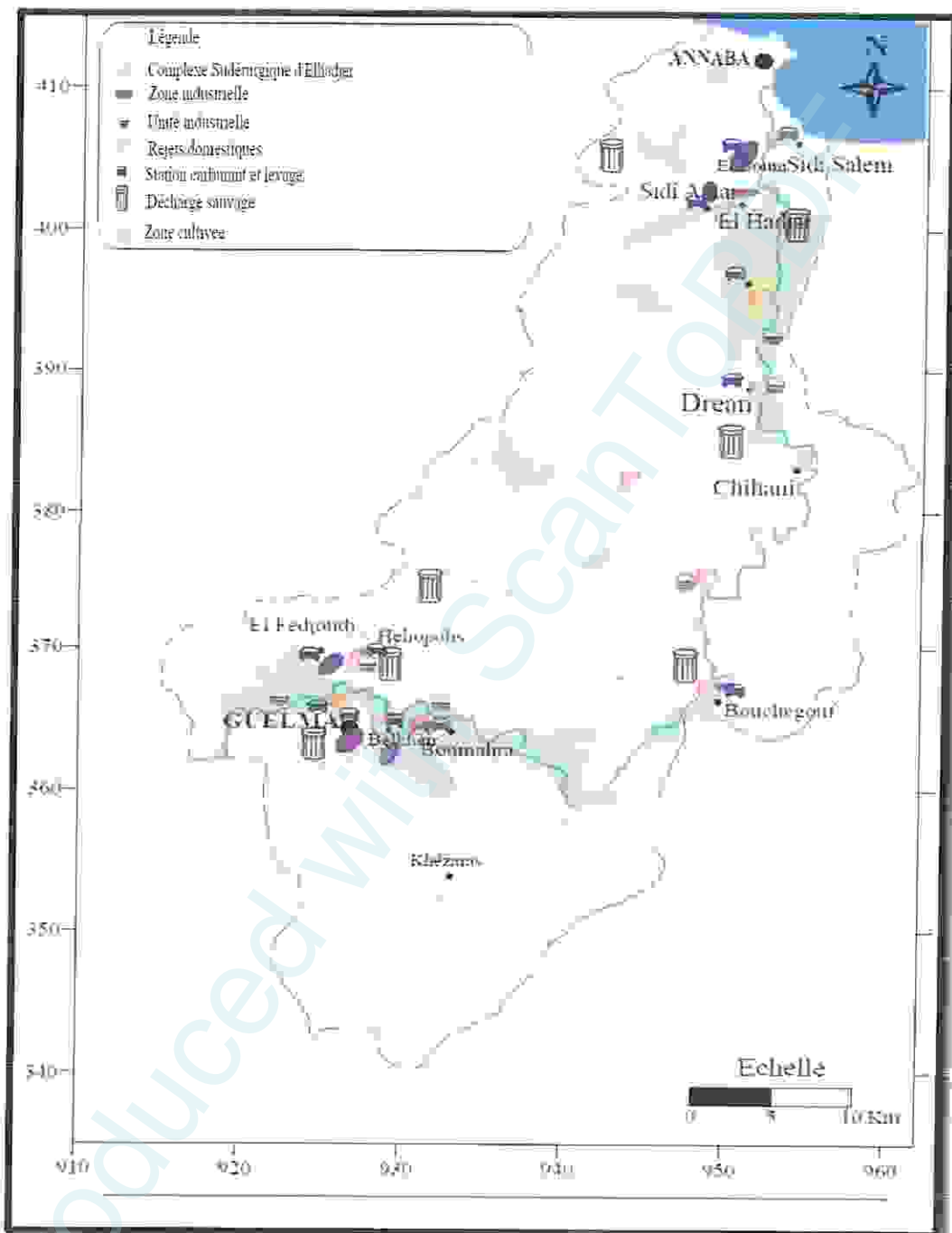


Figure 9 : Les différentes sources de pollution dans la wilaya de Guelma d'étude (Naouel, 2011).

1.9 Climatologie :

La tendance au réchauffement climatique a incité les chercheurs à accorder un intérêt particulier aux facteurs climatiques et leurs variations dans l'espace et dans le temps. De ce fait toute étude à réaliser doit prendre en considération ces paramètres afin qu'elle soit très informative.

L'analyse des données climatiques reste primordiale, elle permet de mettre en évidence l'importance des facteurs climatiques intervenant dans les écoulements. De même la compréhension des phénomènes d'alimentation et de circulation des eaux de précipitations informe sur l'évolution des éléments chimiques, la protection et la résolution des problèmes de pollution.

Le type du climat de la zone d'étude est méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes, l'une humide marquée par une forte pluviosité et par de faibles températures ; L'autre sèche et chaude, avec de fortes températures atteignant le maximum au mois d'août.

Nous utiliserons les données récoltées au niveau de la station météorologique de la wilaya de Guelma exactement au niveau de la station de Belkhir (2002-2015).

1.9.1. 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).

Les données sur la précipitation dont on dispose, sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées en une seule station sur une période de 14 ans (2002-2015) pour la station de Guelma exactement dans la commune de Belkhir.

Tableau 3 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	90,79	109,86	81,9	60,25	39,33	16,56	3,83	16,70	43,39	51,87	71,55	86,1

La figure 10 présente un diagramme en bâtons qui explique l'évolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2015), 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).

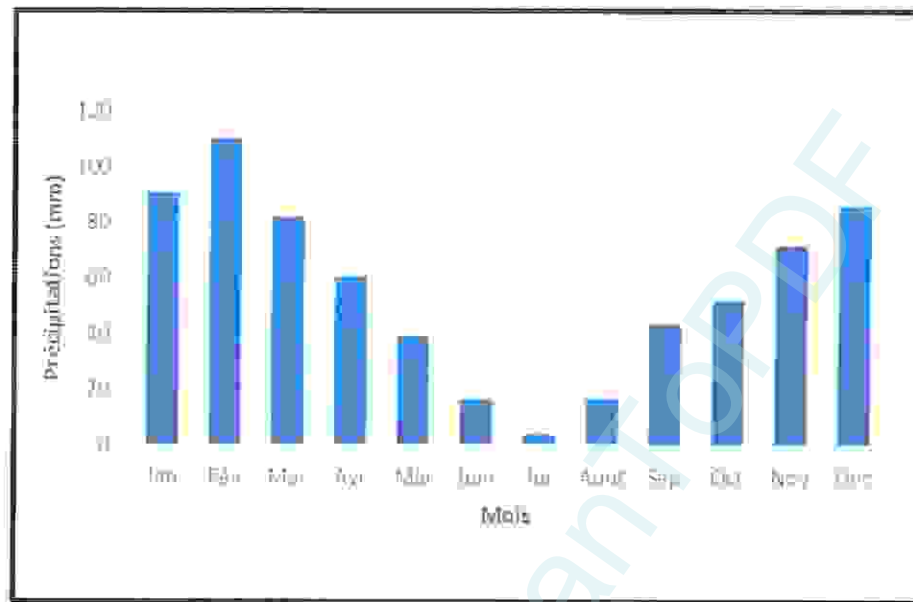


Figure 10 : Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2015).

1.9.2. La température :

La température est un facteur très important dans l'évolution du déficit d'écoulement qui entre dans l'estimation hydrogéologique, ce paramètre est indispensable à la climatologie, vu son pouvoir évaporateur qu'il exerce sur les surfaces mouillées, et qu'il est à l'origine du bon fonctionnement du cycle de l'eau, la température régit directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques (humidité, précipitation,...etc) et biogéographiques, le développement de la végétation, le phénomène de l'évapotranspiration et ainsi que le déficit d'écoulement annuel et saisonnier. (Khadri, 2009)

Les données de la température dont on dispose, sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées en une seule station sur une période de 13 ans (2002-2015) pour la station de Guelma exactement dans la commune de Belkhir.

L'histogramme présenté en figure 11 explique l'évolution des températures moyennes à Guelma (2002-2015). On remarque que les moyennes les plus élevées s'étendent du mois de juin à septembre variant entre (23,64°C) et (24,07°C) avec un cas particulier celui du mois d'avril qui présente une température de (25,55°C), les températures moyennes les plus basses sont enregistrées en hiver, donc la courbe en figure montre globalement l'évolution des températures avec un maximum durant l'été et un minimum en hiver.

Tableau 4 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
T (°C)	16,01	9,9	12,44	25,55	19,21	24,07	27,4	27,31	23,64	20,17	14,70	10,84

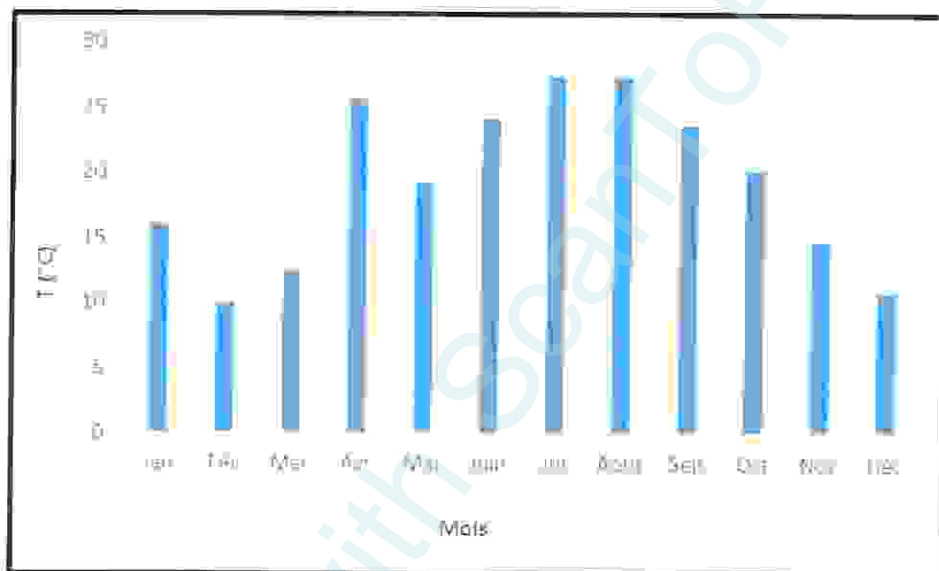


Figure 11 : Evolution des températures moyennes de la station de Guelma (2002-2015).

1.9.3. L'humidité :

L'humidité relative est l'un des principaux paramètres du cycle hydrologique. Elle est la source de toutes les précipitations, elle conditionne l'évaporation. Elle correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de vapeur saturante à la même température.

Dans notre région Guelma l'humidité relative est élevée durant toute l'année et varie peu durant l'été. Cette humidité est élevée dans la région de Guelma à cause de nombreuses zones humides d'une part et de la proximité de la région de la mer d'autre part. (Fig. 12)

Tableau 5 : Humidité relative moyennes mensuelles de l'air à la station de Guelma (Belkhir) (2002-2015).

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
H (%)	77,53	75,21	75	72,92	69,35	60,51	56,12	58,12	67,27	70	73,62	77,18

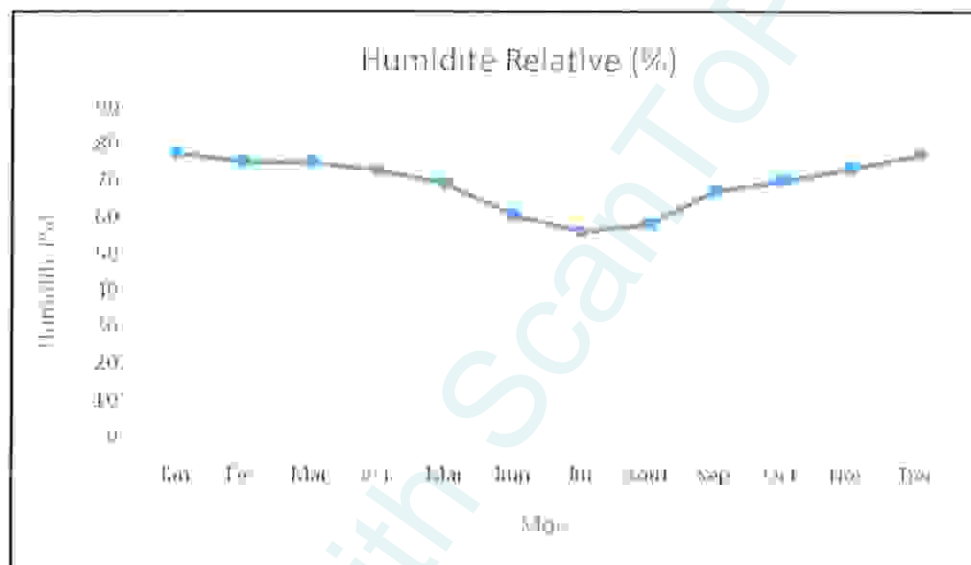


Figure 12 : Évolution de l'humidité relative moyennes mensuelles de l'air à la station de Guelma (2002-2015).

1.9.4. Le vent :

Les vents ont un effet important sur les phénomènes d'évaporation, de précipitation et à un degré moindre sur les températures. Sa vitesse est ralentie au niveau du sol ainsi que dans la végétation. Ce dernier a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation ; il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable. (Fig. 13)

Tableau 6 : Moyenne mensuelle de la vitesse des vents en m/s à la station de Guelma (2002-2015)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Jui	Aout	Sep	Oct	Nov	Déc
Vitesse (m/s)	1,63	2,02	2,05	2,16	2,10	2,21	2,27	2,24	2,22	2,07	2,39	2,58

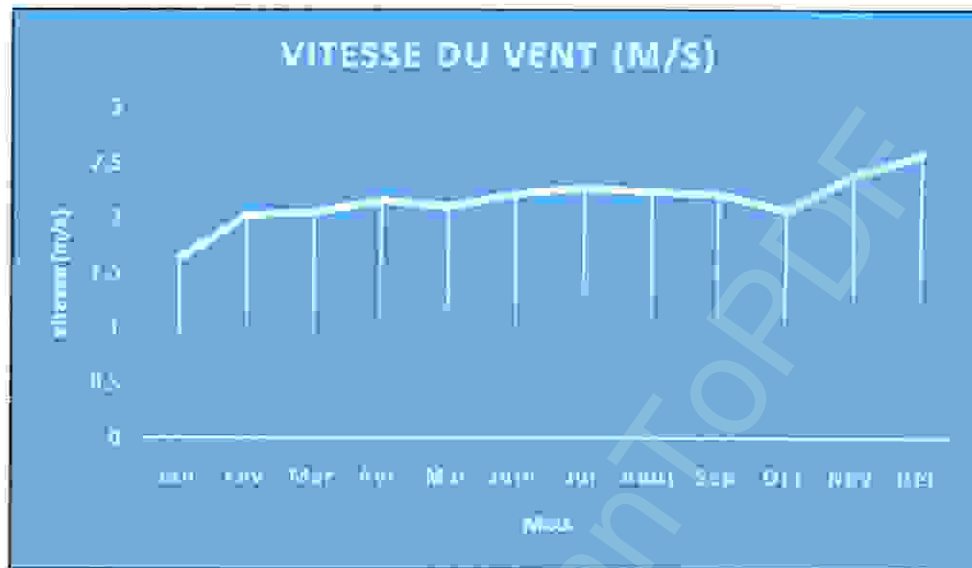


Figure 13 : Courbe d'évolution moyenne mensuelle de la vitesse des vents à la station Guelma (2002-2015).

1.9.5. 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 14 porte le Diagramme Ombrothermique de la région de Guelma établi à partir des données pluviométriques et thermiques moyennes mensuelles calculées sur une période de 13 ans (2002-2015)., On a en abscisses les mois et en ordonnées les Températures en °C et les précipitations en mm.

On remarque qu'il y a une certaine corrélation entre les deux paramètres Température et précipitation, plus la température augmente les précipitations diminuent donc dans cette figure on peut distinguer deux périodes :

- Une phase froide et humide qui s'étale sur 07 mois, d'octobre jusqu'à la fin d'avril.
- Une deuxième phase chaude et sèche qui s'étale sur 5 mois de mai à septembre.

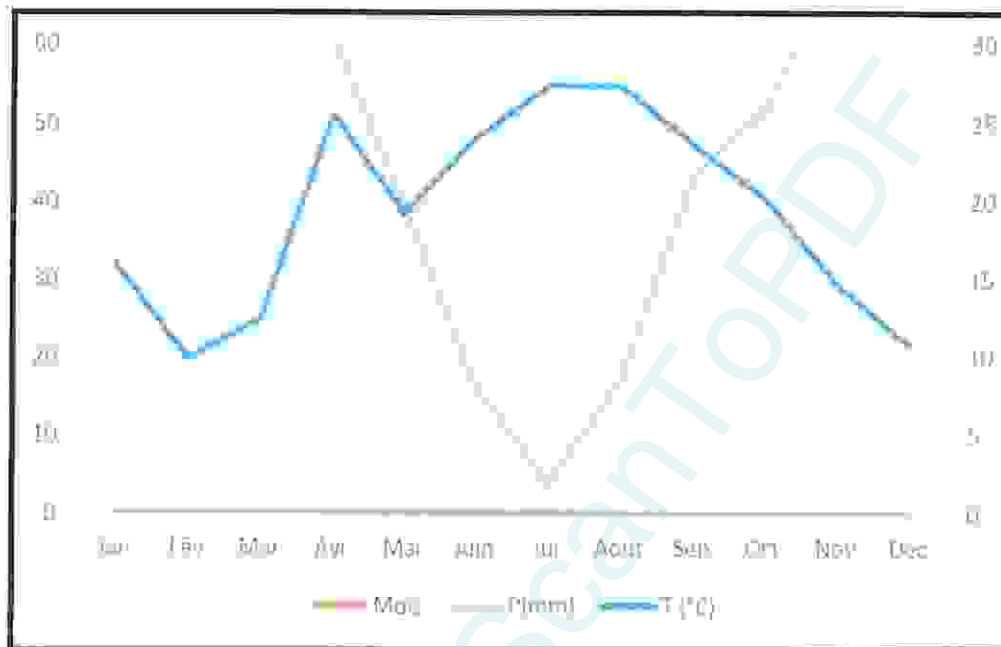


Figure 14 : Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la ville de Guelma.

1.9.6. Climagramme d'Emberger :

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques (In Meziane, 2010). Ce climagramme permet, grâce au quotient pluviométrique d'Emberger (Q) spécifique au climat méditerranéen, de situer une zone d'étude dans un étage bioclimatique (Benseghir, 2006). Ce quotient tient compte des précipitations et des températures. (Setha,2013)

La méthode consiste à calculer le coefficient d'Emberger simplifié par Stewart (1972)

(In DJEBAILI ,1984)

Q : quotient pluviométrique.

P : précipitation moyenne annuelle exprimée en mm.

M : températures moyennes des maximales du mois le plus chaud.

m : températures moyennes des minimales du mois le plus froid.

$$Q = 3.43 \cdot P / (M - m)$$

On applique la formule on a :

$$P = 640.60 \text{ mm}$$

$$M = 36.55 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$m = 4.56 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Donc } Q_2 = 3.43 * 640.60 / (36.66 - 4.56)$$

$$Q_2 = 68.45$$

Donc le Q quotient pluviométrique est égale e à 68.45, ce dernier situe la région de Guelma dans l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hivers doux (Fig.15)

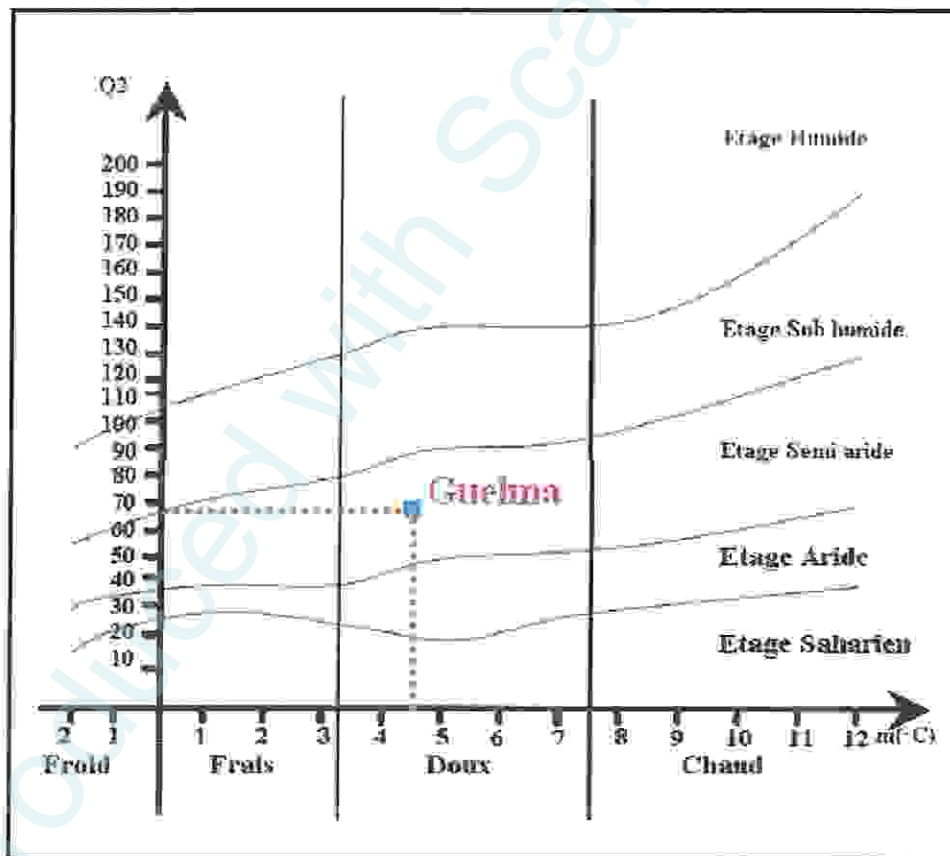


Figure 15 : Situation de la région de Guelma dans climagramme d'Emberger (2002-2015).

1.10. Description des stations d'études

Nos sites d'études se situent sur le cours d'eau de la Seybouse et ses affluents dans le bassin versant de Seybouse exactement dans le sous bassin (14-04) (Fig. 16) c'est-à-dire la moyenne Seybouse. Nos stations d'étude sont situées dans quatre communes, : Oued Helia dans la partie amont et aussi Helia mais cette fois en aval, le troisième site celui de Seybouse (Nador) et finalement oued Bradaa (Heliopolis).

1.10.1. Informations générales sur les stations d'études :

❖ Oued Helia amont (Affluent de la Seybouse)

Altitude (m) : 431 m **Willaya :** Guelma

Latitude : 36° 20.145' N **Commune :** Khezarra

Longitude : 7° 29.741' E

Largeur du lit mouillé (m) :

Maximum : 6,8 m

Minimum : 4,1 m

Profondeur (m)

Maximum : 0,29 m

Minimum : 0,203 m

Vitesse du courant : 72,708 cm/s rapide

Substrat : Cailloux, galets et blocs, le lit est quasiment constitué de 70% de Gravier et 30 % de sable grossier (Safha, 2014)

Végétations : La berge est nue mais aux alentours, nous pouvons voir des arbres d'*Olea europaea* et de *Ficus carica* ainsi que des arbustes de *Vaccinium myrtillus* et *Nerium oleander* et des algues accrochées aux roches.

Anthropisation : Elevage de bétails et lavage de voitures.



Photo 1 : Oued Helia amont

Oued Helia Aval (Affluent de Seybouse):

Altitude (m) : 131 m **Willaya :** Guelma

Latitude : 36° 24.720' N **Commune :** Boumahra

Longitude : 7° 36.674' E

Largeur du lit mouillé (m) :

Maximum : 7,9 m

Minimum : 5 m

Profondeur (m)

Maximum : 0,32 m

Minimum : 0,245 m

Vitesse du courant : 67,57 cm/s rapide

Substrat : 40% Blocs et Galets avec des petits cailloux et le reste c'est de l'argile.

Végétations : Caractérisée par des arbustes de *Nerium oleander* et au niveau de la berge il y a l'espèce de *Typha angustifolia* et plus loin du cours d'eau on trouve des arbres de *Olea europaea* un peu partout.



Photo 2 : Oued Helia aval

Anthropisation : Elevage de bovins avec les déchets des usines qui viennent de la partie amont et des terres cultivées des deux côtés des berges de l'oued.

❖ **Oued Bradaa (Affluent de Seybouse) :**

Altitude (m) : 264m **Willaya :** Guelma
Latitude : 36° 30.774' N **Commune :** Héliopolis
Longitude : 7° 27.050' E
Largeur du lit mouillé (m) :
Maximum : 5,2 m
Minimum : 13,5 m
Profondeur (m)
Maximum : 0,423 m
Minimum : 0,37 m

Vitesse du courant : 51,182 cm/s rapide

Substrat : 20% Galets et cailloux avec 80% sable fin

Végétations : On trouve une grande eutrophisation au niveau de Bradaa, des colonies d'algues ont envahi le cours d'eau dans sa partie amont où on trouve *Typha angustifolia*.

Anthropisation : des forts rejets domestiques avec des terres agricoles en amont de la station



Photo 3 : Oued Hammam Bradaa

❖ **Oued Seybouse (Nador):**

Altitude (m) : 123m **Willaya :** Guelma
Latitude : 36° 25.092' N **Commune :** Beni Mezline
Longitude : 7° 36.869' E
Largeur du lit mouillé (m)
Maximum : 13,1 m
Minimum : 9,66 m
Profondeur (m)
Maximum : 0,24 m
Minimum : 0,196 m

Vitesse du courant : 57,106 cm/s rapide

Substrat : 20% Galets et blocs et 20% Cailloux avec 60% Limons et argiles.

Végétations : On trouve beaucoup d'arbres et des arbustes qui couvrent le long de l'oued spécialement *Nerium oleander* et *Olea europaea* ainsi dans sa partie amont où on trouve le *Typha angustifolia* et quelque algue accrochée au blocs et galets.

Anthropisation : Terres agricoles des deux côtés des berges de l'oued et des déchets urbains qui viennent du village du Nador



Photo 4 : Oued Nador

1.10.2. Cartographie :

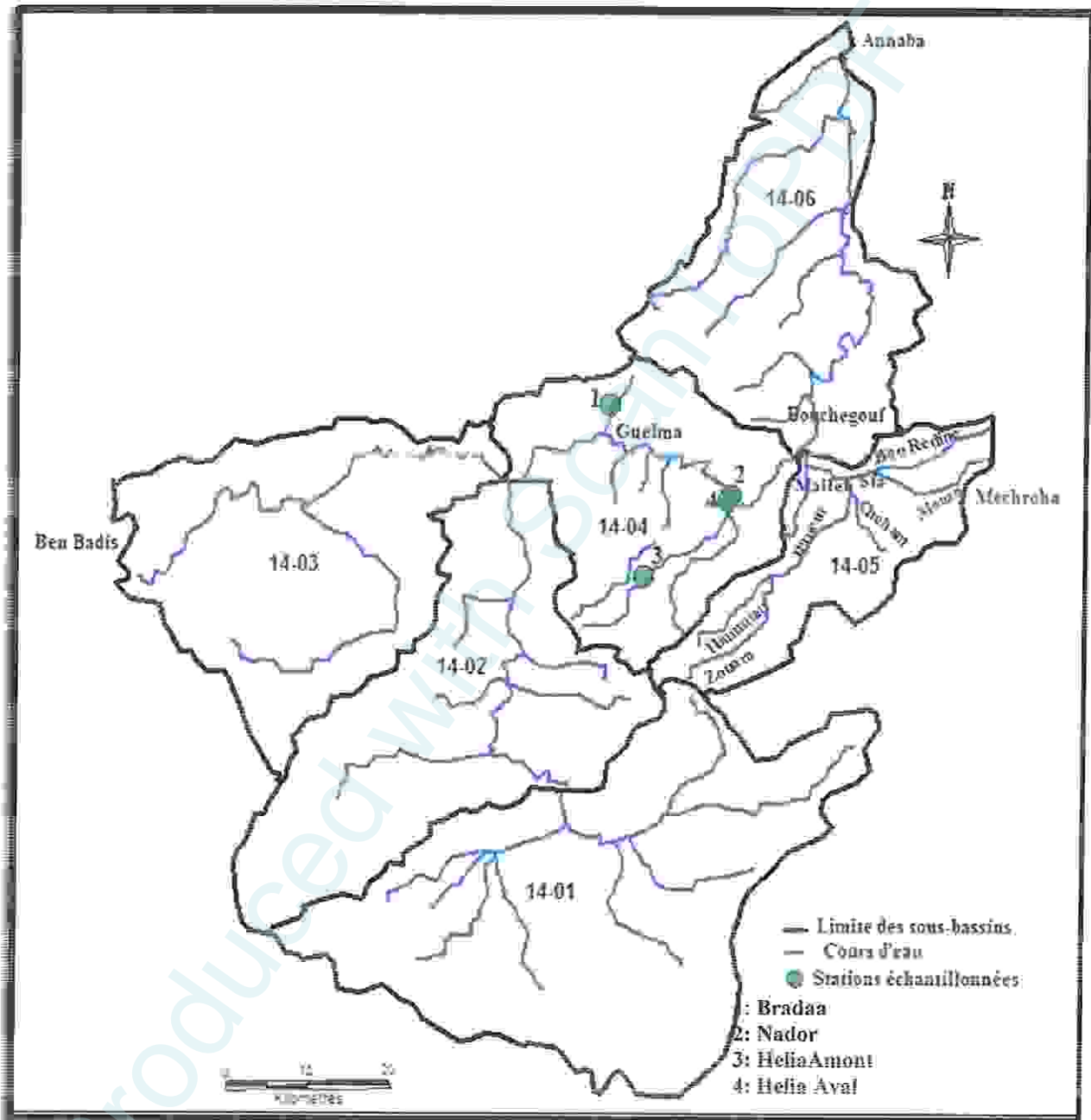


Figure 16 : Localisation des stations d'étude dans le Bassin versant de la Seyhouse

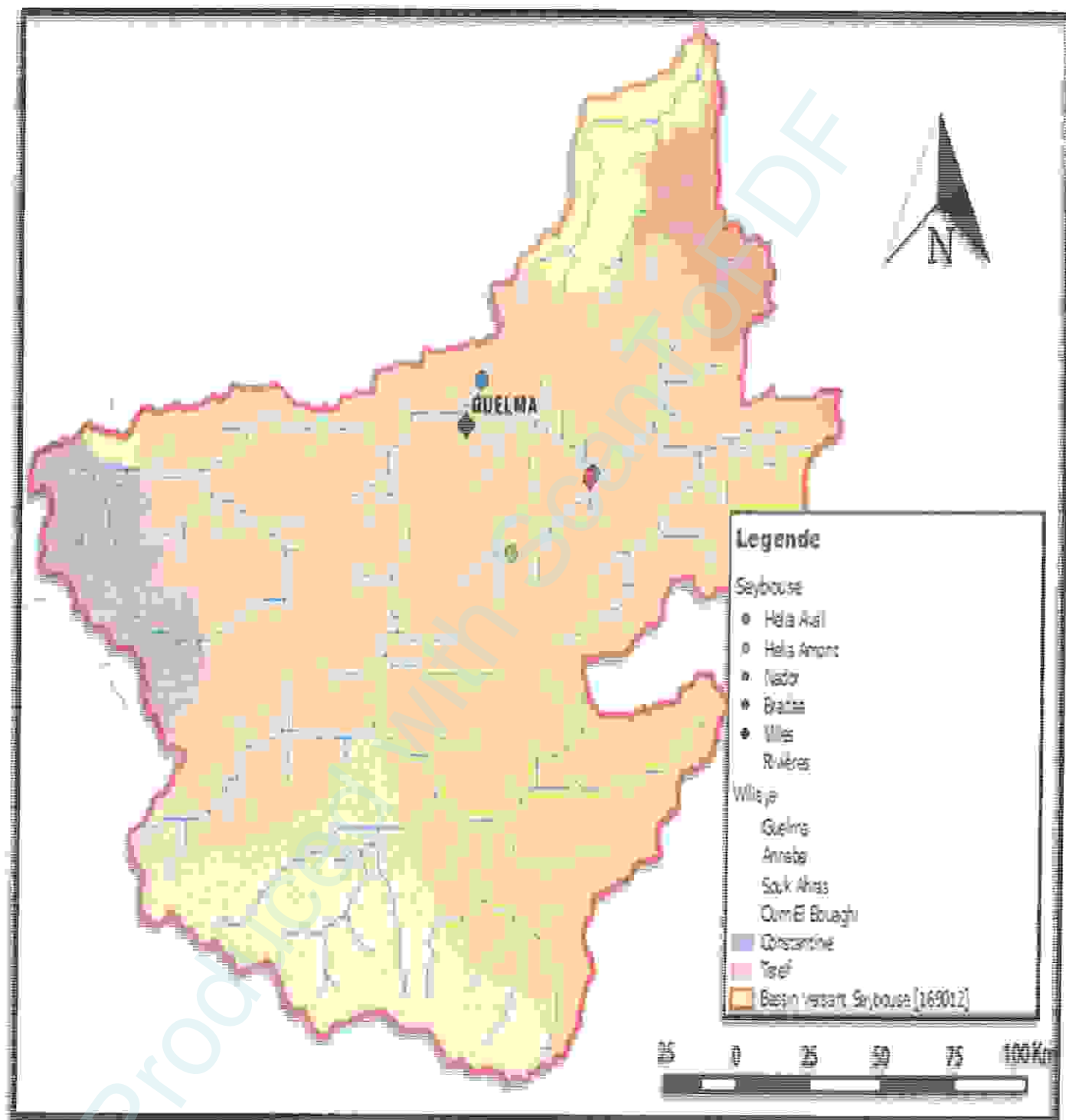


Figure 17 : Emplacement des stations d'études dans la wilaya de Guelma en rose (QGIS)

1.10.2.1 : Photo par satellites des stations d'études (Photo Réelle Google Earth) :

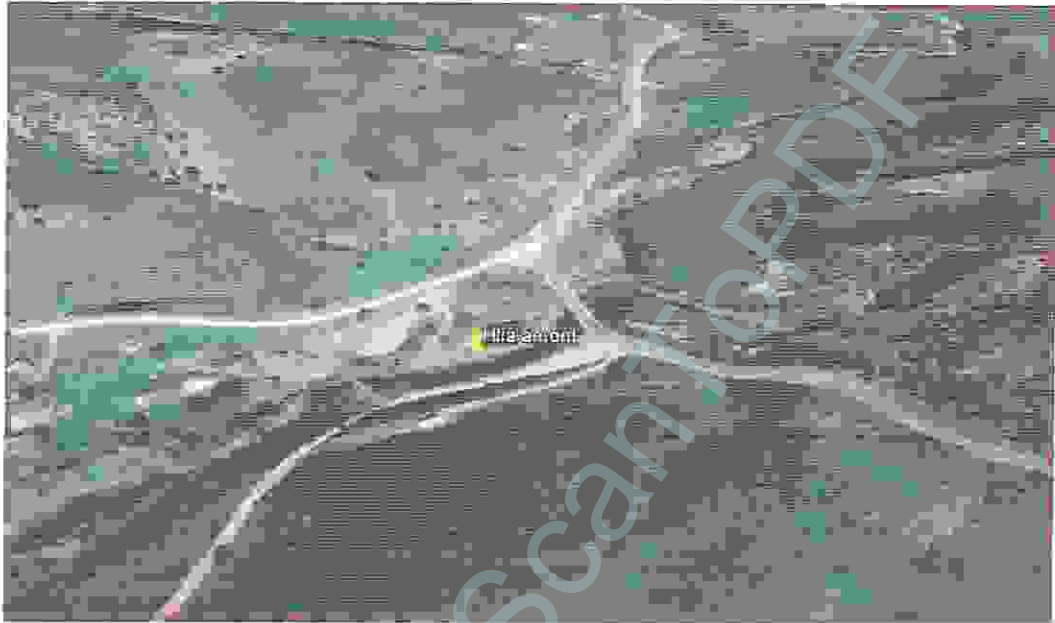


Photo 5 : Image prise par google earth de la station de Helia amont.

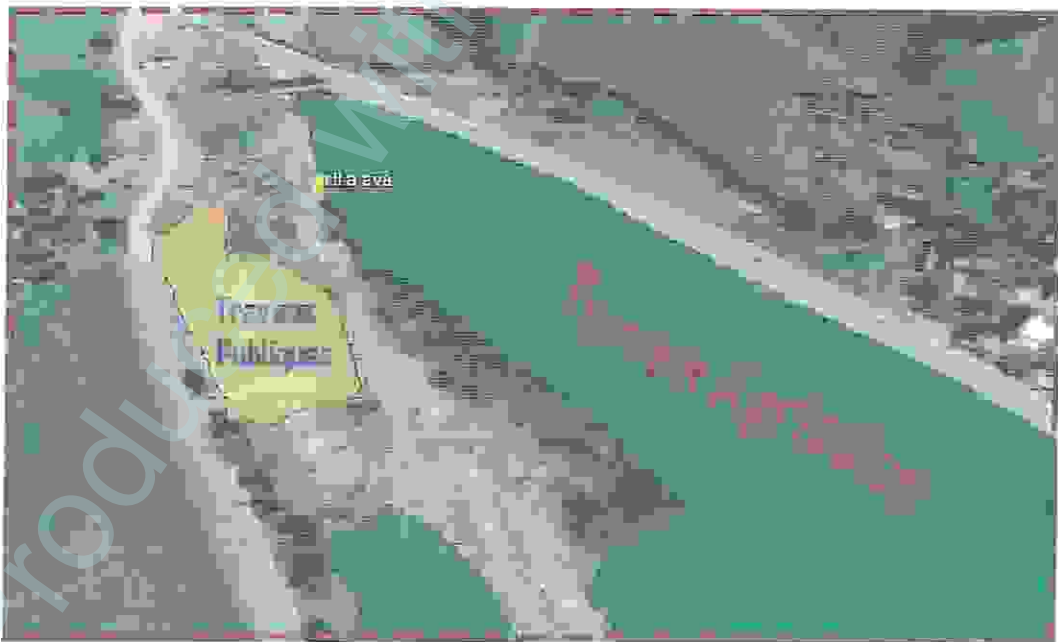


Photo 6 : Image prise par google earth de la station de Helia aval.



