

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

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

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA TERRE ET
DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT D'ECOLOGIE ET GENIE DE L'ENVIRONNEMENT



Mémoire de master

Domaine: Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biodiversité et écologie des zones humides

Thème

Evaluation de l'intégrité écologique des eaux de l'oued Seybouse

Présenté par :Satha Hamza

Membres du jury:

Président:	Samraoui Boudjéma	Professeur	Université Guelma
Examinatrice:	Baaloudj Afef	Maître Assistant A	Université Guelma
Encadreur:	Satha Yalles Amina	Maître Assistant A	Université Guelma

Juin 2014

Remerciements

Mes remerciements les plus sincères vont d'abord à madame SathaYalles Amina pour s'être complètement investie avec moi dans les macroinvertébrés de la Seybouse. Durant toute la période de mon travail, elle n'a cessé de m'encourager et d'être à mes côtés jusqu'à l'ultime phase de l'aboutissement de mon travail.

❖ Je remercie du fond du cœur le Professeur Boudjéma Samraoui d'avoir accepté de présider ce jury et pour la somme des connaissances acquises à ses côtés durant ces trois années de spécialité dans le domaine de l'écologie, j'espère que ce n'est que le début et que le meilleur reste à venir.

❖ Je tiens à remercier vivement Madame Baaloudj Afef et Monsieur Bouchelaghem El Hadi pour avoir pris de leur temps pour examiner mon travail

❖ Je remercie également Madame Samraoui Farah notre enseignante et responsable du parcours écologie et biodiversité des zones humides pour tous ses efforts.

❖ Monsieur Ksouri est remercié pour sa gentillesse et son efficacité au sein du département avec Ammar, Fouzi, Saida, Assia et tout le personnel administratif.

❖ Merci aux ingénieurs des différents laboratoires pédagogiques: Asma, Houria, Ratiba, Hakima, Bahia, Najah et Houda avec qui nous avons partagé de longues heures de travail, elles nous ont été d'un grand secours

❖ Je n'omettrai pas de remercier le directeur de l'ADE pour nous avoir autorisé à effectuer les analyses au laboratoire de Hammam-Debagh qui est dirigé par Mr Amraoui qui m'a chaleureusement accueillie ainsi que tout le personnel spécialement Mbarka, Radia, Amel et Aggoune Ghani

❖ Merci à Boudjehem Fayçal directeur de l'ONA pour sa gentillesse, son sérieux, et l'aide précieuse qu'il nous a fourni ainsi que Mouna et Nabiha pour la DBO5

❖ Le directeur Oumedour de la station météorologie de belkhir et Mr Kamel de la direction des forêts sont remerciés pour les données climatiques et les documents récents qu'on a eu beaucoup de plaisir à traiter.

❖ Merci aux infirmiers de l'hôpital de hammam Debagh pour les centaines de flacons

❖ Merci au Pr Benslama directeur du laboratoire du sol et du développement durable et sa doctorante Zahra de l'université Badji Mokhtar Annaba pour la granulométrie

❖ Merci Sami pour ton aide

A tous ceux que j'ai omis de citer

Merci

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes parents Salah et Houria pour leurs sacrifices et dévouements

A mes frères Hichem et sa femme sonia ,Yacine et sa femme zina,

A Housseem et mon petit frère Raouf

A mes sœurs Souhila, Widad, Nawal, Hanane

A mon neveu youcef, A ma nièce Marame

A mon oncle Fateh et mes tantes Nadia et Fatima

A la mémoire de ma grand-mère et mon grand père

A madame Yalles Amina, son mari Mr Satha Hamid et ses enfants

A toute la famille Satha

A tous mes amis Samir Ahmed bahalil, Mohamed Hasran , Amine Souadkia

Boubaker mars , Houria kebabssa et Aissam soualmia pour leur amitié

A tous ceux qui m'ont soutenu et encouragé durant toute la période de mon travail

Table des matières

Remerciements.

Dédicace.

Liste des acronymes.

Liste des cartes.

Liste des figures.

Liste des photos.

Liste des tableaux.

Introduction

Chapitre 1 : Description du site d'étude

1.1. Présentation du bassin versant de la Seybouse.....	01
1.1.1. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant.....	02
1.1.2. Les ressources hydriques.....	03
➤ Les barrages.....	03
➤ Les retenues collinaires.....	04
➤ Les ressources souterraines.....	05
1.2. Les activités économiques.....	05
1.2.1. Industrie.....	05
1.2.2. Agriculture.....	05
1.2.3. Elevage.....	05
1.3. Pollution dans le bassin versant de la Seybouse.....	06
1.4. Climatologie.....	08
1.4.1. La température.....	08
1.4.2. Les précipitations.....	09
1.4.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausсен.....	10
1.4.4. Climagramme d'Emberger.....	10
1.4.5. L'humidité relative de l'air.....	12
1.5. La couverture végétale.....	12

Chapitre2 : Biologie et écologie des macroinvertébrés benthiques

2.1. Les Ephéméroptères.....	14
2.1.1. Classification.....	14
2.1.2. Morphologie.....	14
➤ La larve.....	14
➤ L'adulte.....	15
2.1.3. Biologie et écologie.....	15
2.1.4. Techniques d'identification.....	15
2.2. Les Plécoptères.....	16
2.2.1. Classification.....	16
2.2.2. Morphologie.....	16

➤ La larve.....	16
➤ L'adulte.....	17
2.2.3. Biologie et écologie.....	17
2.2.4. Techniques d'identification.....	17
2.3. Les trichoptères.....	18
2.3.1. Classification.....	19
2.3.2. Morphologie.....	19
➤ La larve.....	19
➤ L'adulte.....	20
2.3.3. Biologie et écologie.....	22
2.3.3. Techniques d'identification.....	22
2.4. Les Diptères (Généralités).....	22
2.4.1. Classification.....	23
2.4.2. Morphologie.....	23
2.4.3. Biologie et écologie.....	23
➤ Les Chironomidés.....	24
➤ Les Simuliidae.....	25
➤ Les Tipulidae.....	25
➤ Les Tabanidae.....	26
➤ Les Limonidae.....	26
2.5. Les Coléoptères.....	26
2.5.1. Morphologie.....	27
2.5.2. Biologie et écologie.....	29
2.6. Les Odonates.....	30
2.6.1. Classification.....	30
2.6.2. Morphologie.....	30
2.6.3. Critères d'identification.....	32
2.6.4. Biologie et écologie.....	32
2.7. Les Hémiptères.....	33
2.7.1: Classification.....	33
2.7.2: Morphologie.....	33
2.7.3: Biologie et écologie.....	34
2.8. Les Annélides.....	35
2.8.1. Les Oligochètes.....	35
2.8.2. Les Achètes.....	36
2.9. Les Gastéropodes.....	37
2.9.1. Classification.....	37
2.9.2. Morphologie.....	37
2.9.3. Biologie et écologie.....	38
2.10. Les Bivalves.....	38
2.10.1. Classification.....	38
2.10.2. Morphologie.....	39
2.10.3. Biologie et écologie.....	39
2.10.4. Critères d'identification.....	39

2.11. Les Crustacés.....	39
2.11.1. Classification.....	40
2.11.2. Morphologie.....	40
2.11.3. Biologie et écologie.....	41

Chapitre3 : Matériel et méthodes

3.1. Description des stations d'études.....	42
3.2. Evaluation de la qualité des eaux de la Seybouse.....	45
3.2.1. Approche physico-chimique.....	45
3.2.1.1. Choix des paramètres physico-chimiques.....	45
➤ Paramètres physiques.....	45
➤ Paramètres abiotiques.....	47
3.2.1.2. Choix des paramètres de pollution	
➤ Les nitrates.....	49
➤ Les nitrites.....	49
➤ L'azote ammoniacal.....	50
➤ Les orthophosphates.....	51
➤ Les matières en suspension.....	52
➤ La demande biologique en oxygène pendant cinq jours.....	52
3.2.1.3. Approches indiciaires.....	54
➤ (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987).....	54
➤ Méthode Lisec-Index(BECKERS & STEEGMANS, 1979).....	55
➤ Méthode de (Bouquiaux et Herman,1976) modifiée par (Verniers et Micha, 1982).....	56
3.2.2. Approche biologique à partir des macroinvertébrés benthiques.....	58
3.2.2.1. Méthode d'échantillonnage.....	58
3.2.2.2. Tri au laboratoire.....	59
3.2.2.3. Indice biologique global normalisé (IBGN).....	59

Chapitre 4 : Résultats et discussion

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau.....	61
4.1.1. Variations mensuelles de la température de l'eau	61
4.1.2. Variations mensuelles de la teneur en oxygène dissous.....	61
4.1.3. Variations mensuelles du pH	62
4.1.4. Variations mensuelles de la conductivité électrique et de la salinité de l'eau.....	63
4.1.5. Variations mensuelles de la vitesse de l'eau.....	64
4.1.6. Variations mensuelles des nitrites.....	65
4.1.7. Variations mensuelles des nitrates.....	65
4.1.8. Variations mensuelles de l'ammonium.....	66
4.1.9. Variations mensuelles des matières minérales azotées.....	66
4.1.10. Variations mensuelles des orthophosphates.....	68

4.1.11. Variations mensuelles de la turbidité et des matières en suspension (MES)	69
4.1.12. Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO5).....	70
4.2. Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon les méthodes indiciaires..	71
4.2.1 Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon l'indice de pollution organique (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987).....	71
4.2.2 Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon la méthode Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979).....	73
4.2.3. Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon la méthode Verniers et Micha 1982.....	75
4.2.4. Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon l'ABH-CSM.....	78
4.3. Analyse globale de la faune benthique	79
4.3.1. Check-list des taxa faunistiques.....	79
4.3.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques.....	81
4.3.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthiques.....	81
4.3.3.1. Les insectes	81
➤ Les Ephéméroptères.....	81
➤ Les Diptères.....	82
➤ Les Trichoptères.....	83
➤ Les Coléoptères.....	83
➤ Les Odonates.....	83
➤ Les hémiptères.....	83
4.3.3.2. Les Crustacés.....	83
4.3.3.3 Les Mollusques.....	84
4.3.3.4. Les Annélides.....	84
4.3.3.5. Les Nématodes.....	85
4.3.4. Les fréquences.....	86
4.3.5. Evaluation de la qualité de l'eau selon l'IBGN.....	87
4.3.6. La richesse spécifique et les indices de diversité.....	93
4.3.6.1. La richesse spécifique des stations étudiées.....	93
4.3.6.2. L'indice de diversité de Shannon.....	95
4.3.6.3. L'indice d'équitabilité.....	97
4.3.6.4. L'indice de similarité de Jaccard.....	99
4.3.6.5. L'indice de similarité de (SÖRENSEN).....	100
Conclusion.....	101
Glossaire.....	103
Références bibliographiques.....	105
Résumés.....	109

Annexes

Liste des acronymes

- ❖ **ABH:** Agence des bassins Hydrographiques
- ❖ **ADE:** Algérienne des eaux
- ❖ **AFNOR:** Association française de normalisation
- ❖ **Cpepesc:** (Commission de protection des eaux du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des Chiroptères)
- ❖ **CSM:** Constantinois, Seybouse, Mellegue
- ❖ **DCE:** Directive -cadre sur l'eau
- ❖ **GI:** Groupe indicateur
- ❖ **I.Q.B.G:** Indice de Qualité Biologique Globale.
- ❖ **ONA:** Office national d'assainissement
- ❖ **INECO:** Institutional and economic instrument for sustainable water management in Mediterranean region.
- ❖ **mn:** Minutes
- ❖ **µs/cm:** Microsiemens par centimètre
- ❖ **nm:** Nanomètre
- ❖
- ❖ **NTU :** (Nephelometric Turbidity Units).
- ❖ **s:** seconde
- ❖ **(SEQ-Eau):** Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau)
- ❖ **U.S.EPA:** United States Environmental Protection Agency
- ❖ **SWIM-SM:** Sustainable water integrated Management Support Mechanism.

Liste des cartes

Carte 1: limites géographiques du bassin versant de la Seybouse	01
Carte2 : Présentation des Sous-Bassins de la Seybouse	02
Carte 3: Implantation des principaux barrages sur le bassin versant de la Seybouse .	04
Carte 4: localisation des sources majeures de la pollution au niveau de la wilaya de Guelma	08
Carte 5: Couverture forestière de la wilaya de Guelma	13
Carte 6: Localisation des stations d'étude sur la Seybouse et ses affluents (Google Earth)	44
Carte 7: Localisation des stations d'étude sur la Seybouse et ses affluents	44
Carte 8: Qualité des stations selon l'indice de pollution organique	72
Carte 9: Qualité des stations d'étude Lisec-Index	74
Carte 10: Qualité des stations selon l'indice biologique global Normalisé.....	93

Liste des figures

Figure 1: Evolution des températures moyennes à Guelma (2002-2013).....	09
Figure 2: Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2013).....	09
Figure3: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la ville de Guelma (2002-2013).....	10
Figure 4 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger	11
Figure 5 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station de Belkhir).....	12
Figure 6 : Larve vue latérale Vue dorsale et Tête	14
Figure 7 : Larve de plécoptère vue dorsale.....	17
Figure 8 : Larve vue latérale et nymphe de trichoptère.....	20
Figure 9 : Etui nymphal de Trichoptères (Coupe).....	21
Figure 10 : Types d'étuis de Trichoptères.....	21
Figure 11 : Chironomus a) Larve b) capsule céphalique c) nymphe	24
Figure 12 : Simuliidae a) larve et b) nymphe.....	25
Figure 13 : Tipulidae a) larve et b) extrémité postérieure.....	25
Figure 14 : Limoniidae larve de Thaumastoptera.....	26
Figure 15 : Capsule céphalique de larve de Dytiscidae.....	27
Figure 16 : Larve de Dytiscidae.....	28
Figure 17 : Adulte de dytiscidae.....	28
Figure 18 : Morphologie générale des larves d'Odonates.....	31
Figure 19 : Morphologie générale d'une libellule.....	31
Figure 20 : Nervation alaire des Odonates.....	32
Figure 21 : Tête et pièces buccales d'Hétéroptères a) tête b) rostre.....	33
Figure 22: Corps d'un adulte mâle d'hétéroptère.....	33
Figure 23: Pattes d'Hétéroptères a) PI b) Tarses des PI c) PII d) PIII.....	34
Figure 24 : Région antérieure d'un Oligochète.....	35
Figure 25: Reproduction asexuée par paratomie aboutissant à la création de zoïde.....	36
Figure 26 : Hirudinae a) Vue dorsale b) Vue ventrale	37
Figure 27 : Gastéropode Prosobranche (vue dorsale).....	37
Figure 28 : Bivalve vue latérale (valve gauche enlevée et le manteau partiellement déchirée).....	38
Figure 29 : Amphipode, Gammaridae vue latérale.....	40

Figure 30 : Décapode, Macroure, Atyidae (vue latérale).....	41
Figure 31 : Décapode, Brachyoure, Potamonidae (vue dorsale).....	41
Figure 32 : Les variations mensuelles de la température de l'eau de la Seybouse et de ses affluents.....	61
Figure 33.a : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau de la Seybouse et de ses affluents.....	61
Figure 33.b : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous de l'eau de la Seybouse et de ses affluents en pourcentage de saturation.....	62
Figure 34 : Les variations mensuelles du potentiel hydrogène des eaux de la Seybouse et de ses affluents.....	62
Figure 35.a : Les variations mensuelles de la conductivité électrique des eaux de la Seybouse et de ses affluents.....	63
Figure 35.b : Les variations moyennes de la conductivité électrique durant la période d'étude.....	63
Figure 35.c : Les variations mensuelles de la salinité dans la Seybouse et ses affluents.....	64
Figure 36 : Les variations mensuelles des nitrites dans la Seybouse et ses affluents.....	65
Figure 37 : Les variations mensuelles des nitrates dans la Seybouse et ses affluents.....	65
Figure 38 : Les variations mensuelles de l'ammonium dans la Seybouse et ses affluents....	66
Figure 39. a : Les variations mensuelles de l'azote minéral global au niveau de Bentabouche.....	66
Figure 39.b : Les variations mensuelles de l'azote minéral global au niveau de Boumahra.....	67
Figure 39.c : Les variations mensuelles de l'azote minéral global au niveau de Hlia.....	67
Figure 39.d : Les variations mensuelles de l'azote minéral global au niveau de Boussera....	67
Figure 40 : Les variations mensuelles des Orthophosphates dans la Seybouse et ses affluents.....	68
Figure 41 : Les variations mensuelles de la turbidité dans la Seybouse et ses affluents.....	69
Figure 42 : Les variations mensuelles des matières en suspension dans la Seybouse et ses affluents.....	70
Figure 43 : Comparaison des trois indices de pollution dans les stations de la Seybouse et ses affluents.....	77
Figure 44 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés.....	81
Figure 45 : Abondance relative des familles d'Ephéméroptères par rapport à l'ordre.....	82
Figure 46 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre.....	82
Figure 47 : Abondance relative des familles d'Hétéroptères par rapport au sous-ordre.....	83

Figure 48: Abondance relative des familles de Mollusques par rapport au sous-ordre.....	84
Figure 49: Abondance relative des familles d'Annélides par rapport au sous-ordre.....	84
Figure 50: Abondance relative de chaque ordre par rapport à l'effectif total.....	85
Figure 51: Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Bentabouche.....	93
Figure 52: Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Boumahra.....	94
Figure 53: Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Hlia.....	94
Figure 54: Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Boussera.....	95
Figure 55: a) Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Bentabouche.....	95
Figure 55: b) Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Boumahra.....	96
Figure 55: c) Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Hlia.....	96
Figure 55: d) Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Boussera.....	97
Figure 56: a) Les variations mensuelles de l'équitabilité à Bentabouche.....	97
Figure 56: b) Les variations mensuelles de l'équitabilité à Boumahra.....	98
Figure 56: c) Les variations mensuelles de l'équitabilité à Hlia.....	98
Figure 56: d) Les variations mensuelles de l'équitabilité à Boussera.....	99

Liste des photos

Photo 1: Ephéméroptère adulte	15
Photo 2: Larve de Plécoptère	18
Photo 3: Adulte de Plécoptère.....	18
Photo 4: Larve de Trichoptère	20
Photo 5: Adulte de Trichoptère	21
Photo 6: Masque d'une larve d'Aeschnidae.....	31

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les caractéristiques des principaux barrages du bassin -versant de la Seybouse.....	03
Tableau 2 : Les retenues collinaires du bassin de la Seybouse.....	04
Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2013).....	08
Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2013).....	09
Tableau 5 : Super-Famille et familles des Plécoptères.....	16
Tableau 6 : Super-familles et familles des différents groupes de Trichoptères	19
Tableau 7 : Les différentes Super-familles et familles des Nématocères	23
Tableau 8 : Les différentes Super-familles et familles des Brachycères.....	23
Tableau 9 : Les familles et les critères d'identification des différents sous-ordres des Coléoptères.....	26
Tableau 10 : Les différents sous-ordres et familles des Odonates	30
Tableau 11 : Infra-ordres et familles des Hémiptères.....	33
Tableau 12 : Les différentes familles des Oligochètes et des Achètes.....	34
Tableau 13 : Sous -Ordre et familles des Achètes.....	36
Tableau 14 : Les sous-classes et familles des Gastéropodes.....	37
Tableau 15 : Super-Famille et Familles des Bivalves.....	38
Tableau 16 : Sous-Classes, Ordres, Sous-ordres et Familles des Crustacés.....	39
Tableau 17 : Dénomination et taille de différentes fractions du substrat.....	47
Tableau 18 : Correspondance des valeurs selon le volume de l'échantillon et le facteur.....	53
Tableau 19 : Paramètres et classe de qualité de l'indice de pollution organique.....	54
Tableau 20 : Les limites des classes de Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)	55
Tableau 21 : Etablissement des niveaux de pollution chimique de l'eau selon (Verniers et Micha, 1982).....	56
Tableau 22 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielles en Algérie (ABH-CSM, 2002).....	57
Tableau 23 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune	59

Tableau 24: Les valeurs de l'indice biologique global normalisé et son interprétation écologique	59
Tableau 25: Les variations mensuelles de la vitesse de l'eau des stations étudiées.....	64
Tableau 26: Définition des classes de vitesse selon l'échelle de Berg.....	64
Tableau 27: Les variations de la turbidité et des matières en suspension au niveau des stations d'étude.....	69
Tableau 28: Les valeurs moyennes mensuelles de la DBO5 mesurées durant la période d'étude.....	70
Tableau 29: Classes et indices de qualité à partir du SEQ-Eau.....	71
Tableau 30: Classe de qualité des stations selon l'indice de pollution organique.....	72
Tableau 31: Classe de qualité des eaux des stations étudiées selon le Lisec-Index.....	73
Tableau 32: Etablissement des niveaux de pollution chimique de l'eau selon Verniers et Micha 1982.....	75
Tableau 33: Classes de qualité des eaux des stations étudiées selon Verniers et Micha 1982	
Tableau 34: Qualité des eaux des stations d'étude selon les trois indices.....	76
Tableau 35: Fréquence des espèces	86
Tableau 36: Relevés des macroinvertébrés benthiques et classe de qualité des eaux de Bentabouche selon l'IBGN.....	87
Tableau 37: Relevés des macroinvertébrés benthiques et classe de qualité des eaux de Boumahra selon l'IBGN.....	88
Tableau 38: Relevés des macroinvertébrés benthiques et classe de qualité des eaux de Hlia selon l'IBGN.....	89
Tableau 39: Relevés des macroinvertébrés benthiques et classe de qualité des eaux de Boussera selon l'IBGN.....	90
Tableau 40: Synthèse des résultats des quatre stations.....	91
Tableau 41: Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (Jaccard).	99
Tableau 42: Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude	
(SÖRENSEN).....	100

Introduction

Introduction

En Algérie, la qualité des eaux superficielles se dégrade dans des bassins d'importance vitale sous l'effet des rejets de déchets urbains et industriels. de plus, Le problème de l'eau est aggravé ces dernières années par une sécheresse qui a touché l'ensemble du territoire de notre pays, et qui a montré combien il était nécessaire d'accorder la plus grande attention à l'eau (REMINI, 2010).

La dégradation des écosystèmes d'eau courante se traduit par l'action unique ou conjuguée de stress chimiques ou physiques qui s'y opèrent et qui produisent une séquence typique de changements biotiques avec l'augmentation des pressions (Davies et Jackson, 2006 in Chouinard,2010). Ces milieux perdent ainsi leur intégrité écologique au fur et à mesure que les pressions qui pèsent sur eux s'accumulent.

L'intégrité écologique est un concept qui illustre l'ensemble des composantes et processus qui sont propres à un milieu donné. Ce concept a d'abord été popularisé par le gouvernement américain qui a mis au centre du ClearAct Water, en 1972, la restauration des paramètres physiques, chimiques et biologiques afin de restaurer et de maintenir la structure naturelle et les fonctions des écosystèmes aquatiques de la « Nation » (Karr et Chu, 1999 in Chouinard,2010). Au Canada, le maintien de l'intégrité écologique a été élevé au rang des priorités dans la Loi sur les Parcs nationaux du Canada amendé en 1988 par le Parlement canadien.

L'évaluation de l'intégrité écologique devient donc une démarche clé dans la conservation et la gestion des écosystèmes d'eau courante puisque cette dernière représente la fonctionnalité écologique du système en entier (Amis et al., 2007 in Chouinard,2010).

Le suivi des milieux aquatiques a longtemps été exclusivement orienté sur les prises de mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau et sur la caractérisation de leurs différentes menaces. Cependant, les perturbations anthropiques interagissent de façon complexe avec les écosystèmes aquatiques et les effets sont difficiles à identifier en utilisant uniquement des variables indirectes de l'intégrité écologique (Petesse et al., 2007 in Chouinard,2010). Le suivi de l'intégrité écologique peut contribuer à évaluer la fonctionnalité des processus qui entretiennent la biodiversité et donc parvenir à contrer sa dégradation.

L'intégrité écologique est la capacité d'un écosystème à maintenir une communauté équilibrée. Elle est la résultante de la combinaison de l'intégrité chimique, physique et biologique. Toute modification du milieu se reflète dans les communautés biologiques aussi, la biosurveillance s'avère t-elle un outil d'évaluation de la santé biologique des milieux aquatiques (U.S.EPA, 2002).

la DCE précise les éléments de qualité pour la classification de l'état écologique. Pour les rivières, les paramètres biologiques désignés sont : la composition et l'abondance de la flore aquatique, de la faune benthique invertébrée et de l'ichtyofaune. L'étude des indices biocénétiques basés sur les macroinvertébrés n'a cessé d'évoluer:WOODIWISS (1964) a formulé le premier indice biotique « biotic index », TUFFERY & VERNEAUX (1967) , Verneaux et al (1976) tentent d'améliorer la précision des indices pour aboutir à l'IQBG puis à l'IBG (138 taxons, 38 indicateurs, 9 groupes indicateurs, 14 classes de richesse taxonomique). l'indice a finalement été normalisé sous l'appellation « Indice Biologique Global Normalisé "IBGN " (AFNOR, 1992).

L'usage, pratiquement universel, des macroinvertébrés dans l'évaluation des pollutions et la multiplicité des méthodes et indices existants attestent de leur valeur dans la gestion de la qualité des eaux. (HELLAWELL, 1986 in Vanden Bossche).

Les assemblages de macroinvertébrés benthiques constituent de bons indicateurs des conditions locales du milieu :

- Ils sont constitués d'espèces constituant un large éventail de niveaux trophiques et de tolérance à la pollution
- Ils sont sédentaires : Les mouvements migratoires sont limités et sont de ce fait bien adaptés pour évaluer les impacts spécifiques au site
- Ils intègrent les effets des variations à court terme puisque beaucoup d'espèces ont un cycle de vie d'environ un an ou plus ce qui leur permet de répondre plus rapidement à un stress environnemental qu'une communauté global.
- L'échantillonnage est simple, demande peu de personnes et l'identification à la famille est relativement facile (Barbour et al, 1999).

Dans ce travail nous allons tenter d'évaluer l'intégrité écologique des eaux de la Seybouse par l'application de deux approches physico-chimique et biologique. Chacune de ces deux évaluations s'appuie à son tour sur un ensemble de paramètres, censés appréhender, de la manière la plus complète possible, les pressions anthropiques qui s'exercent sur nos eaux de surface.

Pour cela quatre stations ont été choisies: Deux situées sur le cours d'eau principal, les deux autres sur les affluents Hlia et Boussera.

Nos principaux objectifs sont les suivants:

- 1- Mesurer les principaux paramètres abiotiques au niveau des stations,
- 2- Mesurer les paramètres de pollution tels que les nitrites, les nitrates, l'ammonium, les Orthophosphates et la demande biologique en oxygène,
- 3- Déterminer les classes de qualité des stations par l'application d'indices de qualité basés sur les paramètres précédemment cités,
- 4- Analyser les peuplements de macroinvertébrés
- 5- Déterminer les classes de qualité des stations par l'application de l'indice biologique global normalisé.

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

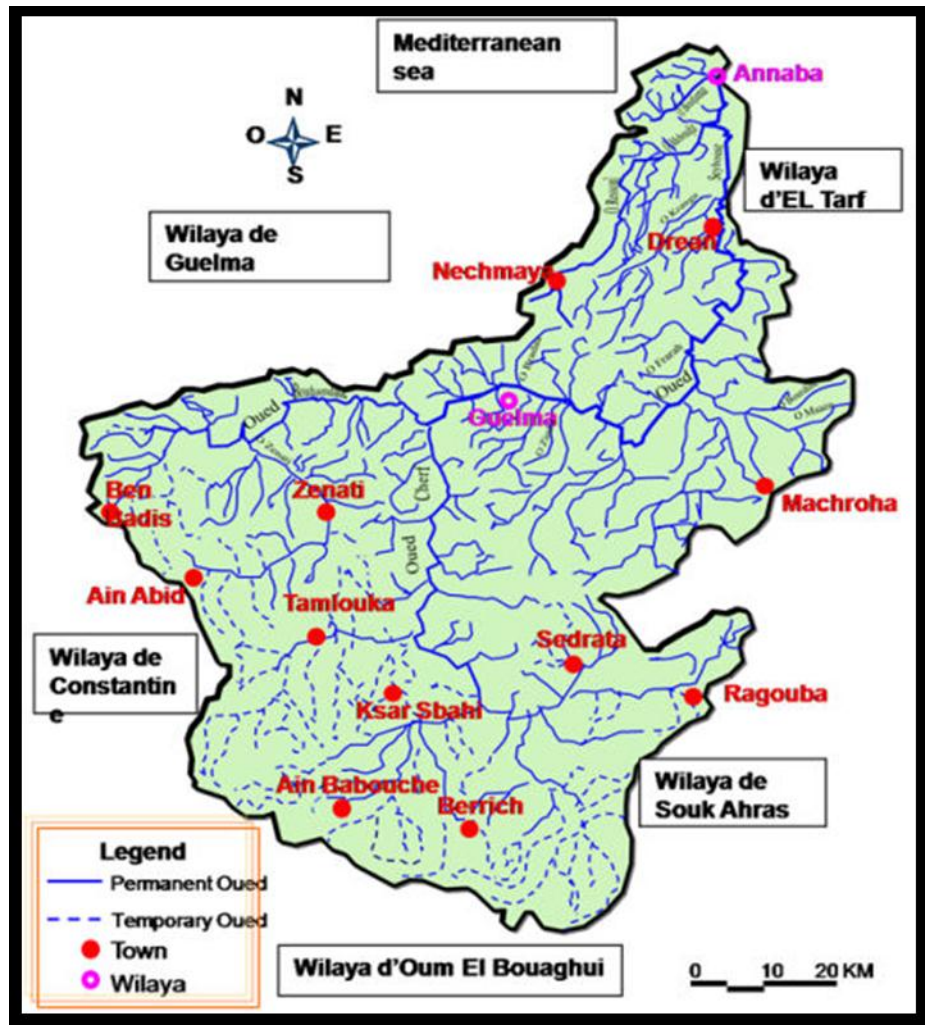
Premier chapitre

Description du site d'étude

Chapitre 1 : Description du site d'étude

1.1. Présentation du bassin versant de la Seybouse

Le bassin de la Seybouse est situé dans la région Nord Est de l'Algérie et s'étend sur une superficie de 6471 km². Avec une longueur de 240 km, il couvre 68 communes dans sept wilayas : Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi, Guelma et Souk Ahras.

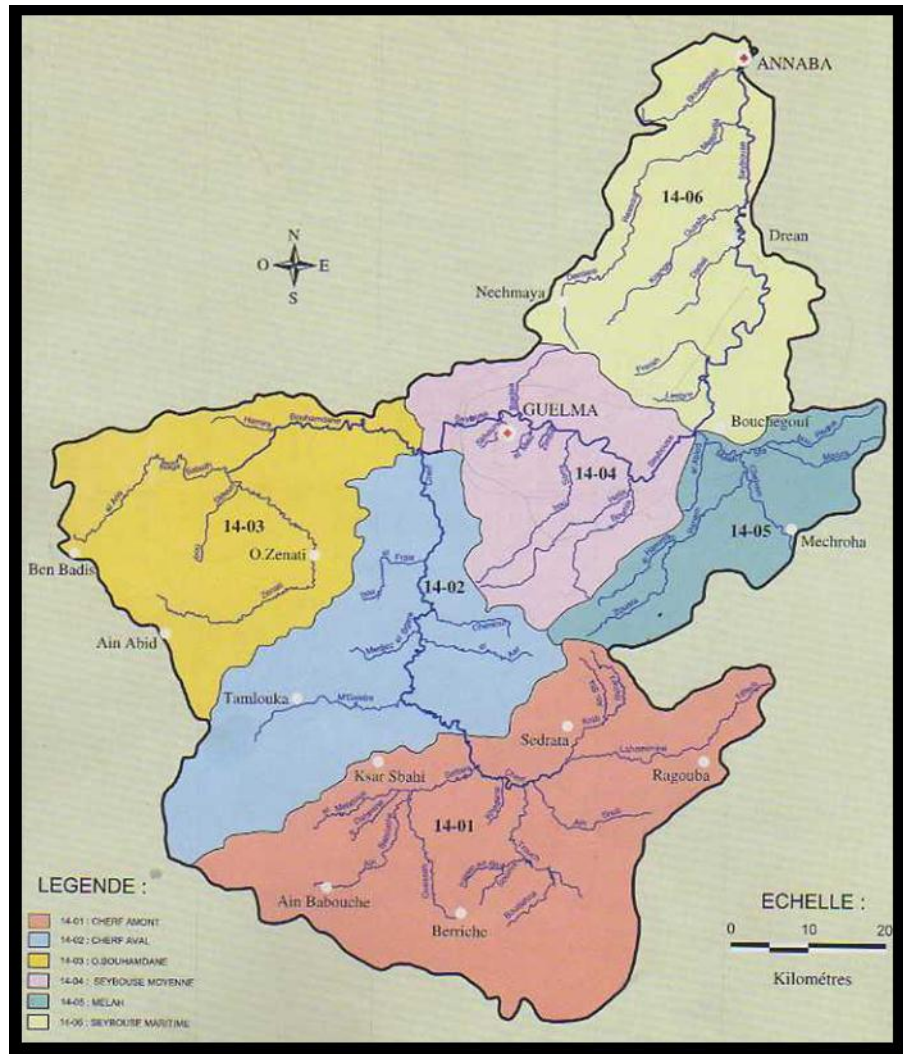


Carte 1: limites géographiques du bassin versant de la Seybouse (SWIM-SM, 2013)

Cet oued mesure 134,74Km de long dont 57,15Km sont traversés au niveau du bassin de Guelma et 77,59Km dans la basse Seybouse. Nous pouvons distinguer trois zones principales :

- Sous- Bassin versant de Bouhamdane (14-03) : Superficie 1136Km².
- Sous -Bassin versant de la moyenne Seybouse (14-04) : 818Km².

- Sous-Bassin versant de la basse Seybouse (14-06) : 1057Km². (Voir carte 1 des sous-Bassins)



Carte2 : Présentation des Sous-Bassins de la Seybouse (A. B. H, 1999).