Photo 7 : Image prise par google earth de la station de Nador

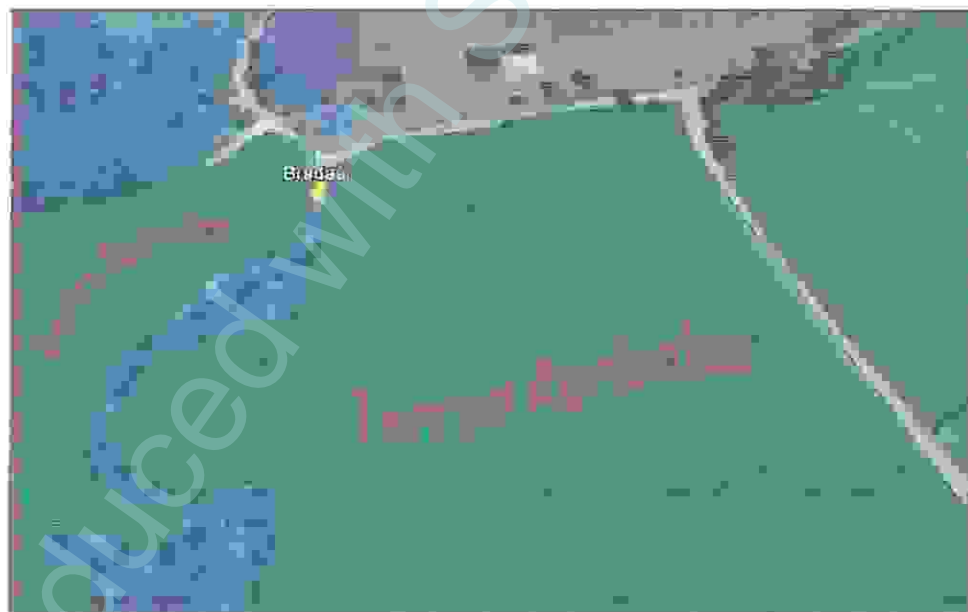


Photo 8 : Image prise par google earth de la station de Hammam Bradaa

1.10.3. Pression Anthropiques dans les stations d'étude :

A/ - Rejets domestiques à Bradaa :

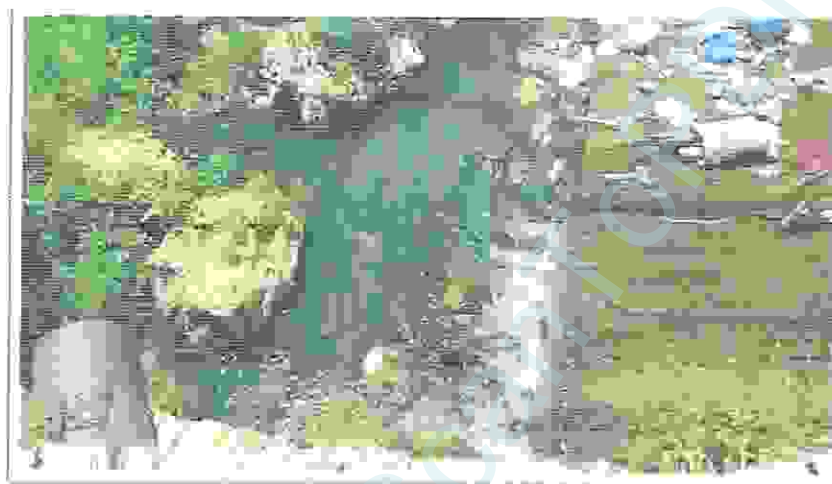


Photo 9 : Rejets des déchets domestique dans le cours d'eau de Bradaa

B/- Elevage de Bétail à Helia Aval :



Photo 10 : Elevage de bétail dans la station de Helia aval.

C/ - Activités Agricoles à Nador :



Photo 11 : Des vastes terres agricoles le long du cours d'eau de Nador.

D/ - Activités Agricoles à Helfa Aval :



Photo 12 : Des terres agricoles le long du cours d'eau de Helfa aval.

Deuxième Chapitre

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

Produced with Scantopdf

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

2.1. Les Ephéméroptères

Ce sont des insectes ailés les plus anciennement connus, leur origine remonte au Carbonifère

Les ailes ne peuvent pas se replier le long du corps ce qui les rend plus vulnérables, on remarque l'absence des pièces buccales chez l'adulte.

Les adultes ne survivent généralement pas plus d'une journée (parfois quelques minutes seulement), presque toute la vie se déroule à l'état larvaire (d'une à trois années avec 12 à 35 mues).

L'Estimation du nombre d'espèces connues en Europe et au Maghreb au 1^{er} janvier 2010 : 369 genres (Bourbonnais, 2013).

2.1.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous- embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Ptérigota

Ordre : Ephemeroptera (Hyatt et al, 1891)

(Tachet et al, 2012)

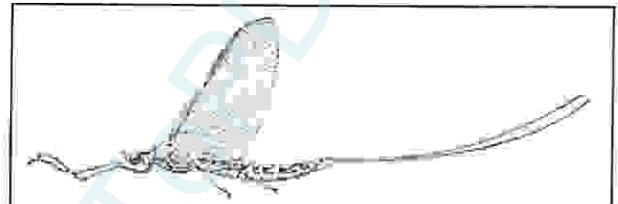


Figure 18 : Ephéméroptère adulte vue latérale (Bourbonnais, 2013)



Figure 19 : Ephéméroptère adulte vue ventrale [1]

- **Adultes** : L'adulte est pourvu de 4 ailes. Il est bien connu pour sa courte vie (1 à 8 jours). Les mâles volent en groupes au-dessus des eaux au moment de la reproduction, le mésothorax très développé par rapport au pro et méta thorax. Donc les ailes antérieures sont beaucoup plus grand que les ailes postérieures, les pièces buccales régressées à l'état adulte, le sub-imago est ailé chez les éphéméroptères un très unique dans le monde des insectes. (Righetti, 2016) (Fig 18 et 19).

2.1.3. Biologie et écologie :

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 bio monitoring très utilisé (De bons indicateurs de la qualité des eaux).

Le cycle de développement dure un an. Les larves d'éphémères mesurent en moyenne 1 centimètre; elles sont aquatiques et pour la plupart phytophages, raclant les pierres pour consommer des algues, les adultes ont une vie imaginaire très courte.

Les éphémères émergent plutôt le soir dans l'eau et, fait particulier, sous une forme post-larvaire appelée sub-imago (qui ressemble à un adulte mais recouvert d'une peau opaque). L'émergence a souvent lieu par temps couvert et sans trop de vent. L'insecte parfait sort ensuite après une dernière mue dans les 24 ou 48 heures suivantes, ou parfois quelques minutes seulement.

Le comportement des mâles est très particulier et typique : vol nuptiaux groupés, avec danse caractéristique du genre. Les femelles traversent les essaims et pondent entre 1000 et 7000 œufs selon les genres. (Belfoire, 1983).

2.2. Les plécoptères :

Les plécoptères sont des insectes plus communément appelés « perles », et sont intimement liés à la vie aquatique. Ces insectes sont avant tout inféodés aux eaux fraîches et courantes (ruisselets, petites rivières et fleuves), car leurs besoins en oxygène dissous sont élevés. Au bord de l'eau, on reconnaît les plécoptères surtout à leur vol en hélicoptère. Les adultes se caractérisent entre autres par des ailes très nervurées et repliées en toit au-dessus du corps, par la présence de cerques et de longues antennes. (Aubert, 1959)

2.2.1. Classification .

Rgne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterigota

Super-ordre : Orthopteroidea

Ordre : Plécoptère, Burneister, 1839.

(Tachet et al, 2012)

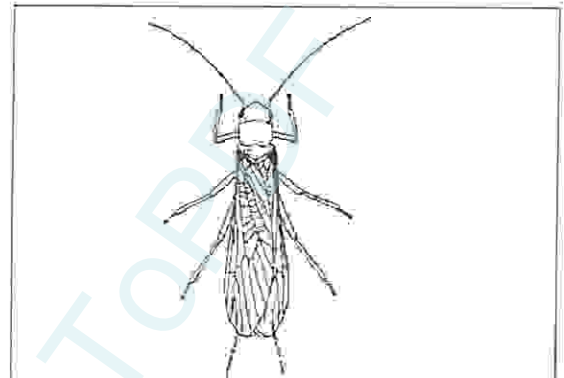


Figure 21 : vue dorsale (ailes replier) d'un plécoptère [2]

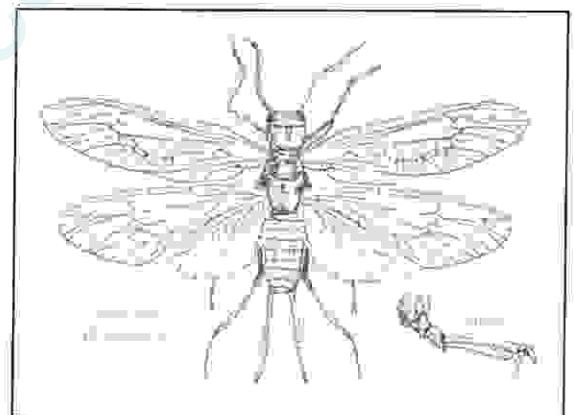


Figure 22 : Vue dorsale (ailes ouvert) d'une plécoptères (Famille des Perlidae) [3]

2.2.2. Morphologie :

- **Les larves :** Elles sont aquatiques et proches de celles des éphémères, mais possédant 2 cerques au lieu de 3. On les distingue grâce aux deux griffes qu'elles ont au bout des pattes, alors que les larves d'éphéméroptères n'en ont qu'une seule. Leurs branchies ne sont pas disposées sur l'abdomen mais au niveau des hanches (coxa) et de l'anus. Les antennes sont multi segmentées et beaucoup plus longues que la tête. Vivant exclusivement dans les ruisseaux et torrents, elles sont détritivores ou herbivores (Moisan, 2010) (Fig 23).

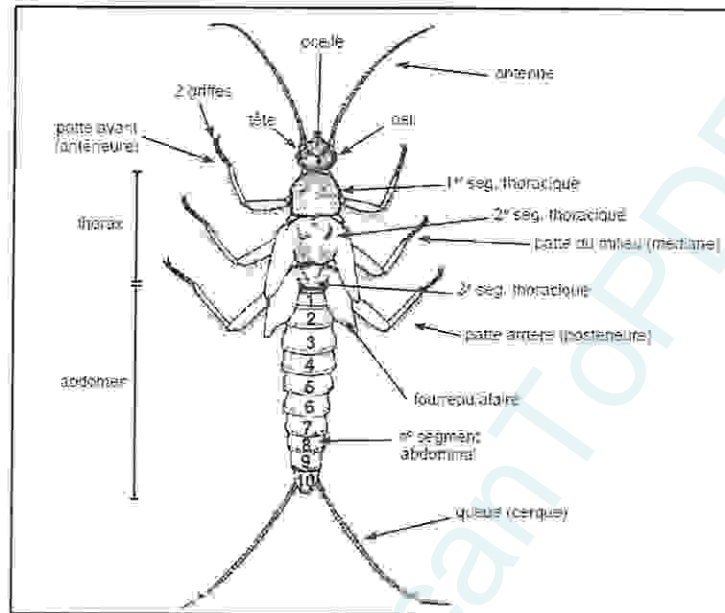


Figure 23 : Vue dorsale d'une larve de plécoptères (Moisan, 2010)

- **Adulte** : Volent peu et mal ; on les retrouve généralement près des cours d'eau où ils ont passé leur stade larvaire, les pièces buccales sont peu développées ou atrophiées chez l'adulte (ne mangent pas) (Tachet et al, 2012). (Fig 21 et 22)

2.2.3. Biologie et écologie :

Les larves de plécoptères sont toutes strictement aquatiques. Chez la plupart des espèces, il y a une seule génération (espèce monovoltine), avec un cycle vital d'un an minimum (deux ans ou plus pour certaines espèces).

La majorité des espèces se nourrissent de débris organiques fins et d'algues. Quelques espèces sont prédatrices de larves d'éphémères ou d'autres invertébrés aquatiques. Les larves de chaque espèce sont inféodées à un ou plusieurs types de micro habitats, caractérisés par des paramètres morpho dynamiques (pente, courant, granulométrie du substrat, végétation, etc.).

La mue imaginale se déroule à la manière de celle des libellules (émergence sur un support hors de l'eau : pierre, tige...). Visiblement, la grande majorité des émergences a lieu la nuit. Après l'émergence, les adultes volent ou bien rampent (cas de certains mâles aux ailes réduites

(brachyptérie). Ils ont une vie généralement très courte (Quelques jours). Certaines espèces se reproduisent très tôt au printemps, parfois dès le mois de mars. (Thomas et al, 2006)

2.3. Les Trichoptères :

Les Trichoptères possèdent les caractères fondamentaux des insectes ptérygotes : thorax formé de 3 segments portant chacun une paire de pattes, les segments 2 et 3 étant pourvus chacun d'une paire d'ailes, abdomen le plus souvent constitué de 10 segments. Leur développement post embryonnaire est graduel et présente, en plus de plusieurs stades larvaires, un état nymphal (insectes holométaboles) durant lequel apparaissent les ailes qui se développent à l'intérieur des fourreaux alaires (insectes endoptérygotes). La présence de nombreuses soies sur les ailes est à l'origine du nom donné à cet ordre.

Issus de l'ordre fossile des Mécoptères, comme d'ailleurs les Diptères et les Lépidoptères, Se sont les premiers restes fossiles des formes apparentées aux Trichoptères datent du permien supérieur. (Bertran, 1945).

2.3.1. Classification :

Regne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapaoda

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterigota

Ordre : Trichoptera, (Kirby, 1813)

(Tachet et al, 2012)

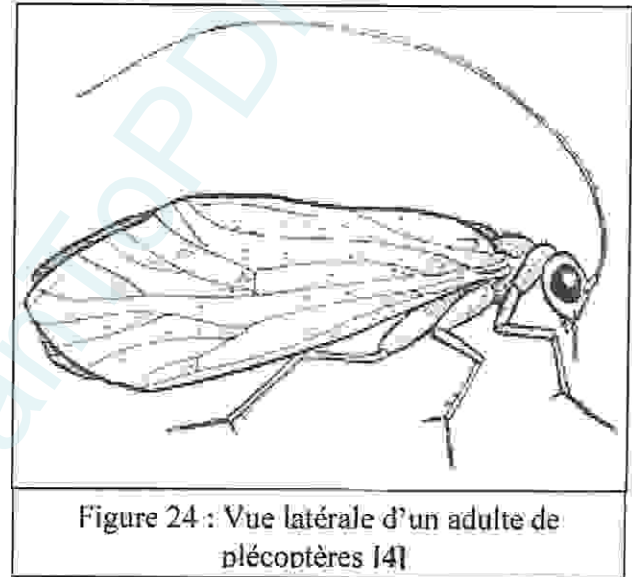


Figure 24 : Vue latérale d'un adulte de plécoptères [4]

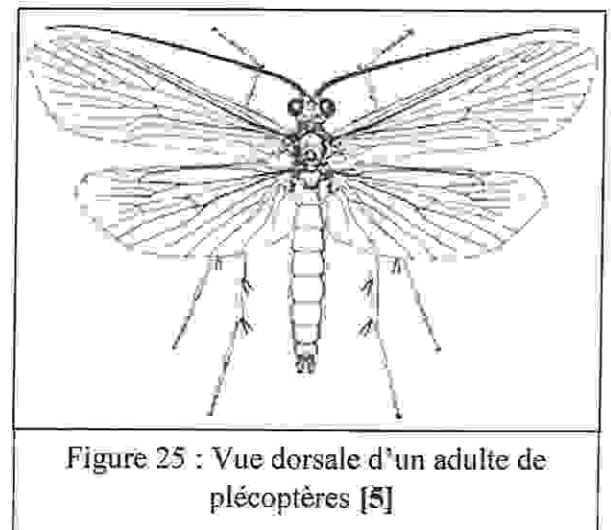


Figure 25 : Vue dorsale d'un adulte de plécoptères [5]

2.3.2. Morphologie :

➤ **Larve** : On peut distinguer deux types morphologiques caractérisant deux séné larvaires ayant chacune des particularités éthologiques propres :

1. **Le type campodeiforme** la tête est, généralement plus longue que large, située dans le prolongement de l'axe du corps. L'abdomen est formé de neuf segments, les pygopodes, ou fausses pattes anales, sont longs et servent à la locomotion. Les larves sont presque toutes sans fourreaux, mobiles, elles sont entièrement libres ou se construisent des abris fixes composé d'une chambre renforcée de grains de sable ou de débris végétaux, des autres construisent des filets en soie (Exemple Hydroptilidae, Hydropsychidae) (Tachet et al 2012).

2. **Le type cruciforme** la tête, souvent courte et large, fait un angle presque droit avec l'axe du corps. Les pygopodes sont soudés par leurs bases et figurent un dixième segment abdominal apparent. Leurs extrémités, en crochets, servent au maintien du fourreau. En effet toutes les larves de ce type se construisent, généralement, des fourreaux cylindroïdes mobiles. Exemple (Leptoceridae). (Tachet et al 2012).

Les larves de Trichoptères possèdent les caractéristiques suivantes

- Des yeux simples.
- Absence de fourreau x alaires.
- Présence de pattes thoraciques des mandibules plus petites que la tête.
- Une paire de crochets anaux les pygopodes (Tachet et al 2012).

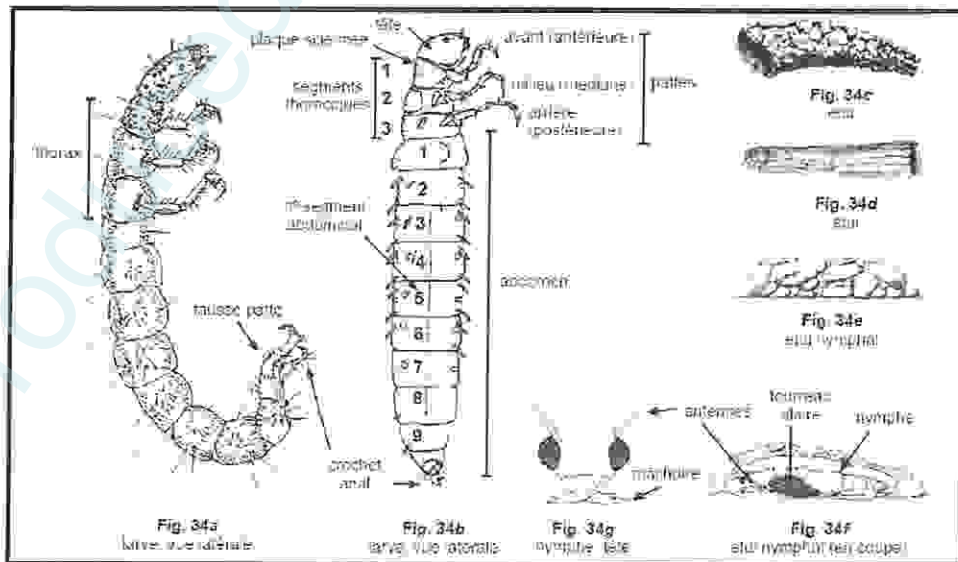


Figure 26 : Vue latérale d'une larve et nymph de trichoptères (Moisan, 2010)

➤ **Adulte** : La tête, petite et transverse, porte deux yeux latéraux composés ; les ocelles au nombre de trois sont absentes chez les représentants de certaines familles. Les antennes sont relativement longues. L'appareil buccal est de type suceur-lécheur.

Le thorax est muni de pattes de type marcheur. Les tibias épineux portent toujours des éperons mobiles situés au milieu et vers le tarse.

Les ailes sont membraneuses ; la postérieure qui est la plus courte présente un champ anal. La nervation simple est dominée par les nervures longitudinales, ses variations sont caractéristiques des familles ou des genres.

L'abdomen ne compte que dix segments ; le premier est réduit au tergite, les 9^{ème} et 10^{ème} participent à la formation des organes copulateurs.

Les adultes s'éloignent assez peu des eaux où ont vécu les larves. La journée, ils demeurent blottis dans des abris et ce n'est que vers la fin de la journée qu'on peut les voir voler près de l'eau (BERTRAND, 1954). La longévité des adultes est variable suivant les espèces et n'a pu être observée qu'en captivité où on a pu aller jusqu'à 80 jours, dans la nature, elle doit être beaucoup plus faible (Despaxr, 1951).

2.3.3. Biologie et écologie :

Certaines espèces protègent leur abdomen mou en construisant un fourreau (sorte d'étui protecteur) constitué de matériaux divers : grains de sables, fragments de bois, etc., agglutinés entre eux grâce à de la soie produite par la larve elle-même (glande séricigènes). Les nymphes sont également aquatiques, de même que les pontes (mais quelques espèces pondent au-dessus de l'eau), les œufs étant pondus par groupe et rassemblés dans une matière gélatineuse. Toutes les larves possèdent une paire de crochets à l'extrémité de leur abdomen.

Les Trichoptères qui ne fabriquent pas de fourreau sont aussi répandus que les Trichoptères à fourreau, mais l'absence d'étui les rend moins visibles. Pour se protéger, ces espèces tissent une structure faite de fils de soie entrecroisés appelé piège ou filet-piège. Les adultes sont terrestres, et ressemblent un peu à des papillons nocturnes. Plutôt ternes, leurs ailes sont repliées en toit et sont recouvertes de soies (d'où leur nom du grec trichos poils et pteron ailes). (Edington et al, 1995)

La nymphose se faisant dans le dernier fourreau, la nymphe doit donc nager vers la surface pour effectuer sa mue imaginale. Les Trichoptères sont en général détritivores et suspensivores ; quelques espèces sont carnivores. Contrairement aux plécoptères et éphémères qui sont inféodés principalement aux eaux courantes, de nombreuses espèces de Trichoptères habitent les eaux stagnantes.

2.4. Les Diptères :

L'ordre des Diptères, avec celui des Coléoptères sont les plus importants numériquement de la classe des insectes. Groupe très vaste encore peu connu, cet ordre possède une seule paire d'ailes antérieures et ailes postérieures modifiées en haltères (ou balanciers).

Trois sous-ordres sont concernés

- les **Nematocères** : Sont caractérisés au stade imaginal par une tête portant des antennes longues de 6 à 40 articles
- les **Brachycères** : Les imagos ressemblent à des mouches. La tête porte des antennes courtes formées de 8 articles.
- les **Cyclorhaphes** : La tête des imagos porte deux antennes de trois articles, le troisième portant un chète ou arista apical ou latéral. (Elouard, 1981)

2.4.1. Classification :

Régne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-embranchement : Hexapode

Classe : Insecta

Sous-classe : Pterigota

Ordre : Diptera ,Linnaeus, 1758

(Tachet et al, 2012)

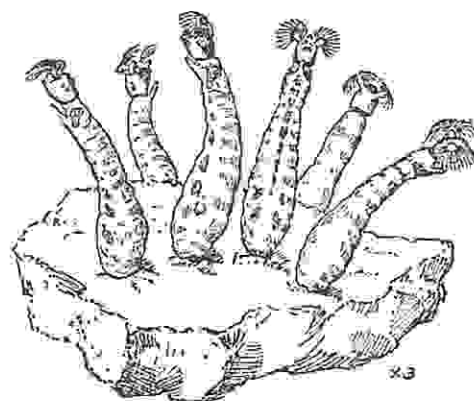


Fig. 27 : A droite : Larves de diptères de la famille des Simuliidae et à gauche son adulte [6]

2.4.2. Morphologie :

- **Les larves** : D'aspects très différents, sont vermiformes et dépourvues de pattes ou parfois équipées de fausses pattes. Elles portent souvent des fausses pattes thoraciques et/ou abdominales. Des protubérances, appelées bourrelets locomoteurs, peuvent également être présentes. La fin de l'abdomen peut porter des soies et/ou des appendices. La tête est soit distincte soit indistincte.
- **Nymphe** : Sont également présentes dans les cours d'eau. La nymphe est l'état intermédiaire entre la larve et l'adulte. Elle est reconnaissable à ses trois paires de pattes articulées accolées au corps et à son unique paire d'ailes. Elle peut être libre, dans une enveloppe souple fixée au substrat, ou enfermée dans une enveloppe dure. En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des Chironomidae. (Moisan, 2010)

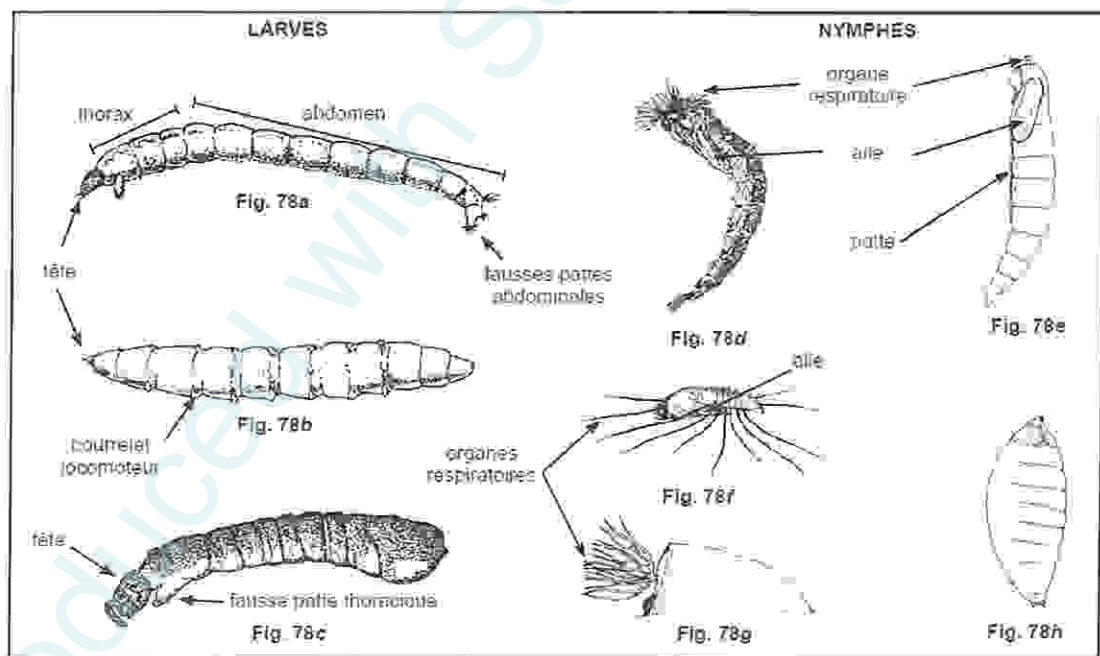


Fig. 28 : Morphologie générale des larves et nymphes de différentes familles de diptères (Moisan, 2010)

Les adultes : Volent bien et sont pourvus de deux ailes et de deux balanciers. Certains sucent le sang (hématoophages) comme les moustiques, taons, simulies pourvu des Pièces buccales spécialisées à absorber des liquides (sève, nectar, sang, liquides organiques). (Bourbonnais,2013)

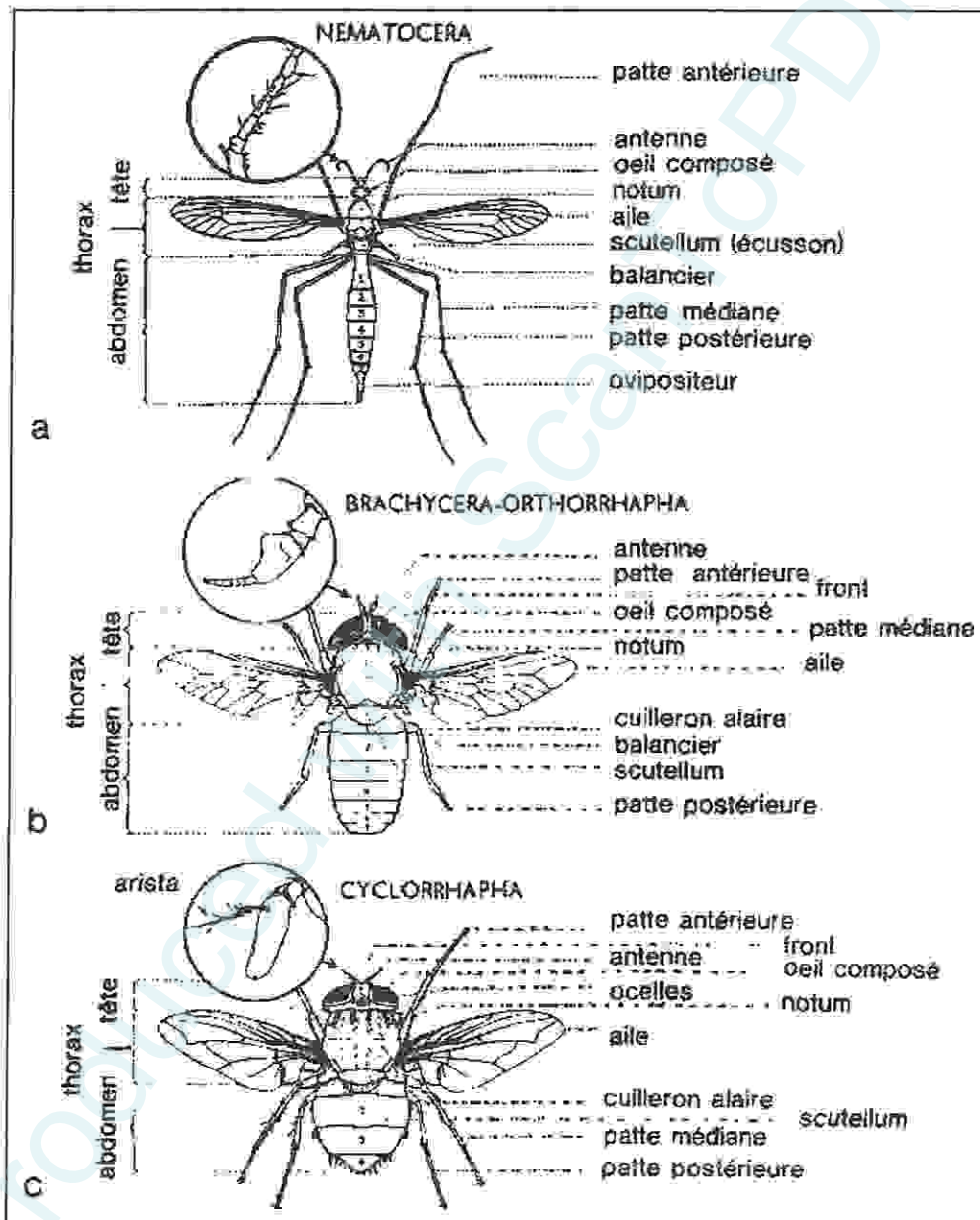


Figure 29 : Schéma de la morphologie d'adultes de diptères [7]

2.4.3. Biologie et écologie :

Le régime des Diptères adultes est peu connu, si l'on excepte les familles hématophages, sont des Mouches prédatrices qui chassent les petits Insectes. Cependant Les Empididae comme les Bombyliidae, se rencontrent aussi très fréquemment sur les fleurs en quête du nectar ils explorent les corolles avec leur trompe étroite et allongée. Beaucoup de Diptères adultes vivent isolés.

Les femelles de Diptères ne semblent, en général s'accoupler qu'une fois. Quelle que soit la durée de l'existence. Dans plusieurs genres, surtout chez les Nématocères, l'accouplement a lieu le soir ; chez les Nématocères culiciformes il a lieu peu de temps après la sortie de l'enveloppe nymphale.

Le nombre des œufs varie de quelques unités (Helicobosca, Mesembrina, Dasyphora) à plusieurs centaines (Musca, Culex) ou mille et plus (Echinomyia). (Aldrich, 1921)

2.4.4. Familles des diptères :

❖ **Les Chironomidés**

La famille des Chironomidae est un groupe d'insectes Diptères du sous ordre des Nématocères. Les membres de cette famille sont appelés communément « les moucheron non piqueurs » ou « Non Biting Midges des anglophones » au stade adulte et « bloodworms » au stade larvaire. Les larves des Chironomidae sont également bien connues sous le nom de : « ver de vase ». (Adams, 1985).

Les Chironomidae sont parmi les insectes aquatiques les plus tolérants à la température de l'eau et de l'air. En effet, les larves de *Paratendipes thermophilus* vivent dans les marais chauds de 38.8°C (Hayford et al., 1995) et les adultes de *Diamesa mendotae* capables de dépasser leur point de fusion et survivre à des températures atmosphériques de moins de - 20°C (Adams et al, 1992).

La famille des Chironomidae est divisée en 11 sous familles : Telmatogetoniinae, Usambaromyiinae, Podonominae, Tanypodinae, Buchonomyiinae, Diamesinae, Prodiamesinae, Orthoclaadiinae, Chironominae, Chilomyiinae et les Aphroteniinae, (Adams al, 1992).

Morphologie :

Les larves :

Les Chironomidae possèdent quatre stades larvaires mais toutes les observations morphologiques et taxonomiques ont été faites sur le dernier stade. En effet, la majorité des structures apparaissent dans les stades larvaires précoces (Olafsson, 1992) mais beaucoup de caractères du stade final, surtout les formes et ratios, ne s'appliquent pas sur les premiers stades et ne permettent pas une bonne différenciation (Ashe, 1983).

Les Adultes :

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 (plus ou moins aussi longues que la tête). Leur 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. (Ali, 1991)

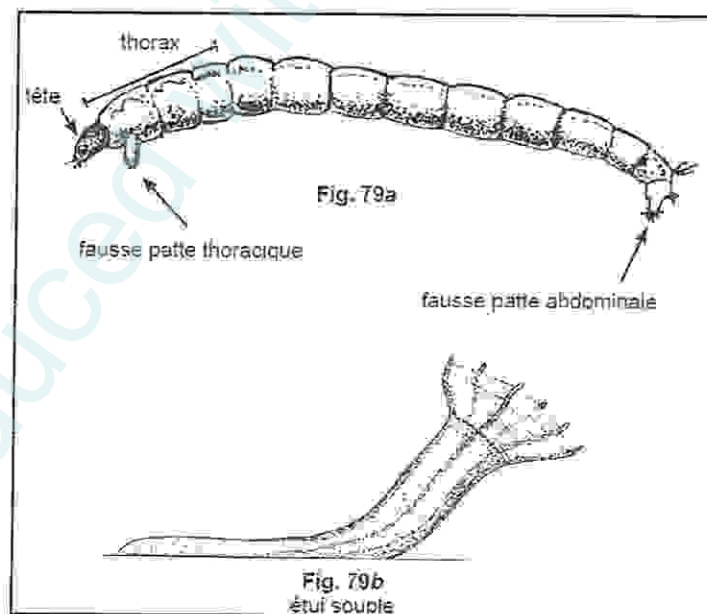


Figure 30 : Morphologie d'une larve de diptère de la famille de Chironomidae (Moisan, 2010)

Biologie et écologie :

Les Chironomidae sont des insectes holométaboles, leurs larves, nymphes et adultes forment une part intégrale de la chaîne trophique servant de nourriture pour d'autres invertébrés, poissons, oiseaux et amphibiens. D'un autre côté, les adultes de Chironomidae sont considérés comme une nuisance lorsque de grandes émergences se présentent près des habitations humaines. Ils ont été impliqués dans la production de réactions allergéniques pour l'Homme (Armitage et al, 1995).

Cependant, les Chironomidae sont connus depuis longtemps comme des indicateurs potentiels de la qualité de l'eau. En effet, quelques groupes de genres et/ou d'espèces habitent les milieux de haute qualité ; d'autres préfèrent les milieux pollués. De même, les paléolimnologistes ont également utilisé les Chironomidae comme indicateurs environnementaux et climatiques dans des études rétrospectives visant à mesurer et à comprendre les récentes modifications de l'environnement. (Armitage et al, 1995).

❖ **Les Simuliidae :**

Il existe environ 1550 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. Les œufs, les larves et les nymphes se trouvent dans les cours d'eau tandis que les adultes sont terrestres. Les morsures des femelles de plusieurs espèces en font des vecteurs de maladies autant chez les humains que chez les animaux. (Gouteux, 1978)

Morphologie :

Les Larves :

Ce sont des organismes eucéphales de forme caractéristique, allongés et renflés en massue dans leur partie postérieure. La capsule céphalique montre sur le fronto-clypéus et les gena une ornementation plus ou moins spécifique de taches de pigmentation sombres et de traces d'insertions musculaires claires ; elle forme sur la face ventrale une échancrure dont la forme est également assez spécifique ; en avant de cette échancrure. Porte un pseudopode ventral caractéristique, terminé par des couronnes de crochets de fixation. Chez les larves des derniers stades ils montrent latéralement les histoblastes des pattes, ailes et branchies nymphales ; ces ébauches branchiales forment de chaque côté du thorax de la larve mûre une tache brune caractéristique du dernier stade larvaire.

La nymphe a l'aspect général d'un imago enveloppé dans une membrane. Elle est logée dans un cocon fixé au support. De couleur jaune clair quand elle est jeune, elle devient de plus en plus foncée en vieillissant. (Grenier et al, 1960)

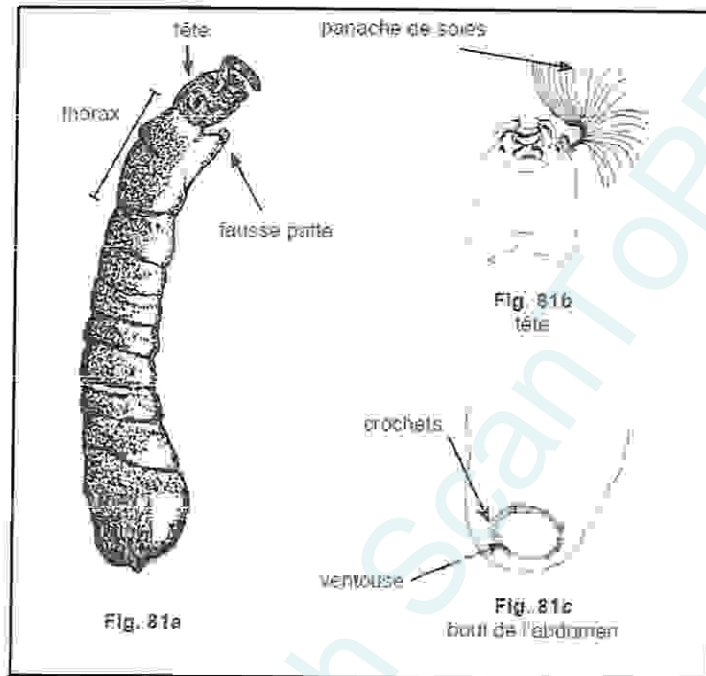


Figure 31 : Morphologie d'une larve de Simuliidae (Moisan, 2010)

Les Adultes:

Ils ont l'aspect de moucheron de petite taille (de 1 à 6 mm), de coloration généralement sombre, de silhouette trapue et bossue, la tête étant située au-dessous de l'axe antéro-postérieur du corps. Les yeux sont dichoptiques chez les mâles et holoptiques chez les femelles. Les pièces buccales (sont complètes et piqueuses chez les femelles ; les pièces vulnérantes sont le labre, les mandibules. Les ailes sont larges et membraneuses, et leur nervation est caractéristique. (Queleennec, 1966)

Biologie et d'écologie

La biologie et l'écologie des Simuliidae d'Afrique de l'ouest est surtout bien connue pour le complexe *S. damnosum*, vecteur d'onchocercose humaine qui a fait l'objet d'études approfondies en particulier pour ce qui concerne les femelles piqueuses. (Raybould et al, 1975.)

❖ **Les Tipulidés :**

La superfamille des Tipuloidea compte un peu plus de 17 000 espèces dans le monde (Oosterbroek, 2006). Celle-ci est caractérisée par l'absence d'ocelle, la présence de deux veines anales sur les ailes et la forme en « V » de la suture séparant le praescutum du scutum (Alexander et Byer, 1981). Auparavant, il y avait deux conventions taxonomiques différentes pour cette superfamille. Les entomologistes britanniques et américains regroupaient les Tipuloidea en une seule famille, les Tipulidae, comprenant trois sous-familles : Limoniinae, Cylindrotominae, et Tipulinae. Les entomologistes européens pour leur part reconnaissaient quatre familles : Tipulidae, Limoniidae, Cylindrotomidae et Pediciidae. Récemment, surtout après les travaux de Stary (1992), l'utilisation de la convention européenne est devenue la pratique générale (Alexander, 1942).

➤ **Morphologie :**

Les Tipulidés sont des Diptères nématocères qui présentent les caractères suivants : tête presque sphérique, plus ou moins prolongée en museau ; palpes bien visibles, de quatre articles, dont le dernier est parfois plus long que les précédents, ou même très long, flagelliforme. Antennes filiformes, verticillées ou non, de 13 à 16 articles, souvent renflés à la base, tantôt pectinés, quelquefois renflés à la base, fuselés. Les yeux séparés dans les deux sexes, thorax épais, suture transverse bien marquée. Abdomen allongé, presque toujours. Cylindrique (Id, 1907)

➤ **Biologie et écologie :**

Les Tipulidae se rencontrent partout, mais surtout dans les forêts où l'ombre des arbres maintient l'humidité. Les bois marécageux les abritent en grand nombre. Ils se posent sur les herbes, les buissons, plus rarement sur les fleurs. On les aperçoit aussi dans les jardins ; les prairies, près des ruisseaux, des mares, des étangs. En montagne, on les trouve dans les ravins, contre les rochers moussus, sur les bords des torrents, près des chutes d'eau, où certains d'entre eux se meuvent agilement parmi les gouttelettes qui coulent sur la mousse humide. Quelques espèces vivent à de hautes altitudes (3.600 à 4.000 mètres environ ! d'autres sont répandues aussi bien dans la plaine que sur la montagne moyenne (1.500 à 1.800 mètres). Le vol de ces insectes n'est pas très long, mais le vent les emporte parfois à d'assez longues distances.

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

Les accouplements se produisent généralement le soir. Pour les grosses espèces, les mâles volent en dansant, cherchant les femelles sur le sol, à travers les herbes. Les Tipulidés de petite taille, agissent autrement. (Brocher, 1909)

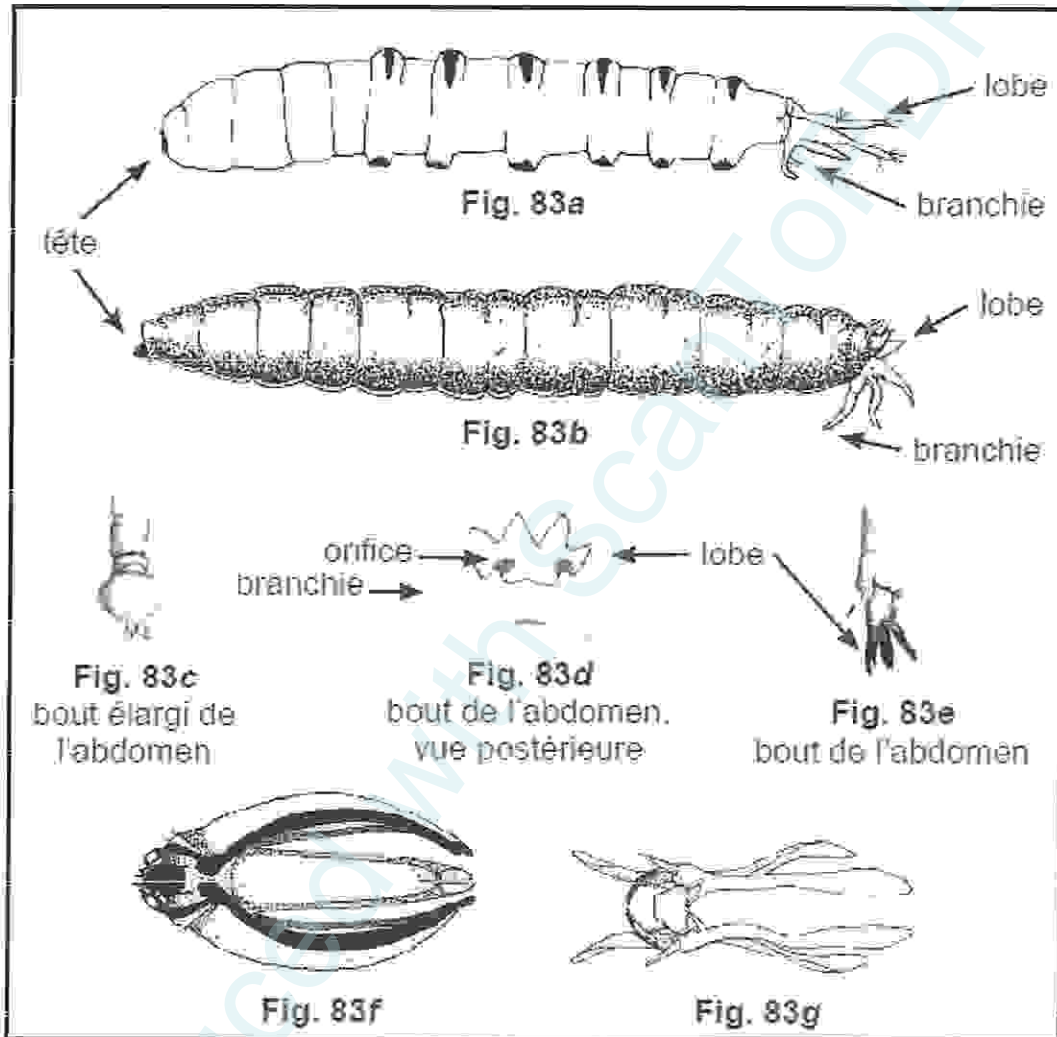


Figure 32 : Morphologie d'une larve de diptère de la famille des Tipulidae (Moisan, 2010)

2.5. Les Coléoptères :

Les coléoptères vivant véritablement dans l'eau constituent un groupe très hétérogène d'un point de vue taxonomique. Tous ce sont en effet adaptés à la vie aquatique au cours de l'évolution, mais les familles concernées n'ont pas de relation phylogénétique très proche. Il en résulte des caractéristiques biologiques et écologiques pouvant être très différentes d'une famille à l'autre. (Bameul, 1995)

2.5.1. Classification :

Règne : Animalia

Sous - embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous - classe : Pteriorsta

Ordre : Coleoptera

(Tachet et al, 2012)

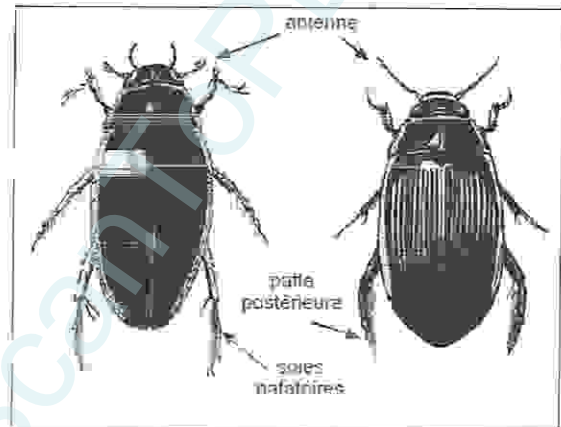


Figure 33 : Représente un adulte de coléoptères de la famille des Dytiscidae à Gauche et Noteridae à droite. (Moisan, 2010)

2.5.2. Morphologie :

Les larves : Les larves, présentent des formes diverses, ce qui les rend difficiles à cerner. Elles ont une tête distincte et dure ainsi que des mâchoires broyeuses. Étant complexe, les larves dépourvues de protection ont des mandibules en forme de crochets. Les larves sont carnassières (Francisco, 1979):

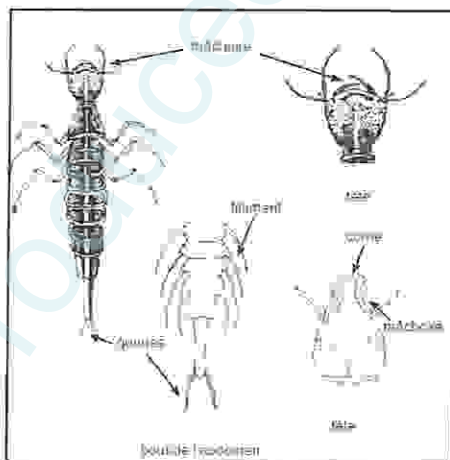


Figure 34 : Morphologie d'une larve de coléoptère de la famille de Dytiscidae (Moisan, 2010)

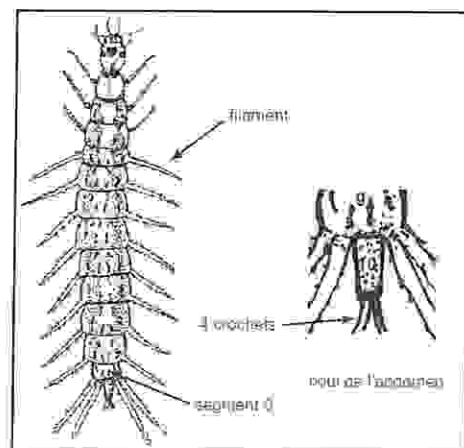
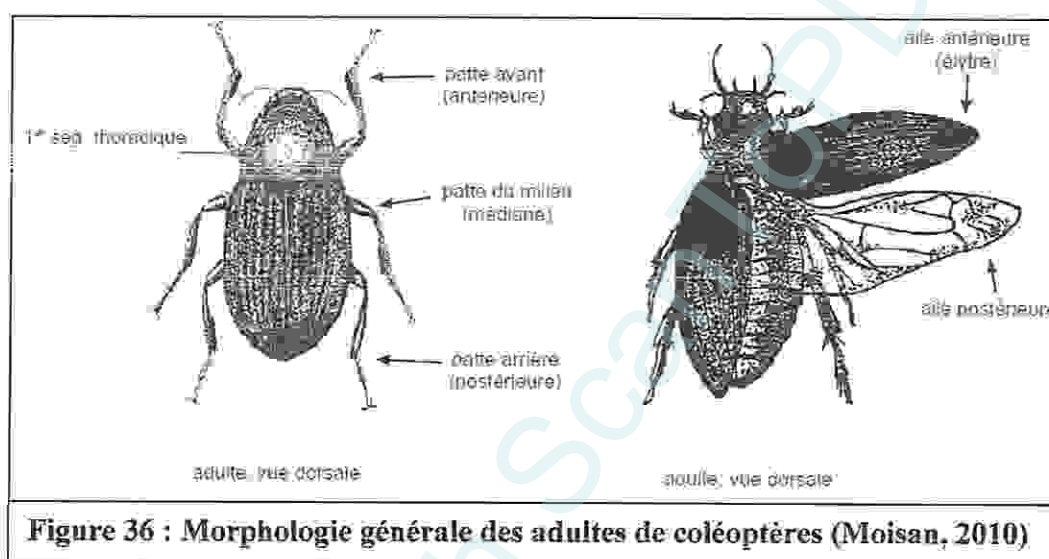


Figure 35 : Morphologie d'une larve de coléoptère de la famille de Gyrinidae (Moisan, 2010)

Les adultes

Les adultes ont les ailes repliées sous des élytres durs. Leur appareil buccal est équipé pour mâcher. Certains adultes vivent dans l'eau (Dytiscidae, Hydrophilidae), sur la surface de l'eau (Gyrinidae), au bord de l'eau ou sur des plantes aquatiques (Donaciinae). (Hansen, 1991)



2.5.3. Ecologie et biologie

La famille des Dytiscidae est très diversifiée (environ 250 espèces vivent en Europe occidentale) et comprend des espèces de très petite à très grande taille (genres *Cybister* et *Dytiscus* par exemple). Les dytiques nagent très bien grâce à leurs pattes postérieures fortement différenciées, longues et dotées de soies natatoires. Ils peuvent vivre dans des milieux très divers en eaux courantes ou stagnantes. Capables de voler pour la plus grande majorité, ils peuvent coloniser de nouveaux biotopes facilement. Les larves comme les adultes sont de redoutables prédateurs et se nourrissent de petits invertébrés (les espèces les plus grandes pouvant s'attaquer à des têtards ou à des petits poissons).

Les Gyrinidae sont des coléoptères de petite taille. Cette famille, qui ne renferme que peu d'espèces, présente des adaptations à la vie aquatique poussées. Ils sont reconnaissables à leur faculté de tourner très rapidement sur à la surface de l'eau, d'où leur nom vernaculaire de « gyrins ». Vivant en groupes, ils sont carnassiers et sont dotés de deux paires d'yeux qui leur permettent de voir simultanément sous l'eau et dans l'air. Leurs pattes courtes et aplaties leur confèrent de bonnes capacités natatoires. Ils s'adaptent au vol et peuvent ainsi coloniser facilement de nouveaux biotopes. (Nilsson et al, 1995)

2.6. Les Odonates

Les Odonates - ou Libellules - se distinguent des autres Insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l'adulte que chez la larve, mais surtout par des particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales, et l'existence chez la larve d'un labium articulé : le masque, qui recouvre les autres pièces buccales. Ce sont des hémimétaboles à larves aquatiques dans leur immense majorité et prédateurs à tous les stades de leur cycle vital. (Cammaerts, 1966)

2.6.1. Classification :

Regne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous – embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous – classe : Pterigota

Ordre : Odonata

(Tachet, 2012)

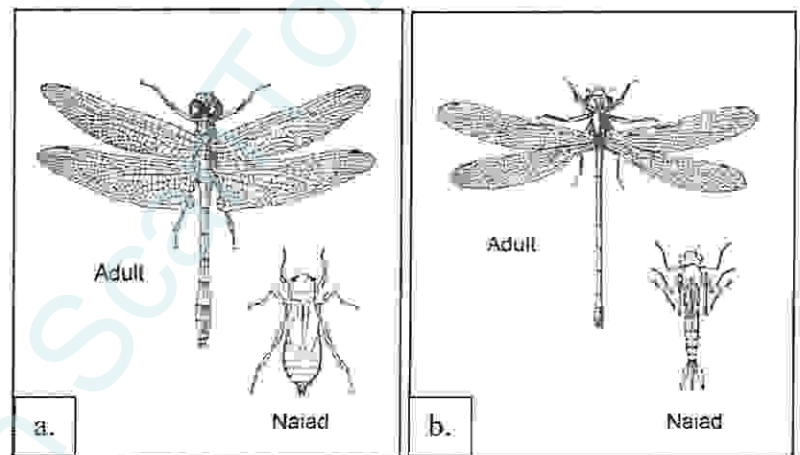


Figure 37 : Différences morphologiques des adultes et larves d'odonates. (a. S.O. Anisoptères/ b. S.O. Zygoptères) (Moisan, 2010)

2.6.2. Morphologie

➤ Les larves :

Le plan d'organisation du corps des larves est le même que chez l'adulte et s'en rapproche d'autant plus que la larve est plus avancée dans son développement. Labium de la larve modifié en un organe préhensile : le masque, la larve carnivore (prédatrice) est capable de respirer dans l'eau grâce à des branchies. Elle mue plusieurs fois : sa vie larvaire dure, selon l'espèce et les conditions écologiques, de deux mois à cinq ans, la larve sort de l'eau et effectue sa mue imaginale pour devenir imago (adulte) (Cammaerts, 1966) (Fig 38).

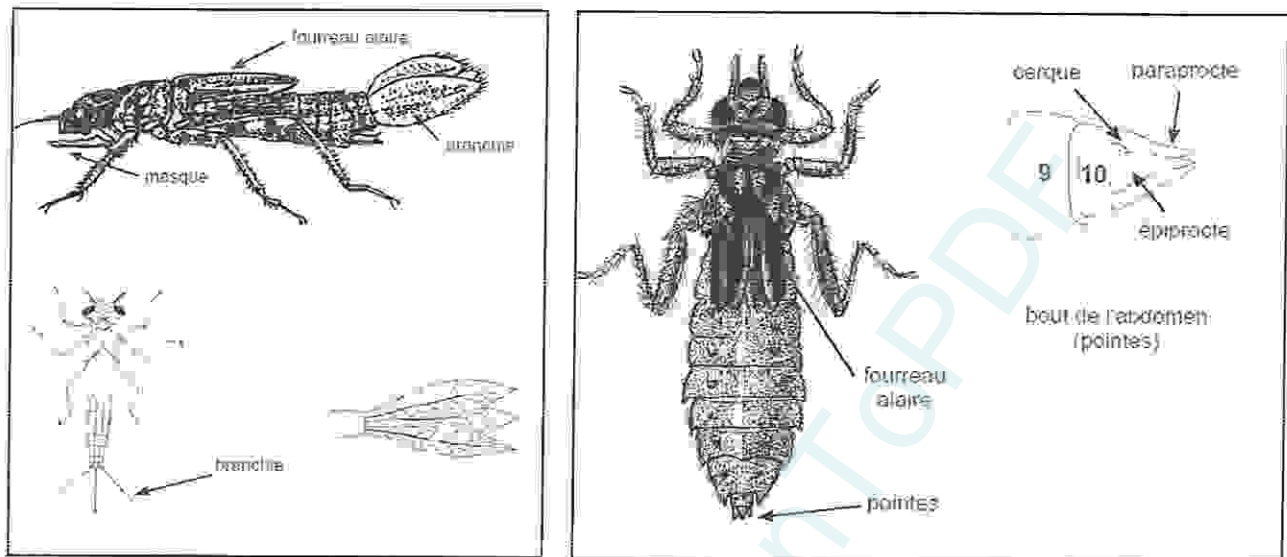


Figure 38 : les différences morphologiques entre la larve d'anisoptères et de Zygoptères (Molsan, 2010)

➤ **Les adultes :**

L'adulte camassier pourvu de 4 grandes ailes chasse de petits insectes en vol, sans trop s'éloigner de l'eau.

Les Libellules sont divisées en deux sous-ordres : les Zygoptères qui ont corps très fin et aux quatre ailes identiques repliées l'une contre l'autre, comme les pages d'un livre, au repos et les Anisoptères ont corps trapu et les ailes antérieures et postérieures différentes, au repos ces derniers restent étalés à l'horizontale (Barnard, 1937). (Fig 37)

2.6.3. Ecologie et biologie :

Les odonates constituent un ordre d'insectes hémimétaboles, au cycle de vie intimement lié aux milieux aquatiques (eaux stagnantes ou courantes).

Les odonates sont de redoutables prédateurs. Adultes, ils chassent à la vue et capturent leur proie à l'aide de leurs pattes antérieures. Les larves sont également prédatrices. Elles sont munies d'un organe spécifique et unique, appelé masque, qui leur permet de capturer leurs proies avec une très grande rapidité.

Les larves vivent dans l'eau, souvent dissimulées dans la végétation (tiges des hélophytes, racines...) ou enfouies dans le substrat. A la fin de leur développement, les larves quittent le milieu aquatique et

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

muent une dernière fois pour devenir ensuite des imagos. Elles laissent alors, lors de l'émergence, une dépouille larvaire appelée exuvie, dont l'examen permet la plupart du temps l'identification des espèces

L'accouplement chez les odonates est unique et spectaculaire : du fait de l'anatomie du mâle et de la femelle, l'accouplement forme une sorte de cœur caractéristique, appelé cœur copulatoire. Selon les espèces, les individus peuvent avoir des comportements territoriaux très marqués. (Société Française d'Odontologie, 2006)

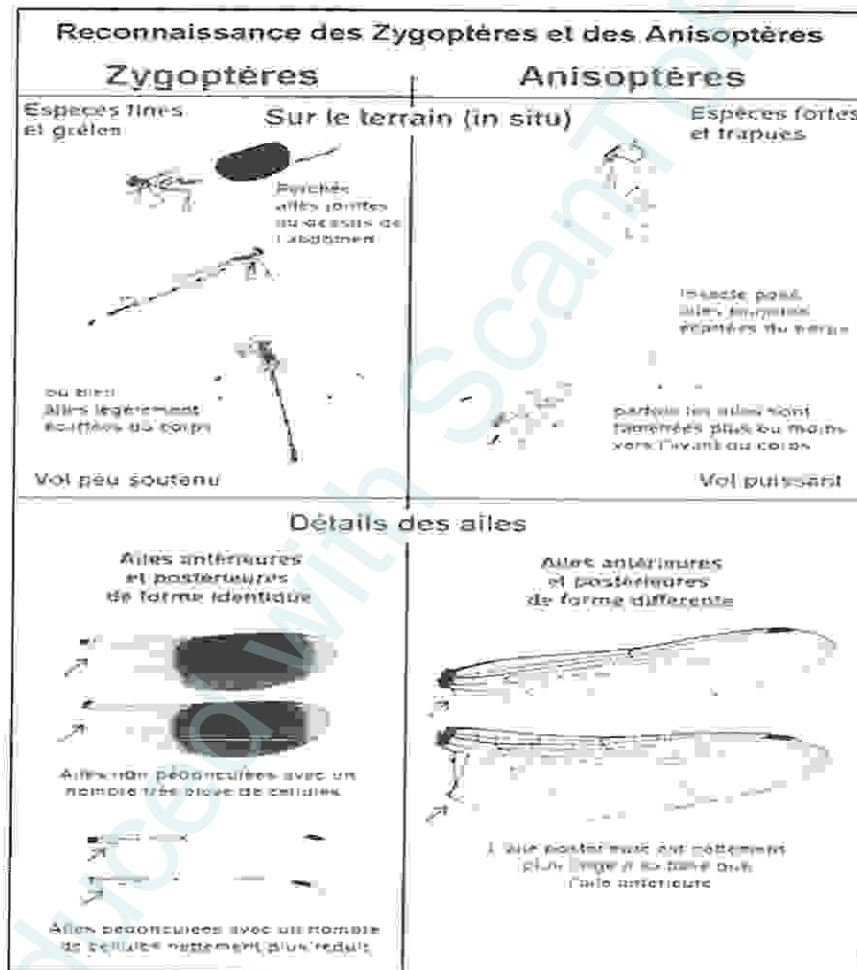


Figure 39 : les différences morphologiques entre l'adulte d'Anisoptères et de Zygoptères (Société française d'odontologie, 2006)

2.7. Les hémiptères :

Les insectes, et surtout leurs larves, représentent l'essentiel des macro-invertébrés dans les eaux continentales. L'ordre des Hémiptères appartient à la catégorie des hémimétaboles où les larves ressemblent à des adultes en miniature, mais sans ailes. Ces dernières se développent à l'extérieur du corps au cours des mues successives (insectes exoptérygotes). (Aldridje, 1988).

2.7.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous – embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous – classe : Pterygota

Super – ordre : Hemipteroidea

Ordre : Hemiptera Linnaeus, 1758

(Tachet et al, 2012)

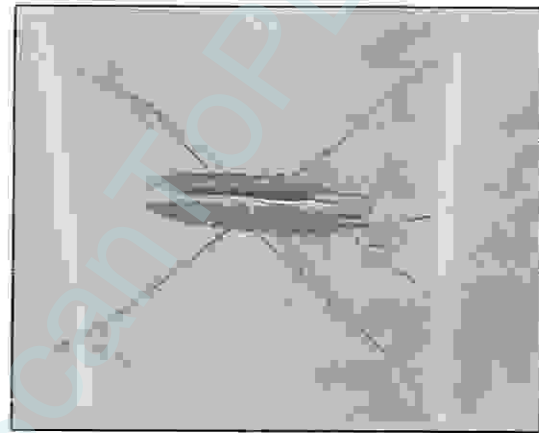


Photo 13 : Hémiptères de la famille de Gerridés
espèce de *Limnoporus dissortis* [8]

2.7.2. Morphologie :

L'aspect général du corps des Hémiptères aquatiques, ainsi que leur taille, montre de grandes différences depuis la forme aplatie d'une Népe jusqu'à celle en aiguille d'un Hydromètre.

➤ Les larves :

L'hibernation des Hétéroptères aquatiques se fait rarement à l'état de larve, parfois d'oeuf, mais le plus souvent à l'état d'adulte. La durée de l'incubation est variable, suivant les espèces et la température, d'une quinzaine de jours à deux mois et plus, des phénomènes de diapause se manifestent notamment chez les Notonectidae et les Nepidae. Le développement post-embryonnaire comporte, dans la règle, cinq stades larvaires et cinq mues successives. Le développement larvaire des Cryptocérates est plus long que celui des espèces de surface. Les larves sont de formes très variables. Elles possèdent, comme les adultes de leur espèce des glandes odorifiques, mais celles-ci sont dorso-abdominales et non métathoraciques. Ces glandes dorso-abdominales, sauf exception, s'atrophient chez l'adulte. (Raymond, 1955)

➤ **Les adultes :**

Ailes antérieures cornées dans la partie antérieure et membraneuses dans la partie postérieure (hémélytres) Ailes postérieures membraneuses et un peu plus courtes que les antérieures

Pièces buccales de type piqueur / suceur. Ils ne peuvent absorber que des liquides. Maxilles et mandibules modifiées pour former deux conduits : un pour sécréter la salive (contient diverses enzymes digestives), l'autre pour aspirer la nourriture. Le tout est recouvert par le labium segmenté

La plupart se nourrissent de la sève des plantes, d'autres sont des prédateurs d'autres insectes ou Arthropodes, Quelques-uns sont parasites hématophages (se nourrissent de sang) d'animaux homéothermes (Bourbonnais, 2013).

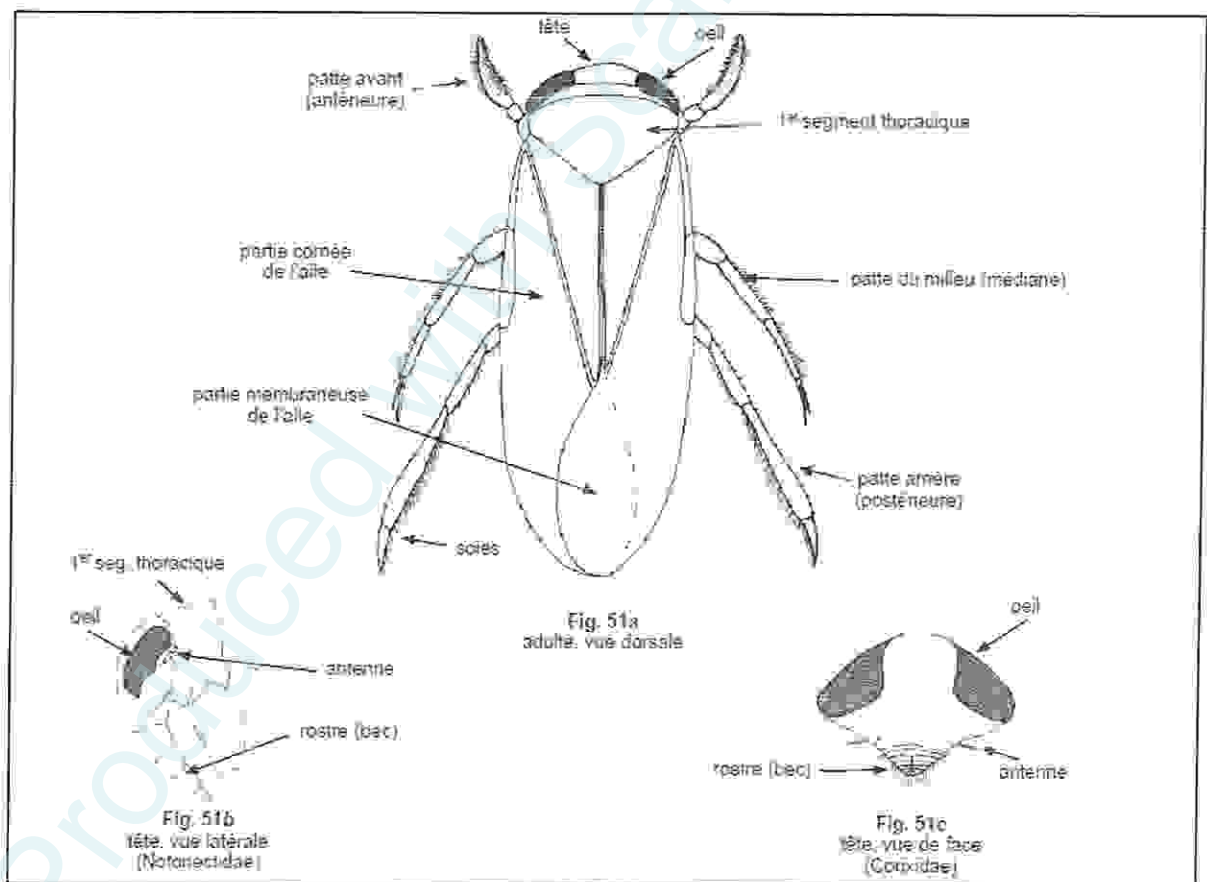


Figure 40 : Morphologie générale de l'ordre Hémiptères (Moisan, 2010)

2.7.3. Ecologie et biologie :

La plupart des espèces sont phytophages ; elles se nourrissent des sucres contenus dans les tissus végétaux. Pour atteindre ce précieux breuvage, les espèces introduisent leur rostre dans une ou plusieurs parties des plantes, arbres ou arbustes (fruits, tiges, voire certaines feuilles) et y injectent une salive contenant des enzymes qui vont liquéfier le réseau cellulaire de la plante prêt à être aspiré. Ces piqûres vont former des lésions locales qui, lorsque les effectifs sont importants, peuvent avoir un fort impact sur les cultures. Quant à la famille de Pentatomidae exactement la sous famille Asopinae sont des prédatrices ; l'action dissolvante de la salive étant alors complétée par une action toxique. Elles s'attaquent à d'autres petits insectes ravageurs (chenilles de lépidoptères, coléoptères...) et sont parfois utilisées en lutte biologique.

De façon générale, les cycles de vie sont peu connus. À l'image des autres hémiptères, on rencontre principalement les représentants de cette ordre entre mi-avril et mi-octobre ; certaines espèces apparaissant dès le début du printemps. Durant cette période, on les retrouve sur les écorces, les feuilles, les fleurs ou les fruits ; ils hivernent sous terre, sous la mousse, les feuilles mortes ou dans les fissures des écorces (Aldrich, 1988)

2.8. Les mollusques :

2.8.1. Les Gastéropodes :

Les Gastéropodes sont des mollusques qui possédaient primitivement une symétrie bilatérale qui se trouve profondément altérée dans les espèces actuelles. Leur corps mou, non segmenté, dépourvu d'appendices articulés, se divise en trois grandes régions : la tête, le pied, organe musculaire ventral, servant à la locomotion (reptation, fouissement), et la masse viscérale. Les gastéropodes aquatiques sont dotés de branchies. Contrairement aux gastéropodes terrestres, leurs yeux sont placés à la base des tentacules (à leur extrémité pour les gastéropodes terrestres). (GERMAIN, 1913)

2.8.1.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Mollusca

Classe : Gastéropodes (Tachet et al, 2012).

2.8.1.2. Morphologie :

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 à 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. (Binder, 1957)

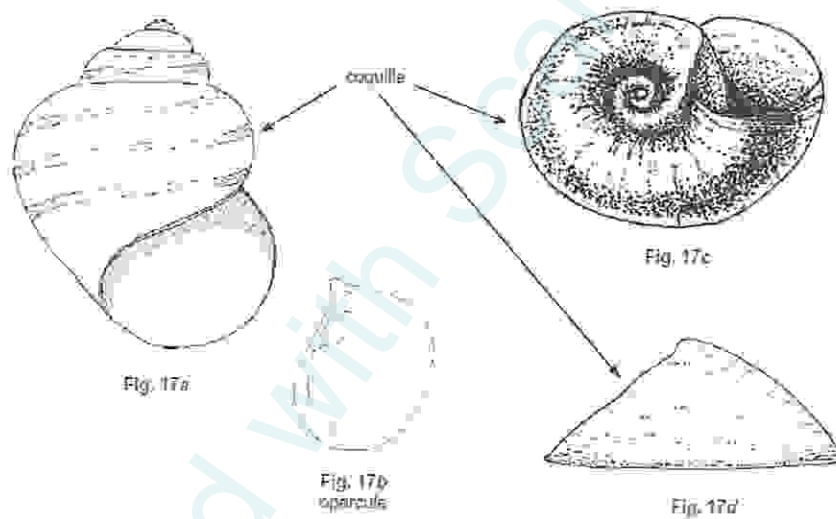


Figure 41 : morphologies des différentes familles de Gastéropodes (Moisan, 2010)

Fig. 17c : Planorbidae/ Fig. 17a: Lymnaeidae/ Fig. 17d: Ancylidae/ Fig. 17b: Viviparidae

2.8.2. Les Bivalves :

Les mollusques Bivalves ont conservé une symétrie bilatérale et sont acéphales. Leur corps est protégé par une coquille à deux valves articulées au niveau de la charnière par un ligament. L'ouverture et la fermeture des valves sont assurées par un jeu de muscles très puissants (Ellis, 1978)

2.8.2.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Mollusca

Classe : Bivalves (Tachet et al, 2012)

2.8.2.2. Morphologie :

La coquille est composée de deux valves indépendantes mais articulées entre elles. Ils se distinguent anatomiquement des Gastéropodes par l'absence de tête individualisée d'où le nom d'Acéphales sous lequel on désigne parfois ce groupe. Ils ne possèdent ni mâchoires ni radula, et la bouche entourée de quatre palpes ciliés s'ouvre directement dans l'œsophage.

Le pied musculeux est comprimé en forme de languette et sert surtout à l'animal pour s'enfouir dans les sédiments. Deux replis du manteau délimitent une cavité palléale à l'intérieur de laquelle sont situées les branchies. A l'extrémité postérieure de l'animal, les bords du manteau peuvent être partiellement soudés et délimiter un orifice exhalant et un orifice inhalant qui se prolongent parfois en tubes ou siphons (Binder, 1958.)

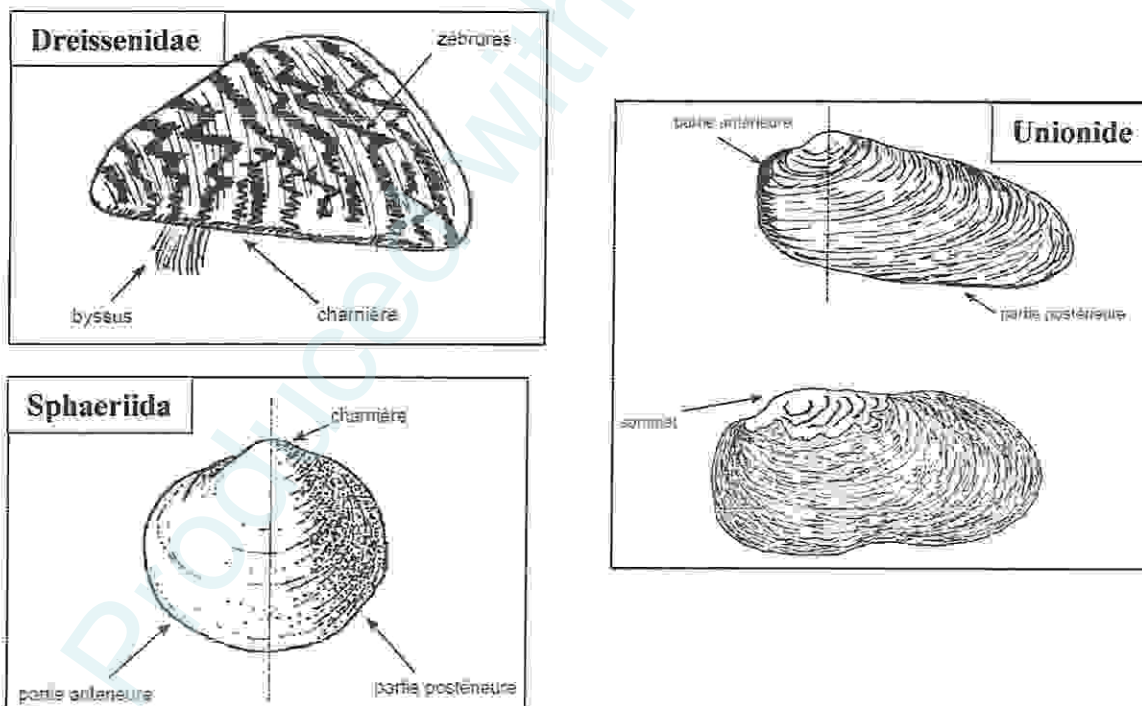


Figure 42 : Différentes familles de Bivalves de différentes morphologies (Moisan, 2010)

2.8.3. Biologie et écologie :

Les gastéropodes aquatiques sont généralement à sexe séparés (mais certaines espèces sont hermaphrodites). Le cycle de vie est souvent annuel, et la ponte des œufs a lieu en été ou au printemps. Certaines espèces ont plusieurs générations annuelles. La plupart des gastéropodes aquatiques vivent un an, alors que les bivalves vivent souvent plusieurs années. De nombreuses espèces sont capables de résister à un assèchement temporaire de leur milieu (en s'enfouissant dans la vase par exemple). La plupart des espèces hibernent.