1.1.1. Les caractéristiques lithologiques du bassin versant

- **Le Bassin de Bouhamdane** : Les couches lithologiques dominantes du secteur de Oued Zenati sont composées de grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas l'infiltration d'une grande quantité d'eau. Du côté de Oued Sabath c'est des Marno- calcaires.
- **Le Bassin de Guelma** : La région de Guelma est constituée de terrains sédimentaires; entre Medjaz Amar et Bentabouche apparaissent les Marno-calcaires. Ces calcaires sont fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes c'est le cas de celle qui se trouve à l'Ouest de Bouhachana (source de Oued Hlia) qui donne un débit de 60l/s

- **Le Bassin de Mellah** : En saison sèche, oued Ghanem (principal affluent de Mellah) se sale en traversant les terrains gypseux de la région de Oued Cheham qui est peu perméable. Les alluvions des terrasses de Bouchegouf semblent plus argileuses que celles de Guelma et sont moyennement perméables.
- **La basse Seybouse**: Au Sud-ouest marno-calcaires de Aïn Berda ainsi que des argiles à Aïn Berda et Meboudja. (Ghachi, 1986 in Satha 2008)

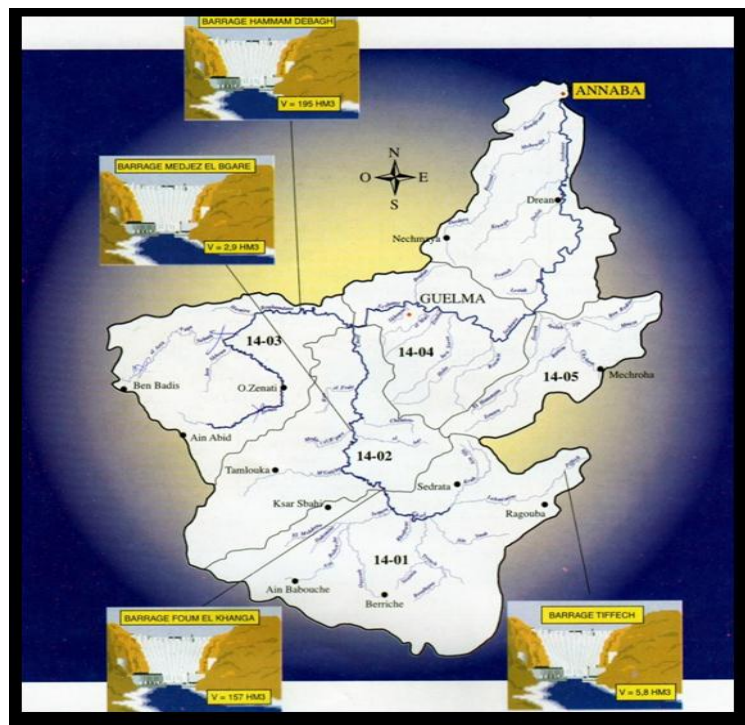
1.1.2. Les ressources hydriques: Le bassin de la Seybouse présente un chevelu hydrographique de plus de 3000Km. Quarante deux oueds ont une longueur supérieure à 10Km dont les principaux sont:

- **Oued Seybouse** : Il prend sa source à Medjez Amar (point de rencontre entre Oued Charef et Oued Bouhamdane), (134.74Km) de long, Il traverse la plaine Guelma - Bouchegouf sur plus de 45 Km du Sud au Nord. Son apport total est estimé à 408 millions m³/an à la station de Boudroua (commune de Ain Ben Beida).
- **Oued Bouhamdane** : Prend sa source dans la Commune de Bouhamdane à l'Ouest de la Wilaya avec une longueur de (37,49Km) . Son apport est de 96 millions m³/an à la station de Medjez Amar II.
- **Oued Mellah** : provenant du Sud-Est, ce court d'eau enregistre un apport total de 151 millions m³/an à la station de Bouchegouf.
- **Oued Charef** : Prend sa source au Sud de la Wilaya (88,61Km). Son apport est estimé à 107 millions m³/an à la station de Medjez Amar I (URBACO, 2012).

- **Les barrages:** Le bassin de la Seybouse compte quatre barrages

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

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



Carte 3: Implantation des principaux barrages sur le bassin versant de la Seybouse (A.B.H, 1999).

- **Les retenues collinaires:** Le bassin de la Seybouse compte soixante retenues collinaires dont la capacité totale est de 10,5 Hm³

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

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

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

• Alimentation en eau potable	71,63%	110 forages	65,21Hm ³ /an
• Alimentation en eau industrielle	9,33%	17forages	8,49 Hm ³ /an
• Irrigation.....	19,04%	42 forages	17,33 Hm ³ /an

1.2. Les activités économiques: Les principaux secteurs d'activités économiques du bassin sont:

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

- SNS El Hadjar
- Engrais phosphatés à Annaba
- Levurerie Boucheghouf avec des rejets d'eau noire dans l'oued El Mellah
- Carrelage à Guelma (Rejets d'eaux minéralisées)
- Sucrierie Guelma (eaux riches en matières en suspension)
- Onalait à Oued Meboudja (**INECO-ABHCSM, 2008**).

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

1.2.3. L'élevage:

❖ **Les effectifs du gros élevage**

Le cheptel compte une diversité de races constituées dans la campagne 2010 -2011 par ordre d'importance 444500 ovins, 86700 bovins, 59400 caprins, et 3760 équins.

Ovin : La wilaya se caractérise par la prédominance des effectifs d'ovins qui constitue 74.79% de l'effectif cheptel, dont 37300 têtes se localisent dans la commune de Tamlouka.

Bovin : L'effectif des bovins détient une faible intensification avec un taux de 14.59% de l'effectif cheptel, dont 8370 se concentrent dans la commune de Bordj Sabath.

Caprin : Concernant ce type d'élevage, il présente une faible intensification avec un taux de 10.01% de l'effectif cheptel, dont 6600 têtes concentrées dans la commune d'Ain Larbi.

Equin : L'effectif des équins est presque absent (0.63%) dans la wilaya de Guelma.

❖ **Les effectifs du petit élevage**

1- Poulet de chair : La wilaya de Guelma se caractérise par un effectif de poulet de chair relativement important qui représente 2405300 sujets soit 86.34% du total petit élevage, elle se concentre dans la commune de Tamlouka avec un nombre de 475700 sujets.

2- Poule pondeuse : Concernant la poule pondeuse, la wilaya enregistre un effectif de 328100 sujets soit 11.78% durant la campagne 2010-2011, dont 78000 sujets se localisent dans la commune d'El Fedjoudj.

3- Dinde : Aux cours de la campagne 2010-2011, on a enregistré un nombre total de la dinde de 9700 sujets soit 0.35% du nombre total petit élevage, il se concentre dans quelques communes telles que : Nechmaya avec un nombre de 3000 sujets, El Fedjoudj avec 2200 sujets, Heliopolis

1200 sujets, Guelma 1000 sujets, Beni Mezline avec un nombre de 800 sujets, Khezaras 800 sujets et Guelaat Bou Sbaa avec 700 sujets.

4- Ruche : Le nombre des cellules d'abeilles dans la wilaya a estimé à 42780 unités pour la campagne 2010-2011, dont :

4700 unités se localisent dans la commune de Hammam N'bails ;

4135 unités se localisent dans la commune d'Oued Cheham ;

3920 unités se localisent dans la commune de Dahouara ;

3210 unités se concentrent dans la commune de Bouchegouf (**URBACO, 2012**)

1.3. La pollution dans le bassin versant de la Seybouse: La pollution est liée

✓ **Aux rejets industriels** non traités et notamment les rejets des zones industrielles de Bouchegouf et d'El Hadjar dont les volumes ne sont pas connus avec précision. Une étude a estimé que les rejets industriels en mer sont de 4,5 millions de m³/an.

Une caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la zone d'El Hadjar, a montré une forte concentration des matières en suspension variant de 30 à 598 mg/l (Normes 30 mg/l) et une forte charge en DBO5 et DCO de 390 mg/l dépassant largement les normes algériennes de rejet (**SWIM-SM,2013**).

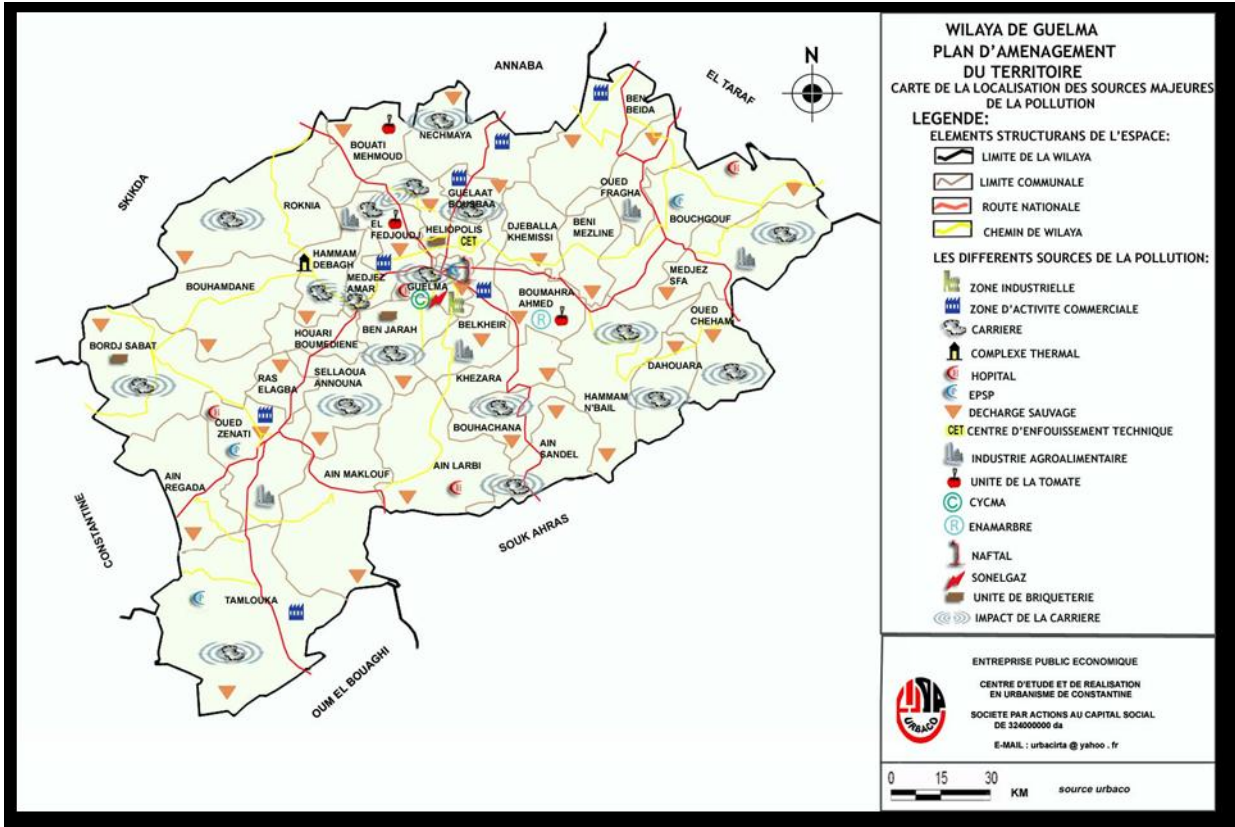
✓ **Les rejets urbains**: Les eaux des rejets prélevées et analysées (1999) montrent des concentrations assez élevées particulièrement en chlorures (1600 mg/l), nitrates (80 mg/l), nitrites (20 mg/l) et ammonium (70 mg/l). Cette pollution par les nutriments est à l'origine de l'eutrophisation observée.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

✓ **L'agriculture**: Par l'utilisation intensive des engrais (azotés et phosphorés) et des pesticides.

- **Le réseau de surveillance de la qualité de l'eau**: Actuellement le réseau de surveillance de la qualité des eaux de surface dans le bassin de la

Seybouse, comprend quatre stations de mesures suivies par l'Agence Nationale des Ressources Hydrauliques (Direction Régionale de Constantine) . Les mesures sont théoriquement réalisées douze fois par an.

- Les paramètres mesurés: Température, pH, conductivité électrique, oxygène dissous, turbidité, matières en suspension, résidus sec, calcium, magnésium, sodium, potassium, chlorures, sulfates, carbonates, bicarbonates demande chimique en oxygène, manganèse, fer, matières organiques ammonium, phosphates, nitrates, nitrites demande biologique en oxygène en cinq jours.
- Les points de prélèvements:
 - 1- Medjaz Amar 2: Sur oued Seybouse (14-3)
 - 2- Segmen Amar1: Sur oued Seybouse (14-6)
 - 3- El Hadjar: Sur oued Meboudja (14-6)



Carte 4 : localisation des sources majeures de la pollution au niveau de la wilaya de Guelma (URBACO, 2012)

1.4. Climatologie

La région d'étude est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par deux saisons distinctes: L'une humide marquée par une forte pluviosité et par de faibles températures; L'autre, sèche et chaude, avec de fortes températures atteignant le maximum au mois d'août.

1.4.1. La température

La température est l'élément du climat le plus important étant donné que tous les processus métaboliques en dépendent (photosynthèse, respiration, digestion) (Dajoz, 2006). Ce facteur, agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration (DEBIECHE, 2002)

On dispose des données de températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2013).

Tableau 3 : Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (2002-2013)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
T°C	9,76	9,64	12,5	15,46	19,05	23,48	27,54	27,35	23,47	19,81	14,72	11,03

On remarque que les moyennes les plus élevées s'étendent du mois de juin à septembre variant entre 23,47°C et 27,54°C. Les températures moyennes les plus basses quant à elles, sont enregistrées en hiver durant les mois de janvier (9,76°C) et février (9,64°C). La courbe en figure 1 montre l'évolution des températures avec un maximum durant l'été et un minimum en hiver.

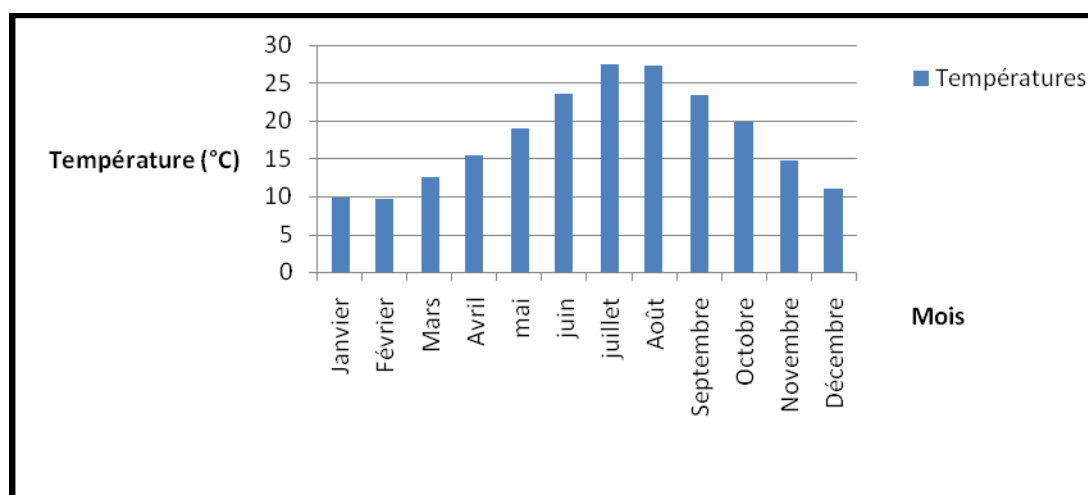


Figure 1 : Evolution des températures moyennes à Guelma (2002-2013)

1.4.2. Les précipitations:

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

Tableau 4 : Précipitations moyennes mensuelles à la station de Guelma (2002-2013)

Mois	Jan	Fév	Mar	Avr	mai	Juin	jui	Août	Sep	Oct	Nov	Déc
P(mm)	90,29	75,18	76,02	69,62	40,44	18,08	3,72	17,81	46,59	51,55	72,65	87,08

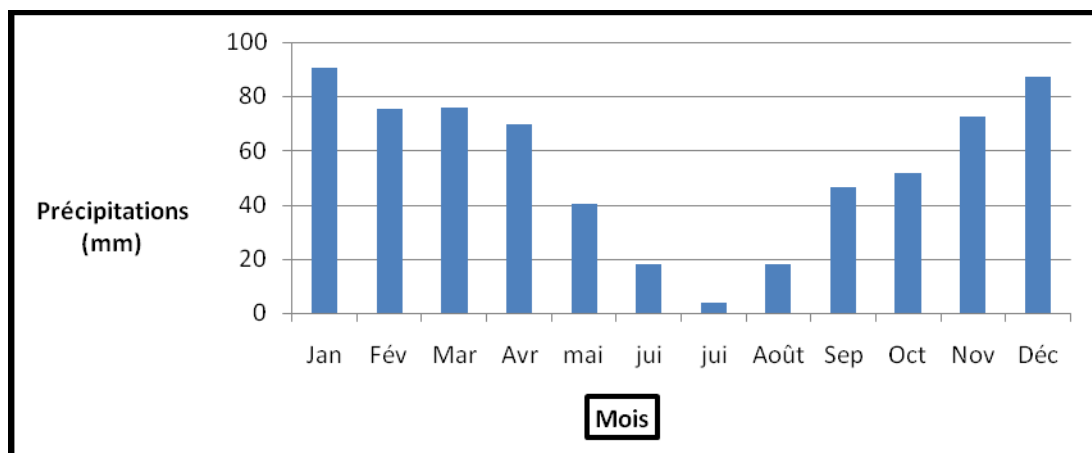


Figure 2: Evolution des précipitations moyennes à Guelma (2002-2013)

On remarque que les précipitations sont abondantes en hiver avec un maximum au mois de janvier (90,29 mm) et un minimum en été au mois de juillet avec 3,72 mm.

1.4.3. Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gaussen

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

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

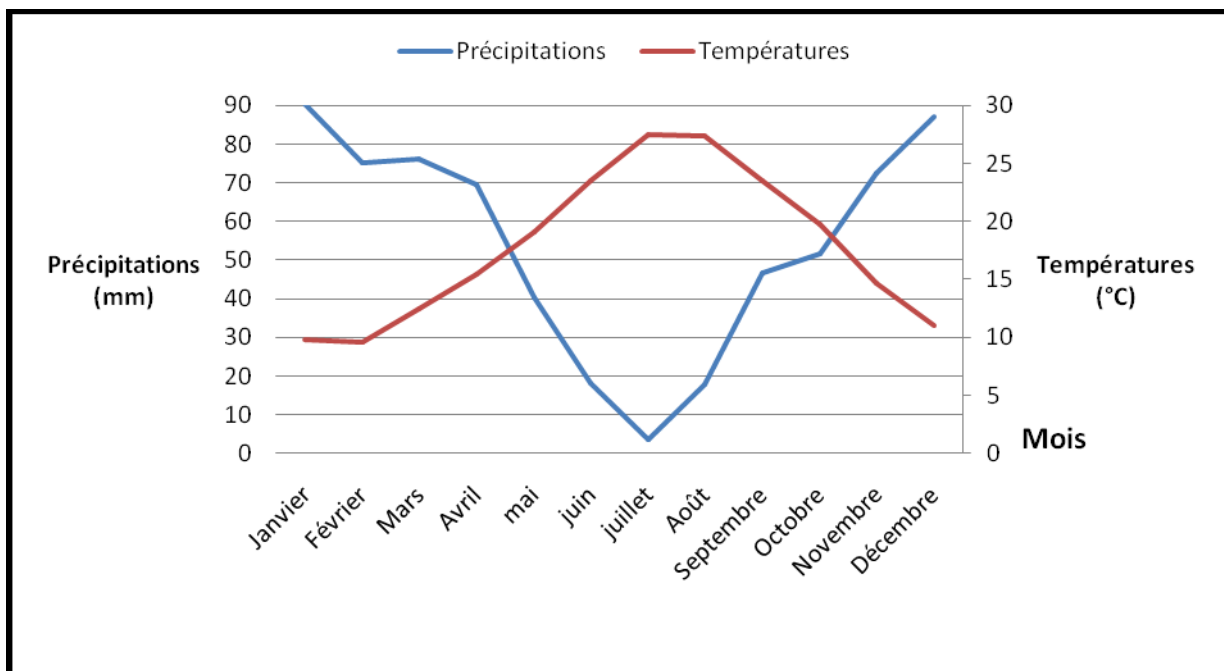


Figure 3: Diagramme Ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la ville de Guelma (2002-2013)

D'après ce diagramme établi à partir des données de température et de précipitation de la station météorologie de Guelma, on peut distinguer deux périodes :

- La première froide et humide qui s'étale sur 07 mois, d'octobre à la fin du mois d'avril
- La deuxième chaude et sèche qui s'établit sur 05 mois de mai à septembre.

1.1.4. 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, il est déterminé comme suit :

Q = 3,43 x	P
	M - m

Q : le quotient pluviométrique d'Emberger ;

- P : Pluviométrie annuelle moyenne en mm = à 649,02 mm

- M : Moyenne maximale du mois le plus chaud = à 36,65° C

- m : Moyenne minimale du mois le plus froid = à 4,52°C

Après application de la formule, nous obtenons la valeur de Q égale à 69,28, ce dernier situe la région de Guelma dans l'étage bioclimatique de végétation semi-aride à hiver frais (figure 4).

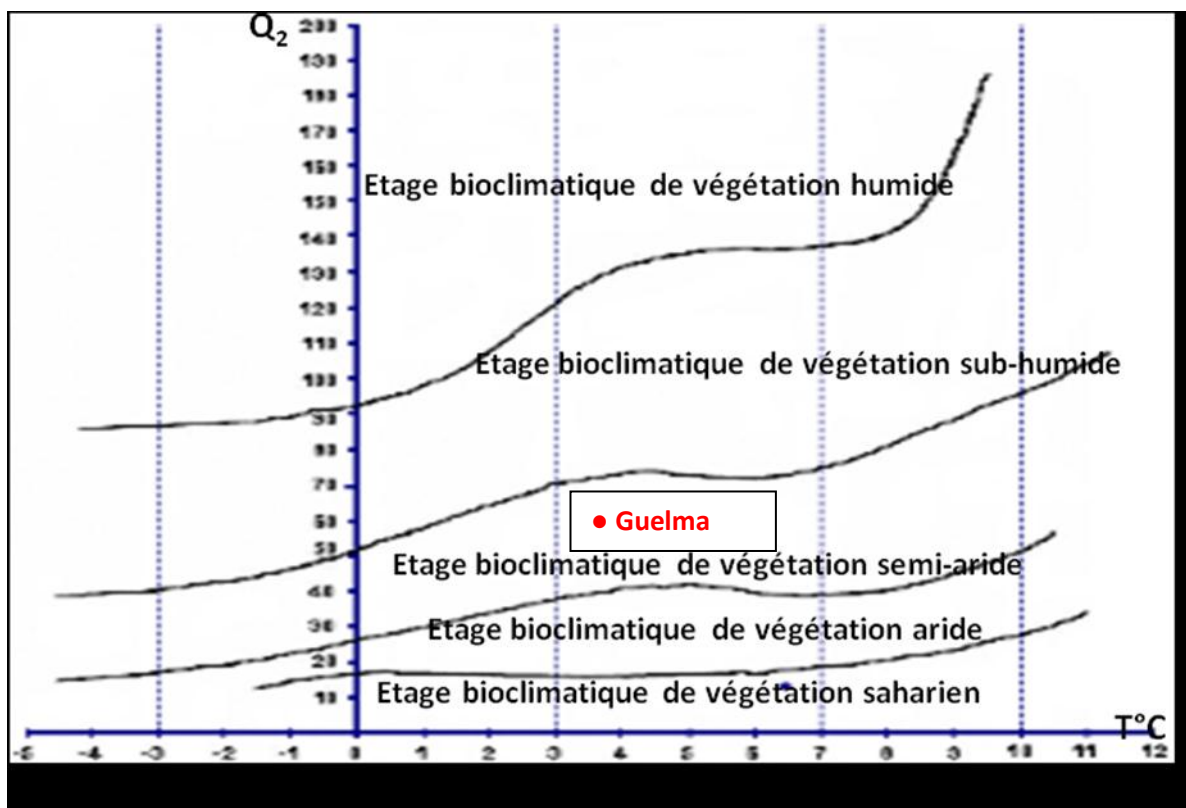


Figure 4 : Situation de la région de Guelma dans climagramme d'Emberger (2002-2013)

1.4.5. L'humidité relative de l'air

L'humidité relative est élevée durant toute l'année et varie peu durant l'été. Cette humidité est dû d' une part, aux fortes évaporations des eaux des nombreuses zones humides dont jouit la région (Barrages, cours d'eau, affluents, retenues collinaires) et d'autre part, de la proximité de la région de la mer (Figure 5).

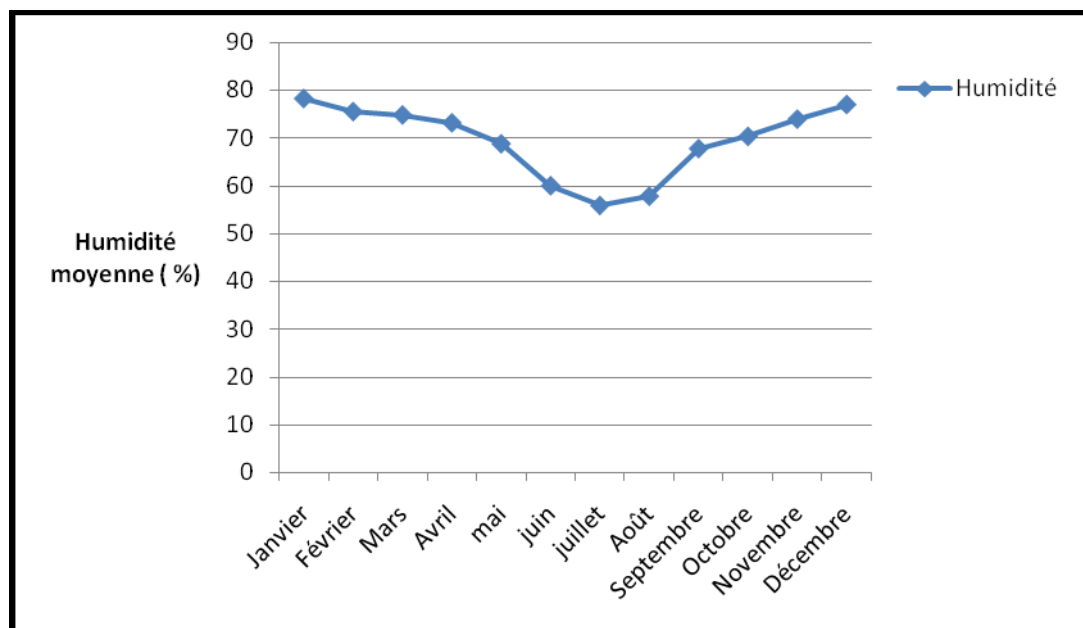


Figure 5 : Humidité relative moyenne mensuelle de l'air à la station de Belkhir (2002-2013)

1.4.6. Le vent: Il a une action indirecte en modifiant la température et l'humidité. Sa vitesse est ralentie au niveau du sol ainsi que dans la végétation. Le vent a un pouvoir desséchant car il augmente l'évaporation; Il a aussi un pouvoir de refroidissement considérable. C'est aussi un agent de dispersion des animaux et végétaux (**Dajoz, 2006**). Les données de la vitesse du vent de la station de Belkhir sont disponibles en annexes.

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

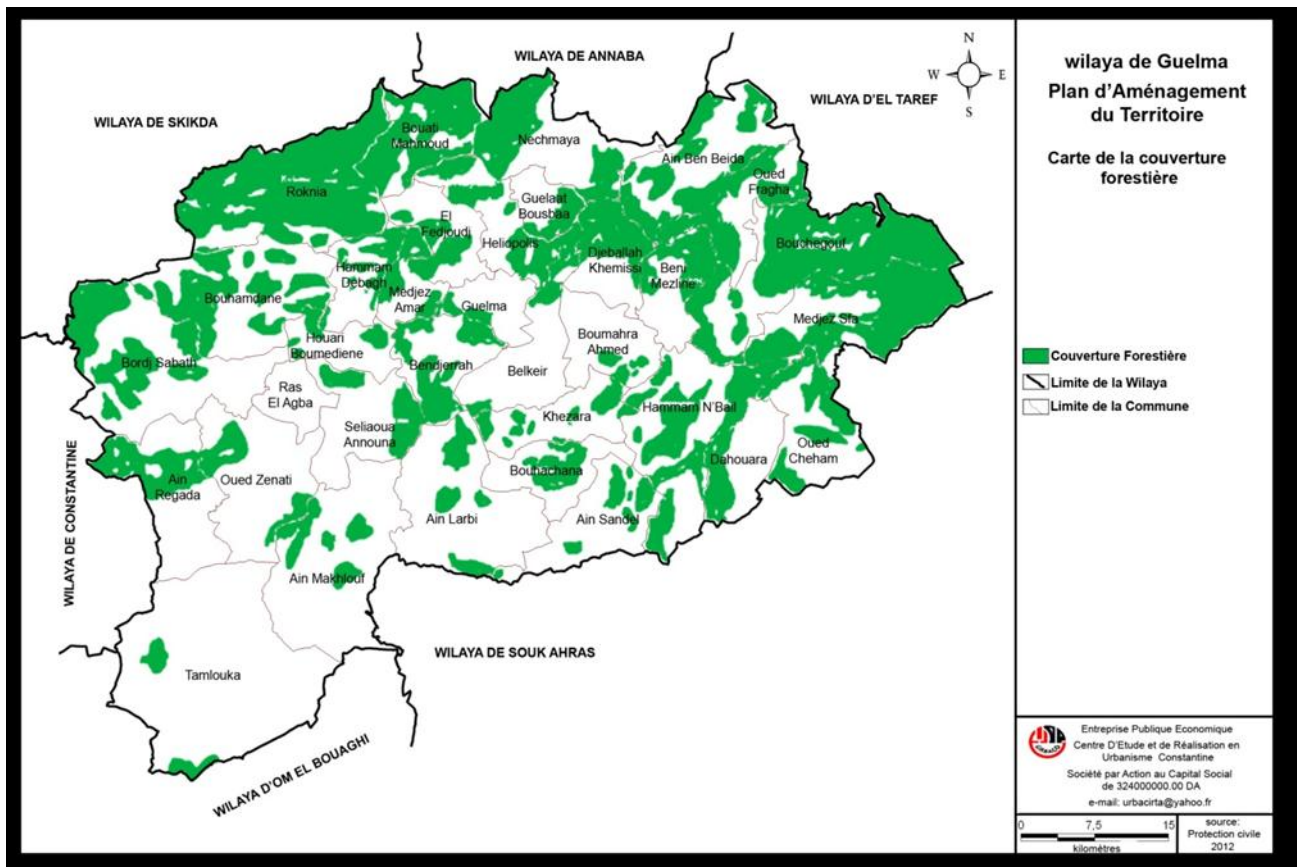
- Les maquis représentent une superficie de **70384.4 Ha¹** soit **60%** de la couverture forestière totale;
- Les forêts représentent une superficie de **32588.55 Ha** soit **28%** de la couverture forestière totale ;
- Les terrains nus disposent une superficie de **13982 Ha** soit **12%** de la superficie forestière.

Les principaux maquis sont localisés au niveau des communes :

¹ Conservation des forêts 2012

- Roknia avec une superficie de **7237,9 Ha**;
- 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 surface de **6104 Ha**.



Carte 5 : Couverture forestière de la wilaya de Guelma (URBACO 2012)

Deuxième chapitre

Généralités sur les macroinvertébrés

Benthiques

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

Remarque: Dans ce chapitre, nous nous sommes référés à un seul document de base d'Henri Tachet "Invertébrés d'eau douce". Aussi, la référence ne sera-telle pas citée dans le texte.

2.1. Les Ephéméroptères : Ils sont connus depuis le carbonifère, ce sont des insectes hémimétaboles dont les larves sont exclusivement aquatiques. Cet ordre comporte douze (12) familles : Les Leptophlebiidae, les Potamanthidae, les Polymitarcidae, les Ephemeridae, les Prosopistomatidae, les Caenidae, les Ephemerellidae, les Amaletidae, les Baetidae, les Siphonuridae, les Oligoneuriidae, les Heptageniidae, les Isonychiidae.

2.1.1. Classification :

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-Embranchement : Hexapoda (Mandibulates)

Classe : Insecta

Sous-Classe : Ptérigota

Ordre : Ephemeroptera Hyatt et arms, 1891

2.1.2.Morphologie

- **La larve :** La tête porte une paire d'antennes, trois ocelles et des yeux composés, les pièces buccales sont de type broyeur mais les mandibules et les maxilles présentent des variations en liaison avec les adaptations à la vie fouisseuse ou un régime alimentaire particulier : carnivore (Beatopus) ou racleur de substrat (Heptageniidae). Excepté chez Prosopistoma où le thorax forme une carapace dorsale, chez les autres Ephéméroptères les trois segments sont visibles : Le prothorax est réduit, le mésothorax est développé, le métathorax est réduit, ces deux derniers portent dorsalement les fourreaux alaires.
- Les pattes** présentent la structure fondamentale : hanche, trochanter, fémur, tibia et un tarse d'un seul article portant une seule griffe, ils ont trois paires de pattes. **L'abdomen** comprend dix articles, il se termine par deux cerques multiarticulé, il existe un paracerque médian également multiarticulé. L'abdomen porte toujours sept paires de branchies de forme très diverse.