Les Bivalves sont soit sexués, soit hermaphrodites, selon les familles concernées. Certaines espèces présentent un stade larvaire sous forme de parasite (cas des Margaritiferidae et Unionidae, dont les larves vivent quelques semaines enkystées sur les branchies ou les nageoires des poissons).

La plupart des Mollusques aquatiques sont phytophages et détritivores (les deux à la fois toute l'année ou variable selon les saisons), et plus rarement omnivores. Dans tous les cas, le régime est microphage. Les Gastéropodes consomment des végétales aquatiques grâce leur radula (langue chitineuse), et les bivalves en filtrant l'eau pour retenir les particules

Les mollusques aquatiques occupent des milieux très variés et sont généralement de bons indicateurs de l'évolution des milieux. Ils occupent par ailleurs une place de grande importance au sein des écosystèmes aquatiques, notamment lacustres et potamiques, où ils peuvent représenter parfois plus de 80% de la biomasse totale des macroinvertébrés. De par les grands volumes d'eau qu'ils filtrent, les bivalves occupent un rôle important dans les processus de sédimentation et d'épuration des eaux.

Tous ces organismes, Gastéropodes comme Bivalves, modifient continuellement la qualité de l'eau et des sédiments par la rétention d'éléments polluants (métaux lourds, etc.) ou par la production de fèces riches en matière organique. Les mollusques aquatiques représentent également une source de nourriture de première importance pour les autres organismes, vertébrés (poissons, oiseaux...) ou invertébrés (écrevisses, sangsues...). De plus, leur sensibilité aux paramètres physico-chimiques des eaux (variable d'une espèce à l'autre) et à la structure de l'habitat permet de bien caractériser les milieux. (Mouthon, 1982)

2.9. Les crustacés

2.9.1. Les amphipodes :

Les Amphipodes sont des Crustacés, Edriophtalmes, dont les lobes branchiaux sont fixés à plusieurs des pattes des 6 dernières paires du mésosome, ou même à toutes les pattes des 6 dernières paires, le métasome n'en possédant jamais. Le cœur ne s'étend pas en arrière du mésosome. Il existe une aorte antérieure et une aorte postérieure. La glande antennale est toujours présente. (Cheuvreux et al, 1925)

2.9.1.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous – embranchement : Crustacea

Classe : Malacostraca

Super-ordre : Peracarida

Ordre : Amphipoda Latreille, 1816 (Tachet et al, 2012).

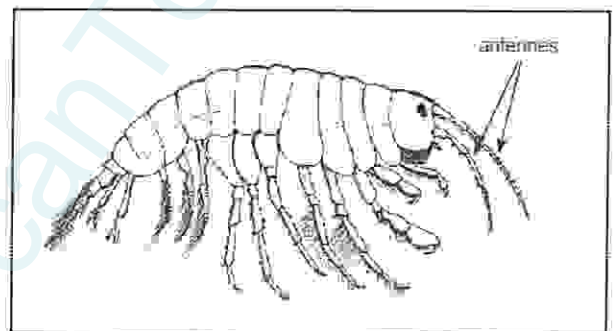


Figure 43 : Représente la forme d'un Amphipode (Moisan, 2010)

2.9.1.2 Ecologie et biologie :

L'appareil génital mâle est constitué par une paire de tubes accolés à l'intestin et divisés en 3 régions. Chez les femelles, les ovaires occupent le même emplacement que les Glandes spermatiques des mâles, et affectent à peu près la même forme, dans phénomène de l'accouplement on voit les mâles s'emparer des femelles et les chevaucher en se cramponnant à elles au moyen du dactyle de leurs gnathopodes antérieurs accroché au bord des plaques coxales 1 de la femelle. Dans cette position, la femelle peut nager vivement en emportant son mâle. Ce n'est pas là un véritable accouplement et la fécondation des oeufs, ne pourrait avoir lieu dans cette position. Pour l'accouplement, le mâle retourne la femelle, sans la lâcher, et se place en travers de façon que le dernier segment de son mésosome, où aboutissent les canaux déférents, corresponde avec le 5e segment du mésosome de la femelle, où se trouve l'issue des oviductes il peut y avoir plusieurs pontes successives. Le nombre des oeufs peut varier de 1 seul oeuf très volumineux (*Eriopisella*) à 237 œufs (Bate, 1962).

Les Décapodes :

Contient 8 paires d'appendices dont les 3 premières paires sont transformées en maxilles. Chez les décapodes la première paire d'appendice locomotrice peut être hypertrophiée et assume une paire de chélicère : chélipèdes. Les pattes sont de plus en plus uniramées la carapace est solide et d'une grande résistance. Il existe 3 formes de base des décapodes : forme crevette, forme homard (ou langouste) et forme crabe. Réduction de la taille de l'abdomen.

Crevettes : toutes pélagiques, vivent à toute profondeur et sont capables de forte adaptation migratoire entre le jour et la nuit. Elles sont souvent bioluminescentes. Il y a des crevettes plutôt benthiques qui vont utiliser différemment des péréiopodes qui seront plutôt adaptés à la marche.

Brachyura ou les Crabes benthique : il existe 5000 espèces de crabe. Centre de gravité totalement déplacé vers le thorax. Bernard l'ermite crabe vivant à l'intérieur d'un Néogastéropodes et lui maintient un abdomen. il utilise des coquilles déjà vides (Traité de zoologie, 1994).

2.10. Les Annélides

2.10.1. Oligochètes :

Les Annelides Oligochètes sont des animaux typiquement métamérisés, à symétrie bilatérale. Ils possèdent un petit nombre de soies qui ne sont pas portées par des parapodes. Les soies sont groupées en faisceaux au nombre de quatre par segment, deux latéraux dorsaux et deux latéraux - ventraux. (Beddard, 1906)

2.10.2. Classification

Règne : Animalia

Embranchement : Annelida

Classe : Clitellata

Sous – classe : Oligochaeta (Tachet et al, 2012)

2.10.3. Morphologie

Les annelides Oligochètes d'eau douce sont des vers de petite taille à aspect annelé qui présentent une très grande longueur par rapport à leur diamètre. Leur longueur peut varier de quelques millimètres à quelques centimètres et leur diamètre est généralement compris de 30 à 60 fois dans leur longueur. Le nombre de segments est très différent selon les espèces, il peut varier de quelques dizaines à

quelques centaines. Antérieurement est différencié un lobe, dépourvu de coelome, ou prostomium. Le premier segment ou péristomium porte la bouche et est dépourvu de soies. Les autres segments portent généralement quatre faisceaux de soies. A maturation sexuelle se différencie un épaissement de l'épiderme dans la région génitale, le clitellum. Chez certaines espèces on peut trouver des expansions jouant le rôle de branchies. (Brinkhurst, 1970)

2.10.4. Ecologie et biologie

La biologie et l'écologie des Oligochètes aquatiques sont peu connues d'une manière générale. Les quelques travaux d'écologie effectués en zone soudanienne sont localisés au lac Tchad. Ce sont eux qui seront résumés dans les lignes qui suivent :

Les Oligochètes sont des animaux hermaphrodites à fécondation croisée. Leurs organes génitaux sont constitués d'éléments mâles, d'éléments femelles, ainsi que de réceptacles séminaux ou spermathèques qui reçoivent les spermatozoïdes lors de l'accouplement.

Le comportement alimentaire est relativement uniforme. A part Chaetogaster qui est un prédateur du zooperiphyton ; les autres sont des phytophages qui broutent les algues qui se développent à la surface des végétaux supérieurs.

Les oligochètes se reproduisent toute l'année, surtout par scissiparité et bourgeonnement, cependant pour certaines espèces comme *Allonais paraguayensis* il est extrêmement fréquent de rencontrer des individus sexuellement mûrs (Brinkhurst et al, 1971).

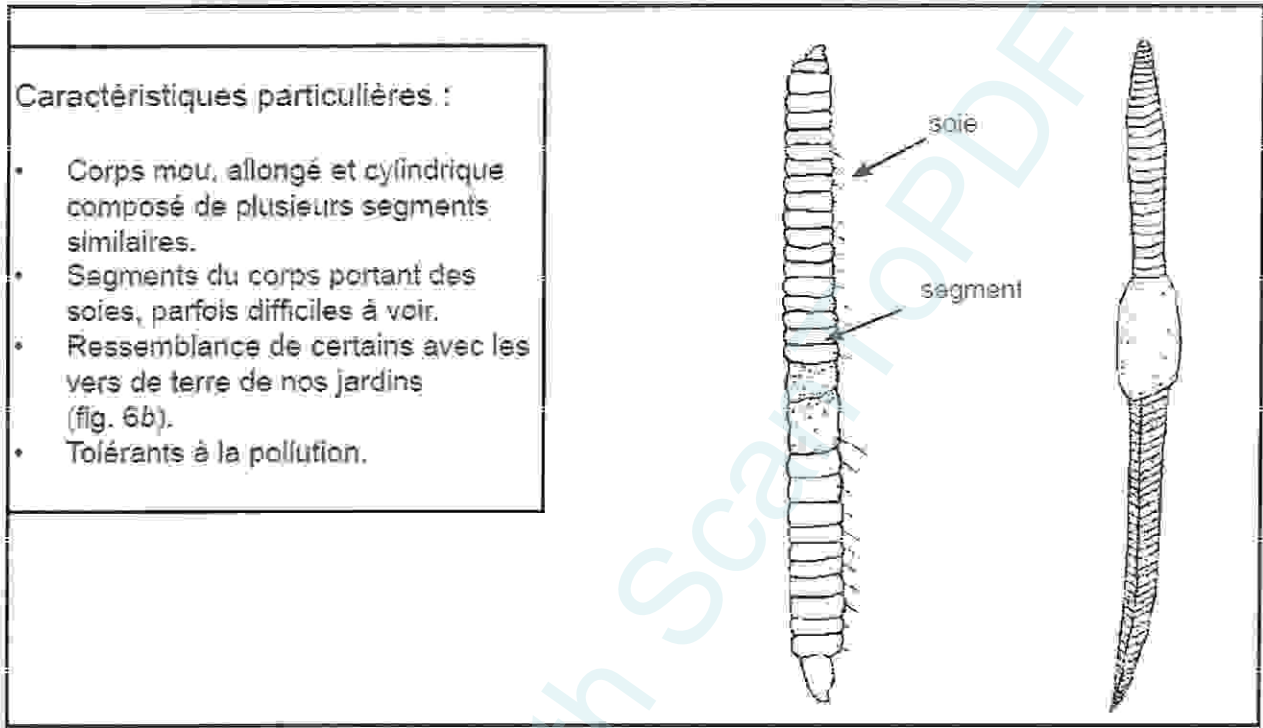


Figure 44 : Représente la forme d'un Oligochète
(Moisan , 2010)

Troisième Chapitre

Matériel et Méthodes

Produced with ScantOPDF

3. Matériel et méthodes

3.1. Matériel d'étude :

3.1.1. Liste du matériel de terrain.

- Un tamis
- Un seau
- Pots en plastique pour le matériel biologique
- Bouteilles de transport pour les échantillons d'eau
- Agent de conservation (Formaldéhyde à une concentration 5 %)
- Étiquettes
- Pincettes
- GPS et piles de rechange
- Sac à dos
- Appareil photo
- Bottes ou Cuissardes
- Imperméable (facultatif)
- Crayon-feutre indélébile
- Ruban à mesurer
- Thermomètre
- Une épuisette pour la collecte de la faune benthique avec un diamètre de maille de 500 micromètre de diamètre

3.1.2. Liste du matériel de 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.

3.2 .Méthodologie de travail

Dans notre mémoire de fin d'étude, notre but est d'évaluer la qualité et l'intégrité écologique des 4 stations choisies dans la moyenne Seybouse donc le but essentiel est de tester l'ensemble des composantes et processus propres à l'écosystème cible.

L'ensemble de ces composantes se traduisent en trois grandes catégories indissociables dans les milieux aquatiques: l'intégrité chimique, physique et biologique; L'intégrité physique est caractérisée par les conditions physiques qu'offre un habitat de qualité qui supporte une communauté biologique équilibrée en offrant un milieu aux aspects structurels diversifiés et qui ne limite pas les déplacements des organismes .

La composante chimique se traduit par la mesure qualitative et quantitative des différentes substances minérales et organiques de l'eau.

Finalement, l'intégrité biotique est une composition d'organismes aquatiques qui sera équilibrée et qui ressemblera à celle retrouvée dans un plan d'eau inaltéré similaire et dans la même écorégion et ce, sans la présence d'espèces invasives (Novotny et al., 2005).

3.2.1. Stratégie d'échantillonnage :

La période de notre étude s'est étalée de Janvier 2015 à Mai 2016, le rythme d'échantillonnage était prévu au départ à deux sorties par mois; mais il ne nous a pas été possible de le respecter à cause de l'indisponibilité du matériel et d'autre part les fortes précipitations de la saison. Nous avons suivi les étapes suivantes

Arrivés sur le terrain, on mesure les paramètres abiotiques tels que l'oxygène dissous en (mg/l) et en pourcentage de saturation, la conductivité, la salinité et la vitesse de l'eau grâce à un multiparamètre et un thermomètre pour plus de précision.

▪ Le prélèvement des échantillons d'eau à analyser se fait à mi- profondeur en remplissant une bouteille d'eau minérale. Si les échantillons n'étaient pas traités dans les quarante huit (48), ils seraient conservés dans un congélateur à l'abri de la lumière.

Remarque :

NB/ La mesure des paramètres de pollution tels que la demande chimique en oxygène (DCO), Les nitrites (NO₂), L'ammonium (NH₄⁺), Les Ortho phosphates (OPO₄), a été réalisé au sein du laboratoire de la STEP (Station d'épuration de Guelma). La mesure du pH et la turbidité, ont lieu au laboratoire pédagogique de Biochimie de l'université de Guelma.



3.2.2. Choix des paramètres physico-chimique :

• Paramètres physiques :

- **La vitesse du courant** : La vitesse du courant est plus élevée au centre du lit et plus faible sur la rive, où l'eau est freinée par la berge et la végétation, elle est maximale entre deux eaux et plus grande en surface que près du fond. Un obstacle dans le courant crée un ralentissement à l'amont et un contre-courant immédiatement à l'aval, il y a 2 type de courant (a : laminaire et : turbulent) (Qualité et gestion de l'eau de France, 2016)

le paramètre de la vitesse de l'eau du cours d'eau est très important et même crucial dans notre étude parce qu'il contrôle la distribution et le transfert des nutriments, et le renouvellement des teneurs d'oxygène nécessaire pour la vie de plusieurs espèces. La vitesse est nécessaire aussi pour la dérive des insectes mais certains organismes ont développé des adaptations morphologiques au fil du temps pour résister au courant (In Satha, 2013).

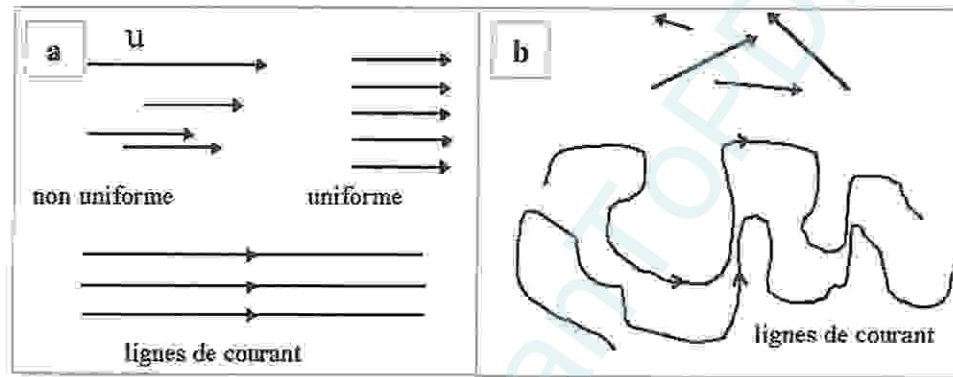


Figure 45 : Les deux type de courant (a : laminaire et b : turbulent) [9]

Méthode de mesure

- Choisissez un secteur rectiligne où l'écoulement paraît homogène en surface.
- Repérez une berge dégagée facile d'accès.
- Mesurez 10 m et marquez chaque extrémité d'un repère.
- Lancez un bâton sec bien visible dans le milieu du lit, au droit du point amont, et déclenchez votre chronomètre dès qu'il touche l'eau.
- Courez vers le point aval et notez le temps au passage du bâton devant vous.
- Faire le rapport de la distance sur le temps pour obtenir la vitesse en mètres par seconde.

NB : On peut tester les différences de vitesse dans le lit en jetant son bâton en plusieurs points.

- **La profondeur** : La profondeur est un facteur qui agit directement sur la température de l'eau ainsi que la teneur en oxygène.

- **Méthode de mesure** : elle est mesurée à l'aide d'un manche d'une longueur d'un mètre et demi gradué tous les 10 cm. Après on fait la moyenne de plusieurs valeurs mesurées au niveau du lit du cours d'eau cible.

- **Largeur du lit** : Le lit désigne tout l'espace occupé en permanence ou temporairement, par un cours d'eau. On distingue le lit majeur du lit mineur, ce dernier étant la zone limitée par les berges. Le lit majeur est l'espace occupé par le cours d'eau lors de ses plus grandes crues. (Qualité et gestion de l'eau de France, 2016)

- **Méthode de mesure** : Souvent on mesure la largeur du lit avec un décamètre

NB/ La largeur est différente selon la température et les précipitations

Paramètres abiotiques :

- **La température de l'eau** : La température de l'eau joue un rôle important par exemple en ce qui concerne la solubilité des sels et des gaz dont, entre autres, l'oxygène nécessaire à l'équilibre de la vie aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques d'un facteur 2 à 3 pour une augmentation de température de 10 degrés Celsius (°C). L'activité métabolique des organismes aquatiques est donc également accélérée lorsque la température de l'eau s'accroît. (VILLERS et al, 2005)

La valeur de ce paramètre est influencée par la température ambiante mais également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles chaudes. Des changements brusques de température de plus de 3° C s'avèrent souvent néfastes. (VILLERS et al, 2005)

- **Méthode de mesure** : Mettre le thermomètre directement dans l'eau puis attendre jusqu'à ce qu'elle se stabilise puis noter le résultat dans un bloc-note.

- **La Conductivité** : La conductivité électrique (EC) est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par mètre (mS/ m) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

L'estimation de la quantité totale de matières dissoutes peut être obtenue par la multiplication de la valeur de la conductivité par un facteur empirique dépendant de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. La connaissance du contenu en sels dissous est importante dans la mesure où chaque organisme aquatique a des exigences propres en ce qui concerne ce paramètre. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées. (VILLERS et al, 2005)

- **Méthode de mesure** : la mesure se fait à l'aide d'un multiparamètre WTW sur terrain en plongeant la sonde spéciale pour la conductivité, il faut attendre un peu pour que la valeur se stabilise .



Photo 14 : Un multiparamètre

L'oxygène dissous (O_2) et % de saturation en oxygène : Les concentrations en oxygène dissous constituent, avec les valeurs de pH, l'un des plus importants paramètres de qualité des eaux pour la vie aquatique. L'oxygène dissous dans les eaux de surface provient essentiellement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des algues et des plantes aquatiques. La concentration en oxygène dissous varie de manière journalière et saisonnière car elle dépend de nombreux facteurs tels que la pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la température de l'eau, la salinité, la pénétration de la lumière, l'agitation de l'eau et la disponibilité en nutriments. Cette concentration en oxygène dissous est également fonction de la vitesse d'appauvrissement du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau (VILLERS et al, 2005).

Globalement, plus la concentration en oxygène dissous (O_2) est proche de la saturation, plus l'aptitude de la rivière à absorber la pollution est grande :

Les espèces de poissons sensibles peuvent être perturbées par une teneur en oxygène inférieure à 4 mg/l. La concentration en oxygène dissous peut être exprimée en mg d' O_2 par litre ou en % de saturation en oxygène. Comme l'illustre le tableau ci-dessous, la relation entre ces 2 valeurs est fonction de la température (VILLERS et al, 2005).

Température (°C)	Solubilité (mg O_2 /l)
0	14,16
5	12,37
10	10,92
15	9,76
20	8,84
25	8,11

Tableau 7 : Solubilité de l'oxygène dans l'eau en fonction de la température

- **Méthode de mesure** : La mesure est faite à l'aide d'un multiparamètre (WTW) qui donne la valeur de l'oxygène dissous en mg/l et en pourcentage de saturation (%).

-Rincer l'électrode d'abord avec de l'eau distillée.

-Immerger l'électrode dans l'échantillon.

-Faire la lecture après la stabilisation d'oxydation dissous affiché par le multiparamètre.

- **pH** :Le pH est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺).

L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin) ; la valeur médiane 7 correspond à une solution neutre à 25°C. Le pH d'une eau naturelle peut varier de 4 à 10 en fonction de la nature acide ou basique des terrains traversés. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac, toxique pour les poissons. (Juliette, 2005)

- **Méthode de mesure** : la mesure est faite dans le laboratoire de biochimie à l'université de 08 mai 1945 par un ph mètre à électrode.

Voici la méthode :

-Rincer l'électrode d'abord avec de l'eau distillée.

-Immerger l'électrode dans l'échantillon.

-Faire la lecture après la stabilisation du ph .

- **La turbidité** : La turbidité de l'eau est causée par des matières en suspension composées d'argile, de limon, de particules organiques, de plancton et de divers autres organismes microscopiques.

- **Principe** :

La turbidité est un indice de la présence de particules en suspension dans l'eau. Elle est déterminée à l'aide d'un turbidimètre. Cet appareil mesure la lumière dispersée par les particules en suspension avec un angle de 90° par rapport au faisceau de lumière incident.

- **Méthode de mesure** :

Les cuvettes doivent être propres et exemptes de dépôt, de tache, de buée ou de marque susceptibles d'affecter le faisceau lumineux. Après usage, les cuvettes sont rincées à plusieurs reprises avec de l'eau chaude et déminéralisée. Elles sont ensuite placées dans un support de façon à

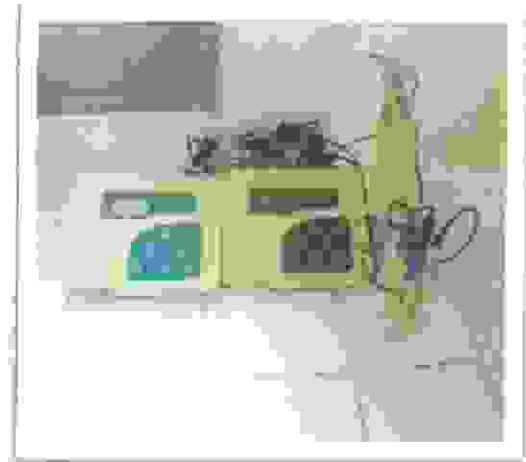


Photo 15 : PH mètre a électrode.

permettre à l'eau de s'écouler et au tube de sécher. Les étalons sont contenus dans des cuvettes scellées. Ils ne nécessitent aucun entretien particulier sauf le remplacement à la date d'expiration.

Pour démarrer l'appareil :

- Fermer le capot.
- Mettre appareil sous tension.
- Procéder à l'étalonnage, si nécessaire.
- Vérifier l'étalonnage avant chaque série de mesures



Photo 16 : Turbidimètre.

avec des étalons de formazine de 20 et de 200 UTN

de la compagnie Hach et noter le résultat sur la feuille de travail.

- Agiter l'échantillon et remplir dans une cuvette jusqu'au trait (environ 30 ml) en prenant soin de manipuler la cuvette par la partie supérieure. Boucher la cuvette. Procéder de la même manière avec les échantillons de contrôle.

Note = Afin d'éviter que les cuvettes ne s'embuent, s'assurer que les échantillons et les matériaux de référence sont à la température ambiante avant de procéder aux mesures.

- Tenir la cuvette par le bouchon et essuyer la surface extérieure au moyen d'un tissu doux afin de ne pas laisser de film gras. Au besoin, déposer une petite trace d'huile de silicone du col vers le bas de la cuvette et l'étendre uniformément avec le tissu.

- Placer la cuvette dans le puits de mesure et fermer le capot (Méthodes d'analyse, 2016).

3.2.3. Choix des paramètres de pollution :

- **Les nitrites (NO₂)** : Les nitrites sont considérés comme polluant très nuisible à la santé de l'être humain et au animaux (le taux de NO₂ devient nocif quand il dépasse 0,5 mg/l) le taux doit être contrôlé régulièrement. 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. En milieu chlorhydrique, et en présence d'ion ammonium il se forme un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites. (STEP, 2012)

- Réactifs :

- l'eau à analyser.

- solution zembelli.

-solution d'Ammoniac.

- Mode opératoire :

-Ajouter 1ml de la solution zembali a25ml de l'eau à analyser.

-Agiter la préparation et laisser reposer 10minutes de temps.

-Ajouter 1ml de la solution d'ammoniac

- Effectuer la lecture en utilisant le spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde=435nanomètre.

-exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage. (Hakmi,2002)

- **Les Ortho phosphates (OPO₄)** : Le phosphore peut être présent dans l'eau sous la forme ionisée (ortho phosphates) ou plus ou moins polymérisé (polyphosphates minéraux et/ou organiques). Il n'est pas directement toxique pour les poissons et le milieu aquatique, mais il est généralement responsable de l'accélération des phénomènes d'eutrophisation.

Les phosphates ont une origine principalement domestique (contamination fécale et détergents) mais aussi agricole(engrais) et industrielle (industrie chimique). (STEP,2012)

- Réactifs :

-l'eau a analysée après filtration.

-1 ml d'acide Ascorbique.

- 4ml du réactif OPO₄.

- Mode opératoire :

-Ajouter 1ml d'acide ascorbique à notre échantillon d'eau filtrée et prête à analyser.

-Ajouter à cette préparation 4ml du réactif OPO₄.

- Laisser réagir 30 minutes .

-Réaliser la lecture au spectrophotomètre en le réglant sur une longueur d'onde=880Nanomètres.

- Exprimer les résultats d'absorption en les extrapolant sur la courbe d'étalonnage.

- L'ammonium (NH₄⁺) :

- Principe :

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammoniums traités par une solution de chlorure et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible à un dosage spectrophotométrique (Rodier, 2005).

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

- La demande chimique en oxygène DCO : La demande chimique en oxygène que correspond à la quantité d'oxygène (en milligramme) qui a été consommée par voie chimique pour oxyder l'ensemble des matières oxydables présentes dans l'eau .la DCO est particulièrement indiquée pour mesurer la pollution d'un effluent industriel (Rodier,2005).

- Principe :

Dans des conditions définies, certaines matières contenues dans l'eau sont oxydées à l'ébullition (150 °C) par un excès de dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent jouant le rôle de catalyseur d'oxydation et de sulfate de mercure (II) permettant de complexer les ions chlorure. L'excès de dichromate de potassium est dosé par le sulfate de fer et d'ammonium.

Les matières oxydables (et en particulier les matières organiques) de l'échantillon sont oxydées par le dichromate de potassium dans les conditions précitées. Le dichromate de potassium est réduit :



Le dichromate de potassium résiduel est dosé par une solution de sulfate de fer (II) et d'ammonium (donc de Fe²⁺), en présence de ferroïne (indicateur d'oxydo-réduction) :



La réaction globale du dosage est la suivante :



Il est alors possible de déterminer la quantité de dichromate de potassium consommé lors de l'essai et d'en déduire la quantité d'oxygène équivalente.

On pourra déterminer :

- la DCO totale (matières dissoutes et en suspension) de l'échantillon (DCO totale),
- la DCO dissoute, après décantation de l'échantillon pendant 2 heures (DCO_{ad2}).

Pour limiter l'interférence des chlorures, on ajoute du sulfate de mercure, qui conduit à la formation de chloromercurate (II), soluble et peu oxydable : $Hg_2^{++} + 2 Cl^- \longrightarrow HgCl_2$

3.2.4. Approches Biologiques à partir des macroinvertébrés benthiques.

Parmi les communautés biologiques, les communautés de macroinvertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Hellowell, 1986 ; Barbour et al., 1999 ; WFD, 2003). Ce sont des organismes 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. 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 en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat. Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (Barbour et al., 1999).

➤ Saison d'échantillonnage :

Selon les buts poursuivis par l'étude, la saison d'échantillonnage peut varier. L'automne est toutefois privilégié (septembre et octobre) pour les raisons suivantes :

- Grande richesse taxonomique (Jones et al., 2005).
- Reflète les conditions d'été (Jones et al., 2005), particulièrement en ce qui a trait à la pollution agricole.

L'échantillonnage ne doit jamais se faire dans les jours suivant une forte pluie (Camargo et al, 2004).

➤ **Méthodes d'échantillonnage :**

Le but de l'échantillonnage est donc de rassembler la diversité la plus représentative de macroinvertébrés, et ce, pour chaque station examinée » (De Pauw, 1983)

➤ **Méthode utilisée :**

L'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques est fait grâce à une épuisette. Les macroinvertébrés sont délogés en passant le filet dans l'habitat ciblé, l'échantillonnage se fait soit durant un nombre de minutes fixes avec un nombre de coups de filet réguliers, soit jusqu'à ce qu'on ait atteint une quantité de spécimens prédéterminée, mais l'important est que l'échantillonnage soit fait de façon uniforme (Chessman, 1995).

NB: Dans notre cas la durée de l'échantillonnage est fixée à une demi heure.

Il faut effectuer une collecte active et intensive. On imagine devant le filet une surface d'un pied carré dans lequel on concentre l'effort d'échantillonnage durant 3 à 5 minutes. Il faut brasser les substrats inférieurs (roches, sable, boue...) avec les mains en eau peu profonde ou avec les pieds en eau plus profonde et il faut explorer la végétation et tous les débris qui flottent ou qui sont submergés (De Pauw et al, 1983)

L'échantillonnage se fait dans tous les habitats ciblés: Les débris ligneux (troncs, branches), les berges et les parties submergées des macrophytes.



Photo 17 : Echantillonnage sur terrain.

➤ **Le tri au laboratoire**

- L'identification des spécimens est réalisée au laboratoire à l'aide d'une loupe binoculaire (X40).

Le but de l'identification est de déterminer les classes systématiques présentes dans l'échantillon (diversité), et la présence des groupes taxonomiques les plus sensibles (Pauw et Vanhooren, 1983). Le niveau d'identification varie en fonction du niveau de précision qui s'avère le plus pratique (European commission, 2005).



Photo 18 : Identification des macroinvertébrés.

3.2.5. Calcul de l'indice biologique global normalisé

L'IBGN est établi à partir du tableau de détermination comprenant en ordonnée les 9 groupes faunistiques indicateurs et en abscisse les 14 classes de variété taxonomique.

On détermine successivement

- **La variété taxonomique de l'échantillon (St)**, égale au nombre total de taxons récoltés même s'ils ne sont représentés que par un seul individu. Ce nombre est confronté aux classes figurant en abscisse du tableau.
- **Le groupe faunistique indicateur (GI)**, en ne prenant en compte que les taxons indicateurs représentés dans les échantillons par au moins 3 individus ou 10 individus selon les taxons.

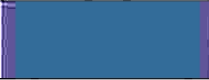




La détermination du GI s'effectue en prospectant l'ordonnée du tableau de haut en bas (GI 9 à GI 1) et en arrêtant l'examen à la première présence significative ($n > 3$ individus ou $n > 10$ individus)

d'un taxon du répertoire en ordonnée du tableau.

On déduit l'IBGN du tableau à partir de son ordonnée (GI) et de son abscisse (St) (Tab.9)

Pour une représentation cartographique des résultats, chaque tronçon de cours d'eau est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN (Tab. 8)

Tableau 8 : 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					

3.2.6. Analyse des données :

3.2.6.1. 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 $H_{max} = \log_2 .S$

S : richesse spécifique.

H : indice de diversité.

❖ **L'indice de Jaccard:** 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 présents respectivement aux 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).

3.2.6.2. 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

P_i: 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.

Tableau 9 : 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
Taxons	Σ	49	44	40	36	32	28	24	20	16	12	9	6	3	
Indicateurs	GI	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	10	7	4	1
Chironomidae Periidae Psephenidae Tendipedidae	9	20	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9
Caddisidae Brachycentridae Odontoceridae Phlebotamidae	8	20	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Leuctridae Glossosomatidae Baetidae Goetidae Leptophlebiidae	7	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7
Nemouridae Leiodromidae Sericoptomatidae Ephemeroidea	6	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
Hydroptilidae Heptageniidae Psephenidae Potamanthidae	5	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5
Leptoceridae Polycentropodidae Psychomyiidae Rhyacophilidae	4	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4
Limnephilidae 1) Hydropsychidae Ephemerellidae 1) Aphelocheridae	3	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3
Baetidae 1) Caenidae 1) Eimidae 1) Gammaridae 1) Mollusques	2	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2
Chironomidae 1) Asellidae 1) Achétes Oligochètes 1)	1	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

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

Quatrième Chapitre

Résultats et discussion

Produced with ScantOPDF

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau :

4.1.1. Variation mensuelle de la température de l'eau :

Globalement, il y a une corrélation entre les températures de l'eau et les saisons. Les stations Hlia aval, Nador et Bradaa enregistrent des températures avoisinantes. En février, les températures au sein de ces stations sont assez élevées par rapport à la saison avec des valeurs respectives de 14,7°C, 15,3°C et 17,5°C ces variations ont pour cause les changements climatiques. En effet, la région a connu une période hivernale assez clémente (février). Une chute brusque des températures est enregistrée aux mois de mars et avril où le printemps a été assez rude avec de fortes précipitations qui ont augmenté le débit des cours d'eau. Enfin des hausses progressives sont notées durant la deuxième quinzaine d'avril et le début du mois de mai. Les températures des eaux de la station Hlia amont, se démarquent des autres stations en affichent des valeurs assez basse où la valeur minimale est de 8,7°C en janvier et 13,2°C en février à cause de l'altitude (431m) et de la situation géographique de la station.



Figure 46 : Les variations mensuelles de la température de l'eau dans quatre stations étudiées.

4.1.2. Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous :

Selon la grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielles en Algérie (ABH-CSM, 2002), les résultats des teneurs en oxygène dissous sont bonnes à excellentes où on a des taux qui atteignent

8.78 mg/l (91%). Cependant, nous pensons que ces valeurs ne sont pas très significatives. En effet, les eaux de la station de Hlia amont devraient enregistrer des taux assez élevés en oxygène puisque les valeurs des températures les plus basses y sont enregistrées. Lorsque la température de l'eau augmente cas des stations de Bradaa, Nador, Hlia aval, le taux d'oxygène doit diminuer or nos résultats sont contradictoires. Il est à remarquer qu'il est très rare dans nos oueds d'enregistrer des valeurs aussi élevées pour l'oxygène dissous et ces résultats sont dus à une défaillance technique

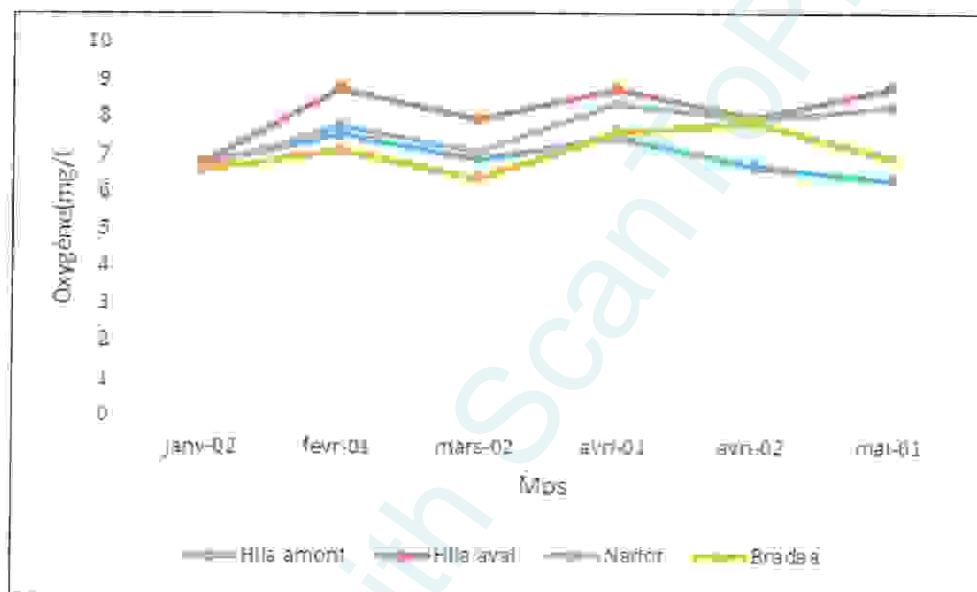


Figure 47 a) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (en mg/l) dans les quatre stations étudiées.

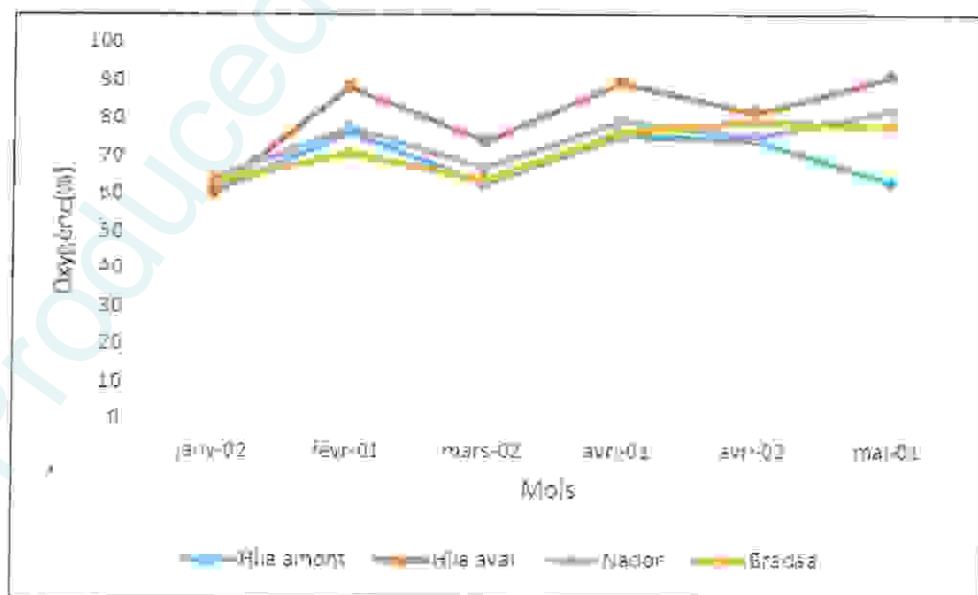


Figure 47 b) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous (en %) dans les quatre stations étudiées.