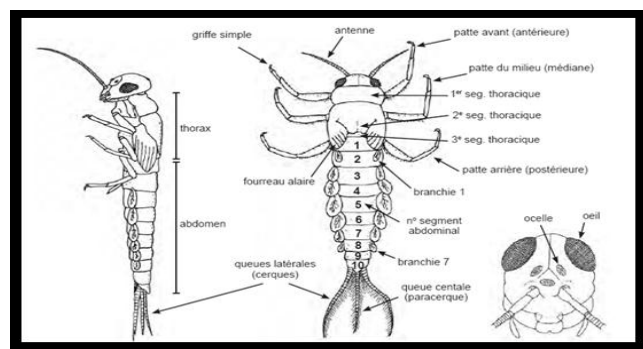


Figure 6 : Larve vue latérale Vue dorsale Tête (Tachet et al, 2012)

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

2.1.3. Biologie et écologie : On les trouve dans les eaux courantes et stagnantes sont très sensibles tant aux pollutions qu'aux modifications anthropiques des milieux. Ils constituent ainsi un outil de biomonitoring très utilisé (bons indicateurs de la qualité des eaux). Ils sont (fouisseurs, rampants et nageurs). Pour l'alimentation, ils peuvent être (Broyeurs détritvovores, racleurs de substrat, filtreurs, prédateurs). Le nombre de mue est variable, généralement une vingtaine, la durée de vie larvaire varie de quelques semaines à plus de deux ans en règle générale de trois à six mois (dans ce dernier cas il ya plusieurs générations par an). Il y a des espèces monovoltines et des espèces polyvoltines. La larve de dernier stade donne naissance à un subimago (subadulte) aux ailes opaques et dont les appendices génitaux ne sont pas encore développés. L'émergence se fait soit sous ou à la surface de l'eau, ou bien la larve s'agrippe à un support et sort de l'eau et subit sa mue imaginale. Chez la plupart des espèces, le subimago s'accroche à un support et subit sa mue imaginale dans les 24 à 48h qui suivent. L'émergence peut-être synchrone (espèces monovoltines) et donne lieu à des chutes de « mannes ». Les adultes vivent de 2 à 3jours chez d'autres espèces elle ne dépasse pas une heure. La ponte présente plusieurs aspects :

- Les femelles laissent tomber les œufs en volant (Ephemera, Leptophlebia)
- Les femelles lâchent des masses d'œufs à la surface ou dans l'eau (Ephemerella)
- Les femelles pénètrent dans l'eau et collent leurs œufs sur le substrat

NB : Le nombre d'œufs peut atteindre 6000 et plus, les œufs sont munis de filaments qui facilitent leur accrochage au substrat.

Les Ephéméroptères sont présents dans le monde entier à l'exception de quelques îles du Pacifique et les zones polaires en Europe ils sont absents d'Islande. La vie des adultes est trop brève pour permettre une dispersion efficace ; cependant certaines espèces de Beatis peuvent effectuer des vols de remontée de plusieurs kilomètres.

2.1.4. Techniques d'identification : Pour les adultes, l'identification se base sur la nervation des ailes et l'examen des pièces génitales. Pour les larves, la détermination se fait avec du matériel fixé (la fixation doit être suffisante et rapide pour conserver les spécimens) les pattes des éphéméroptères se terminent par un tarse portant un seul article et une seule griffe et l'existence de deux ou trois cerques.



Photo 1: Ephéméroptère adulte (H. Tachet) (1)

2.2. Les Plécoptères : C'est un groupe d'insectes hémimétaboles à larves exclusivement aquatiques, ils sont connus depuis le permien. Les plécoptères sont morphologiquement un groupe homogène par rapport aux éphéméroptères qui sont caractérisées par un polymorphisme larvaire (larves plates, fouisseuses...). Ils sont souvent appelés perles, ou mouches de pierre (Stonefly). Plus de 2000 espèces de Plécoptères sont actuellement répertoriées dans le monde.

2.2.1. Classification

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-Embranchement : Hexapoda (Mandibulates)

Classe : Insecta

Sous-Classe : Ptérigota

Infra-Classe : Neoptera

Super-ordre : Orthopteroidea

Ordre : Plecoptera Burmeister, 1839.

Ce groupe comporte deux (2) super-familles composées chacune de plusieurs familles (voir tableau ci-dessous)

Tableau 5 : Super-Famille et familles des Plécoptères (Tachet et al, 2012)

Super-Famille	NEMOUROIDEA	PERLOIDEA
Famille	Taeniopterygidae	Chloroperlidae
	Nemouridae	Perlodidae
	Leuctridae	Perlidae
	Capniidae	

2.2.2. Morphologie

- **La larve :** La tête porte des antennes multiarticulés plus longues que la tête, les yeux composés sont latéro-dorsaux avec la présence de trois ocelles. Le labium présente extérieurement deux palpes labiaux de trois articles et du côté interne des glosses et des paraglosses. La forme et la taille des glosses et paraglosses permet un découpage majeur au sein des Plécoptères. Le développement des trois notums thoraciques est identique. Les pattes comprennent hanche, trochanter, fémur, tibia un tarse de trois articles terminés par deux griffes. L'abdomen comprend dix segments et se termine toujours par deux cerques multiarticulés. Les branchies peuvent être présentes ou absentes tout dépend de la famille ; si elles sont présentes, elles sont posternales (sous le cou), coxales (au niveau des coxa) ou anales (au niveau de l'anus).
- **L'adulte :** Les adultes présentent un appareil génital mature et deux paires d'ailes repliées sur le dos au repos et presque similaire. L'adulte peut posséder des pièces buccales régressées ou complètement développées.

2.2.3. Biologie et écologie : Il y a des espèces qui sont monovoltines avec un cycle vital de six mois à un an, d'autres demandent plus de deux ans pour achever leur développement. Il existe des phénomènes de diapause soit embryonnaire ou larvaire. Le nombre de mue varie de six à vingt. A l'émergence, la larve sort de l'eau s'accroche à un support et effectue sa mue imaginale. L'adulte vit de une à quatre semaines. De 100 à 400 œufs sont produits par femelle. Les œufs sont soit lâchés à la surface de l'eau soit ils y sont déposés. L'alimentation est composée de débris organiques récoltés par les espèces broyeuses ou racleuses de substrat. Les plécoptères sont consommés par d'autres macroinvertébrés ou des poissons. Toutes les espèces sont rhéophiles avec des degrés excepté l'espèce *Nemoura cinerea* inféodées aux forêts humides. La dispersion est assurée par les femelles qui ont une durée de vie relativement importante. Les larves des Plécoptères sont également utilisées comme bioindicateur car très sensibles au taux en oxygène dissous dans l'eau. Une pollution par rejet d'eaux usées dans les cours d'eau va provoquer une diminution brutale de certaines familles de Plécoptères comme les Perlidae qui sont considérés comme des groupes indicateurs dans des tests de la qualité de l'eau comme l'Indice biologique global normalisé (I.B.G.N.) ou l'indice (Ephéméroptère, Plécoptère, Trichoptère) (EPT).

2.2.4. Techniques d'identification : On reconnaît les plécoptères par les pattes dont le tarse se termine par deux griffes et l'abdomen qui comprend dix segments et se termine toujours par deux cerques multiarticulés.

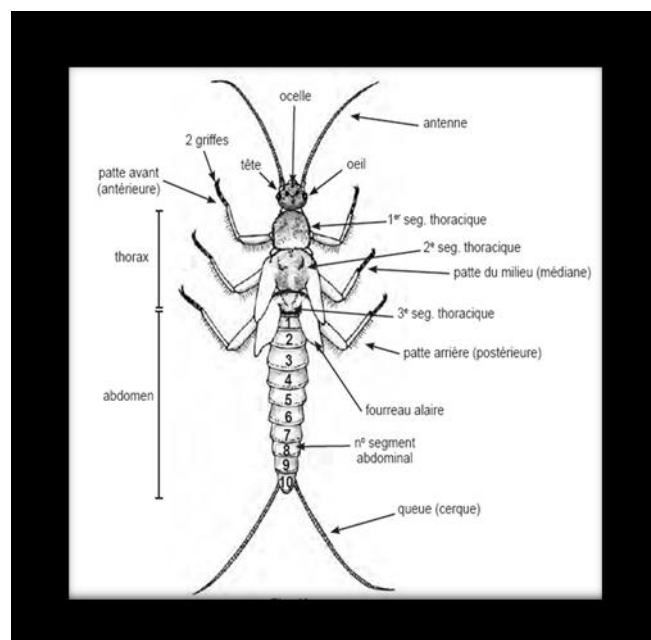


Figure 7 : Larve de plécoptère vue dorsale (Tachet et al, 2012)



Photo 2: Larve de Plécoptère (2)



Photo 3: Adulte de Plécoptère (3)

2.3. Les trichoptères : Ce sont des insectes holométaboles dont les larves et les nymphes sont aquatique, à l'exception de *Limnephilidae Enoicycla* qui s'est adaptée à la vie terrestre. Les premiers Trichoptères sont connus depuis le Trias ; le groupe s'est diversifié pendant le jurassique et le crétacé et la plupart des familles connues actuellement existent depuis le crétacé à l'exception des Limnephilidae apparue au Tertiaire.

2.3.1. Classification : Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Sous-Embranchement : Hexapoda

Classe : Insecta

Sous-Classe : Ptérigota

Infra-Classe : Neoptera

Ordre : Trichoptera Kirby, 1813

Tableau 6 : Les super-familles et familles des différents groupes de Trichoptères (Tachet et al, 2012)

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

2.3.2. Morphologie :

- **La larve :** Les larves de trichoptères ont l'habitude de vivre dans un fourreau qu'elles construisent elles-mêmes. Constitués de petites pierres ou de débris végétaux, les fourreaux ont des formes très diverses selon la famille.
- **La tête :** La tête est totalement sclérifiée, les yeux sont réduits à de simples taches oculaires ; Les antennes sont très courtes. Les pièces buccales se composent d'un labre, d'une paire de mandibules qui portent souvent des touffes de soies sur la face interne.
- **Le thorax :** Le pronotum est toujours totalement sclérifié, ventralement le prothorax peut porter une ou plusieurs pièces sclérifiées : le prosternite. Le mésonotum est soit sclérifié ou membraneux, ventralement, le mésothorax peut être membraneux ou présenter des taches sclérifiées pour le métathorax la disposition est la même que le mésothorax. Les pattes sont longues, formées d'une hanche, trochanter, fémur, tibia et tarse d'un seul article terminé par une seule griffe. Les pattes prothoraciques sont

courtes et trapues et sont un auxiliaire à l'appareil buccal et servent également à la construction de l'étui. Les pattes méso et métathoraciques sont plus longues et servent surtout à la locomotion.

- **L'abdomen** : Composé de neuf (9) segments, toujours membraneux du segment 1 au segment 8 sur le dernier tergite abdominal, il peut y avoir un sclérite dorsal impair. Les branchies sont présentes ou absentes le plus souvent digitiformes, parfois ramifiées.

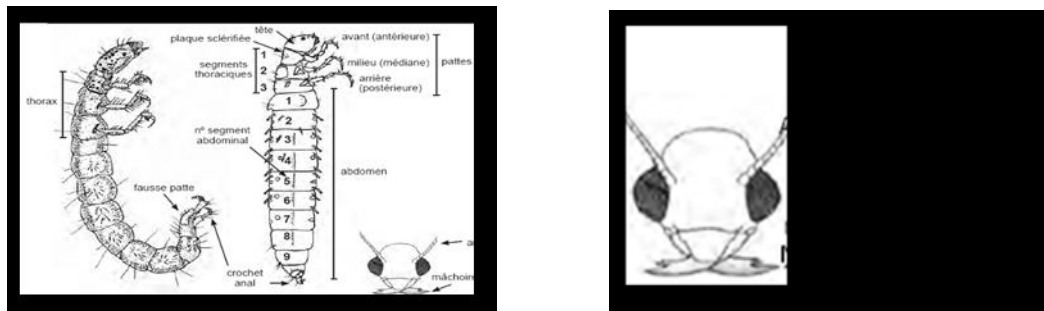


Figure 8 : Larve vue latérale et nymphe de trichoptère (Tachet et al, 2012)



Photo 4: Larve de Trichoptère (4)

- **L'étui** : Les larves de Trichoptères tissent de la soie tout au long de leur vie larvaire, cette soie est de nature protéique, elle est liquide et collante à l'émission. Chez les larves à étui, le fourreau peut-être exclusivement fait de soie ou d'éléments divers maintenus avec de la soie. L'eau circule par un orifice postérieur et irrigue au passage les branchies ou les téguments. Il a un rôle dans la respiration et également un rôle protecteur.
- **Les nymphes** : Elles se caractérisent par la présence de fourreaux alaires, d'yeux composés de pattes et d'antennes allongées qui peuvent dépasser largement l'abdomen. Les mandibules nymphales servent à ouvrir l'étui et les tarse de la deuxième paire de patte sont frangés de soies et permettent à la nymphe de nager vers la surface ; Dorsalement, sur chaque segment abdominal il ya une à deux paires de sclérites portant des épines qui facilitent la sortie des nymphes de leur cocon.

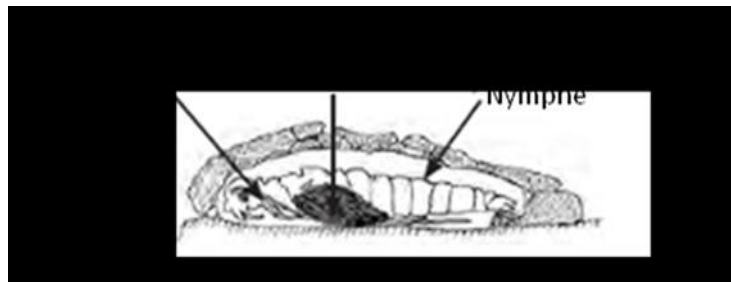


Figure 9 : Etui nymphal de Trichoptères (Coupe) (Tachet et al, 2012)

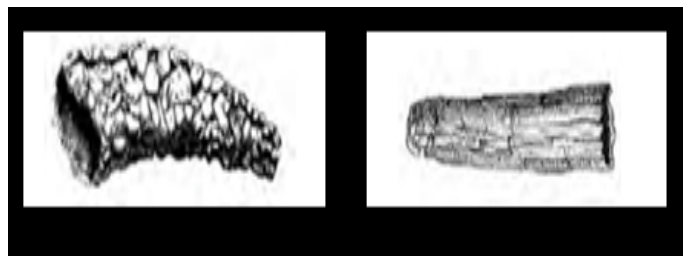


Figure 10 : Types d'étuis de Trichoptères (Tachet et al, 2012)

- **L'adulte** : Il ne possède pas de trompes, les ailes au repos sont rabattues en toit, les pièces buccales (les palpes maxillaires), permettent de distinguer les deux super-familles. Les mandibules, régressent (l'adulte ne se nourrit pas). Les yeux composés sont bien développés, les antennes sont multiarticulées, dirigées vers l'avant et plus longues que le corps. Les tibias des pattes portent des épines (éperons) dont le nombre et la position ont un intérêt en systématique. Les ailes sont recouvertes de soies (écailles trochoïdes) d'où le nom de Trichoptères ; Les ailes possèdent des nervures. Les appendices génitaux sont bien visibles et ceux des mâles sont plus complexes que ceux des femelles.



Photo 5: Adulte de Trichoptère (5)

2.3.3. Biologie et écologie : Certaines familles sont monovoltines d'autres polyvoltines. Il existe également une diapause larvaire, embryonnaire ou imaginale selon les espèces. La ponte peut être aquatique ou terrestre ; les larvules commencent leur développement post-

embryonnaire. Il y a cinq stades larvaires, sauf chez Sericostomatidae (six ou sept) et le genre Agapetus (Sept). La nymphose est toujours aquatique :

Les larves sans étui construisent un abri (cocon nymphal) à l'intérieur duquel, la larve tisse un deuxième cocon. Les larves avec étui le fixe au substrat, puis elles obturent partiellement les orifices antérieur et postérieur, tissant une structure grillagée faite en soie qui permet à l'eau de circuler. Dans le cocon nymphal ou l'étui, la larve s'immobilise et subit les premières transformations qui la conduiront à la nymphose (prénymphé), puis a lieu la mue nymphale et l'exuvie est rejetée dans la partie postérieure de l'étui ou du cocon. En fin de nymphose, elle perce son abri grâce à ses mandibules et gagne la surface en nageant ou en grim pant sur les éléments environnants. Une fois en surface, elle cherche un support pour s'extraire de l'eau ou reste en surface. La nymphe quitte alors l'exuvie nymphale et l'insecte ailé naît et s'envole rapidement ; L'adulte ne se nourrit pas, il va vivre quelques jours après l'émergence pour se reproduire et pondre. Dans d'autres cas, la reproduction ne se fait que plus tard. Les larves de Trichoptères constituent une source de nourriture pour de nombreux invertébrés ou pour les poissons. La prédation est réduite sur les nymphes puisque l'émergence est nocturne. Quant aux adultes, ils constituent des proies pour les oiseaux et les chauves-souris.

2.3.4. Techniques d'identification : les larves sont déterminées en utilisant des caractères morphologiques : Position des crochets anaux, structure de la capsule céphalique, présence, position et forme des branchies abdominales et thoraciques, forme et structure des pattes....

Une nymphe peut-être identifiée au niveau famille et genre, pour cela, il est préférable de conserver l'étui et de l'ouvrir au laboratoire sous la loupe binoculaire pour examiner l'exuvie larvaire et identifier la larve. Au contraire si la nymphe est âgée, il faut délicatement déchirer l'exuvie nymphale dans la partie postérieure pour mettre en évidence les génitalia qui permettent une identification au niveau spécifique.

2.4. Les Diptères : Ils constituent l'ordre d'insecte le plus important après les coléoptères. On a deux sous-ordre :

- ✓ Les Nématocères : Dont les antennes sont formées de plus de trois articles jusqu'à six
- ✓ Les Brachycères : Dont les antennes sont courtes est toujours formées par trois articles.

2.4.1. Classification :

Tableau 7 : Les différentes Super-familles et familles des Nématocères (Tachet et al, 2012)

Sous-Ordre	Nématocères				
Super-Famille	PSYCHODOIDEA	PTYCHOPTEROIDEA	CULICOIDEA	CHIRONOMOIDEA	Tipuloidea
Famille	Psychodidae	Ptychopteridae	Blepharicidae Dixidae Chaoboridae Culicidae	Simuliidae Thaumaleidae Ceratopogonidae Chironomidae	Tipulidea Cilindrotomidae Limoniidea

Tableau 8 : Les différentes Super-familles et familles des Brachycères (Tachet et al, 2012)

Sous-Ordre	Brachycères					
Super-Famille	EMPIDOIDEA	TABANOIDEA	SYRPHODEA	EPHIDROIDEA	SCIOMYZOIDEA	MUSCOIDEA
Famille	Empididae Dolicipididae	Rhagionidae Athericidae Tabanidae	Syrphidae	Ephidridae	Sciomyzidae	Anthomyidae

2.4.2. Morphologie et anatomie :

✓ **Les larves :**

- Absence de pattes thoraciques qui peuvent être remplacées par des pseudopodes ou des bourrelets locomoteurs
- La capsule céphalique peut-être individualisée (eucéphale), rétractile dans les premiers segments thoraciques ou totalement régressée (larve acéphale). Le corps comprend de onze à quinze segments dont les trois premiers sont thoraciques, les téguments sont membraneux jamais sclérifiés.
- **La respiration** peut se faire par des téguments (type apneustique : Chironomidae), par des branchies trachéennes (Tipulidae) ou branchies sanguines chez Chironomus. D'autres larves ont des stigmates postérieurs (métapneustiques : Tipulidae), qui peuvent s'ouvrir à l'extrémité d'un siphon qui s'ouvre à la surface et peuvent être pourvus d'une rosette de soies hydrofuges (cas des Ptychopteridae et les Tabanidae) ou des stigmates antérieurs (amphipneustiques).
- Chez des familles, la larve possède une filière labiale qui lui permet de tisser un étui mobile comme les Trichoptères (Simuliidae) qu'elles fixent au substrat.

- ✓ **Nymphes :** Elles sont libres chez les Nématocères mais enfermées dans la dernière exuvie larvaire chez de nombreux Brachycères. Chez les Chaoboridae et les Culicidae, la nymphe est mobile et a des palettes natatoires à l'extrémité de l'abdomen, chez d'autres familles il y a des processus respiratoires plus ou

moins ramifiés portés par le thorax (Simuliidae, Chironomidae) ou l'abdomen (Empididae). Elles peuvent être aquatiques et mobiles ou aquatiques et fixées.

- ✓ **Adultes** : Ils sont caractérisés par une paire d'ailes (ailes antérieures) les ailes postérieures sont transformées en organe d'équilibration: Le balancier. L'appareil buccal est de type lécheur (majorité des diptères) ou lécheur-piqueur (Simuliidae, Tabanidae..) ou piqueur (Culicidae).

2.4.3. Biologie et écologie: La reproduction est de type sexué. il ya des cas de parthénogenèse chez les chironomides. Les adultes ont une capacité de vol importante ce qui permet la dispersion. Le nombre d'oeufs pondus est très variable de quelques centaines à des milliers. La durée du cycle vital est de quelques semaines (Culicidae et Chironomidae) à un ou deux ans (Tabanidae).

Les Diptères sont répandus dans toutes les régions du monde (milieux salés, sources chaudes, flaques de pétrole); les Diptères ont de grandes capacités d'adaptation à vivre dans des conditions extrêmes. Le régime alimentaire est très varié:

- Des formes broyeuses détritivores (Tipulidae)
- Racleuses de substrat (Chironomidae)
- Filtreuses (Culicidae, Syrphidae, Chironomidae et Simuliidae)
- Prédatrices (Chaoboridae, Athericidae, Empididae et les Tabanidae)
- Parasites (phorésie) de certaines larves de Chironomides aux dépens de larves d'Ephéméroptères.

Les larves de Diptères sont une source de nourriture pour de nombreux invertébrés et poissons. Vis à vis des hommes, les Diptères sont une source de nuisance à cause des femelles qui présentent un régime hématophage (Culicidae, Simuliidae, Tabanidae).

- ❖ **Les Chironomidés:** Les larves sont eucéphales, le corps est cylindrique avec des pseudopodes prothoraciques et anaux. antennes pluriarticulées. Taille des larves jusqu'à 20 mm. Nymphes mobiles. Région thoracique portant dorsalement une paire de processus respiratoires. Extrémité postérieure avec un lobe anal aplati, frangé ou non de soies.

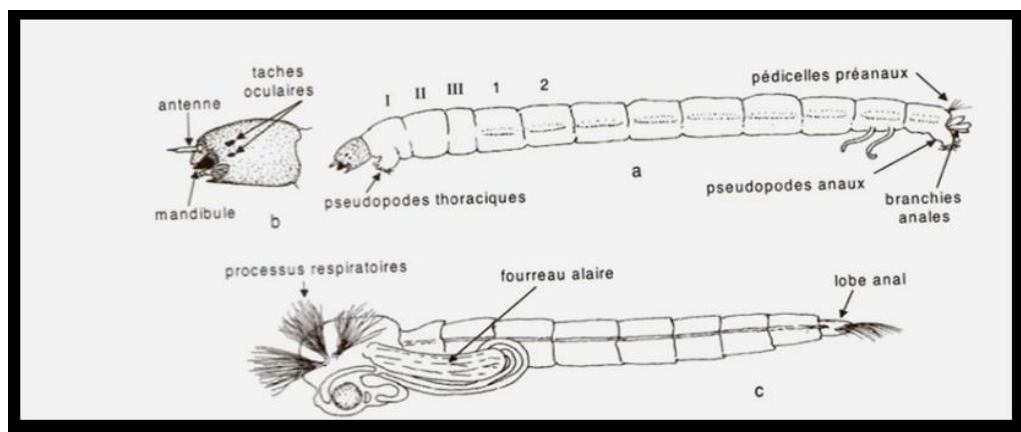


Figure 11 : Chironomus a) Larve b) capsule céphalique c) nymphe (Tachet et al, 2012)

Les Simuliidae: Larve eucéphale. Corps renflé dans la partie postérieure, celle-ci terminée par un disque en forme de ventouse entouré d'une couronne de crochets. Un unique pseudopode thoracique. les larves sont fixées au substrat par leur ventouse postérieure. Les nymphes sont dans un cocon tissé par la larve de dernier stade; La nymphe est fixé par sa face ventrale. Les femelles adultes ont des capacités importantes de dispersion et sont hématophages. Elles constituent une véritable nuisance pour l'homme et le bétail.

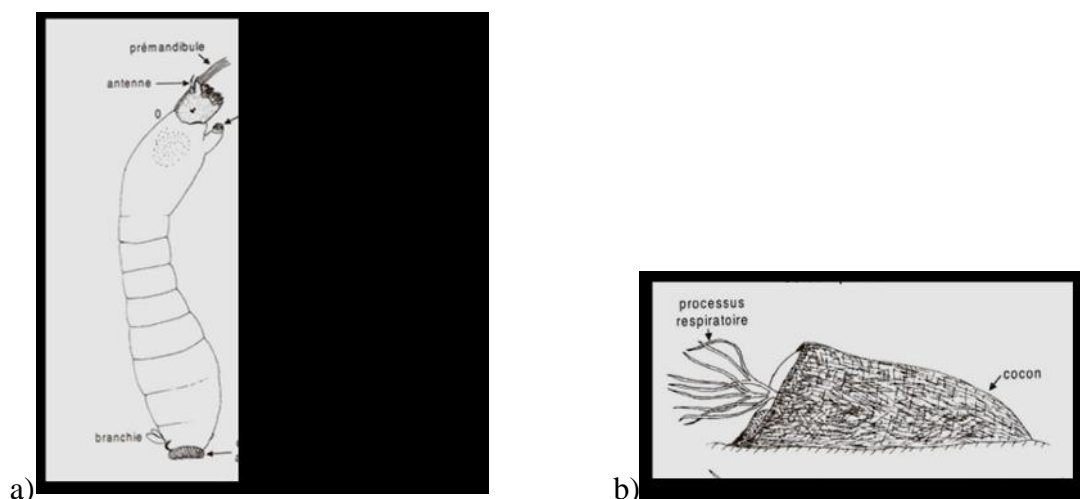


Figure 12 : Simuliidae a) larve et b) nymphe (Tachet et al, 2012)

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

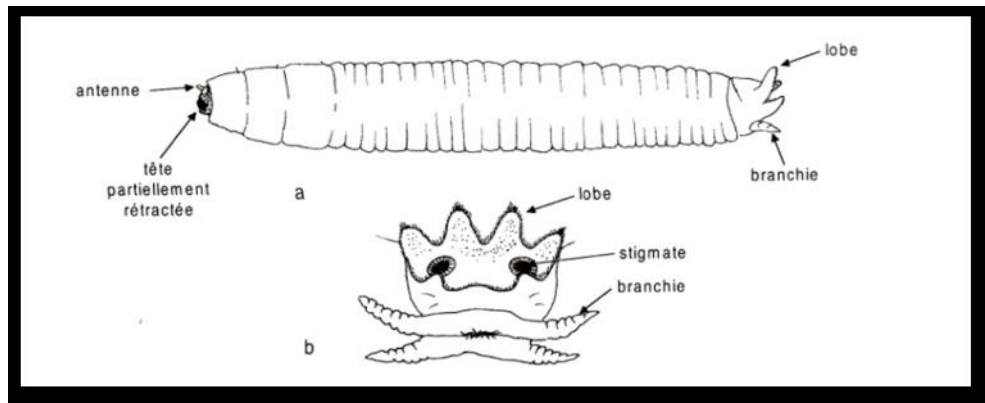


Figure 13 : Tipulidae a) larve et b) extrémité postérieure (Tachet et al, 2012)

Les Tabanidae: Larves en milieu terrestre, subaquatique et aquatique. Corps fusiforme, souvent blanchâtre; téguments striés longitudinalement sur l'abdomen, des bourrelets locomoteurs favorisant les déplacements dans les sédiments. Un siphon unique rétractile à l'extrémité de l'abdomen. Taille jusqu'à 50 mm.

Nymphe libre: Des rangées d'épines au bord postérieur des segments, pas de corne respiratoire, pattes pas plus longues que les fourreaux alaires. Les femelles de Tabanidae sont hématophages.

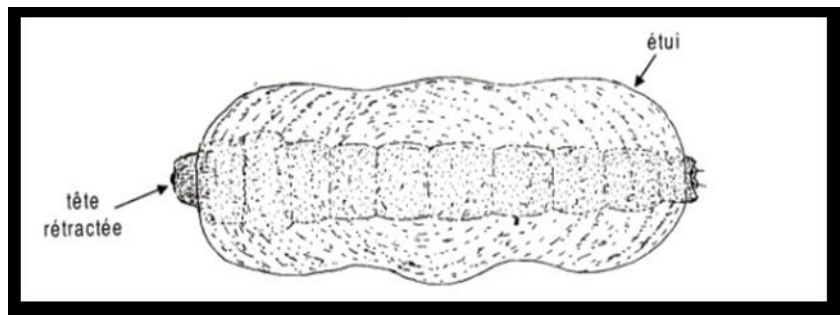


Figure 14 : Limoniidae larve de Thaumastoptera (Tachet et al, 2012)

2.5. Les Coléoptères: Les Coléoptères constituent le principal ordre d'insectes, connus depuis le Permien et sont l'ordre le plus ancien des insectes holométabole. Chez tous les Coléoptères, les nymphes exceptées (Chrysomelidae Donaciinae, Noteridae) sont toujours terrestres. Chez les Dyticidae et les Elmidae, larves et adultes sont aquatiques. Tandis que chez (Scirtidae, Psephenidae, Chrysomelidae Donacidae) les larves sont aquatiques; enfin les (Hydraenidae, Hydrochydæet les Helophoridae) seuls les adultes sont aquatiques.

2.5.1. Classification

Tableau 9 : Les familles et les critères d'identification des différents sous-ordre des Coléoptères (Tachet et al, 2012)

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

2.5.2. Morphologie:

➤ **Les larves:** Elles sont très polymorphes, de tailles variées du millimètre pour hydroscapha à 6centimètres pour Hydrophilus. La tête est entièrement sclérifiées

La tête: Constitue une capsule céphalique entièrement sclérifiée, yeux constitués de stemmates. les antennes sont à quatre articles; Les mandibules de type broyeur.....

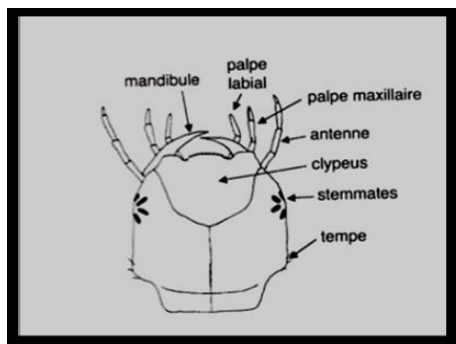


Figure 15 : Capsule céphalique de larve de Dytiscidae (Tachet et al, 2012)

Le thorax: Le prothorax est plus développé que les deux autres segments. Les tergites peuvent être sclérifiés ou membraneux, les branchies sont dorsales ou ventrales, les pattes thoraciques sont toujours présentes. La morphologie des trois paires de pattes est souvent similaire, elles sont frangées de soies natatoires.

Critère d'identification: Le nombre d'articles constituant les pattes permet de différencier les Adephaga des deux autres sous-ordres de Coléoptère. Chez les Adephaga la patte comprend cinq articles: hanche, trochanter, fémur, et tarse, ce dernier portant une ou deux griffes terminales; Chez les Polyphaga et les Myxophaga, la patte ne comprend que quatre articles: Hanche, trochanter, fémur, tibio-tarse portant ou non des griffes.

L'abdomen: Comporte 8 à 10 segments visibles. Soit des branchies latérales et /ou dorsales, des pseudopodes. L'extrémité de l'abdomen peut présenter des variations importantes: porter des appendices articulés pairs tels que les **urogomphes** (Dytiscidae), quatre crochets (Gyrinidae).....ou les derniers segments peuvent former un atrium respiratoire (Hidophilidae)

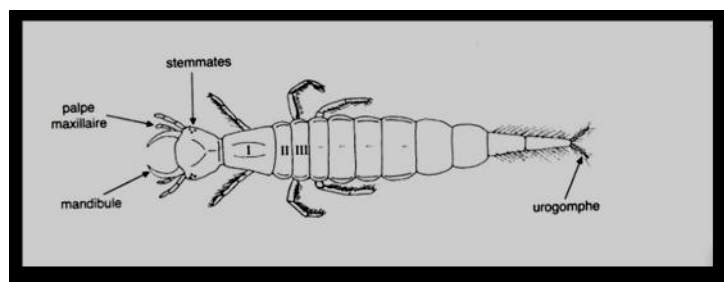


Figure 16 : Larve de Dytiscidae (Tachet et al, 2012)

- **Les nymphes:** Elles sont terrestres chez la grande majorité des Coléoptères aquatiques. Chez les Donaciinae et les Noteridae, les nymphes sont dans un cocon sous l'eau mais rempli d'air.
- **Les adultes:** Les élytres recouvrent complètement l'abdomen. Les tailles sont très variables de 1mm pour *Hemisphaera* (Hydrophilidae) à plus de 4cm pour *Dytiscus* et *Hydrophilus*.

La tête: La capsule céphalique est rigide, elle est **prognathe**. Dorsalement des antennes avec des antennes de formes variées de sept à onze articles. Les yeux composés, divisés en deux : une paire latéro-dorsale (vision aérienne) et une paire ventrale (vision subaquatique). Les pièces buccales sont de type broyeur.

Le thorax: Le prothorax constitue une pièce unique, il est indépendant des deux autres segments unis à l'abdomen pour former le ptérothorax. Le mésothorax porte les élytres dont les ornements sont utilisés comme critère d'identification. Le métathorax est bien développé et porte le plus souvent une paire d'ailes membraneuses utilisées pour le vol et qui sont repliées au repos sous les élytres. Les pattes comportent une hanche, un coxa, un trochanter, un fémur, un tibia et un tarse composé

de tarsomères (5) dont le dernier, l'onychium porte deux griffes. Les pattes postérieures sont adaptées à la nage grâce à la présence de franges et de soie.

L'abdomen: Dorsalement, il n'est pas visible sauf les deux derniers segments. Il comprend 10 segments mais il y a des régressions et des invaginations dans la région postérieure. Les tergites protégées par les élytres sont mous, les sternites sont toujours sclérifiées et au maximum sept sont visibles.