4.1.3. Variation mensuelle du PH :

Les valeurs du pH varient très peu au niveaux des quatre premières campagnes où on remarque un pH légèrement alcalin d'une valeur maximale de 8,26 enregistré à la station de Bradaa en janvier, cette faible alcalinité est due aux précipitations qui favorisent le lessivage. Ensuite dans la deuxième quinzaine d'avril et le mois du mai le pH se rapproche de la neutralité avec une valeur minimale de 6,43 enregistrée à la station de Nador au mois de mai.

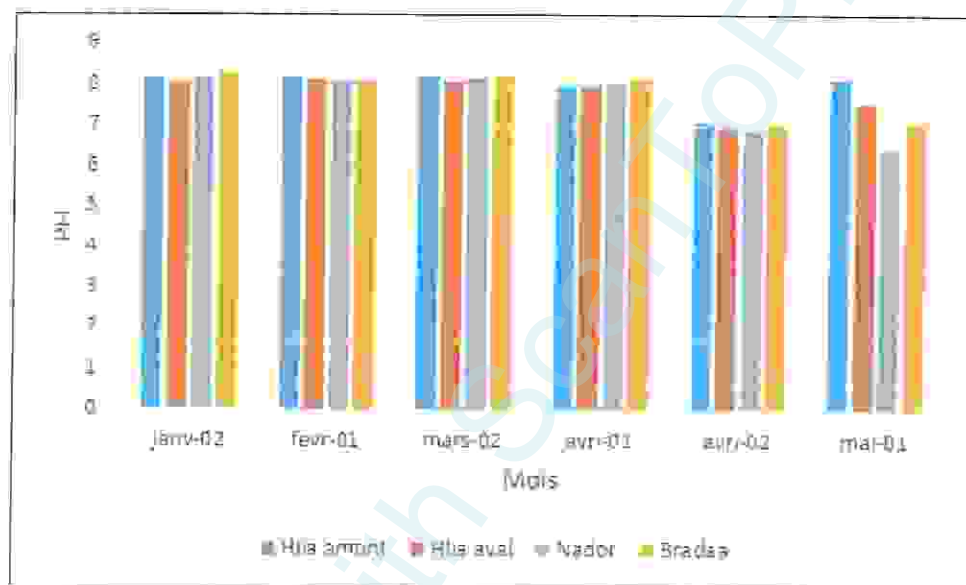


Figure 48 : Les variations mensuelles de PH dans les quatre stations étudiées.

4.1.4. Variation mensuelle de la conductivité électrique et de la salinité de l'eau :

A/ - Conductivité :

La conductivité et la salinité sont intimement corrélés. La conductivité dépend de la nature des ions présents dans l'eau (calcium, magnésium, chlorures, sodium, sulfates...) et de leur concentration la figure a) montre que les eaux de Hlia amont et Bradaa sont les moins minéralisées la figure b) indique que les eaux de Hlia aval et Nador sont plus minéralisées où elles enregistrent respectivement une conductivité moyenne de 1125,8 μ s/cm et 1131,2 μ s/cm

B/ - La salinité :

Les valeurs de la salinité sont peu élevées elle varie de 0.1 à 0.6 g/l ; les valeurs maximales sont enregistrées à Nador durant les mois de février et mai ainsi qu'à Hlia aval à la fin du février.

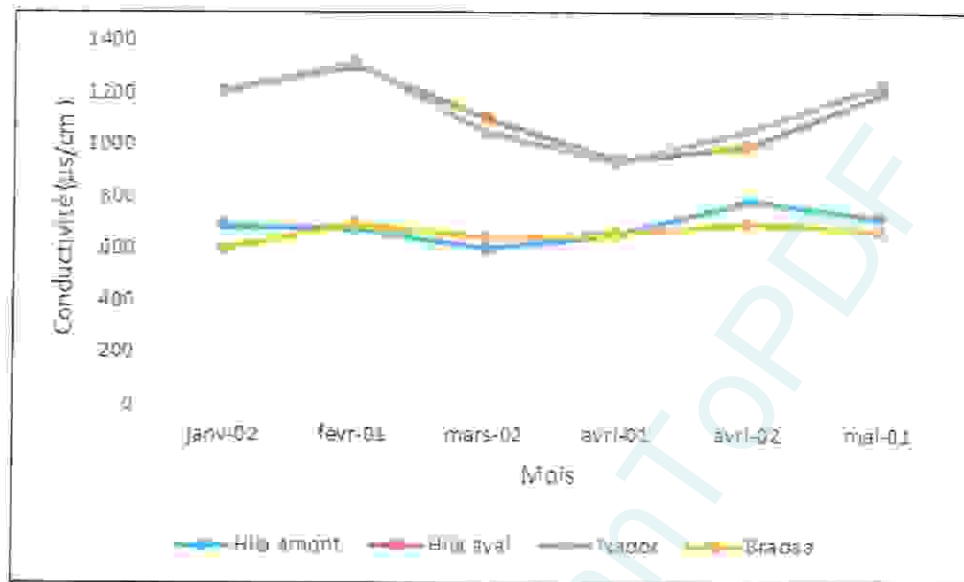


Figure 49 a) : Les variations mensuelles de la conductivité électrique dans les quatre stations étudiées.

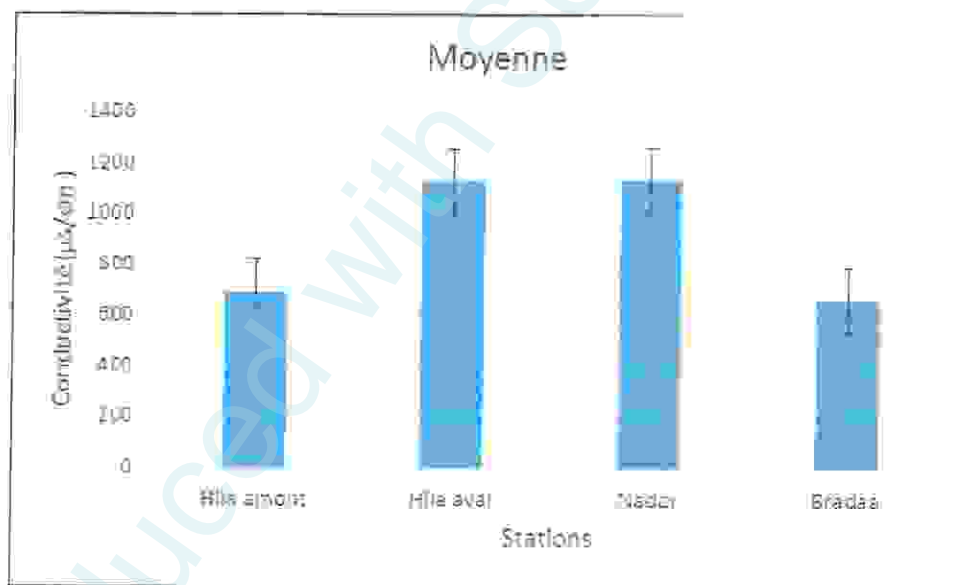


Figure 49 b) : Les variations moyennes de la conductivité électrique dans les quatre stations .

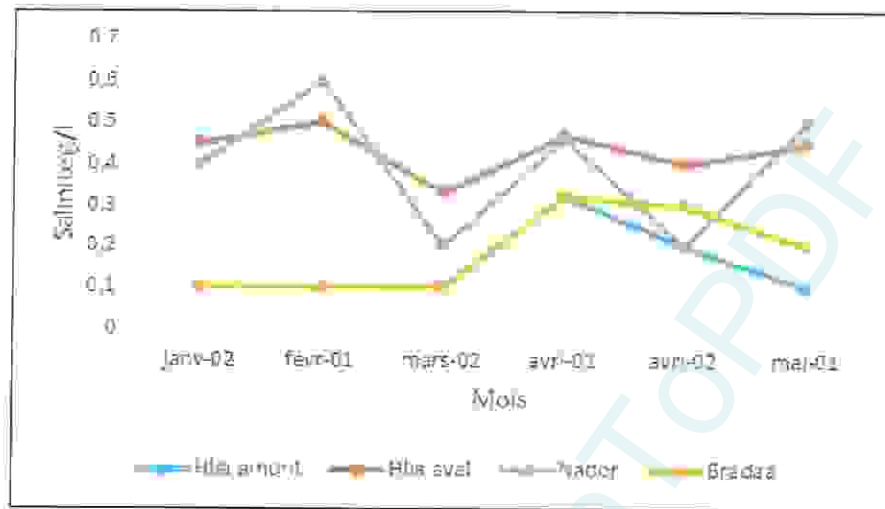


Figure 50 : Les variations mensuelles de la salinité dans les quatre stations

4.1.5. Variation mensuelle de la turbidité :

Tableau 10 : Les variations de la turbidité au niveau des stations d'étude.

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	78	69	73	181	85	143
Hlia aval	125	178,2	145	792	201	169
Nador	226	211,2	205	857	275	301
Bradaa	75,9	79,1	76,5	41,7	74,3	65,78

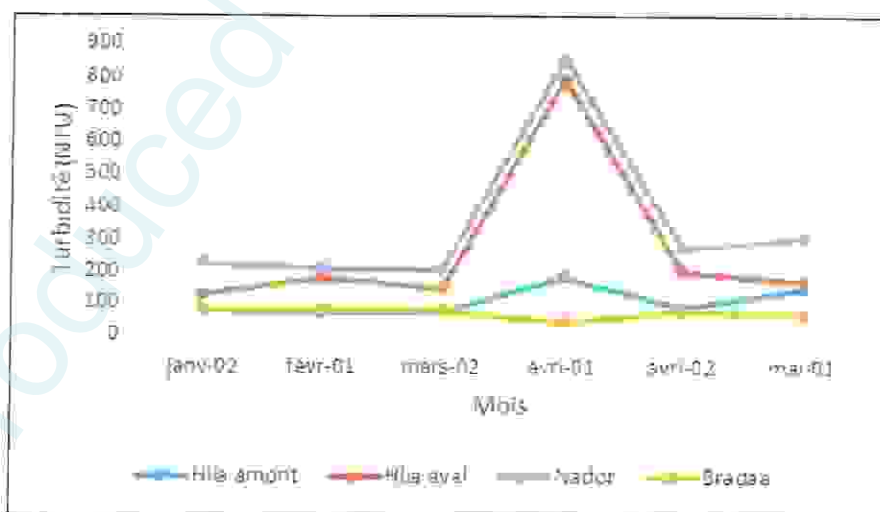


Figure 51 : Les variations mensuelles de turbidité dans les quatre stations

La turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension, notamment colloïdales (argiles, limons, grains de silice). Ces matières en suspension peuvent être d'origine minérale

(Calcium, magnésium, argile), végétale (débris de graines et de plantes) ainsi que les déchets domestiques ou industriels (huiles) ou animale (fragments d'insectes) (Rodier, 2009).

La turbidité a une allure constante où les valeurs les plus basses sont au niveau des stations de Hlia amont et Bradaa avec une valeur minimale de 41,7 NTU et 143 NTU. Cependant un pic de 857 NTU et 792 NTU est noté respectivement à Nador et Hlia amont en avril 2 du aux fortes précipitations.

4.1.6. Variations mensuelles de la vitesse de l'eau: A partir des relevés mensuels, la vitesse moyenne du courant varie entre 48,02 cm/s à 71,31 cm/s toute les stations ont une vitesse rapide (voir tableau 12)

Tableau 11 : Variation mensuelles de la vitesse de l'eau des quatre stations.

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avrj-02	mai-01
Hlia amont	62,5	69,2	76,5	80	75,34	64,33
Hlia aval	50	55,5	65,68	85,44	81,23	54,32
Nador	45,45	50,36	60,88	51,12	48,1	32,23
Bradaa	53,53	59,1	67,44	55,98	49,48	43

Tableau 12 : Définition des classes de vitesses selon l'échelle de Berg (KHETTAR, 2009)

Vitesse	Classe
< 10	Très lente
10-25	Lente
25-50	Moyenne
50-100	Rapide
> 100	Très rapide

4.1.7. Variations mensuelles des nitrites (NO₂) :

L'évolution mensuelle des valeurs des nitrites montre un rapprochement des eaux des trois stations, alors que les valeurs enregistrées à Hlia aval ne dépassent pas les 0,7mg/l durant toute la période d'étude.

Les valeurs moyennes des nitrites varient entre 0,74 mg/l à 1,08mg/l. Les stations Hlia amont et Hlia aval enregistrent respectivement 0,96 mg/l et 0,74 mg/l alors que les valeurs de 1,08mg/l et 1,01mg/l sont notées respectivement à Nador et Bradaa. D'après ces résultats, nous pouvons dire que les eaux des deux premières stations sont de qualité passable alors que les deux dernières (Bradaa et Nador) sont de qualité médiocre.

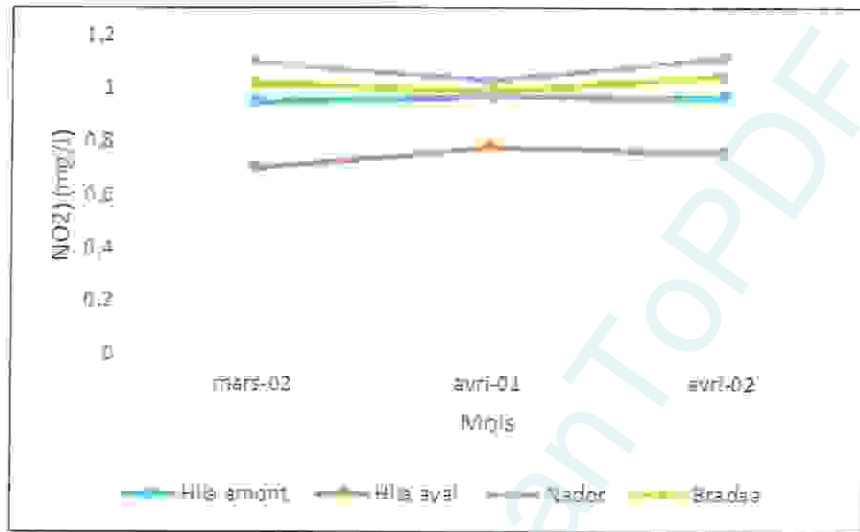


Figure 52 : Les variations mensuelles des nitrites dans les quatre stations .

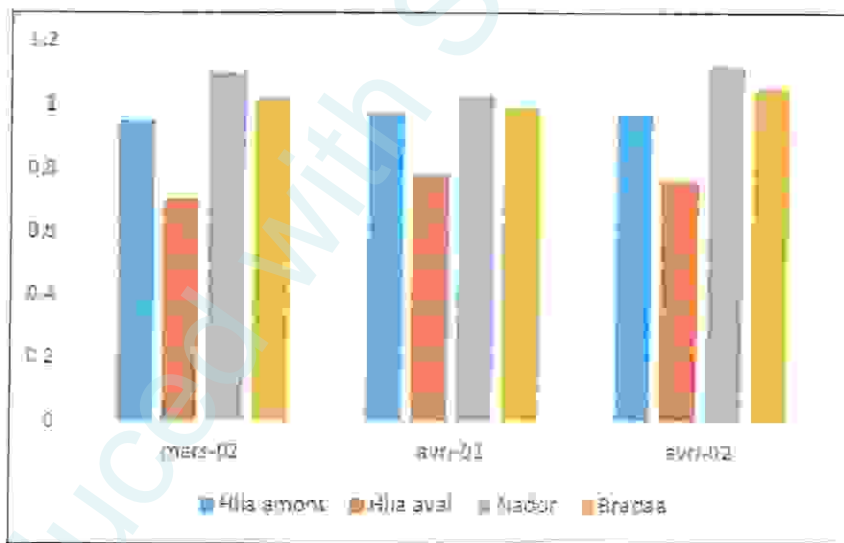


Figure 53 : Les variations moyennes des nitrites dans les quatre stations.

4.1.8. Variations mensuelles de l'ammonium :

Un pic de 16,2 mg/l d'ammonium est noté à la fin du mois de mars à Hlia aval, suivi de 12.25 mg/l à Hlia amont au début d'avril, et enfin une valeur minimale de 10,21 mg/l à Bradaa, ces taux alarmants proviennent des processus d'ammonisation c'est-à-dire de la décomposition par les microorganismes de l'azote organique issu de la matière vivante et des déchets organiques en azote

ammoniacal. Ces teneurs d'ammonium indiquent la présence d'une pollution excessive en référence à la grille de qualité des eaux proposée par l'agence des bassins hydrographiques.

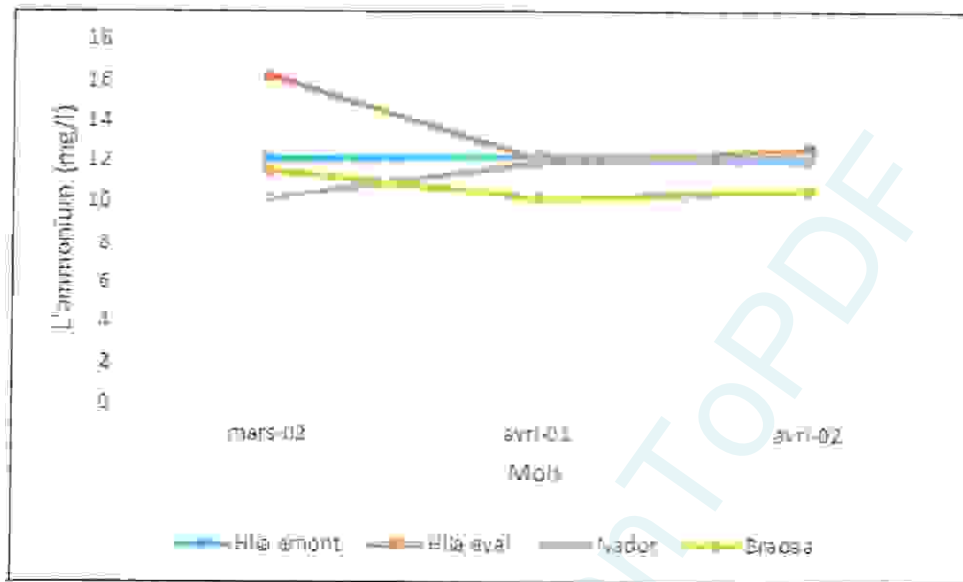


Figure 54 : Les variations mensuelles d'ammonium dans les quatre stations.

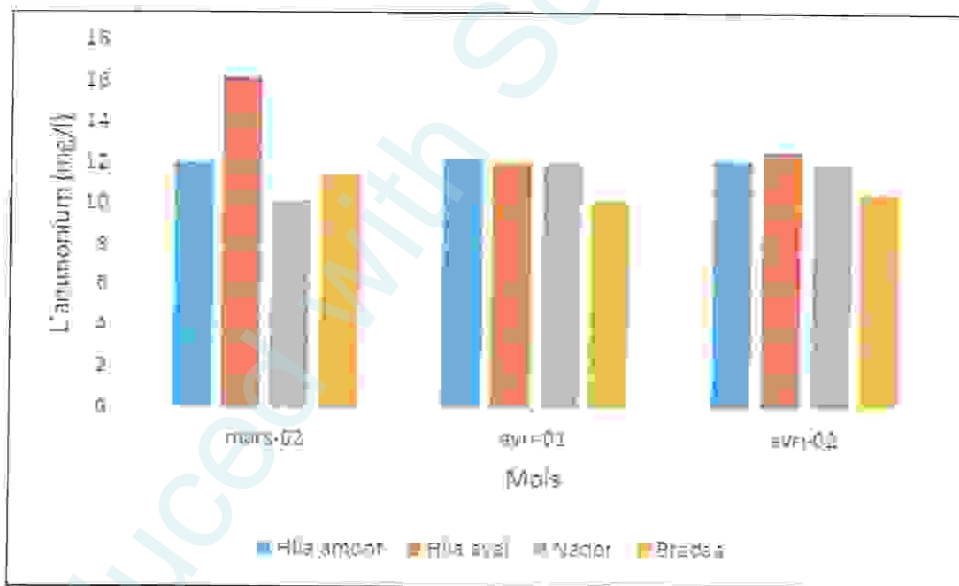


Figure 55 : Les variations mensuelles moyennes d'ammonium dans les quatre stations.

4.1.9. Variations mensuelles des matières minérales azotées :

Les figures a) b) c) d) donnent une idée générale sur les teneurs des matières azotées dissoutes enregistrées durant la période d'étude :

- **Hlia Amont** : La fraction d'azote minéral est surtout due à l'ammonium, les valeurs de ce dernier sont importantes. Pour les nitrites, les valeurs sont négligeables.

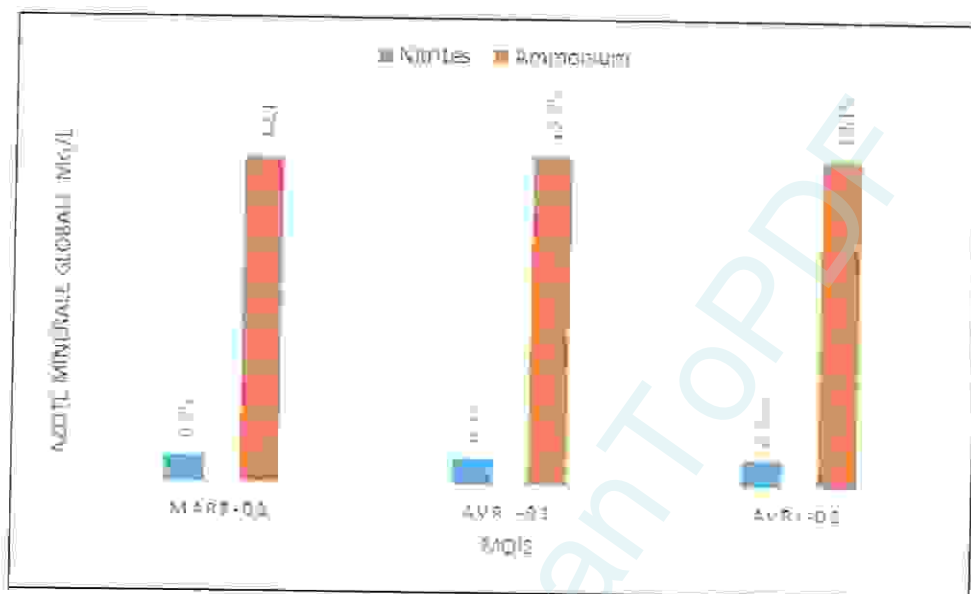


Figure 56 a) : Variation de l'azote minérale globale au niveau de Hlia Amont

- **Hlia aval**: On remarque des valeurs d'ammonium excessives surtout à la fin de mars

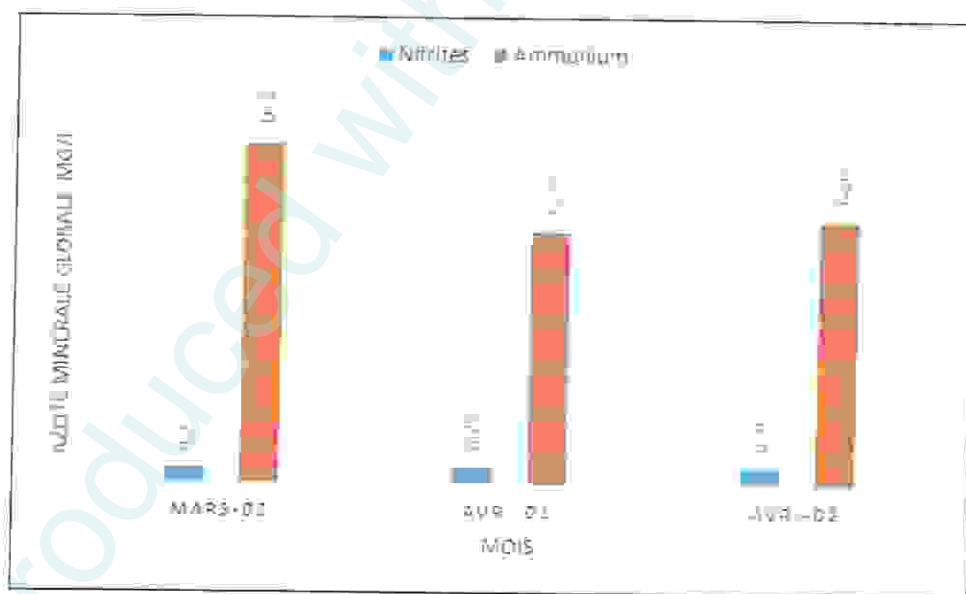


Figure 56 b) : Variation de l'azote minérale globale au niveau de Hlia aval

- **Nador** : Il en est de même pour cette station où la fraction maximale d'azote est due à l'ammonium.

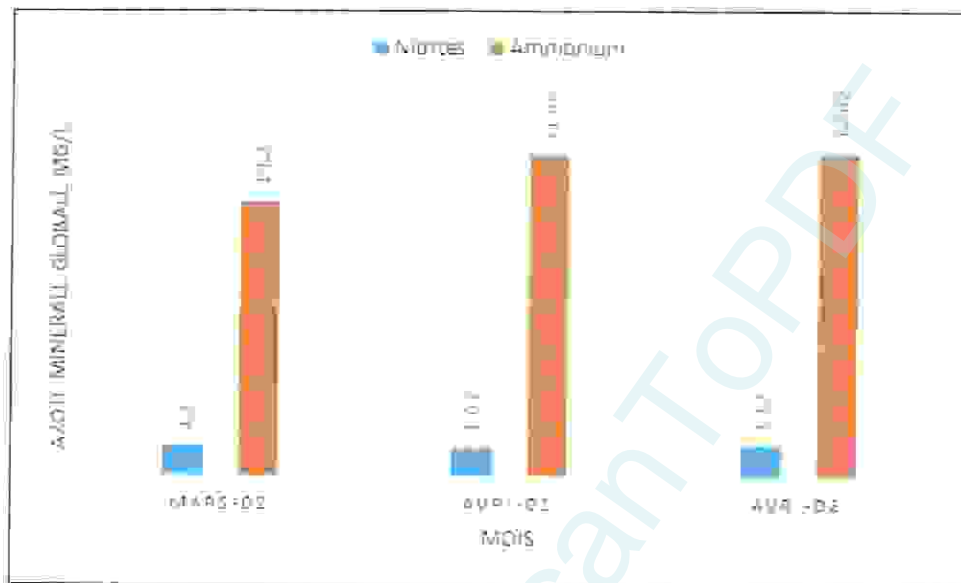


Figure 56 c) : Variation de l'azote minérale globale au niveau Nador

- **Bradaa** : L'ammonium représentent les principales matières minérales dissoutes

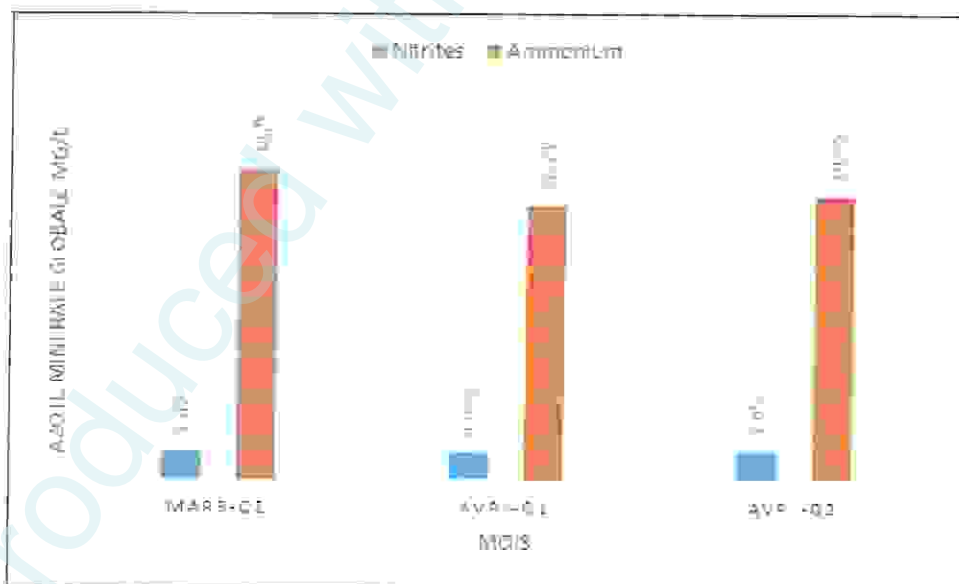


Figure 56 d) : Variation de l'azote minérale globale au niveau Bradaa

NB/ En l'absence des nitrates, ces résultats ne nous éclairent que partiellement sur la représentativité de chaque élément nutritif.

4.1.10. Variation mensuelle des orthophosphates :

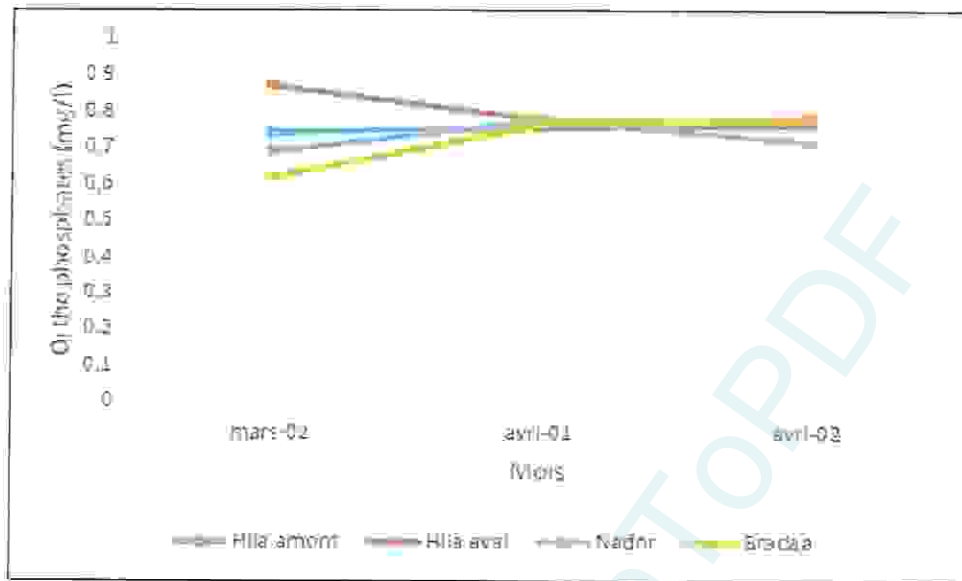


Figure 57: Les variations mensuelles des Orthophosphates dans les quatre stations

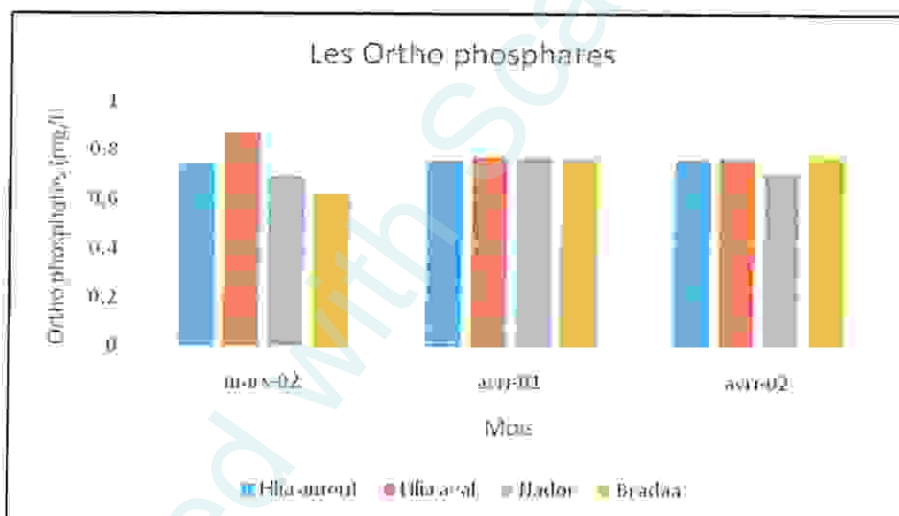


Figure 58 : Les variations mensuelles des Orthophosphates dans les quatre stations

Au mois d' Avril, les valeurs des quatre stations sont presque pareilles elles varient d'une valeur minimale de 0,715 mg/l à 0,78 mg/l à Bradaa. Pour le mois de mars on a enregistré un pic dans la teneur d'orthophosphates à Hlia amont d'une valeur de 0,87mg/l. Il en est de même pour les valeurs moyennes des trois campagnes qui sont toutes inférieures à 1 mg/l ce qui correspond à des eaux de qualité passable selon l'ABH. La présence des orthophosphates dans les cours d'eau résulte d'un processus anthropique :

- Eaux usées rejetées directement dans le cours d'eau sans traitement préalable d'épuration.
- Usage des fertilisants.
- Activité industrielle.

4.1.11. Variation de la demande chimique en oxygène (DCO) :

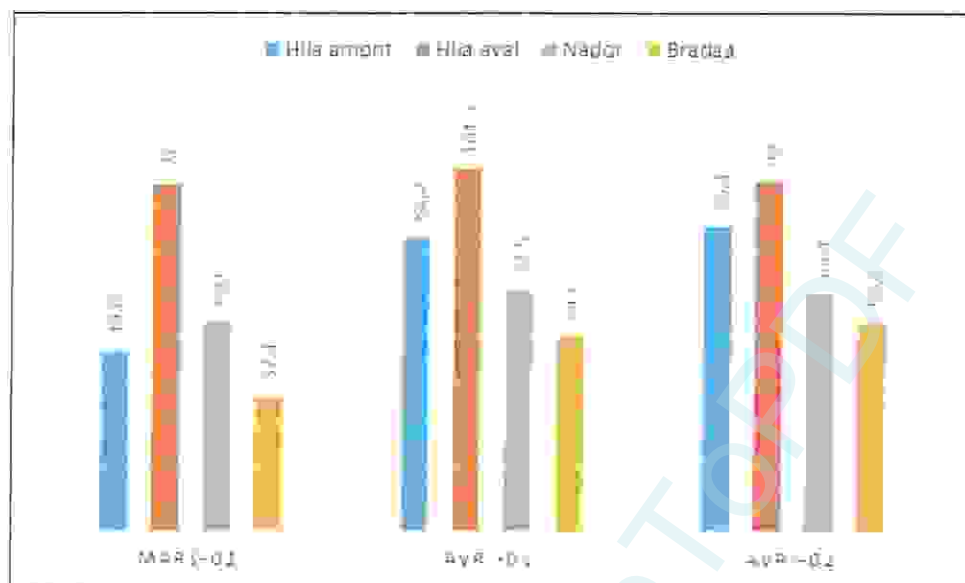


Figure 59 : Variation de la demande chimique en oxygène DCO

On remarque que pour la station de Hlia, les valeurs de la demande chimique en oxygène sont élevées durant toute la période d'étude avec une valeur maximale de 101.2 mg/l en avril 1 et des valeurs moyennes pour Nador et Hlia Amont et des valeurs plus ou moins faibles à Bradaa avec une valeur minimale de 37.4mg/l.

Quant aux valeurs moyennes de la DCO, elles sont comprises entre 50,16mg/l d'oxygène et 98,73mg/l d'oxygène ce qui nous permet de situer les eaux des stations de Bradaa, Hlia amont et Nador dans la classe de qualité médiocre à l'exception de la station de Hlia aval dont les eaux sont très chargées en matières organiques et par conséquent présente une pollution excessive.

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

Tableau 13 : Classe de qualité des eaux des stations d'après les normes de l'ABH

Stations	Classe de qualité / Paramètres	Unité	Excellent	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution avérée
Hella Amont Hella Aval Nador Bradaa	Oxygène dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
			8,15 7,665 7,06				
	Saturation	%	>90	70 à 80	50 à 70	<50	0
				80,67 74,15 71,75			
	DBO5	mg/l	<0	1 à 2	0 à 10	10 à 25	>25
	DCO	mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
						98,73 64,16 50,16	
	NH ₄	mg/l	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2	2 à 8	>8
	PO ₄	mg/l	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
					0,75 0,80 0,72 0,72		
	NO ₃	mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
	NO ₂	mg/l	<0,1	0,1 à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	>2
					0,26 0,74	1,89 1,010	

4.3. Analyse globale de la faune benthique

4.3.1. Check-list des taxa faunistiques

Tableau 14. Check-list des taxa faunistiques durant toute la période d'étude dans les 4 Stations.