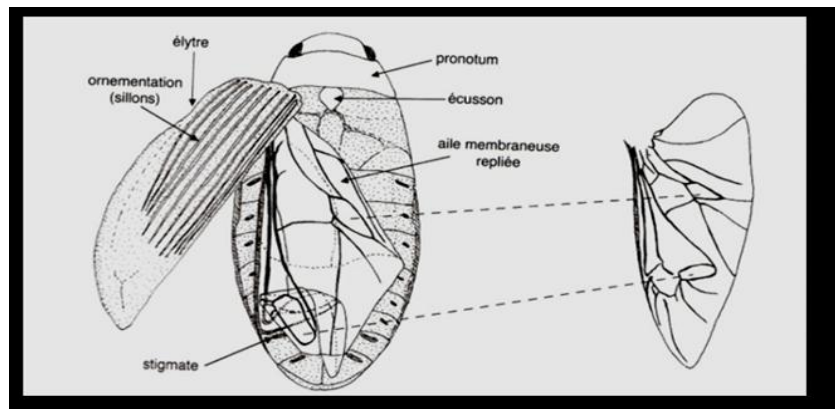


Figure 17 : Adulte de dytiscidae (Tachet et al, 2012)

Critères d'identification: La structure des génitalia mâles est un des principaux caractères pour distinguer les espèces.

2.5.3. Biologie

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

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

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

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

Noteridae, Donaciinae et Curculionidae, elle se passe dans le milieu aquatique dans un cocon rempli d'air.

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

2.6. Les Odonates: Ce sont des insectes hémimétaboles à larves aquatiques connus depuis le Carbonifère avec trois sous-ordres.

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

Tableau 10 : Les différents sous-ordres et familles des Odonates
(Aguilar et Dommangeat, 1985)

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

2.6.2. Morphologie:

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

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

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

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

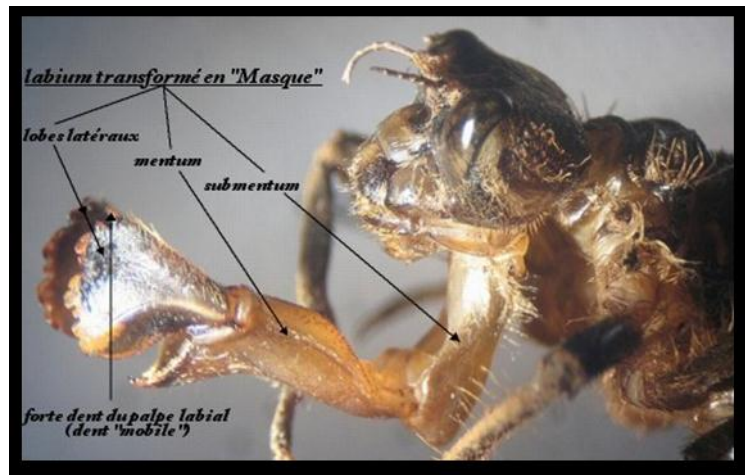


Photo 6: Masque d'une larve d'Aeschnide
(M.Verolet)

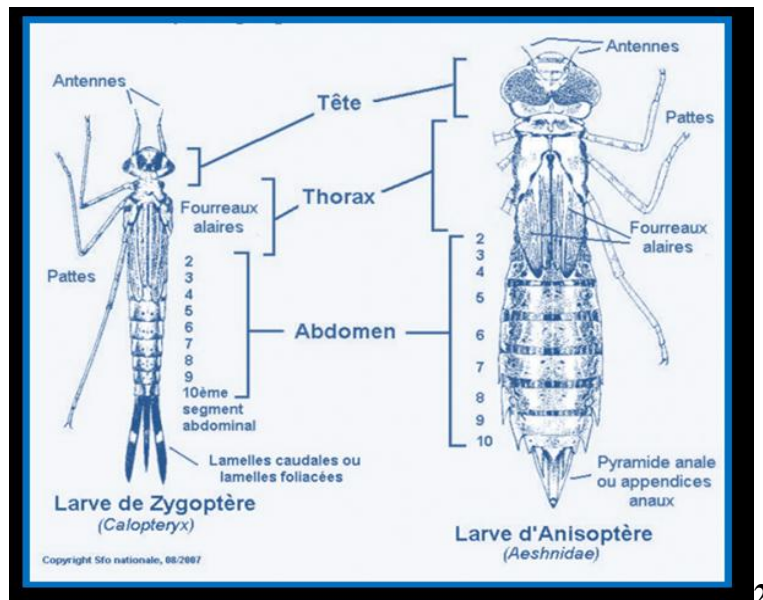


Figure 18 : Morphologie générale des larves d'Odonates

- **Les adultes:** La tête est volumineuse, les yeux composés sont très développés, séparés chez les Zygoptères et les Gomphidés et se touchent chez les autres Anisoptères. Les antennes courtes, les ocelles sont présents. Labre, maxilles et mandibules sont de même type que chez les larves cependant le labium est non proctactile. La tête est très mobile par rapport à l'axe du corps. Le prothorax est réduit, le synthorax qui est formé du méso et métathorax porte les ailes et les pattes médianes et postérieures. Les pattes sont allongées et grêles. les ailes possèdent une nervation dense, chez les Anisoptères, les ailes antérieures sont plus étroites que les ailes postérieures. L'abdomen est plus long que chez les larves.

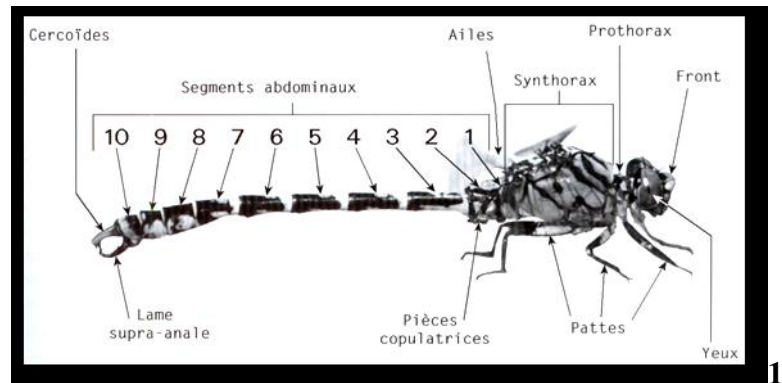


Figure 19 : Morphologie générale d'une libellule

2.6.3. Critères d'identification

La nervation alaire la couleur et les dessins sur l'abdomen représentent les principaux critères d'identification des espèces.

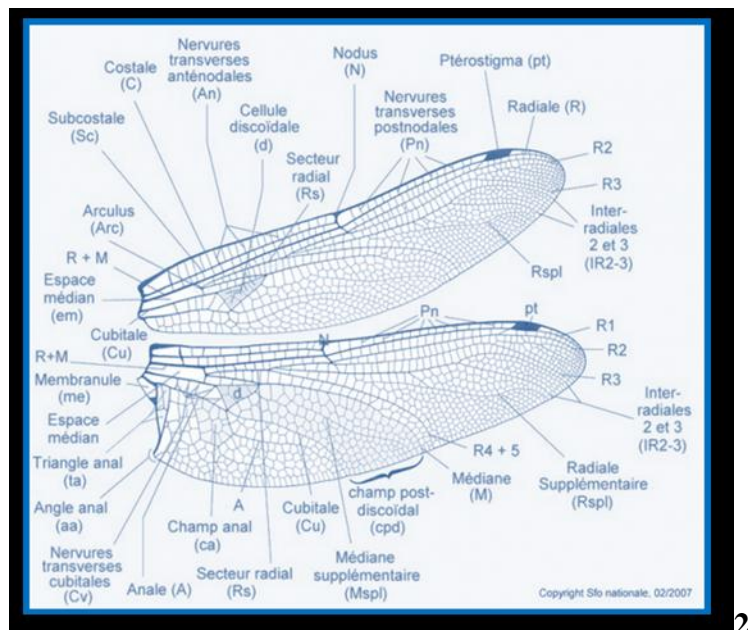


Figure 20 : Nervation alaire des Odonates

2.6.4. Biologie et écologie: Les larves sont prédatrices et se nourrissent de proies vivantes qu'elles chassent à l'affut. A la fin de la vie larvaire, les larves gagnent un support et subissent la mue imaginale. L'adulte est également prédateur. La reproduction est originale: Le mâle doit d'abord effectuer un transfert du sperme (il recourbe son abdomen en ramenant l'orifice génital (neuvième segment) au contact de l'appareil copulateur (deuxième segment) ensuite la femelle recourbe son abdomen pour joindre son orifice génital à l'organe copulateur du mâle) il y a alors formation du cœur copulateur. La ponte peut -être endophyte (dans les tissus des plantes), épiphyte (à la surface de la végétation) ou exophyte (dans l'eau); le nombre d'œufs varie de quelques centaines à des milliers, ils peuvent se développer directement ou

passer par une diapause. Il y a de 7 à 15 stades larvaires et le développement varie de un à cinq ans. La respiration chez les Zygoptères se fait grâce aux lamelles caudales qui assurent une absorption efficace de l'oxygène que le reste du corps (**Pennack & Mac Call, 1944 in Corbet 1955**). Chez les Anisoptères, la respiration se fait grâce à des branchies situées sur la surface interne du rectum (**Corbet 1954**). L'eau est renouvelée continuellement par des mouvements de pompage assurés par des muscles segmentaux dorso-ventraux (4,5) et des bandes de muscles transverses. Ils sont présents dans les milieux lenticules, certaines familles comme les Calopterygidae, les gomphidae, les Cordulegastridae ont une affinité envers les milieux lotiques.

2.7. Les Hémiptères: Ils se divisent en deux sous-ordres: Les Hétéroptères et les Homoptères

2.7.1: Classification

Tableau 11 : Infra-ordres et familles des Hémiptères (Tachet et al, 2012)

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

2.7.2: Morphologie:

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

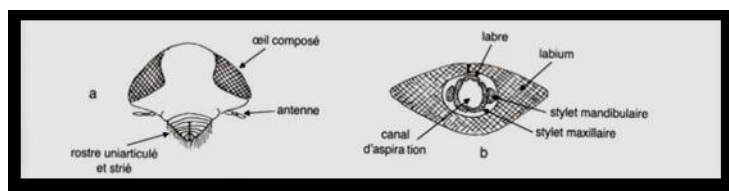


Figure 21 : Tête et pièces buccales d'Hétéroptères a) tête b) rostre (Tachet et al, 2012)

- **Le thorax:** Au niveau du mésothorax, il existe une pièce triangulaire: Le scutellum (écusson), les pattes sont de formes variées, le tarse a 1 à 3 articles chez l'adulte et 1

seul chez la larve . Il y a 1 ou 2 griffes. Les ailes antérieures sont rabattues à plat sur l'abdomen et présentent une partie proximale sclérifiée et une partie membraneuse, les ailes postérieures sont membraneuses

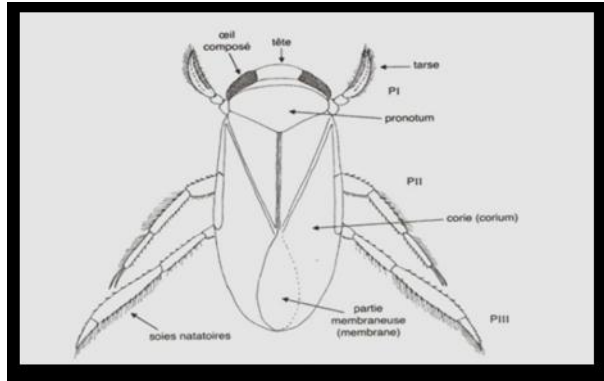


Figure 22: Corps d'un adulte mâle d'hétéroptère (Tachet et al, 2012)

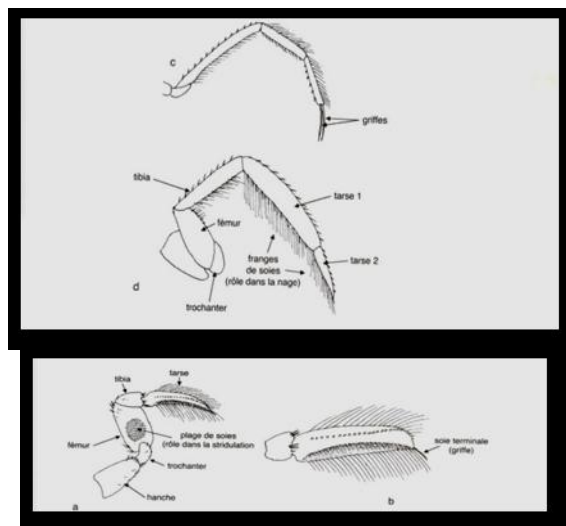


Figure 23: Pattes d'Hétéroptères a) PI b) Tarses des PI c) PII d) PIII (Tachet et al, 2012)

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

2.7.3: Biologie et écologie: Il ya 5 stades larvaires, la respiration aux deux premiers stades se fait à travers les téguments, l'oxygène est stocké dans l'espace compris entre les ailes et l'abdomen. La ponte est endophytique, le cycle est monovoltin rarement bi ou polyvoltin. Les Nepomorpha sont des Hétéroptères aquatiques cependant les adultes peuvent quitter temporairement le milieu aquatique. Ils sont prédateurs, cependant, certains corixidae sont détritivores ou consommateurs d'algues. Les Gerridae sont des prédateurs (cadavres d'insectes ou invertébrés tombés dans l'eau.

2.8. Les Annelides: Les Oligochètes et les Achètes, représentent les principales classes de cet embranchement.

2.8.1. Les Oligochètes

➤ **Classification:** Voir tableau 12 Ci-dessous

Tableau 12 : Les différentes familles des Oligochètes et des Achètes (Tachet et al, 2012)

Embranchement	Classes	Familles
Annelides	Oligochètes	Haplotaxidae Naididae Tubificidae Lumbriculidae Enchytraeidae Proppapidae Lumbricidae Sparganophilidae
	Achètes ou Hirudinées	Glossiphoniidae Piscicolidae Hirudidae Herpobdellidae
	Polychètes	

- **Morphologie:** Ce sont des Annelides caractérisés par la présence par deux paires de soies: une paire latéro-dorsale et une paire latéro-ventrale. Les individus matures présentent un épaissement glandulaire, le clitellum en relation avec l'appareil génital.
- **Techniques d'identification:** La systématique des familles repose sur la structure et la et la structure disposition des soies, de l'appareil génital.

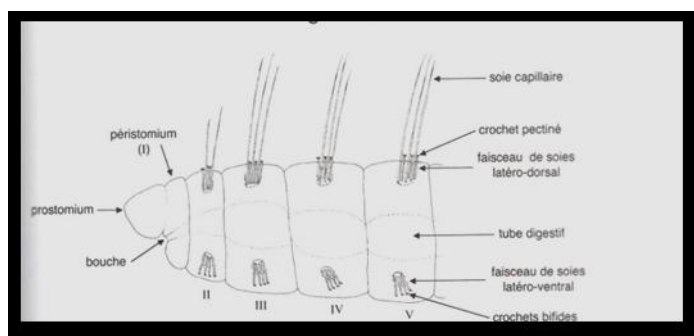


Figure 24 : Région antérieure d'un Oligochète (Tachet et al, 2012)

- **Biologie et écologie:** Les Oligochètes sont hermaphrodites, la reproduction sexuée aboutit à la formation de cocons, le développement est direct. Il sort du cocon des Oligochètes miniatures. La reproduction peut également être asexuée (scissiparité) avec soit fragmentation en plusieurs individus puis régénération, soit paratomie: constitution

de chaînes d'individus, les zoïdes. La durée de vie est de quelques semaines ou quelques mois, voire quelques années pour certains Tubificidae. De nombreuses espèces sont cosmopolites. Les Naididae et les Tubificidae sont exclusivement aquatiques (eaux douces dans de rares cas en milieu saumâtre). De très nombreuses espèces sont fouisseuses, détritivores se nourrissant de matières organiques en décomposition mais certaines espèces sont algivores (*Stylaria lacustris*), d'autres carnivores (*Chaetogaster diaphanus*). Ils constituent une source de nourriture pour de nombreux macroinvertébrés et pour les poissons. La dispersion reste limitée et la dissémination peut se faire passivement par le courant.

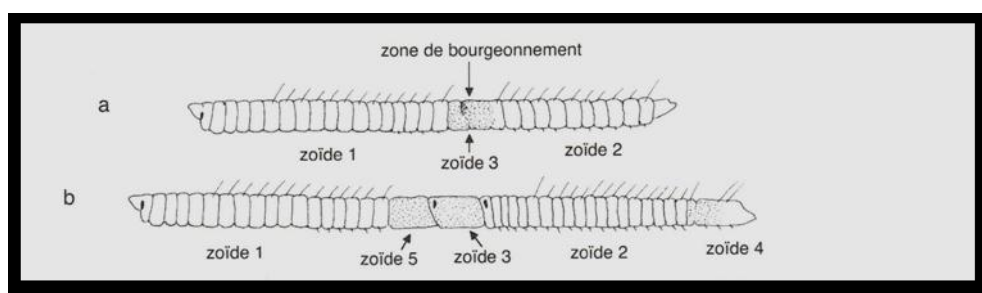


Figure 25: Reproduction asexuée par paratomie aboutissant à la création de zoïdes
a) Première étape b) deuxième étape (Tachet et al, 2012)

2.8.2: Les Achètes: Ou sangsues sont présentes en milieu marin qu'en eau douce. Certaines espèces sont terrestres (*Trocheta bykowskii*). Plusieurs espèces sont parasites.