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Hlia Amont	Hlia Aval	Nador	Bradaa
Plécoptères				0	1	0	0
Arthropodes	Insectes	Ephemeroptères	Baetidae	1	1	1	1
			Caenidae	1	1	1	1
			Potamanthidae	1	1	0	0
			Ephemereilidae	1	1	0	0
			Leptophlebiidae	0	0	0	1
			Heptageniidae	1	1	1	0
		Trichoptères	Hydropsychidae	1	1	1	1
			Polycentropodidae	1	0	0	0
			Philopotamidae	0	1	0	0
		Diptères	Chironomidae	1	1	1	1
			Tabanidae	1	1	0	0
			Simuliidae	1	1	1	1
			Dixidae	1	0	0	0
			Tipulidae	1	0	0	1
			Stratiomyidae	1	0	0	0
			Rhagionidae	1	0	0	0
			Lymnaeidae	1	0	0	0
		Coléoptères		1	1	1	1
			Gyrinidae	1	0	0	0
			Dytiscidae	1	0	1	0
			Noteridae	1	0	0	0
			Ehmidae	1	0	0	0
		Lépidoptère		1	0	0	0
		Odonates		1	1	1	0
		Hémiptères	Notonectidae	1	0	0	0
			Nepidae	0	1	0	1
			Geridae	1	1	1	0
			Mesovelidae	0	0	1	0
	Crustacés	Amphipodes	Gammaridae	1	0	0	0
		Décapodes	Atyidae	0	1	1	0
Mollusques			Physidae	1	0	1	1
			Planorbidae	1	1	0	1
			Lymnaeidae	1	0	0	0
			Dressenidae	0	0	0	1
Annelides	Achètes		Hirudinae	1	0	0	0
	Oligochètes		Lombricidae	1	1	0	0
Némathelminthes			Nématodes	1	0	0	1
Arachnides				1	1	0	0
Poissons	poisson			0	1	0	0
Batraciens	Batraciens			0	0	0	1
		Hyménoptère	Formicidae	0	0	0	1
Total				32	20	13	14

4.3.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques :

Les six prélèvements effectués au cours de notre période d'étude qui s'est étalée du 21 Janvier 2015 au 07 mai 2016, nous a permis de récolter 3864 spécimens répartis en 41 taxa (Check-list).

Sur le plan quantitatif, ce sont les insectes qui sont dominants par rapport aux autres groupes avec un effectif global de 3797 individus soit 98.39%. Les Mollusques viennent en seconde position avec 41 spécimens (1.06%) suivis des Annelides avec 10 individus (0.25%), les Crustacés avec 8 spécimens (0.20%) et enfin les Nématodes Mollusques qui ne sont représentés que par 4 individus soit 0.10%. (Figure 60)

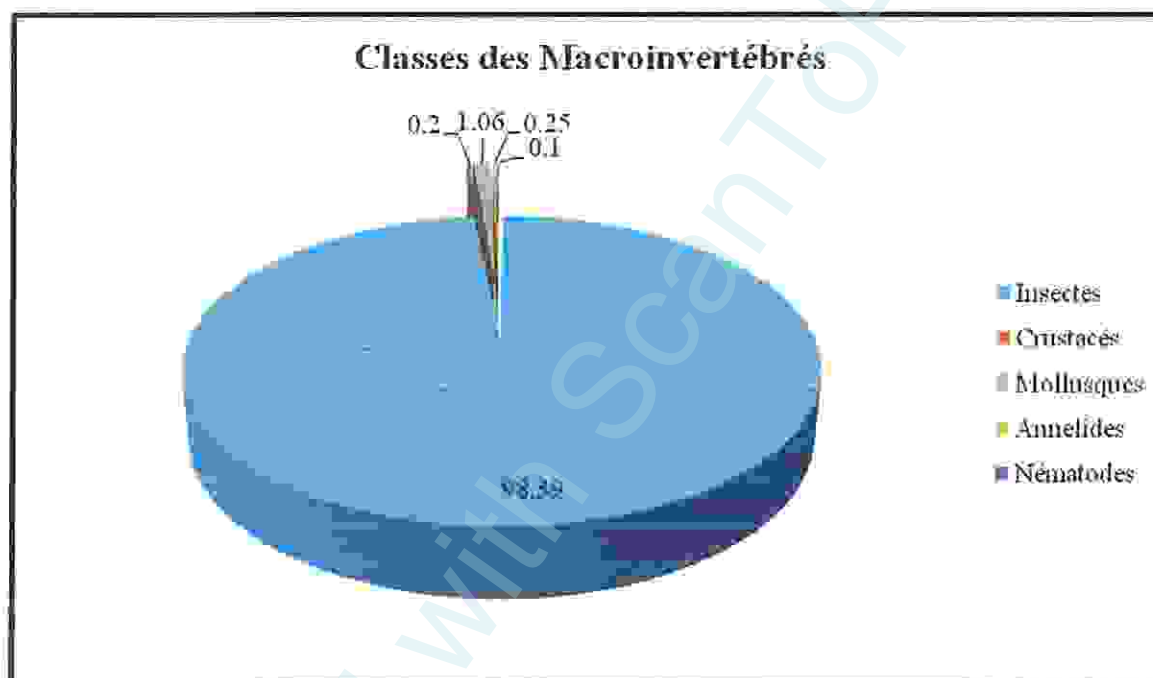


Figure 60 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés.

4.3.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthiques :

4.3.3.1. Les insectes :

➤ Les Ephéméroptères :

Avec 2522 individus soit 65.26%, les Ephéméroptères se répartissent en sept (6) familles: les Ephemerellidae, Les Beatidae, les Caenidae, les Potamantidae, les Leptophlebiidae et les Heptageniidae. Les Beatidae et les Caenidae sont les familles qui prédominent avec respectivement 77.63% et 20.68%, les Heptageniidae et Potamantidae représentent 1,41%, Les Leptophlebiidae ainsi que les Ephemerellidae sont très peu représentés avec seulement 0.03% pour les premières et 0.19% pour ces dernières. (Figure 61)

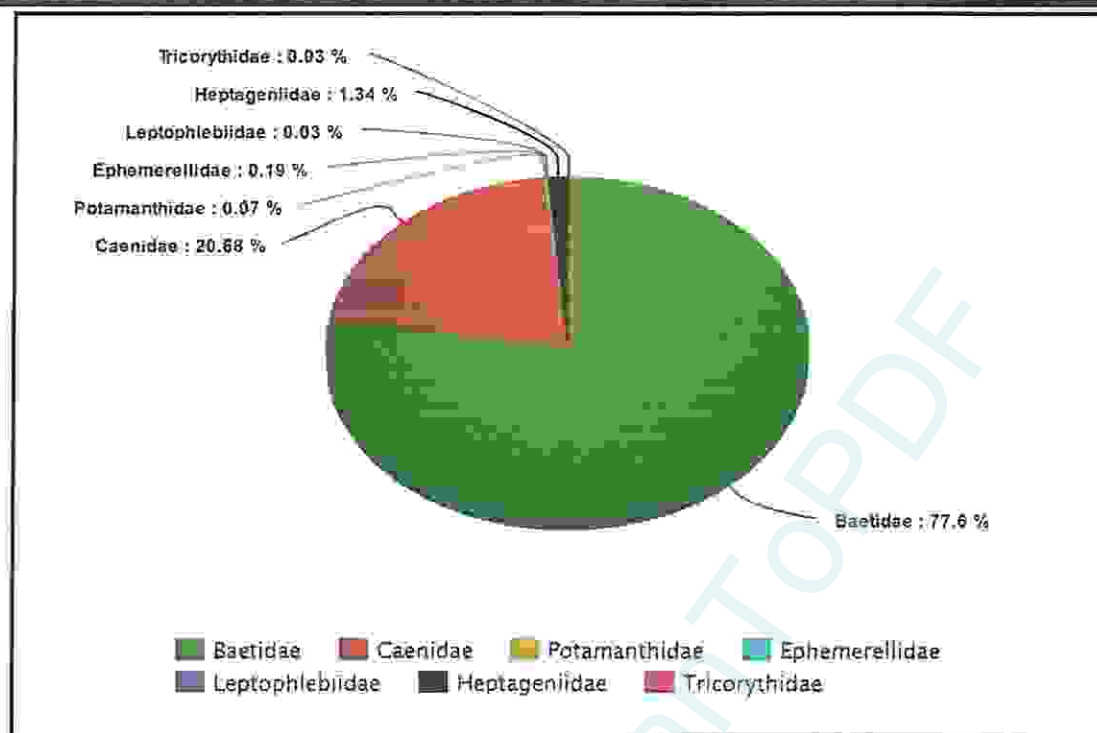


Figure 61 : Abondance relative des familles d'Ephéméroptères par rapport à l'ordre.

➤ Les Diptères :

C'est le deuxième ordre le plus abondamment représenté avec un effectif total de 900 réparti en sept (7) familles. Les principales familles sont les Chironomidae avec 166 individus soit (18,44%), les Simuliidae 710 spécimens (78,88%), les autres familles sont très faiblement représentées avec les Tipulidae (0,77%), les Tabanidae (1,44%), Les Rhagionidae (0,22%) et enfin la famille des Dixidae et Stratiomyidae avec un représentant chaun soit (0,11%).

Les Chironomidae représentent un effectif total de 166 individus soit 18,44% des macroinvertébrés dans les 4 stations ce qui prouve que les 4 milieux sont très riches en matières organiques cela confirme les résultats des analyses chimiques qui indiquent un taux important d'ammonium NH_4 . (Figure 62)

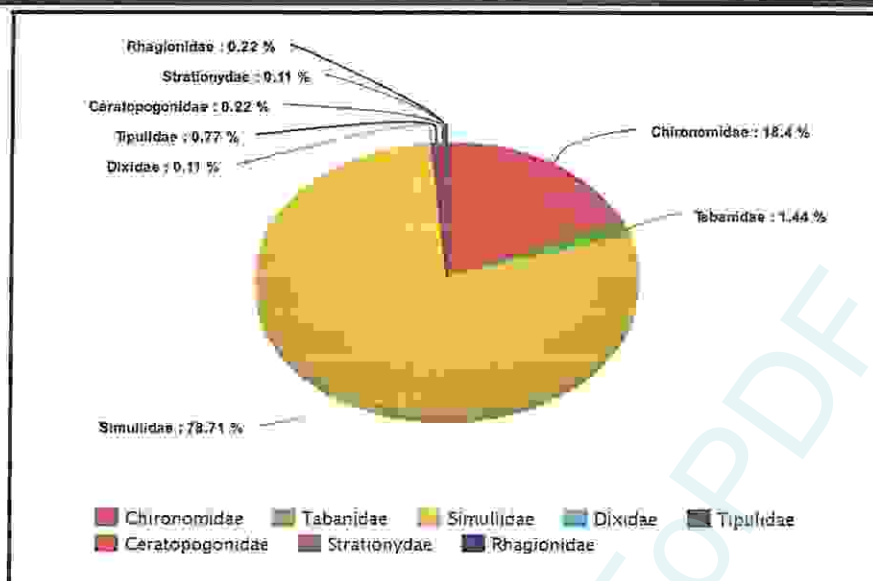


Figure 62 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre.

➤ **Les Trichoptères :** Les Trichoptères sont d'abondance moyenne de 288 individus soit 7.45% des macroinvertébrés la famille des Hydropsychidae sont les plus dominants avec un effectif de 285 espèces soit 98.95% puis il y a la famille des Philopotamidae qui n'ont que deux représentants au niveau des stations de Helia aval tandis qu'à Helia amont on ne compte qu'un seul individu de la famille des Polycentropodidae. (Figure 63)

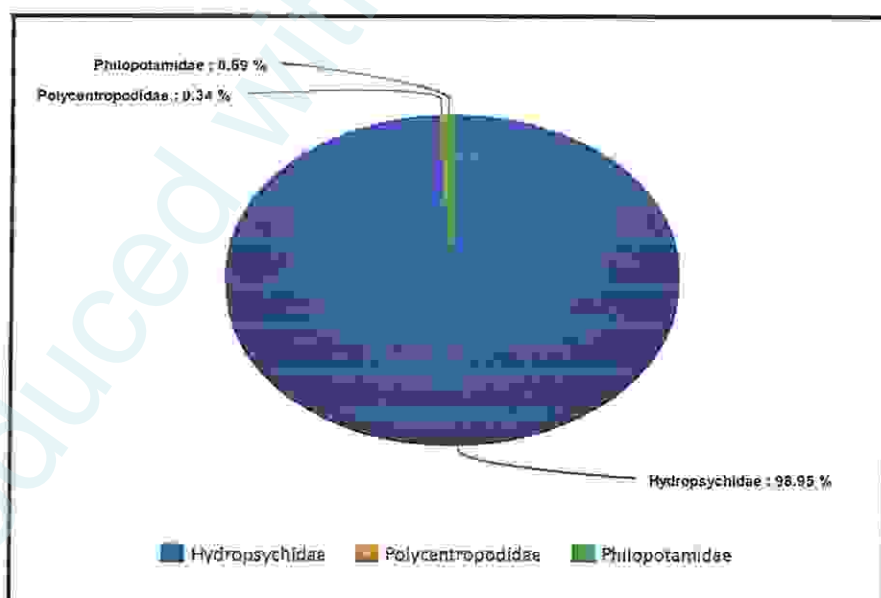


Figure 63 : Abondance relative des familles de Trichoptères par rapport à l'ordre.

- **Les Coléoptères** : Cet Ordre est représenté par 105 individus adultes soit 2.71% par rapport au groupe des insectes et 39 d'entre eux se trouvent à Hlia Aval et 12 larves des familles suivantes : Gyrinidae, Dytiscidae, Noteridae, et enfin les Elmidae. (Figure 64)

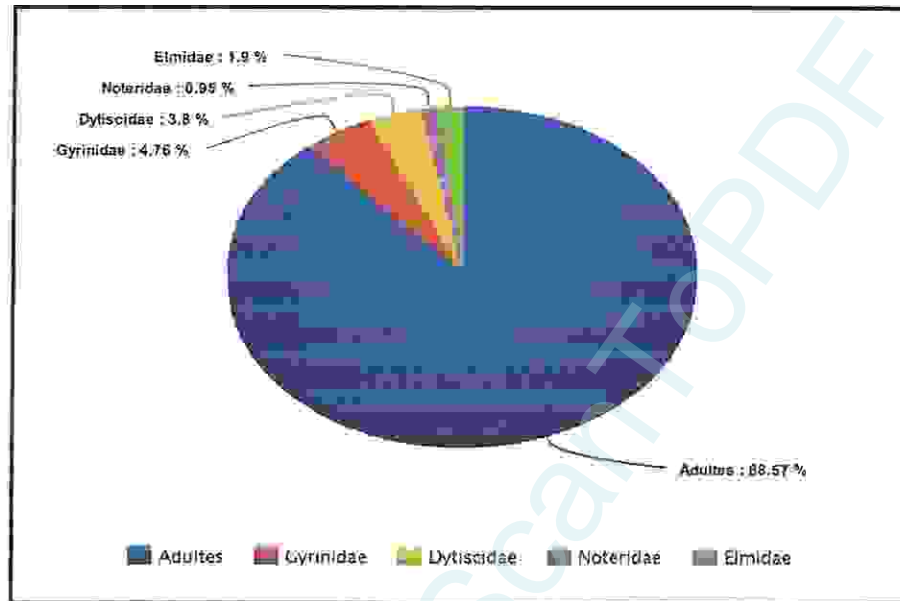


Figure 64 : Abondance relative des familles de Coléoptères par rapport à l'ordre.

- **Les Odonates** : Cet ordre est représenté par 20 individus soit 0.51% de la faune totale des insectes qui compte 3864 individus. Les Anisoptères prédominent dans toutes les stations sauf Bradaa où on remarque une absence totale d'odonates.
- **Les Hétéroptères** : Ce sous-ordre est également représenté par 148 individus soit 3.83% par rapport au total des insectes peuplant les quatre stations. Les principales familles qui le composent sont les Notonectidae (01) (0.67%), les Nepidae (2) (1.35%) et les Gerridae avec 121 individus soit 81.75% et finalement la famille des Mesoveliidae avec 24 espèces c.a.d 16.25% d'Hétéroptères. Il est à noter que la majorité des Hétéroptères est concentrée à Heliaval et Nador quant à Bradaa on a récolté qu'une seule espèce de la famille de Nepidae durant toute la période d'échantillonnage, par contre la station de Heliaval présente un nombre d'Hétéroptères moyen 20 individus de la famille de Gerridae avec une seule espèce de la famille de Notonectidae. (Figure 65)

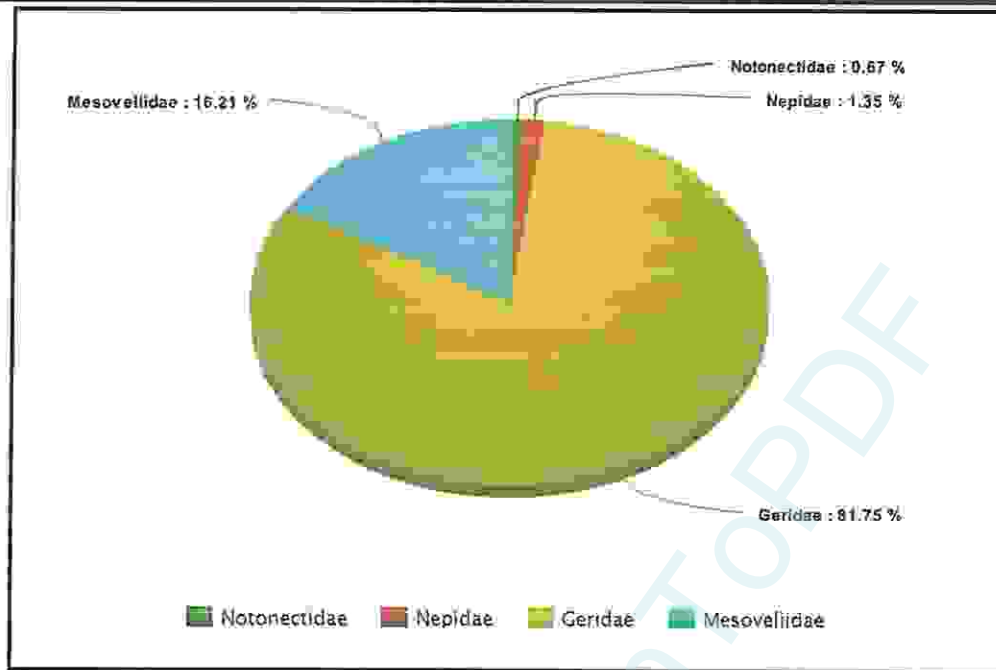


Figure 65 : Abondance relative des familles de Héteroptyères par rapport à l'ordre.

- **Plecoptères** : l'ordre des Plecoptères est l'ordre le plus faiblement représenté dans la classe des insectes et aussi par rapport au total des macroinvertébrés avec une seule espèce échantillonnée à Helia Aval soit 0.02% du total de la faune collectées.

4.3.3.2. Les Crustacés :

Les Crustacés représentent le deuxième Ordre le plus faiblement représenté après les Plecoptères avec 4 spécimens soit 0.1 % répartis en deux familles : Les Gammaridae avec un effectif de 1 individus soit (12.5%) à Helia Amont par rapport à la classe des Crustacés. Quant à la famille des Atyidae leur présence est enregistré dans la station de Helia Aval et Nador avec un effectif total de 7 espèce soit 87.5% des Crustacés récoltés.

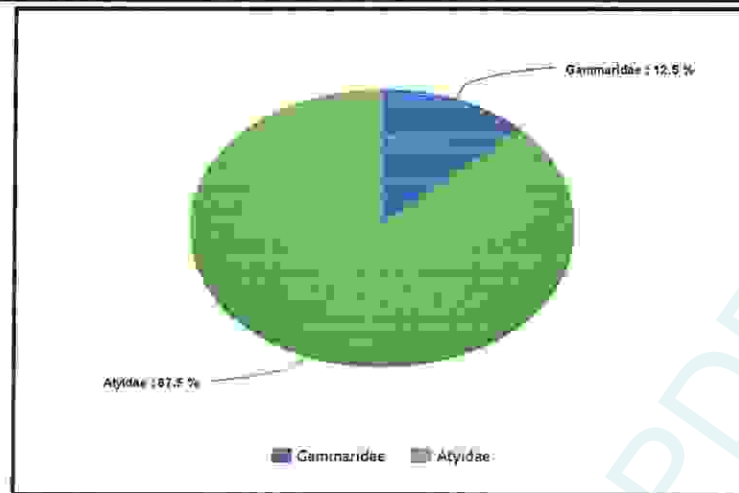


Figure 66 : Abondance relative des Familles des crustacés par rapport à la classe.

4.3.3. 3. Les Mollusques :

La figure 66 montre que le total des mollusques est estimé à 42 individus, répartis en quatre familles : Les Planorbidae 08 spécimens 19.04%, les Limnaeidae 01 individu soit 2.38%, les Physidae 69.04% et les Dressenidae avec 04 spécimens soit 9.52%.

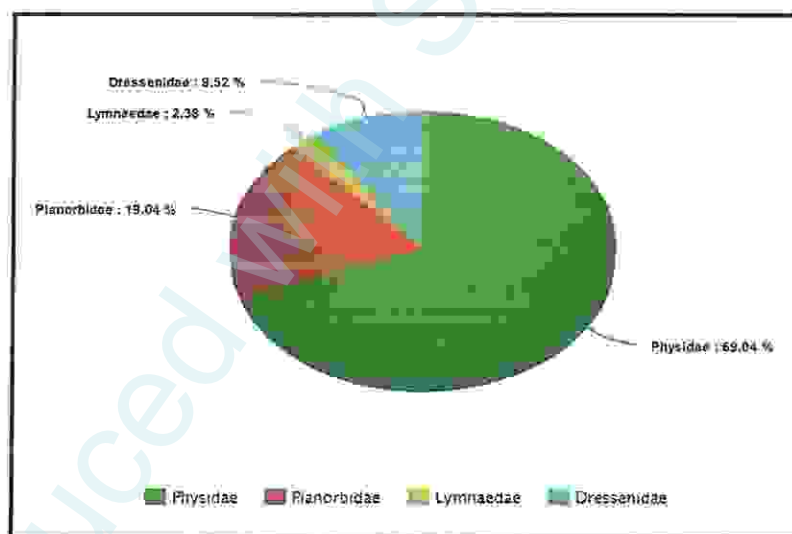


Figure 67 : Abondance relative des Familles de Mollusques par rapport au sous-Ordre

4.3.3.4. Les Annélides :

Durant toute la période de notre étude, nous avons récoltés 10 individus d'Annélides se répartissant dans deux principales familles: Les Achètes (Hirudinae) avec 2 individus soit 20% et les Oligochètes (Lumbricidae) avec une abondance de 8 soit 80% prédominant surtout dans la station de Helia Aval. (Figure 68)

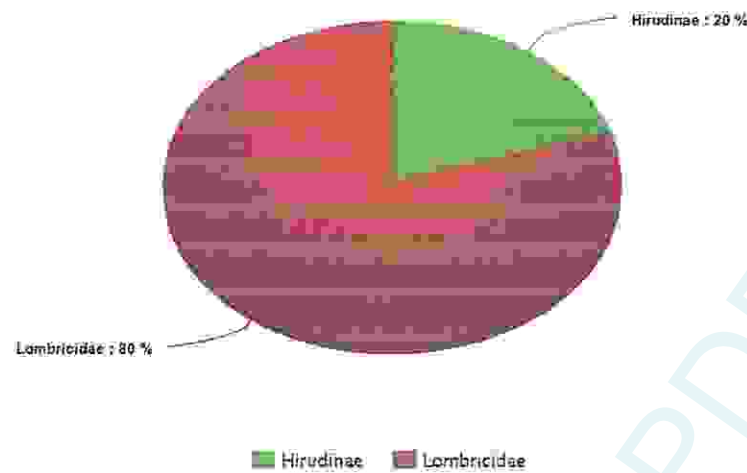


Figure 68 : Abondance relative des Familles d'Annélides par rapport au sous-Ordre

4.3.3.5. Les Nématodes :

Cet ordre est peu représenté, quatre individus au total, ce nombre est surtout concentré dans les stations Bradaa 03 individus et Helia Amont avec une seul spécimen.

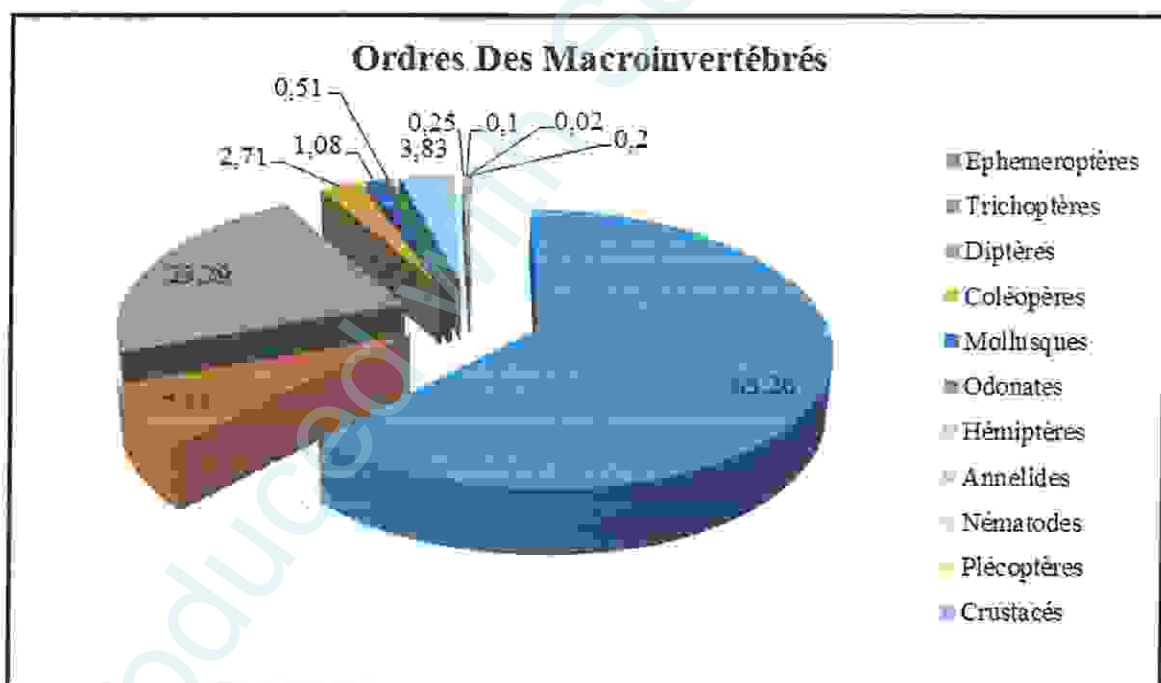


Figure 69 : Abondance relative de chaque ordre par rapport à l'effectif total

4.3.4. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN:

Afin de connaître la qualité biologique du réseau hydrologique qu'est la Seybouse, 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 14,15,16,17

Tableau 15 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Helia Amont selon l'IBGN :

Relevés de la station 4: Oued Helia Amont		29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Trichoptères							
	Hydropsychidae	15	13	46	15	23	5
	Haliopsychidae						
	Polycentropodidae				1		
	Nymphe						
Epheméroptères							
	Epheméridae						
	Ephemérellidae	1					
	Baetidae	223	145	117	202	50	87
	Caenidae	35	36	21	5	18	43
	Heptageniidae		1	2	4	4	
	Potamanthidae				1		
Diptères							
	Chironomidae	40	17	5	1		
	Tijulidae	3		1	1	1	
	Noteridae						
	Tabanidae	3	3	2	1	1	
	Simuliidae (Larve)	22	16	113	82	40	53
	Simuliidae						
	Nymphe						
	Dixidae						1
	Psychodidae						
	Stratiomyidae		1				
	Rhagionidae		1	1			
Coléoptères							
	Larve	9	4	1	9	4	11
	Gyrinidae (Larve)			2	1		1
	Dytiscidae (Larve)	1			2		
	Noteridae (Larve)				1		
	Elmidae						2
Lépidoptères	Larve			1			
Odonates							
	Zygoptère*					1	
	Anisoptère*		2				
Hétéroptères							
	Nepidae						
	Notonectidae				1		
	Geridae			4	3	2	11
	Corixidae						
Crustacés							
O Amphipodes	Gammaridae			1			
O Décapodes	Atyidae						
Mollusques							
	Physidae						2
	Planorbidae			1			
	Lymnaeidae	1		1			
	Bivalves						
Arachnides				1		2	1
Nématodes					1		
Annélides							
Annélides Acheates	Hirudiniae(Sanguisue)						2
Annélides Oligochaetes	(Lombricidae)	1			1		
Effectif des échantillons		354	289	320	332	146	219

Effectif total de la station	1610
Variété totale	30
Classe de variété	9
Groupe indicateur	5
IBGN	13
Classe de qualité	Bonne

Tableau 16 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Hlila Aval selon l'IBGN :

Relevés de la station 3: Oued Hlila Aval		29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GV/ Taxons							
Larve macroinvertebré							
Pélecoptères							
Trichoptères	Hydropsychidae	8	9	30	15	23	16
	Philopotamidae	1	1				
	Nymphe						
	Adulte						
Insectes							
	Ephemeridae						
	Ephemereidae		4				
	Baetidae	74	72	40	138	67	110
	Caenidae	5	49	13	14	19	16
	Heptageniidae	2		6	4	1	
	Potamanthidae			1			
	Statiomyidae						
Diptères	Chironomidae		35	4			17
	Tipulidae						
	Athericidae						
	Tabanidae	1		2			
	Simuliidae	9	4				41
	Larve						
	Nymphe						
	Dixidae						
	Psychodidae						
	Diptères Non Identifiée						
Coleoptères	Adulte		15	13		3	7
	Larve						
	Gyrinidae				1		
Odonates							
	Zygoptère*					1	
	Anisoptère*			4	2		1
Hétéroptères	Nepidae				1		
	Notonectidae						
	Geridae			6		38	23
	Corixidae						
Crustacés O Amphipodes	Gammaridae						
Crustacés Décapodes	Atyidae					3	
Mollusques	Physidae						
	Planorbidae	1					
	Lymnaeidae						
	Bivalves						
Lépidoptère	Larve						
Poissons		2		1			13
Nematodes							
Araolmules				7		11	
Annélides Acolètes	Hirudinae(Sangsue)						
Annélides Oligochètes	(Lombrikiidae)		6				
Effectif des échantillons		105	196	135	175	166	236

Effectif total de la station	1013
Variété totale	19
Classe de variété	7
Groupe indicateur	5
IBGN	10
Classe de qualité	Passable

Tableau 17 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Nador selon l'IBGN :

Relevés de la station 2: Oued Nador		29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plecopteres							
Trichoptera							
	Hydropsychidae	8	1	15	17	23	
	Nymphe						
Ephemeropteres							
	Ephemeridae						
	Ephemerellidae						
	Baetidae	45	25	55	71	85	132
	Caenidae		5	21	14	17	
	Heptagenidae	2	1	2	1	1	3
Diptères							
	Chironomidae						3
	Tipulidae						
	Athericidae						
	Ceratopogonidae						
	Tabanidae						
	Simuliidae	12				1	23
	larve						
	Nymphe						
	Dixidae						
	Psychodidae						
Coléoptères		1					7
	Gerridae						
	Dytiscidae						1
Odonates							
	Zygoptère*					1	
	Anisoptère*			4	3	1	
Hétéroptères							
	Nepidae						
	notonectidae						
	Geridae			15		2	17
	corixidae						
	Mesoveliidae					24	
Crustacés O Amphipodes							
	Gammaridae						
Crustacé O Décapodes				4			
	Atyidea						
Mollusques							
	Physidae						1
	Planorbidae						
	Limnaeidae						
	Bivalves						
Nématodes							
Annélides C Achètes							
	Hirudinae(Sangsue)						
Annélides C Oligochètes							
	(Lombricidae)						
Hyménoptère							
	Formicidae	1					
Effectif des échantillons		69	32	116	106	155	187

Effectif total de la station	665
Variété totale	14
Classe de variété	5
Groupe indicateur	3
IBGN	7
Classe de qualité	III ⁺ Moyenne

Tableau 18 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Bradaa selon l'IBGN :

Relevés de la station 1: Oued Hammam Bradaa		29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Trichoptères						3	
Ephemeroptères							
Diptères							
Nymphes							
Ephemeroptères							
Ephemerellidae							
Baetidae		19	45	13	21	86	36
Caenidae			3				
Heptageniidae							
Leptophlebiidae					1		
Diptères		12	5	24	2		3
Chironomidae							
Tipulidae					1		
Atheriidae							
Tabanidae							
Simuliidae			31	103	26	90	42
larve							
Nymphes							
Dixidae							
Psychodidae							
Cockroaches		4		2			2
Gerridae							
Odonates							
Zygoptère*							
Anisoptère*							
Heteroptères		1					
Nepidae							
Notonectidae							
Gerridae							
Corixidae							
Crustacés O Amphipodes							
Gammaridae							
Crustacés O Décapodes							
Mollusques							
Physidae		1		4	3	12	6
Planorbidae		6					
Lymnaeidae							
Dresenidae						4	
Nématodes		1	2				
Annelides O Achiètes							
Hirudinae (Sangsue)							
Annelides O Oligochètes							
(Lombricidae)							
Eutriens (Larves)							3
Effectif des échantillons		44	86	146	54	195	92

Effectif total de la station	617
Variété totale	13
Classe de variété	4
Groupe indicateur	3
IBGN	6
Classe de qualité	KU (II) (B)

Tableau 19 : Synthèse des résultats des quatre stations

	S1 Helia Amont	S2 Helia Aval	S3 Nador	S4 Bradaa
Effectif total	1610	1013	665	617
Variété totale	30	19	14	13
Classe de variété	9	7	5	4
Goupe indicateur	5	5	3	3
IBGN	13	10	7	6
	Bonne	Passable	Médiocre	Médiocre

➤ **A l'oued de Hammam Bradaa :**

La qualité de l'eau est fortement dégradée, vraisemblablement par les effluents urbains auxquels s'ajoutent les apports des contaminants agricoles. Les groupes taxonomiques les plus sensibles ne sont plus représentés. L'IBGN est de 6 avec un groupe indicateur de 3 représenté par le taxon des Hydropsychidae dont l'effectif était de 3 individu récoltés dans la sortie 22/04/2016, la variété taxonomique est la plus faible par rapport les autres stations a avec un effectif de totale 617.

En ce qui concerne le "poids" de certains taxons par rapport à l'effectif total, on note que trois familles sont dominantes : Il s'agit des Simuliidae (292), Baetidae (220) et Chironomidae (46) : ces deux derniers taxons étant consommateurs de débris végétaux. Les filtreurs (Simuliidae) sont estimés à (54 individus) et traduisent la présence de matières organiques.

➤ **A l'oued de Nador (Seybouse) :**

Les eaux de Nador restent de qualité moyenne et semblent très peu affectées par les rejets urbains des habitations mais avec une grande activité agricole dans cette région, l'IBNG représenté par 7 est médiocre avec un groupe indicateur de 5 représenté par le taxon des Heptagenidea, la variété taxonomique est la deuxième plus faible par rapport aux autres stations. Les apports des fertilisants (engrais) provenant du lessivage des sols agricoles favorisent l'apport en nitrites dans la rivière et peuvent soutenir un bon niveau de production primaire, mais ils peuvent provoquer une dégradation de la qualité de l'eau.

D'un point de vue qualitatif l'absence d'espèces sensibles et la présence des filtreurs (Simuliidae) avec un nombre moyen (36), les Baetidae (413) comme des consommateurs de débris végétaux.

➤ **A l'oued Hlia aval :**

Situé en aval des agglomérations de Khezara les eaux de cette station sont de qualité médiocre. Causée par les rejets urbains des habitations de ce village, des activités agricoles et des bovins. L'IBGN représenté par 10 (passable) avec une classe de variété de 5 représenté par le taxon des Heptageniidae.

L'effectif total a augmenté par rapport aux deux stations précédentes (1013) une qualité hydro biologique moyenne la richesse est moyenne de 19 taxons qui représentent un cortège faunistique différent. deux dernières familles dominantes sont les Baetidae (501) les Caenidae (116) les Hydropsychidae (101) La présence de taxon polluosensible (Plécoptère) (1) dans la sortie du 14/02/2016 est accidentelle.

➤ **A l'oued de Hlia Amont :**

Cette station est située en amont des agglomérations de la khezara représente un IBGN de 13 ce qui signifie que la classe du qualité est bonne et une qualité hydrobiologique bonne avec une augmentation dans l'effectif (1610), avec un groupe indicateur 5. La richesse est de 30 taxons qui représentent un cortège faunistique important: les Baetidae (824) les Caenidae (158) les Hydropsychidae (117) et les Simuliidae (326) Il y a donc dans la masse d'eau une quantité encore plus importante de matière organique en suspension. Cette station subit plusieurs pressions anthropiques telles que les activités d'élevage, de pâturage et de lavage des voitures.

4.3.5. La richesse spécifique des stations étudiés et les indices de diversité

4.3.5.1. La richesse spécifique de stations étudiées

- **A Hlia Amont :** Lors des deux premières et des deux dernières campagnes, la richesse spécifique est minimale elle oscille de 10 à 12 espèces. Avec le début du printemps, elle atteint son maximum de 16 espèces au mois de Mars et 18 en avril 1.

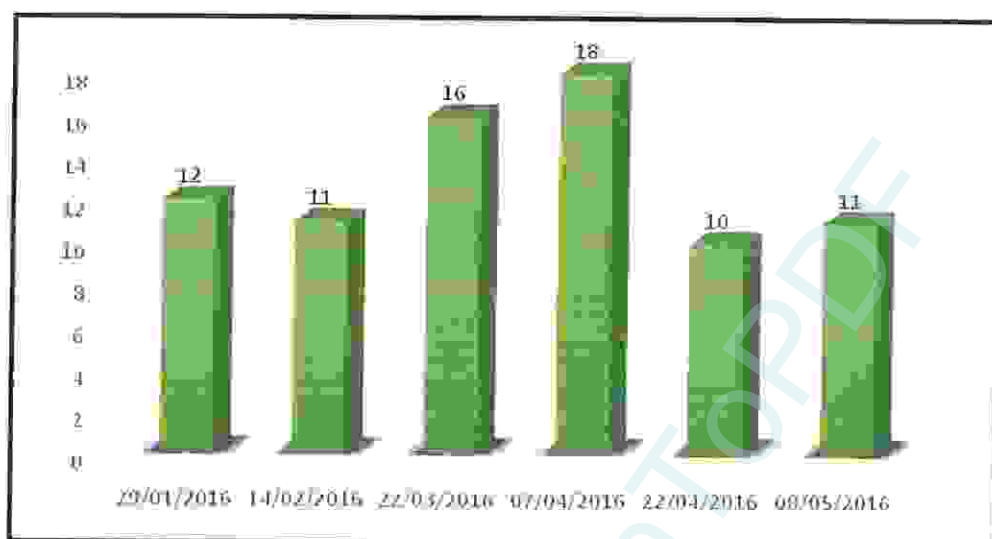


Figure 70 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Helia Amont

- **A Helia Aval :** La richesse spécifique est minimale au début d'Avril et atteint son maximum aux mois de mars et février, Helia aval est classé 2^{ème} au point de vue de la richesse spécifique.

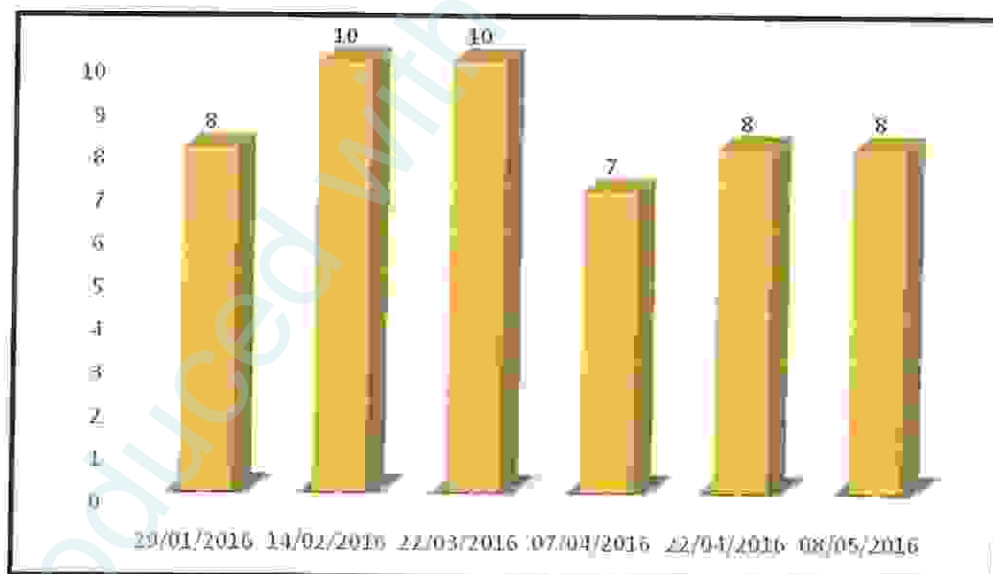


Figure 71 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Helia Aval

- **A Nador :** La richesse spécifique minimal de Nador est la plus faible au mois de Février, et atteint son maximum à la deuxième quinzaine du mois d'Avril, Nador est classée 3^{ème} dans la diversité des espèces.

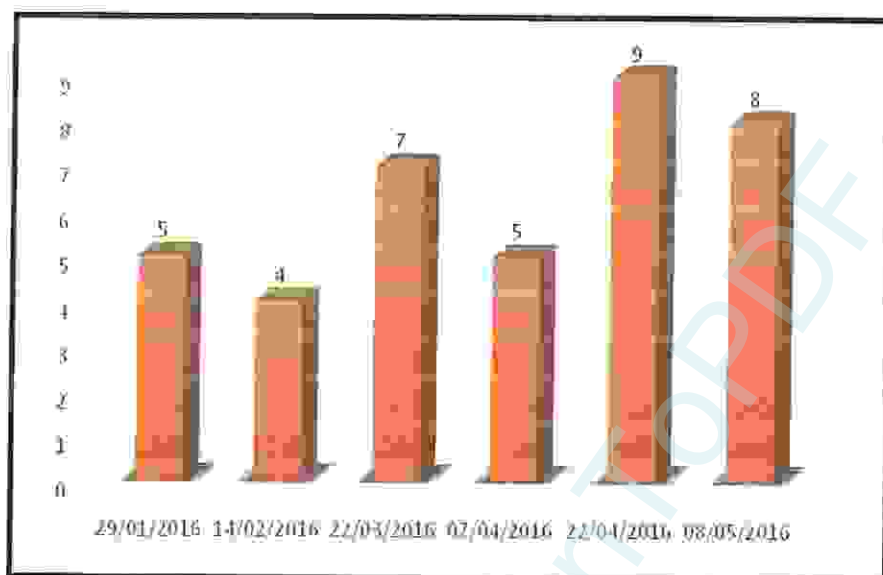


Figure 72 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Nador

- **A Bradaa :** La richesse spécifique est la plus faible à Bradaa. Ce résultat a été confirmé par l'IBGN où la classe de qualité de cette station était **médiocre** avec des valeurs minimales aux mois de mars, avril 2 et mai. La richesse atteint son maximum dans la première sortie.

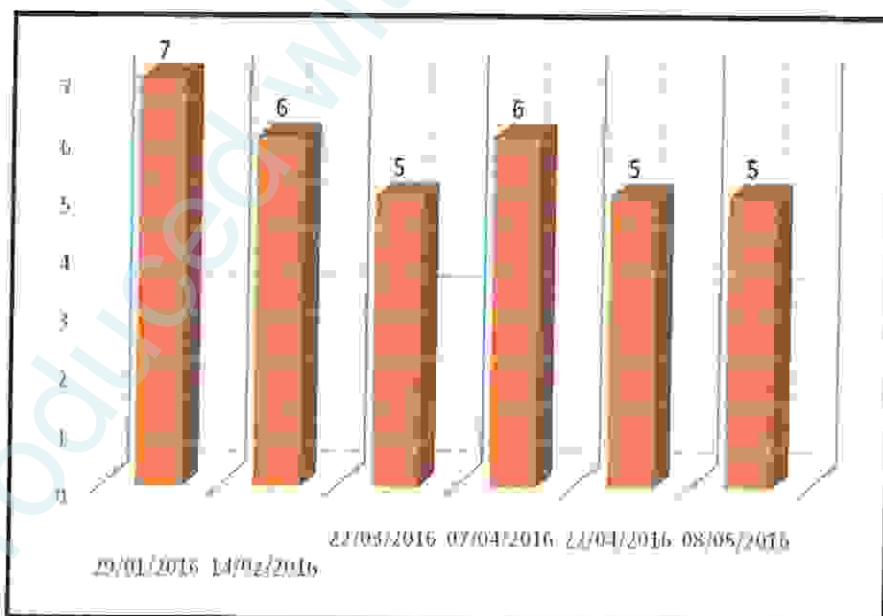


Figure 73 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Bradaa

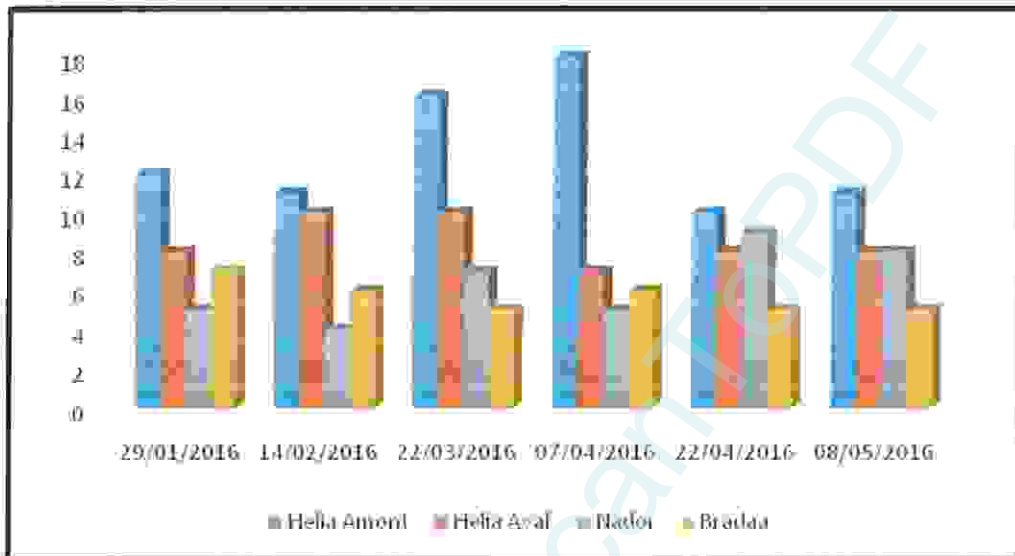


Figure 74 : Richesse spécifiques des stations d'étude pour chaque sortie

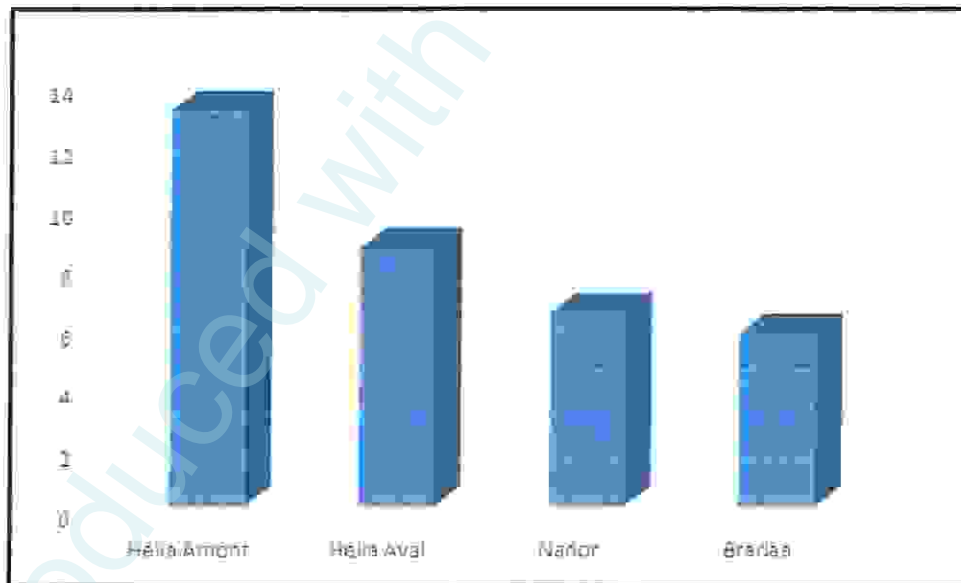


Figure 75 : Richesse spécifiques moyenne de chaque station d'étude.

4.3.6. L'indice de diversité de Shannon et d'équitabilité:

A/- Indice de Shannon :

Cet indice permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. Sa formule est la suivante :

$H = - \sum ((n_i/N) * \log_2(n_i/N))$; avec n_i : l'effectif du taxon i , i allant de 1 à S (variété taxonomique totale) et N : l'effectif total. Sa valeur varie de 0 (H minimal, un seul taxon présent) à $\log_2 S$ (H maximal, tous les taxons ont la même abondance).

B/ - Indice d'équitabilité :

L'indice d'Equitabilité (E) a été calculé. Il mesure l'équilibre du peuplement ou l'équirépartition. C'est le rapport de H / H_{max} . Cet indice varie de 0 à 1. Il est maximal quand les taxons du peuplement ont des abondances identiques (équirépartition des individus dans les peuplements). Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur un seul taxon (dominance d'une seule espèce).

❖ A Helia Amont :

Dans la station de Helia Amont, il ya une évolution de l'indice de diversité au cours des trois premières campagnes qui oscille de 1.89 à 2.23. Puis elle chute à une valeur de 1.8 au début d'avril, on suppose que cette décroissance est due à la dérive des insectes qui a pour cause les précipitations qui ont précédé la sortie, ensuite la diversité atteint une valeur maximale de 2.36 à la fin du mois d'avril, après-elle commence à se stabilisé pour arriver à 2.30 au mois de mai. L'équitabilité suit le même rythme avec un maximum de 1 à la deuxième quinzaine du mois d'avril donc une équirépartition des individus (Familles) dans le peuplement et une valeur minimum de 0.76 où les effectifs ne sont plus représentés que par quelques taxons à savoir. (Fig 76).

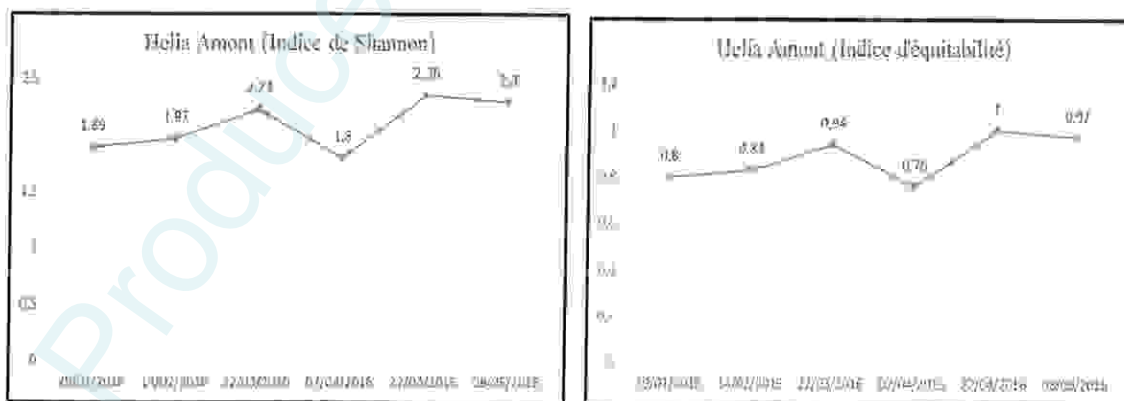


Figure 76 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Helia Amont.

❖ **A Helia Aval :**

L'indice de Shannon suit un rythme croissant du mois de janvier jusqu'au mois de mars respectivement de 1.45 à une valeur maximale de 2.64 qui indique une grande diversité, puis une diminution avec une valeur minimale est de 1.14 au début du mois d'avril par la suite le peuplement s'organise de nouveau progressivement pour atteindre la valeur de 2.31 au mois de mai. L'équitabilité suit avec un maximum de 1 à la fin du mois de mars et une valeur minimum de 0.43 où les effectifs ne sont plus représentés que par quelques taxons (Fig 77).

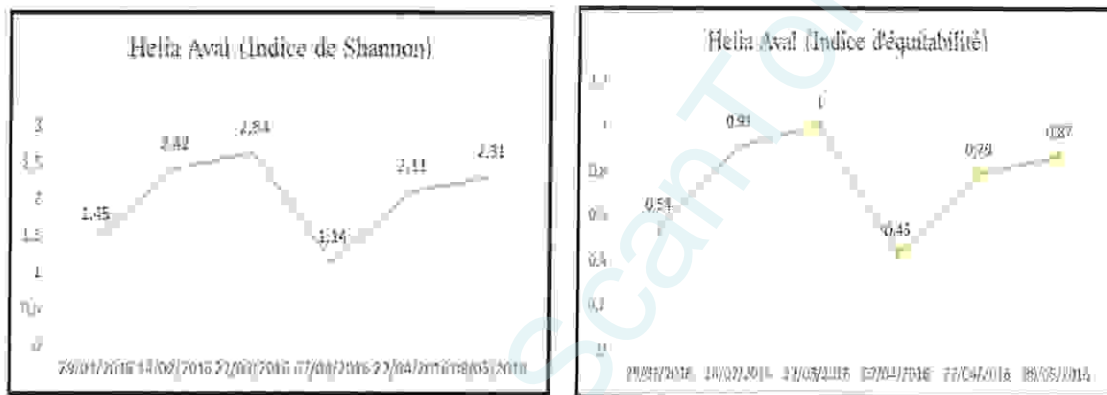


Figure 77 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Helia Aval.

❖ **A Nador :**

L'indice de Shannon commence par une valeur de 1.43 au mois de janvier puis il chute à une valeur minimale de 1 après 15 jour la diversité croit à une valeur maximale de 2.15 puis il chute encore comme les stations précédentes avec une valeur de 1.4 au début du mois d'avril, après la diversité commence à se stabiliser autour d'une valeur de 1.91 à 1.49 respectivement d'avril 2 a mai. L'équitabilité suit la même évolution que l'indice de Shannon (Fig 78).

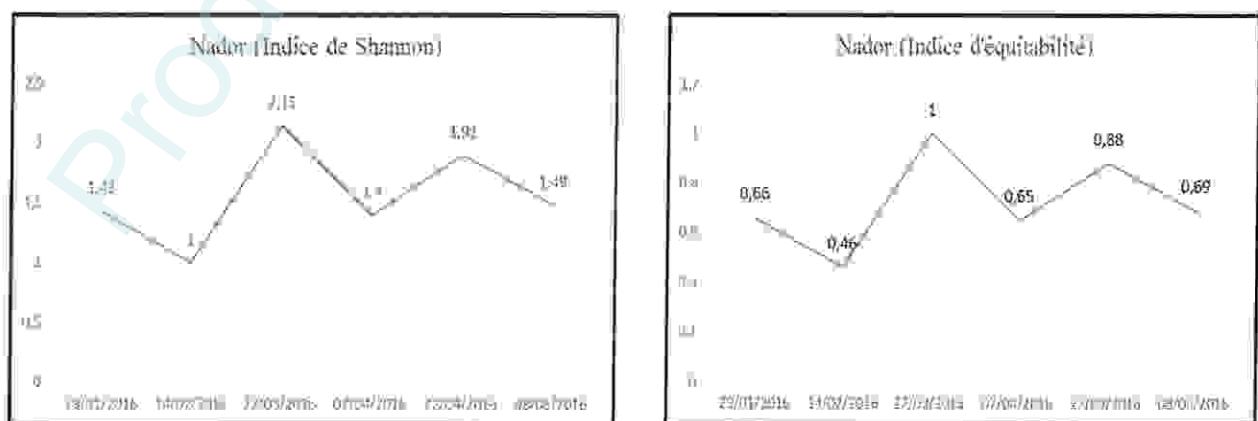


Figure 78 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Nador.

❖ **A Braadaa :**

L'indice de Shannon commence par une valeur maximale de 2.11 au mois de janvier puis une décroissance notable dans la diversité jusqu'à 1.32 au mois de mars. Une légère hausse se fait ressentir en avril et au mois de mai l'indice n'est que de 1.58. L'équitabilité suit le même rythme avec un maximum de 1 au mois de janvier et une valeur minimum de 0.62 où les effectifs ne sont plus représentés que par quelques taxons. (Fig 79).

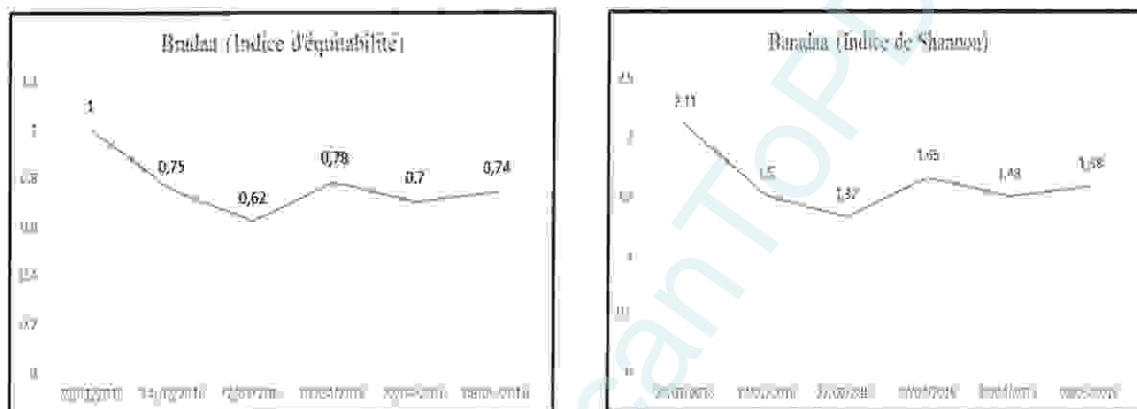


Figure 79 : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon et d'équitabilité à Nador.

4.3.7.1. L'indice de similarité de Jaccard / Tanimoto :

L'indice de similarité de Jaccard/ Tanimoto 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.

Sa formule est : $I = N_c / (N_1 + N_2 - N_c)$; avec N_c : nombre de taxons commun aux stations 1 et 2 et N_1 et N_2 : nombre de taxons présents respectivement aux stations 1 et 2. Il varie de 0 à 1.

Tableau 20 : Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (Jaccard)

	Helia Amont S1	Helia Aval S2	Nador S3	Braadaa S4
Helia Amont S1	1			
Helia Aval S2	0,45	1		
Nador S3	0,32	0,43	1	
Braadaa S4	0,21	0,25	0,35	1

❖ Les stations S1-S2 et S2-S3 présentent une forte similarité avec un indice variant de (0.43 à 0,0.45). Les peuplements de ces deux stations possèdent un fond commun de taxons importants.

- ❖ Les stations S1-S4 et S2-S4 possèdent des indices faibles allant de (0,21 à 0,25), elles ne partagent que très peu de familles ensemble .
- ❖ Les stations S2-S3 devraient avoir un indice plus élevé puisqu'elles partagent avec S1 un nombre important de taxons et en plus les deux stations sont proche l'une de l'autre et partage normalement les mêmes composantes des écosystèmes.

D'après la littérature, les stations les plus similaires sont celles qui sont généralement situées sur un même cours d'eau ; C'est le cas ici car on a 3 stations sur le même cours d'eau on a pris Helia dans la partie amont est aval elles présentent des valeurs les plus élevées de 0,45 et Helia Aval et Nador qui présente des valeurs élevées aussi de 0,43 , Or ce n'est pas le cas pour Helia Amont et Nador qui présentent une similarité faible de 0,32 malgré le partage du même cours d'eau; on suppose que cette valeur est due à l'influence de Oued Seybouse qui se rencontre avec Helia aval dans notre station de Nador donc la composition physico-chimique et biologique est différente à cause du mélange des eaux de Helia Aval avec celui de la Seybouse et ce fait a une incidence directe sur les peuplements existants à Nador. De plus, les espèces qui vivent à la Seybouse peuvent migrer vers la station des Nador pour plusieurs raisons soit la proximité ou les conditions inhospitalières du milieu.

4.3.8. L'organisation des peuplements :

4.3.8.1. Les fréquences 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.

4.3.8.2. La phénologie :

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

- Les familles des Beatidae est la seule famille échantillonnée durant toute la période d'étude de Janvier à mai donc C'est une espèce ubiquiste.
- Les familles de Plécoptères, Hirudinae, Planorbidae, Gammaridae, Noteridae, Dixidae, Nepidae, Ephemerillidae, Ephemeridae ainsi que les Stratiomyidae sont des espèces rares, l'absence d'un nombre significatifs de Plécoptères qui sont très sensibles à la pollution

indique que les milieux étudiés sont pollués pour les stations de Nador et Bradaa et légèrement polluée pour Helia Amont et Aval. La présence des Chironomidae et des Oligochètes dans quelques stations montre qu'il y a une pollution d'origine organique (principalement des problèmes d'assainissement).

Produced with ScanTOPDF

Tableau 21 : La fréquence Globale des familles des 4 stations

Sites	Helia Amont	Helia Aval	Nador	Bradaa
Nbres de Sorties	6	6	6	6
Espèces				
Plécoptères				
Baetidae	100%	100%	100%	100%
Caenidae	100%	100%	66,67%	16,66%
Potamanthidae	16,66%	16,66%		
Ephemerellidae	16,66%	16,66%		
Leptophlebiidae				16,66%
Heptageniidae	83,33%	66,67%	100%	
Tricorythidae	16,66%			
Hydropsychidae	83,33%	100%	83,33%	
Polycentropodidae	16,66%			16,66%
Philopotamidae		33,33%		
Chironomidae	66,67%	50%	16,66%	83,33%
Tubaniidae	83,33%	16,66%		
Simuliidae	100%	50%	50%	83,33%
Dixidae	16,66%			
Tipulidae	83,33%			16,66%
Stratiomyidae	16,66%			
Rhagionidae	33,33%			
Lymnaeidae				
Coléoptères	100%	83,33%	33,33%	50%
Gyrinidae	16,66%			
Dytiscidae	33,33%		16,66%	
Noteridae	16,66%			
Elmidae	16,66%			
Zygoptère	16,66%	16,66%	16,66%	
Anisoptère	16,66%	33,33%	50%	
Notonectidae	16,66%			
Nepidae		16,66%		16,66%
Geridae	50%	50%	33,33%	
Mesovelidae			16,66%	
Gammaridae	16,66%			
Atyidae		16,66%	16,66%	
Physidae			16,66%	83,33%
Pianorbidae	16,66%	16,66%		
Lymnaeidae	33,33%			
Dressenidae				16,66%
Hirudinae	16,66%			
Lombricidae	33,33%	16,66%		
Nématodes	16,66%			33,33%

Tableau 22 : La phénologie de la station de Helia Ayal

Relevés de la station 4: Oued Hlia Aaval	29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Plécoptères		—————				
Hydropsychidae						
Polycentropodidae			—————			
Ephemerellidae		—————				
Baetidae						
Caenidae						
Heptagenidae	—————		—————			
Tricorythidae			—————			
Chironomidae		—————				
Tabanidae	—————		—————			
Simuliidae	—————				—————	
Coléoptères Adultes		—————			—————	
Gyrinidae (Larve)				—————		
Zygotère					—————	
Anisoptère				—————		—————
Nepidae				—————		
Geridae				—————	—————	
Gammaridae					—————	
Planorbidae	—————					
Arachnides			—————		—————	
Poissons	—————		—————			—————
Lombricidae (Oligochètes)		—————				

Tableau 23 : La phénologie de la station de Heliá Amont

Relevés de la station 4: Oued Hliá Amont	29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Hydropsychidae						
Polycentropodidae				—————		
Epheméridae	—————					
Baetidae						
Caenidae						
Heptageniidae		—————	—————			
Potamanthidae				—————		
Chironomidae					—————	
Tipulidae	—————		—————	—————		
Tabanidae				—————		
Simuliidae						
Dixidae						—————
Stationyidae		—————				
Rhagionidae		—————				
Coléoptères Adultes						
Gyrinidae (Larve)			—————			—————
Dytiscidae (Larve)	—————			—————		
Noteridae (Larve)				—————		
Elmidae (larve)						—————
Zygoptère					—————	
Anisoptère		—————				
Notonectidae				—————		
Geridae			—————	—————		
Gammaridae			—————			
Physidae						—————
Planorbidae			—————			
Lymnaeidae	—————		—————			
Arachnides			—————		—————	
Nématodes				—————		
Hirudinae (Achètes)						—————
Lombricidae (Oligochètes)	—————			—————		

Tableau 24 : La phénologie de la station de Nador

Relevés de la station 4: Oued Nador	29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Hydropsychidae	—————					
Baetidae	—————					
Caenidae	—————					
Heptagenidae	—————					
Simuliidae	—————				—————	
Coléoptères Adultes	—————					—————
Dytiscidae (Larve)						—————
Zygoptère					—————	
Anisoptère			—————			
Geridae			—————		—————	
Mesovelidae					—————	
Atyidae			—————			
Physidae						—————
Formicidae	—————					

Produced with Scantopdf

Tableau 25 : La phénologie de la station de Bradaa

Rélevés de la station 4: Oued Bradaa	29/01/2016	14/02/2016	22/03/2016	07/04/2016	22/04/2016	08/05/2016
Plécoptères						
Hydropsychidae					—	
Baetidae						
Caenidae		—				
Chironomidae				—		—
Tipulidae				—		
Simuliidae		—				
Dixidae						
Coléoptères Adultes		—				—
Anisoptère	—					
Physidae	—		—			
Planorbidae	—					
Dressenidae					—	
Nématodes	—					

Cinquième Chapitre

Cartographie

Produced with ScantopDF

5. Cartographie

5.1. Oxygène :

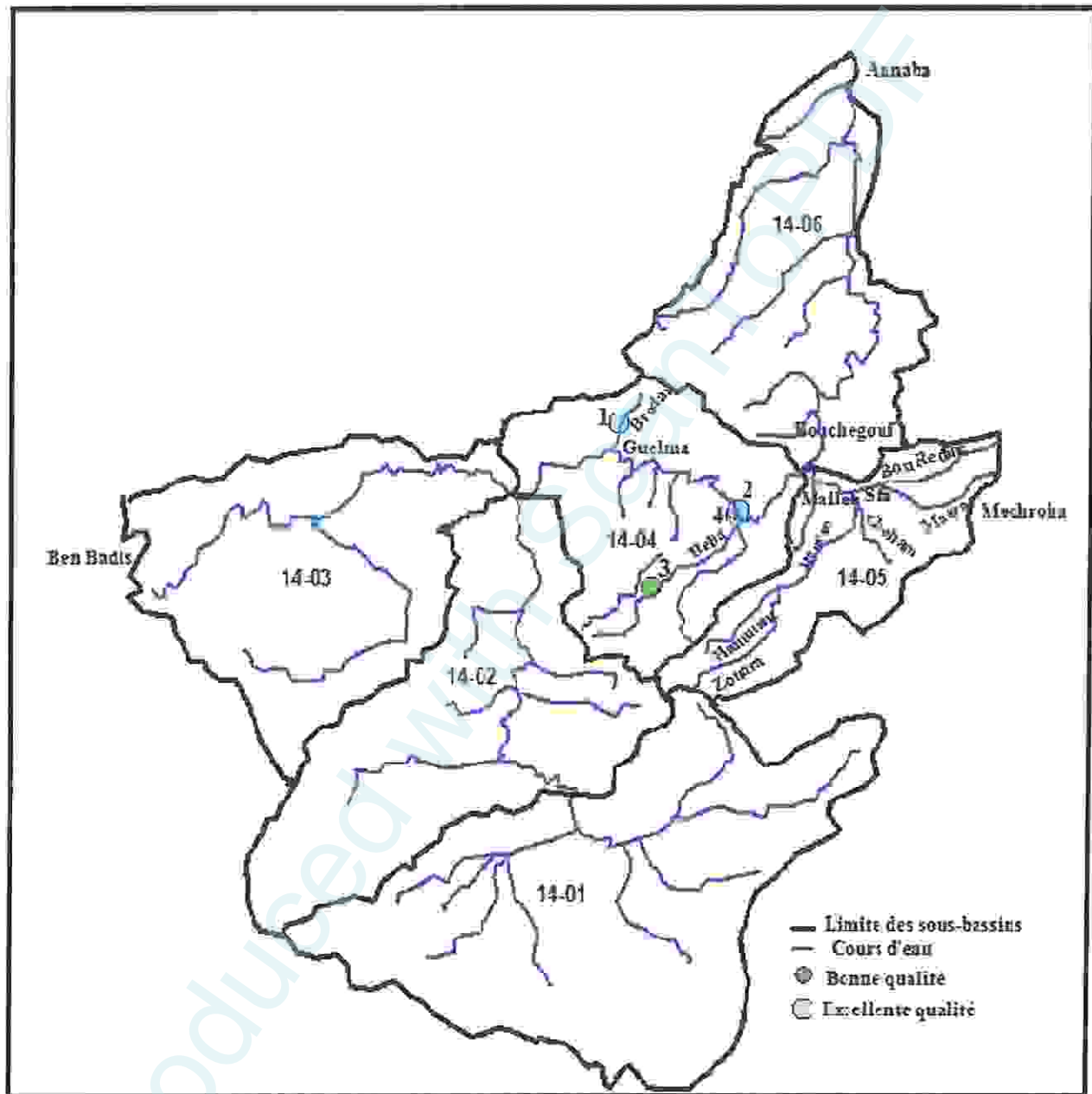


Figure 80 : Représentation de la qualité d'oxygène sur les 4 station.

La qualité de l'oxygène est classée de **Bonne** à **Excellente** dans les 4 stations, donc un taux élevé d'oxygène. On suppose que ce résultat est dû aux températures plus au moins fraîches, de plus, la vitesse du courant joue un rôle dans la saturation de l'eau en oxygène.

5.3. Ammonium:

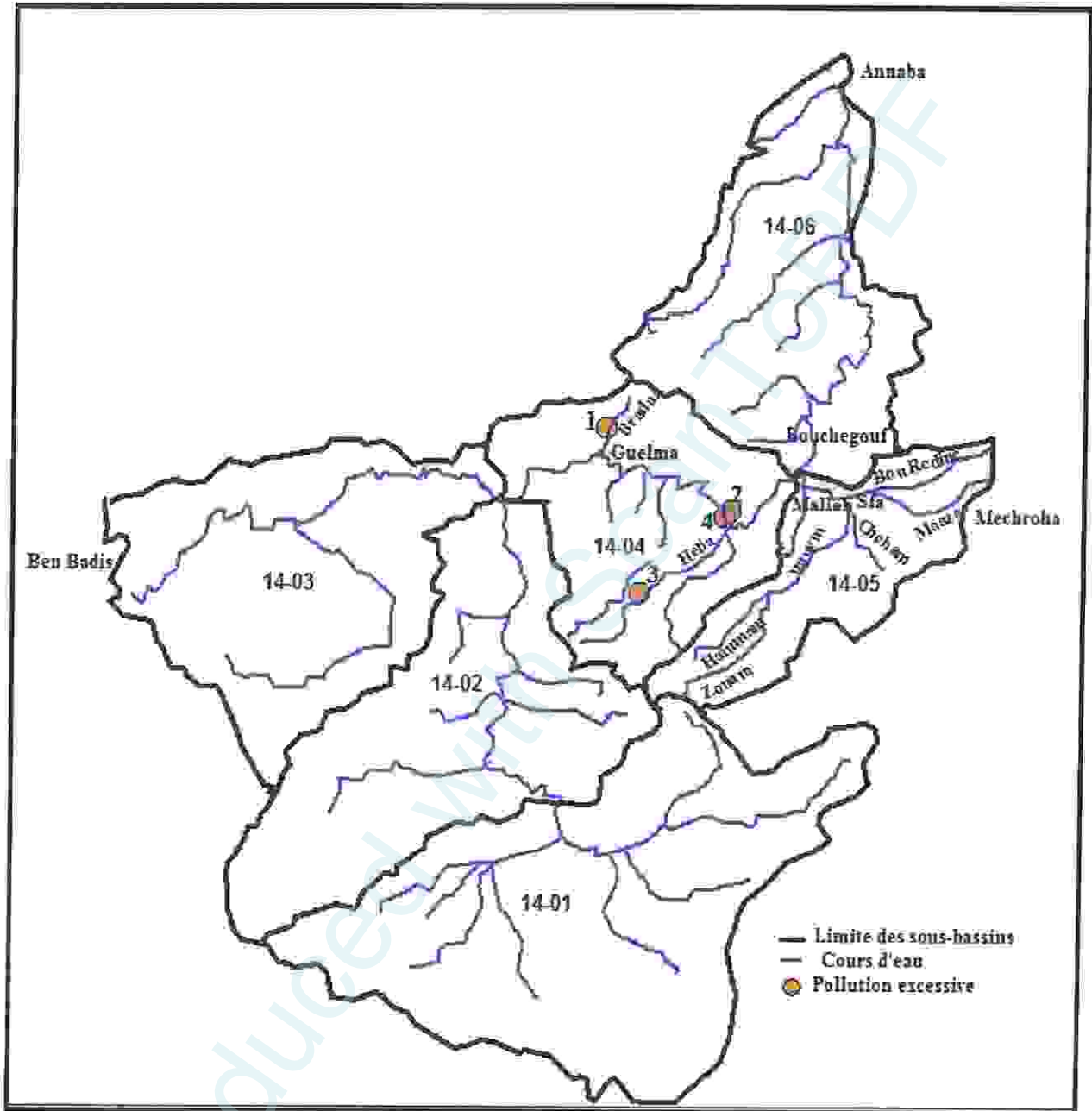


Figure 82 : Représentation de la qualité d'ammonium sur les 4 station.

Les taux d'ammonium sont effrayants dans les trois stations, taux élevé, qui indiquent une Pollution excessive. Le taux d'ammonium varie selon le pH et la température. Dans les eaux naturelles, l'ammonium provient principalement du lessivage des terres agricoles ainsi que des eaux usées d'origine municipale et industrielle ainsi que la décomposition de la matière organique.

5.4. Orthophosphates:

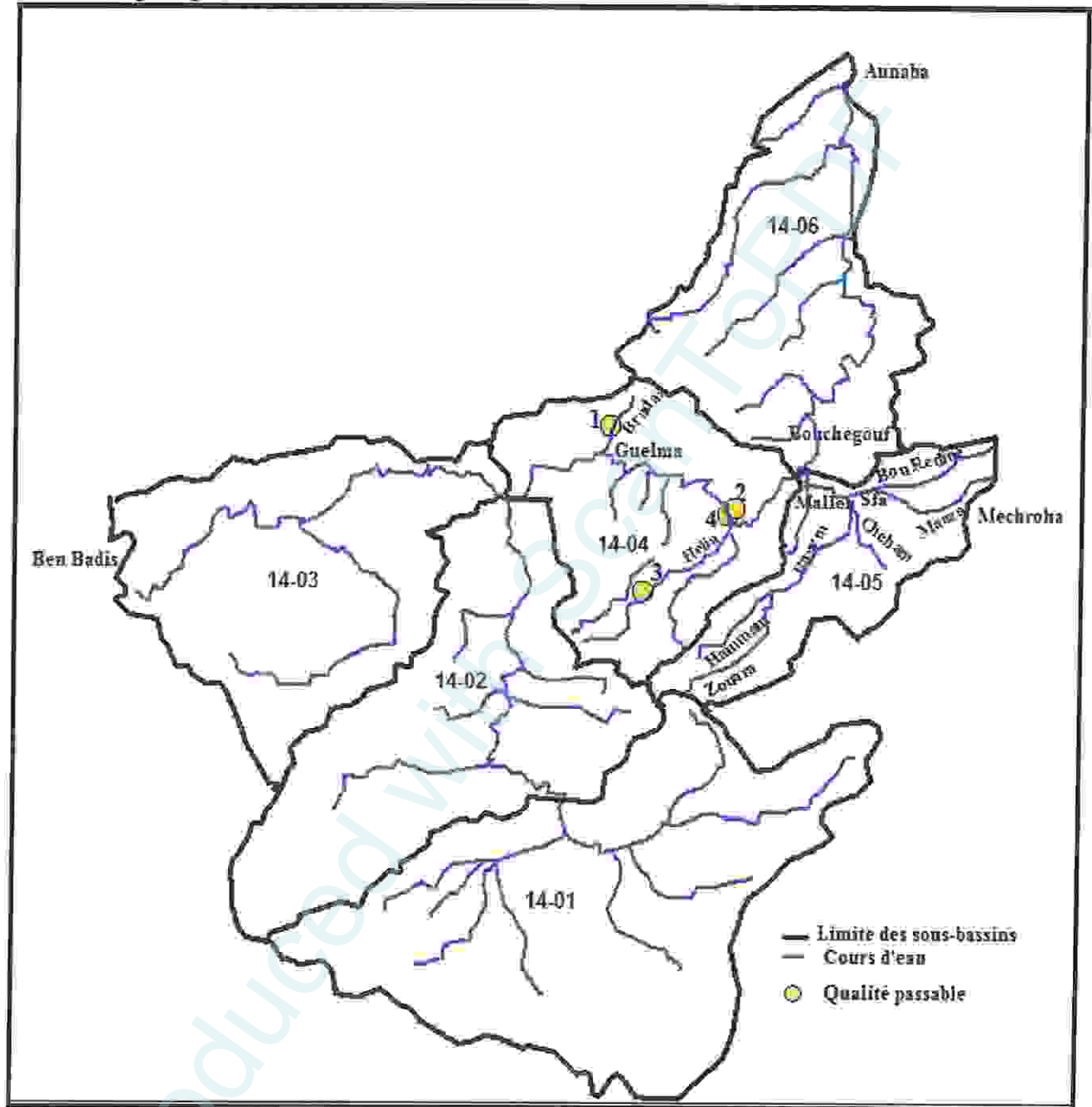


Figure 83 : Représentation de la qualité des orthophosphates sur les 4 station.

Le taux d'orthophosphates est **passable** dans les différentes stations, les orthophosphate se trouvent sous formes organiques ou inorganiques et sont présents dans l'eau sous forme dissoute ou en suspension. Le phosphore dissous est directement assimilable par les algues et les plantes aquatiques donc lorsqu'il y a un enrichissement de l'eau en orthophosphates la faune aussi varie avec elle car la flore aquatique forme le principal habitat de la plupart des macroinvertébrés benthique.

5.5. Demande chimique en Oxygène :

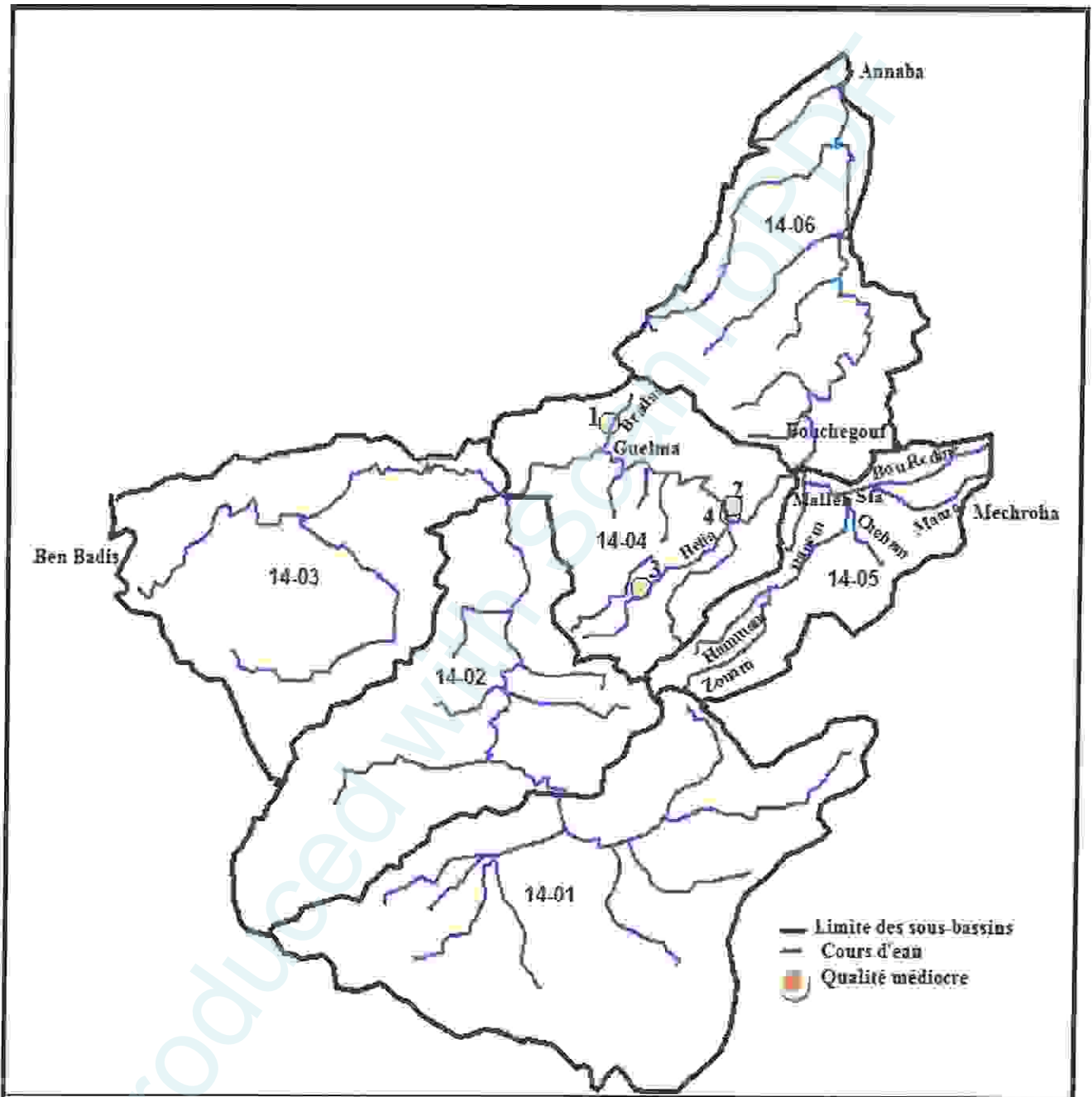


Figure 84 : Représentation de la qualité de la DCO sur les 4 station.

La DCO est de qualité **Mediocre**, la DCO est la consommation en dioxygène par les oxydants chimiques forts pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau. Pour les 4 stations on peut dire que ces milieux aquatiques sont chargés en matières organiques.

5.6. Indice Biologique Globale Normalisé :

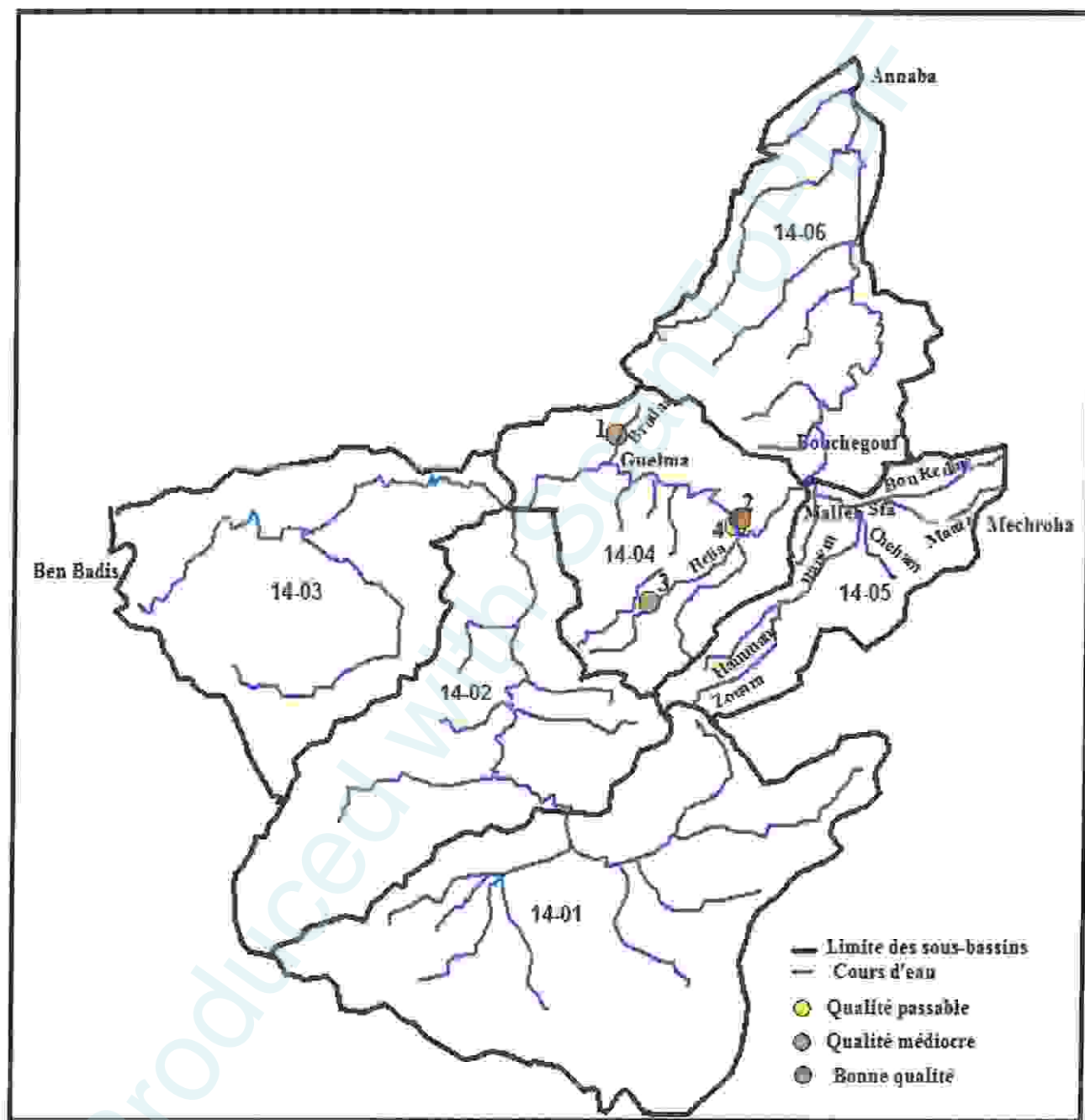


Figure 85 : Représentation de la qualité des 4 station selon l'IBGN.

L'IBGN à Helia Amont est de 13 de **Bonne** qualité, Helia Aval à un IBGN de 10 d'une qualité **passable** tandis que les deux stations de Bradaa et Nador ont une valeur respectivement de 6 et 7 de classe **médiocre** car les groupes taxonomiques les plus sensibles ne sont plus représentés.

Conclusion

Produced with ScantOPDF

Conclusion

Dans cette étude, nous avons essayé d'évaluer l'intégrité écologique de l'oued Seybouse et ses affluents, la présence ou l'absence des macro-invertébrés benthiques peut constituer un marqueur biologique des écosystèmes aquatiques d'eaux courantes où toute altération du milieu aura des conséquences sur la biodiversité et la richesse taxonomique. Pour cela, nous avons fait le suivi de la qualité de quatre cours d'eau (oued Hlia amont, oued Hlia aval, oued Nador et oued Bradaa) durant cinq mois en se basant sur deux approches l'une physico-chimique et l'autre biologique.

Le premier volet de notre étude a montré que les températures au niveau de Bradaa et Nador sont supérieures par rapport aux autres stations et également par rapport à la saison, la teneur en oxygène dissous est bonne dans les quatre stations et en particulier pour la station de Hlia Aval où on a des teneurs excellentes en oxygène dissous qui atteignent 8.78 mg/l

D'après les normes algériennes, les concentrations en nitrites sont passable à médiocre dans les stations d'étude, les taux d'ammonium et des orthophosphates sont élevés et indiquent une pollution anthropique qui provient des eaux usées rejetées directement dans les cours d'eau sans épuration, l'usage des fertilisants, activités industrielles et les activités d'élevage à proximité des cours d'eau).

Le deuxième volet de cette étude a été consacré à l'analyse biologique des macro invertébrés benthiques et l'application de l'indice biologique globale normalisé. La faune recensée est estimée à 3864 spécimens répartis en 41 taxa.

Sur le plan quantitatif, ce sont les insectes qui sont dominants par rapport aux autres groupes avec un effectif global de 3797 individus soit 98.39%. Les Mollusques avec 41 individus (1.06%), les Annélides avec 10 individus (0.25%), les Crustacés avec 8 spécimens (0.20%) et les Nématodes avec 4 individus soit 0.10%.

Les insectes sont représentés par l'ordre des Ephéméroptères (2522), les Diptères (900), les Trichoptères (288), les Coléoptères (105), les Odonates (20), les Hétéroptères (148), les Plécoptères (1).

L'étude de la qualité hydrobiologique des cours d'eaux échantillonnés par l'application de l'IBGN a montré une hétérogénéité de la qualité des eaux. Ces résultats montrent une nette dégradation de la qualité des eaux d'amont (Cas de Hlia amont : IBGN 13) vers l'aval (oued Hlia aval IBGN :10, oued Nador IBGN : 5 et Bradaa IBGN : 6.

L'utilisation des macroinvertébrés benthiques ne permet pas d'évaluer de façon précise la quantité de polluants présents dans une rivière. En effet, les macroinvertébrés benthiques servent plutôt à détecter un problème et cibler la portion de rivière où le problème semble prendre sa source. Lorsqu'il est important de connaître le niveau d'un polluant, il est préférable de s'en remettre aux analyses chimiques. De plus, la fiabilité des résultats obtenus par l'utilisation des IBGN repose en grande partie sur les compétences du personnel impliqué dans l'échantillonnage et l'identification. La rigueur scientifique est de mise, on ne peut donc pas penser confier ces tâches au grand public sans les encadrer de façon rigoureuse.

Nous avons évalué la qualité des cours d'eau de la Seybouse durant une courte période, ces analyses physico-chimiques sont ponctuels et ne reflètent pas réellement les pressions qui s'y exercent à moyen ou long terme. Au contraire, la bioindication par l'usage des macroinvertébrés reste le meilleur moyen pour déceler les diverses perturbations des écosystèmes.

Glossaire

Produced with ScantOPDF

Glossaire

- **Pollution par apports naturels** : Jouent un rôle principal dans l'acquisition des éléments chimiques par les eaux, par la dissolution des formations géologiques. Le danger de ce processus apparaît lorsque les concentrations de ces éléments dépassent les limites de potabilité.
- **Sub-imago** : Est un stade de développement chez certains insectes aquatiques. C'est un insecte mobile (à la différence du stade chrysalide), incomplet et sexuellement immature (sauf chez les éphémères de la famille des Palingeniidae qui produisent des subimagos capables de se reproduire, mais sans forme adulte véritable), bien qu'évoquant assez fortement la forme adulte définitive, l'imago.
- **Brachypterie** : Ce terme est utilisé pour décrire un insecte pourvu d'ailes.
- **Monovoltine** : Espèce ayant une seule génération par an.
- **Glandes Séricigènes** : Se dit des insectes, des organes qui produisent la soie. (Le principal papillon séricigène est le bombyx du mûrier, originaire de Chine, dont on élève la chenille ou ver à soie).
- **Suspensivores** : Un suspensivore qualifie un organisme dont le mode de collecte de la nourriture consiste à filtrer le milieu à l'aide de "filets" ou tout mécanisme externe permettant de collecter la nourriture particulière ou planctonique (nourriture en suspension). On trouve, dans ce groupe, essentiellement des échinodermes, mais aussi des brachiopodes, et bien plus.
- **Détritivores** : Ce sont des êtres vivants, essentiellement des bactéries, champignons et invertébrés, qui se nourrissent de débris animaux, végétaux ou fongiques qui sont des excréta, excréments ou font partie de la nécromasse. Ils remplissent des fonctions essentielles dans la chaîne alimentaire car recyclant les composés organiques (y compris une grande partie des composés organiques toxiques) contenus dans les détritits et les sédiments.

- **Corolles** : Désigne la partie de la fleur formée par l'ensemble de ses pétales, elle forme une couronne florale entre le calice et les étamines.
- **Dichoptiques** : 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.
- **Holoptiques** : Dont les yeux sont contigus, ou presque contigus, à la partie supérieure; qui a les yeux réunis sur la ligne médiane.
- **Glandes Odorifiques** : Les "Punaises" possèdent un appareil odorifique constitué de glandes odoriférantes dorso-abdominales chez les larves et métathoraciques chez les adultes jaunâtres ou oranges avec 2 orifices symétriques (ostioles sous-thoraciques) sur les bords des cavités articulaires des P3; elles produisent des sécrétions toxiques répulsives ou à rôle phéromonal...Elles sont souvent nauséabondes (terme de "punaise" lié à ces odeurs!).
- **Mésosome** : de Chevreux et Fage . Il est composé de 7 somites libres porteurs chacun d'une paire de pattes ou périopodes. Chacun de ces appendices est constitué de 7 articles : la coxa, le basis, l'ischion, le merus, le carpe, le propode et le dactyle (également appelés coxopodite, basipodite, etc.). Les 5 derniers articles représentent la rame interne (endopodite) de l'appendice. Il n'y a pas de rame externe (exopodite).
- **Métasome** : Métasome de Chevreux et Fage, ils portent chacun une paire d'appendices biramés.
- **Atrium** : Chez les animaux hermaphrodites, cette cavité débouche dans les canaux génitaux mâle et femelle.
- **Elytres** : Aile antérieure des coléoptères, fortement sclérifiée, pouvant former un étui sous lequel se replie l'aile postérieure et protégeant celle-ci.
- **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.
- **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
- **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. *setiger*), adj. « Qui porte une ou plusieurs soies ».
- **Tergite**: Plaques de chitine ou sclérite situées sur l'abdomen des arthropodes (chez les insectes on dit notum)
- **Le praescutum** : Se réunit avec le scutum pour former le pivot au moyen duquel le thorax s'articule avec la tête.
- **Péréiopodes** : Péréiopode est un terme qui sert à décrire les appendices céphalo-thoraciques des Crustacés.
- **Pléopodes**: Les pléopodes sont des pattes portées par la partie abdominale de certains crustacés.
- **Madicole** : Se dit de la faune et de la flore des parois rocheuses couvertes d'une simple lame d'eau courante (voisinage des sources, cascades et torrents).

Références

Produced with ScantopDF

Références bibliographiques

-  Adams S., 1985. Cryptobiosis in Chironomidae (Diptera), two decades on. *Antenna* 8, 58-61. Disponible sur :
http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/pleins_textes_6/Idt/00575.pdf
-  Adams W.J., Kimmerls R.A. & Barnett J.W. Jr., 1992. Sediment quality and aquatic life assessment. *Environ. Sci. Technol.* 26 (10) : 75-186.
-  Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois- Seybouse – Mellegue .2008. Le bassin de la Seybouse Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement de l'aménagement du territoire).
-  Aldrich J. M. 1921. The Anthomyid Genus *Alherigona* in America (Ins. Ins. Mens., IX, nO 4-6, 93).
-  Aldrich J.R., 1988. Chemical ecology of the Heteroptera. *Ann. Rev. Entomol.*, 33 : 211-238
-  Alexander, C.P. 1942. Family Tipulidae. pg. 196-509. In Part VI. The Diptera or true flies of Connecticut. *Conn. St. Geol. Nat. hist. Surv. Bull* 64 (reprinted 1966) Disponible sur :
http://www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/entomo/5_hemipteres.pdf
-  Ali A., 1991. Perspectives on management of pestiferous Chironomidae (Diptera), an emerging global problem. *J. Americ. Mosq. Cont. Assoc.* 7, 260- 81.
-  Armitage P. Cranston P.S. & Pinder L.C.V., 1995. Chironomidae - Biology and ecology of non-biting midges. Chapman & Hall, London. 572 p.
-  Ashe P., 1983. A catalogue of chironomid genera and subgenera of the world including synonyms (Diptera: Chironomidae), *Entomol. Scand. Suppl.* 17, 1- 68.
-  AUBERT J., 1959. Plecoptera. *Insecta Fauna Helvetica* 1, Lausanne. 140 p.
-  Bamcul, 1985. Les Gyrinus de la Faune de France (Col. Gyrinidae). *L'entomologiste*, 41 : 191-199,209- 226.
-  Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Snyder et J. B. Stribling, 1999. Bioassessment Protocols for Use in Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish, 2e édition, Washington, D.C., U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water.
-  Barnard K. H., 1937. - Notes on dragonflies of the South Western Cape. *Ann. S. Afr. Mus.*, 32: 169-260.
-  Bate S. 1962. - Catalogue of the specimens of Amphipodous Crustacean. (En ligne) The collection Of the British Museum. London. Disponible sur :
https://cdn.fsbx.com/v/t59.270821/13125069_10209276083917637_1749896145_n.PDF
-  Becheri, N. 2011. *Qualité des eaux et impact sur l'homme et l'environnement. Memoire de Magister. Univ. Annaba.* 100p. Disponible sur :

- http://biblio.univ-annaba.dz/wp-content/uploads/2014/03/Bechiri_Magister-2011.pdf
- Beddard F. E. 1906. - Oligochaeta in Zoological results of the third Tanganyika expedition. Proc.zool. soc. London, 27, 15: 206-218.
- Belfoire C., 1983. Efemeroteri (Ephemeroptera). C.N.R. Ruffo Ed., 24 : 113 p.Disponible : http://www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/inv_pdl/pdf/Fiches_taxons/Ephemeropteres.pdf
- Bertran D H, 1954. Les Insectes Aquatiques d'Europe. Vol. II. Paul Lechevalier éd.,6 : 547p.
- Binder A., 1957. - Mollusques aquatiques de Côte d'Ivoire. 1. Gastropodes. Bull. IFAN, Dakar, 19 : 97-125.
- Bourbonnais, G. 2016, Les principaux ordres d'insectes. Cégep de Sainte-Foy Disponible www2.cegep-ste-foy.qc.ca/profs/gbourbonnais/entomo/2_ordres.pdf
- Brinkhurst R. O., 1966. -A contribution towards a revision of the aquatic Oligochaeta of Africa. Zool. africana, 2, 2 : 131-166.
- Brinkhurst R. O., Jamieson B. G. M., 1971. - Aquatic Oligochaeta of the world. Oliver and Boyd, Edinburg, 860 p.
- Brocher F., 1909. Métamorphoses de Tipulidae (An. Biol. lac).
- Bue E.. 1856. - On the British Edriophthalma (Rep. Brit. Assoc. Sci. Annals. 01 Science for 1855. London).
- Cammaerts R., 1966. - La nymphe de Lestes plagiatus (Burm. 1839) (Odonta, Lestidae). Rev. Zool. Bot. afr. 74 (3-4) : 317-323.
- Chessman, B. C. 1995. Rapid assessment of rivers using macroinvertebrates : A procedure based on habitat-specific sampling, family level identification and biotic index. Australian journal of ecology. 20 :122-129.
- De Pauw, N. et Vanhooren, G. 1983. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. Hydrobiologia. 100 :153-168.
- Debieche, T. 2002. *Evolution de la qualité des eaux sous l'effet de la pollution* Thèse de doctorat. Univ.Constantine. 179p
- Despax B. , 1951. Ordre des Trichoptères (Trichoptera Kirby, 1813). In : Traité de zoologie. Masson éd. Paris, 10 : 125-173.
- Edington J.M., Hildrew A.G., 1995. A revised key to the caseless caddis larvae of the British Isles with notes on their ecology. F.B.A., 53, 134 p.
- Ellis A.E., 1978. British Freshwater Bivalve Mollusca. Synopses of the British Fauna (NS), The Linnean Society of London, 11 : 1-109.Disponible sur : <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0169f/X0169F43.pdf>

- Elouard J. M. 1981. Flores et faunes aquatiques de l'Afrique. In : Caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes. éd. Paris 554-567. Disponible sur : http://www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/Fiches_taxons/Coleopteres%20aquatiques.pdf
- European Commission, 2005. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 13. Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 29 p. et 2 annexes. ISBN 92-894.
- Fransisco M. E., 1979. Coleoptera Haliplidae, Hygrobiidae, Gyrinidae, Dytiscidae. Fauna d'Italia, Vol. 14. Edizioni Calderini, Bologna : 804 p.
- Gagneur J., Giani N., et Matrinezarasmil E., Les Oligochètes aquatiques d'Algérie. Bull. Soc. Hist. nat. Toulouse, 122 :119-124 (1986).
- Gauthier, Recherche sur la faune des eaux continentales de l'Algérie et de la Tunisie. Thèse Doctorat, Alger: 149 (1928).
- Germain L., 1913. Mollusques de la France et des régions voisines. Tome 2 Gastéropodes Pulmonés et Prosobranches terrestres et fluviatiles. Encyclopédie Scientifique. Doin O., Paris. 374 p.
- Gouteux J. P. 1978. - Contribution à l'étude des simuliés (Diptera : Simuliidae) en Côte d'Ivoire. espèces forestières de la région de ManCah. Sér. Ent. Méd. et Parasitol., 16 (4), 255-272.
- Grenier P., Ovazza M., Valade M., 1960. - Notes biologiques et faunistique sur les Simuliidae d'Afrique occidentale (Haute-Volta, Côte-d'Ivoire, Dahomey, Soudan). Bull. I.F.A.N., sér. A, 22, 3 : 892-918.
- Hansen, 1991. The Hydrophiloid Beetles. Phylogeny, classification and a revision of the genera (Coleoptera, hydrophiloidea). Biologiske Skrifter, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, 40 : 368p.
<http://wikis.cdrflorac.fr/wikis/stageDREAL/wakka.php?wiki=ResSources/download&file=ephemeropteraBrighetti.pdf>
- Id., 1907. Note sur quelques Tipulidae de France (Bul. Soc. Ent. De France).
- Khadri, S. 2009. Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution. Mémoire de Magister. Univ. Annaba. 105p
- Louamri, A. 2013. *Le Bassin-versant de la Seybouse (Algérie orientale)*. Thèse de doctorat. Univ. Constantine. 300p. Disponibles sur : <http://bu.umc.edu.dz/theses/amenagement/LOU6428.pdf>

- 📖 Lounaci A., Recherches hydrobiologiques sur les peuplements d'invertébrés benthiques du bassin de l'oued Aïssi (Grande Kabylie). Thèse Magister, Univ. Alger : 133 (1987).
- 📖 Methode d'analyse physico-chimique, Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (03/02/2016)
- 📖 Meziane, N. 2009, Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva. Mémoire de Magister, Univ Guelma. 162p. Disponible sur ;
http://www.bourgogne-nature.fr/fichiers/bn-9-10-018-026_1405083078.pdf
- 📖 Moisan, J. 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
- 📖 Mouthon J., 1982. Les Mollusques dulcicoles, données biologiques et écologiques, clés de détermination des principaux genres de bivalves et de gastéropodes de France, Bulletin français de Pisciculture, NS (1982) : 1-27.
- 📖 Nilsson A.N. & Holmen M., 1995. - The aquatic Adephaga (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. II. Dytiscidae. Fauna Entomologica Scandinavica. Volume 32. E.J. Brill. Leiden, New York, Köln. 192 pp.
- 📖 Quelennec G., 1966. - Simulies du Dahomey autres que *Simulium damnosum* (Diptera, Simuliidae). Repartition, observations sur la biologie des stades prbimaginaux. Bull. SOC. Path. 59, 2 : 240-257
- 📖 Raybould J. N., Grunewald J., 1975. - Present progress towards the laboratory colonization of African Simuliidae (Diptera). Tropenmed. Parasit., 26, 2 : 155-168. SOC. Path. of., 48, 6 : 885-891.
- 📖 Raymond P., Faune De France, Hétéroptères Aquatique, Paris Edition Paul Lechevalier. 12. Rue De Tournon (VIe) 1957).
- 📖 Righetti, B. 2016, Ephemeroptera. Stage. Institut d'éducation à l'agroenvironnement de florac, Montpellier.
- 📖 Satha, H. 2014, Evaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse. Mémoire de Master, Univ. Guelma. 111p
- 📖 Société Française d'Odonatologie, 2006. Actualisation de la liste rouge UICN, faune métropolitaine. 3 p. Disponible sur:
http://www.gretia.org/dossiers_liens/nosact/inv_pdl/pdf/Fiches_taxons/Odonates.pdf

- 📖 SWIM-SM.2013. Atelier de concertation: Coût de la dégradation des ressources en eaux du bassin versant de la Seybouse
- 📖 Tachet, H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P. 2012. Invertébrés d'eau douce- Systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, Paris. Disponible sur : <https://perso.univ-rennes1.fr/sebastien.dugravot/CM1%20J%20Russo.pdf>
- 📖 Thomas A. Bonnefous O., Khatori M. & Soubaya T., 2005. Evolution des communautés de Plécoptères dans la Garonne près de Toulouse depuis 1930 : agonie des insectes bioindicateurs les plus sensibles [Plecoptera]. Revue Ephemera 7 : 45-57
- 📖 Université De Picardi Jules Verne (UPJV), 2016, Les eaux de surface. Récupéré sur D.E.S.S. Qualité et Gestion de l'eau, (En ligne). Disponible sur : <https://www.upicardie.fr/beauchamp/cours.qge/du.5.htm>
- 📖 Vaillant F., Recherche sur la faune macroléon de France, de Corse et d'Afrique du Nord. Thèse Doctoral, Paris : 258 (1955).
- 📖 Villers J. Squilbin M., Yourassowsky C., 2005. Les données de l'IBGE : L'eau à Bruxelles, 25p
- 📖 **Web photos:**

[1] : <http://entopl.okstate.edu/4H-FFA/Ephemeroptera.htm>

[2] : <https://www.cals.ncsu.edu/course/ent425/library/compendium/plecoptera.html>

[3] : <https://en.wikipedia.org/wiki/Plecoptera#/media/File:Plecoptera-perlidae1-sp.png>

[4] : <http://biokeys.berkeley.edu/inverts/trichoptera.html>

[5] : <http://www.ento.csiro.au/education/insects/trichoptera.html>

[6]: <http://www.microscopyuk.org.uk/mag/indexmag.html>?<http://www.microscopyuk.org.uk/mag/artaug00/bablackfly.html>

[7]: http://www.fastonline.org/CD3WD_40/INPHO/VLIBRARY/GTZHTML/X0067E/FR/X0067F0A.GIF

[8] : <http://faaxaal.forumactif.com/t4686-photo-d-hemiptere-limnoporus-dissortis-patineur-disparate-insecte-semi-aquatique-du-quebec-patineuse-araignee-d-eau-different-water-strider>

[9] : <https://www.u-picardie.fr/beauchamp/cours.qge/du-5.htm>

Résumés

Produced with ScantOPDF

Résumé :

L'objectif de notre étude est d'établir une carte de qualité ou de santé du réseau hydrographique du bassin versant de l'oued Seybouse à l'aide de l'indice biologique global normalisé (IBGN ; AFNOR, 1992).

Ce travail a été réalisé durant une période de cinq mois en choisissant quatre stations (oued Hlia amont, oued Hlia aval, oued Nador et oued Bradaa). Le travail était basé sur deux approches: Physico-chimique et biologique.

Les communautés d'invertébrés benthiques échantillonnées sur les quatre stations se composent de 3864 individus répartis en cinq classes ; les insectes avec les principaux ordres (Ephéméroptères, les Diptères, les Trichoptères, les Coléoptères, les Odonates, les Héteroptères, les Plécoptères.) les Crustacés, les Mollusques, les Nématodes et les Annélides.

Les résultats de l'indice biologique globale normalisé (IBGN) a montré une hétérogénéité de la qualité des eaux, oued Hlia amont dont l'IBGN est de 13, oued Hlia aval IBGN est de 10, oued Nador IBGN est de 5 et Bradaa IBGN est de 6 ce qui correspond à des classes de qualités moyenne à Hlia amont et aval et médiocre à Bradaa et Nador.

Abstract:

The objective of our study is to establish a quality card of the river system of the watershed Seybouse using the standardized global biological index (IBGN; AFNOR, 1992)

This work carried out during a period of five months by selecting four station (wadi Hlia upstream and downstream, wadi Bradaa and wadi Nador). The work was based on physicochemical and biological approaches.

The benthic invertebrate communities were sampled on four stations consists of 3864 individuals divided into five classes: insects with major orders (Ephemeroptera, Diptera, Odonata, Coleoptera, dragonflies, Heteroptera, Plecoptera.) crustaceans, molluscs, annelids and nematodes.

The results of the standardized global biological index (IBGN) showed heterogeneity in the water quality , wadi Hlia upstream IBGN is 13, wadi Hlia downstream IBGN is 10, Nador wadi is 5 and finally Bradaa IBGN is 6 which corresponds to average quality class in Hlia upstream and downstream and poor quality class in Bradaa and Nador.

المخلص

الهدف من هذه الدراسة هو وضع بطاقة جودة أو صحة لنظام لمستجمع مائي لوادي سييوس باستخدام مؤشر بيولوجي عالمي موحد (، (AFNOR1992، IBGN).

وقد تم هذا العمل خلال ستة أشهر عن طريق اختيار أربعة محطات (واد حلية سعدا واد حلية المصنب واد الناظور واد برادع واستند العمل على الجانب الكيميائي الفيزيائي في الدراسة و الجزء التحليلي البيولوجي .

أخذت عينات من المجتمعات اللافقاريات المائية على أربع محطات يتكون من 3864 فرد تنقسم إلى خمس فئات تحتوي هذه الأخيرة (على متغيرات الأجنة ذوات الجناحين شعريات الإجنحة عمدية الجنحة و الرعاشات القشريات الرخويات الديدان الخيطية و الحلقية)

وأظهرت نتائج مؤشر بيولوجي عالمي موحد عدم التجانس في نوعية المياه واد حلية سعدا 13 واد حلية المصنب 10 واد برادع 6 واد الناظور 5

Annexes

Produced with ScantOPDF

Calendrier des sorties

Sorties	Date	Durée
Première	29/01/2016	8H- 14H
Deuxième	14/02/2016	8H- 14H
Troisième	22/03/2016	8H- 14H
Quatrième	07/04/2016	8H- 14H
Cinquième	22/04/2016	8H- 14H
Sixième	08/05/2016	8H- 14H

Date:		heure:		Fiche technique		
Nom de la station:		Numero de la station:		Coordonnées géographiques de la station:		
Bassin versant:		Ville		Commune		Elevation:
		Cours d'eau		Data		Longitude:
				Principal		Affluent
Description de la station:		Végétation environnante: prendre des échantillons et constituer un herbier Ombrage: Ensoleillement: Substrat: Berge: Naturelle/Artificiel/Nue/Érodée 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 µs/cm Température de l'eau (°C) Turbidité (NTU): Aspect de l'eau: a) Transparente: b) Assez claire c) Relativement turbide d) Turbide				

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

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	690	675	601	660	785	720
Hlia aval	1209,5	1303	1102	943	995	1202
Nador	1204	1317	1045	931,45	1056	1234
Bradaa	600,9	696	645	657	698	669

2-Salinité :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	0,1	0,1	0,1	0,32	0,2	0,1
Hlia aval	0,45	0,5	0,33	0,47	0,4	0,45
Nador	0,4	0,6	0,2	0,46	0,2	0,5
Bradaa	0,1	0,1	0,1	0,32	0,3	0,2

3- Oxygène (%) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	60,6	76,3	62,56	75,4	74,2	63,1
Hlia aval	60,5	88,3	73,84	89,6	81,6	91,4
Nador	64,1	77,6	66,81	79,3	75,1	82,1
Bradaa	63,3	70,7	63,5	76,2	79,2	77,6

4- Oxygène (mg/l) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	6,73	7,52	6,85	7,45	6,68	6,31
Hlia aval	6,77	8,74	7,91	8,75	7,95	8,78
Nador	6,69	7,75	7,05	8,33	7,92	8,25
Bradaa	6,56	7,12	6,35	7,58	7,84	6,91

5-Température (°C) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	8,7	13,2	9	8,6	10,9	12,4
Hlia aval	11,4	14,7	11,5	9,2	11,6	13
Nador	12,1	15,3	12,2	9,7	12	13,6
Bradaa	14,2	17,5	13,8	10,3	13,5	13,9

6- Vitesse (cm/s) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	62,5	69,2	76,5	80	75,34	64,33
Hlia aval	50	55,5	65,68	85,44	81,23	54,32
Nador	45,45	50,36	60,88	51,12	48,1	32,23
Bradaa	53,53	59,1	67,44	55,98	49,48	43

7- Profondeur (cm) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	20,3	23,6	27	29	26	24
Hlia aval	24,5	28,3	30,1	32	30,21	27,6
Nador	19,6	22,5	24	20,2	21,34	16
Bradaa	39	41,4	42,3	37	38,1	24,5

8- Largeur moyenne (m) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	4,1	5,6	6,8	6,6	5,9	5,3
Hlia aval	5	7	7,9	7,65	7,5	6,8
Nador	9,66	11,1	13,1	11,7	10,1	9,5
Bradaa	3,5	4,5	5,2	5	4	4,1

9- PH :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	8,16	8,16	8,18	7,95	7,04	8,12
Hlia aval	8,03	8,12	8,06	7,94	6,922	7,5
Nador	8,15	8,08	8,14	7,99	6,863	6,431
Bradaa	8,26	8,07	8,2	8,15	6,981	7,056

10- Turbidité (NTU) :

Station \ Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont	78	69	73	181	85	143
Hlia aval	125	178,2	145	792	201	169
Nador	226	211,2	205	857	275	301
Bradaa	75,9	79,1	76,5	41,7	74,3	65,78

11- Les nitrites :

Station	Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont				0,95	0,975	0,969	
Hlia aval				0,7	0,78	0,76	
Nador				1,1	1,03	1,12	
Bradaa				1,02	0,988	1,05	

* La station nous à permété que 3 analyses des 3 sorties

12- L'ammonium :

Station	Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont				12,1	12,25	12,15	
Hlia aval				16,2	12,05	12,6	
Nador				10,2	11,95	12,02	
Bradaa				11,5	10,21	10,55	

* La station nous à permété que 3 analyses des 3 sorties

13- Les Ortho phosphates :

Station	Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont				0,74	0,755	0,762	
Hlia aval				0,87	0,775	0,77	
Nador				0,69	0,775	0,715	
Bradaa				0,62	0,765	0,782	

* La station nous à permété que 3 analyses des 3 sorties

14- DCO (mg/l) :

Station	Mois	janv-02	févr-01	mars-02	avri-01	avri-02	mai-01
Hlia amont				49,8	82,2	85,4	
Hlia aval				97	101,2	98	
Nador				58,6	67,5	66,4	
Bradaa				37,4	54,6	58,5	

* La station nous à permété que 3 analyses des 3 sorties

15- Jacquart : Selon la relation suivante : $(C/b + a + C)$.

	Helia Amont S1	Helia Aval S2	Nador S3	Braadaa S4
Helia Amont	1			
Helia Aval	0,43	1		
Nador	0,32	0,43	1	
Braadaa	0,27	0,32	0,35	1