➤ **Classification**

Tableau 13 : Sous -Ordre et familles des Achètes (Tachet et al, 2012)

Sous-Ordres		
Rhynchobdelliformes	Gnathobdelliformes	Pharyngobdelliformes
Familles		
Glissiphoniidae Piscicolidae	Hirudidae	Erpobdellidae

- **Morphologie:** Tous les Achètes présentent une ventouse antérieure, où s'ouvre la bouche et une ventouse postérieure. L'anus est dorsal et s'ouvre en avant de la ventouse postérieure. Le corps est segmenté.
- **Biologie et écologie:** Les Achètes sont Hermaphrodites, la reproduction est exclusivement sexuée et croisée, il y a formation de cocons où les œufs sont déposés, ce dernier est soit collé au substrat (Piscicolidae, Erpobdellidae) ou à la face ventrale du géniteur qui va le transporter jusqu'à l'éclosion des sangsues. Le développement est direct. La durée de vie est de plusieurs années, pour les espèces hématophage, elle est d'une année. On les trouve dans les milieux stagnants et

lotiques. Ils sont résistants à des conditions d'hypoxie: Ce sont les seuls prédateurs des milieux où la pollution organique est élevée. Les sangsues sont soit prédatrices: elles perforent les téguments des proies pour en aspirer l'**hémolymphe** ou parasites en pompant le sang de l'hôte (vertébré). La dispersion est assurée soit par les jeunes emportés par le courant ou bien par les cocons emportés par l'homme ou d'autres animaux quant aux espèces parasites, c'est l'hôte lui-même qui assure la dissémination.

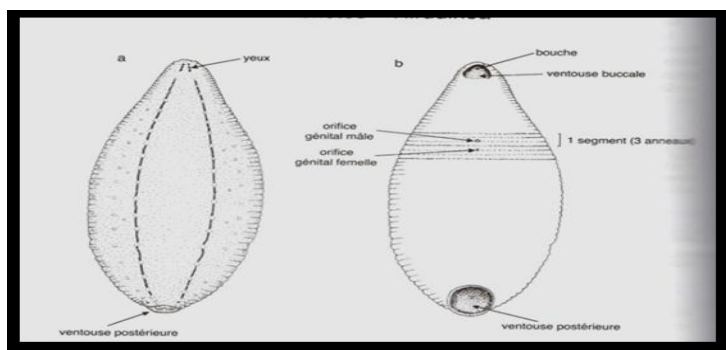


Figure 26 : Hirudinae a) Vue dorsale b) Vue ventrale (Tachet et al, 2012)

2.9. Les Gastéropodes

2.9.1. Classification:

Tableau 14 : Les sous-classes et familles des Gastéropodes (Tachet et al, 2012)

Classe	Gastéropodes	
Sous-Classes	Prosobranches	Pulmonés
Familles	Viviparidae Neritidae Valvatidae Bithyniidae Hydrobiidae	Ancylidae Acroloxidae Ferrissiidae Planorbidae Lymnaeidae Physidae

2.9.2. Morphologie

Prosobranches	Pulmonés
Coquille spiralée, fermée par un opercule calcaire, elle est généralement dextre (à droite), les yeux sont à la base des tentacules	Coquille spiralée conique, soit patelliforme, elle peut être dextre ou senestre, la cavité palléale est transformée en poumon à orifice unique: le pneumostome

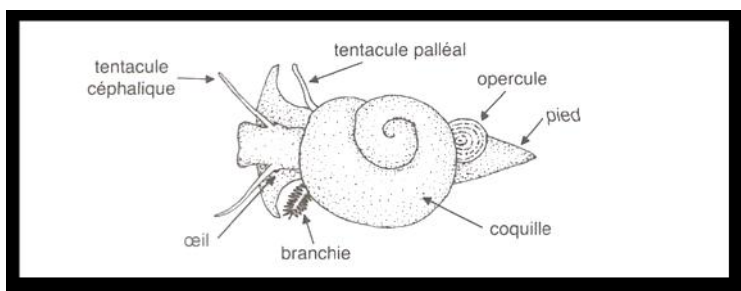


Figure 27 : Gastéropode Prosobranche vue dorsale
(Tachet et al, 2012)

2.9.3. Biologie et écologie:

Les pulmonés sont toujours hermaphrodites, les sexes sont séparés chez les Prosobranches. Les femelles des pulmonés collent leurs œufs au substrat. La reproduction va du printemps à l'été; Le développement est direct, la durée de vie est de 9 à 15 mois. Il ya monovoltinisme ou bivoltinisme (une génération en été et une autre au printemps). Il ya hibernation et estivation les espèces secrètent alors un épiphragme. Les Gastéropodes sont herbivores, détritivores. La dispersion se fait grâce aux oiseaux et lors des crues.

2.10. Les bivalves: Ce sont des mollusques caractérisés par la présence de deux valves, les bivalves d'eau douce sont soit de grande taille , de taille moyenne ou de très petite taille.

2.10.1. Classification

Tableau 15: Super-Famille et Familles des Bivalves

Super-Famille		
UNIONACAE	DREISSENACEA	CORBICULACAE
Famille		
Margaritiferidae	Dreissenacae	Sphaeriidae
Unionidae		Corbiculidae

2.10.2. Morphologie:

- 1- Position du crochet (umbo), la présence de muscles adducteurs identiques ou dissymétriques
- 2- Les deux cténidies (branchies)
- 3- La structure du bord postérieur du manteau et la manière dont sont agencées les ouvertures inhalante et exhalante.

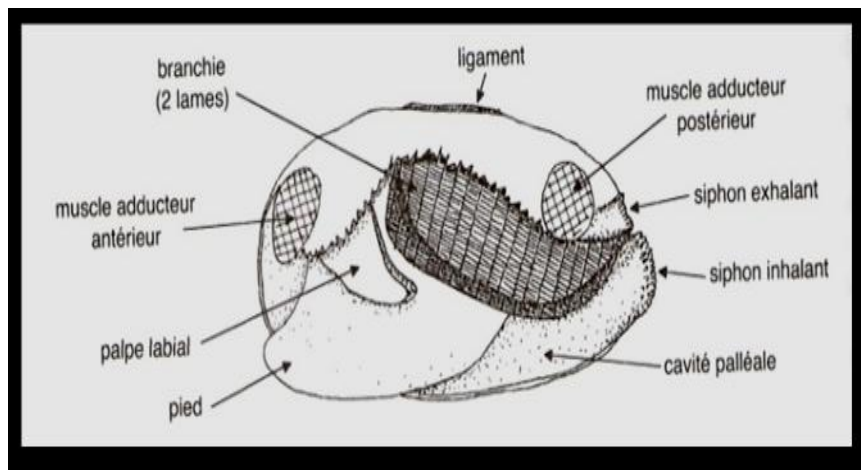


Figure 28 : Bivalve vue latérale (valve gauche enlevée et le manteau partiellement déchiré) (Tachet et al, 2012)

2.10.3. Biologie et écologie: Les Sphaeriidae sont hermaphrodites, les Unionacae et les Dreissenacae ont les sexes séparés. La période de reproduction s'étend de la fin de l'hiver jusqu'au début de l'automne. Après la fécondation, le développement se poursuit dans la demi-cténidie externe, puis il y a libération par le siphon exhalant d'une larve particulière glochidium pourvue d'un long filament et porte des crochets au bord des valves. ces larves se fixent sur les nageoires des poissons où elles se trouvent enkystées par les réactions de l'hôte. Après quelques semaines, elles crèvent les parois du kyste et tombe sur le fond où elle va poursuivre son développement. La longévité est de 30 ans (Unionidae), 100ans ou plus chez les Margaritiferidae (Mouthon, 1982), de 3à 4ans chez les Sphaeriidae. Ce sont des filtreurs (phytoplancton, bactéries et fins débris organiques). Ce sont les hôtes de nombreux parasites (Trématodes). La prédation est le fait des Crustacés, poissons et oiseaux; La dispersion est assuré par les poissons, elle est facilitée par le byssus qui leur permet de se fixer sur un support rigide (coque de bateau).

2.10.4. Critères d'identification: La détermination au niveau spécifique est basée uniquement sur les parties molles; Pour les Unionacae, l'identification des principaux genres repose sur la coquille qui présente une grande variabilité.

2.11. Les Crustacés: Cette classe comprend un très grand nombre d'espèces en milieu marin, en eau douce trois sous-classes correspondent aux macroinvertébrés benthiques: Branchiourses, Branchiopodes, Malacostracés.

2.11.1. Classification

Tableau 16 : Sous-Classes, Ordres, Sous-ordres et Familles des Crustacés (Tachet et al, 2012)

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

NB/ Nous nous limiterons dans la partie présente de ce chapitre à la seule description des taxons échantillonnés.

2.11.2. Morphologie: Les Amphipodes se caractérisent par un aplatissement latéral, les antennes sont presque de même taille excepté chez les Corophiidae où les antennes présentent un fort développement. Chez les premières familles (voir tableau ci-dessus) les péreïpodes 4 et 5 sont dirigés vers l'avant et les péreïpodes 6,7et 8 sont dirigés vers l'arrière.

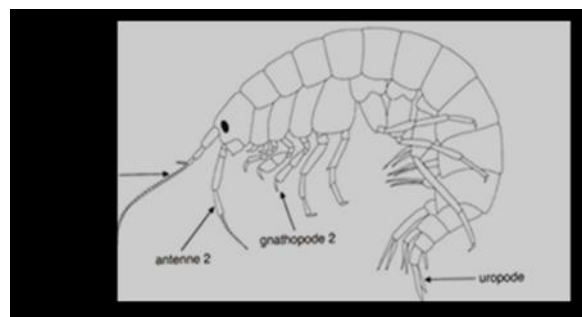


Figure 29 : Amphipode, Gammaridae vue latérale (Tachet et al, 2012)

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

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

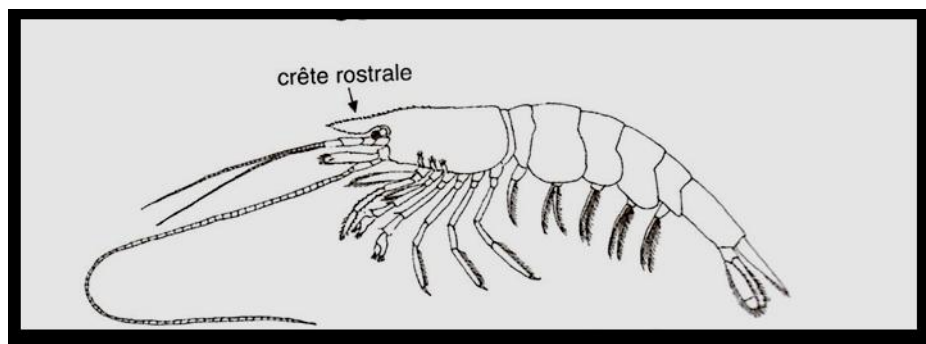


Figure 30 : Décapode, Macroure, Atyidae (vue latérale) (Tachet et al, 2012)

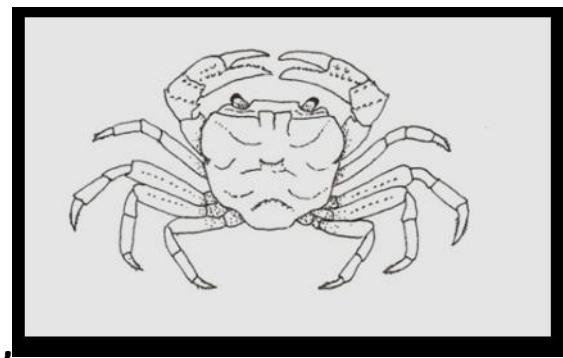


Figure 31: Décapode, Brachyoure, Potamonidae (vue dorsale)
(Tachet et al, 2012)

Troisième chapitre

Matériel et méthodes

3.1. Description des stations d'études

Sur le cours d'eau de la Seybouse, quatre stations ont été choisies :

- **Seybouse: Salah Salah Salah (Bentabouche)**

Altitude (m) : 242,1m

Latitude : N 36° 27.687'

Longitude : E 007° 20.363'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum: 6,67

Maximum:16

Profondeur(m)

Minimum: 0,19

Maximum:0,76

Vitesse du courant : 63 cm/s rapide

Substrat: Roche mère, Galets 20%, Graviers 60% et sable grossier 20%

Végétation: *Typha angustifolia* et *nerium oleander*

Anthropisation: Terres cultivées en amont de la station



- **Seybouse (Boumahra)**

Altitude (m) : 133,3m

Latitude : N 36° 26.814'

Longitude : E 007° 34.232'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum: 8,67

Maximum:20

Profondeur(m)

Minimum: 0,49

Maximum: 1,23

Vitesse du courant : 61,8 cm/s rapide

Substrat: Blocs de pierres, Galets 5%, Gravier 15% et sable grossier 80%

Végétation: *Typha angustifolia*, *vaccinium myrtillus* et *nerium oleander*.

Anthropisation: Prélèvement d'eau, lavage de voitures.



• **Oued Hlia (Affluent de Seybouse)**

Altitude (m) : 421,8m

Latitude : N 36° 20.143'

Longitude : E 007° 29.724'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum: 1,83

Maximum: 4,5

Profondeur(m)

Minimum: 0,1

Maximum: 0,55

Vitesse du courant : 69,5 cm/s rapide

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

Végétation: La berge est nue mais aux alentours, nous pouvons voir des arbres d'*Olea europea* et de *Ficus carica* ainsi que des arbustes de *vaccinium myrtillus* et *nerium oleander*.

Anthropisation: Habitations en amont avec activité d'élevage



• **Oued Boussera (Affluent de Seybouse)**

Altitude (m) : 300,1m

Latitude : N 36° 22.704'

Longitude : E 007° 30.948'

Largeur du lit mouillé (m)

Minimum: 0,97

Maximum: 5

Profondeur(m)

Minimum: 0,22

Maximum: 0,61

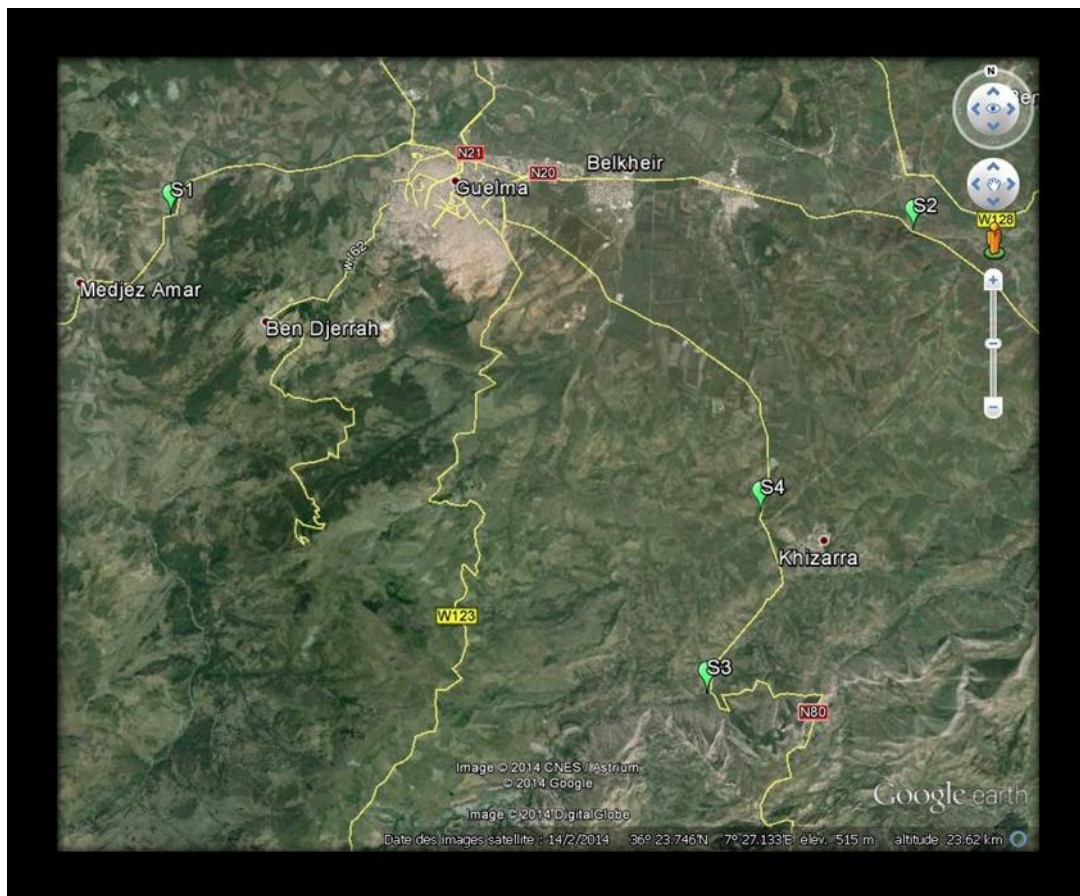
Vitesse du courant : 61,67 cm/s rapide

Substrat: De la vase, galets par endroits, 40% de sable grossier et 60% de gravier.

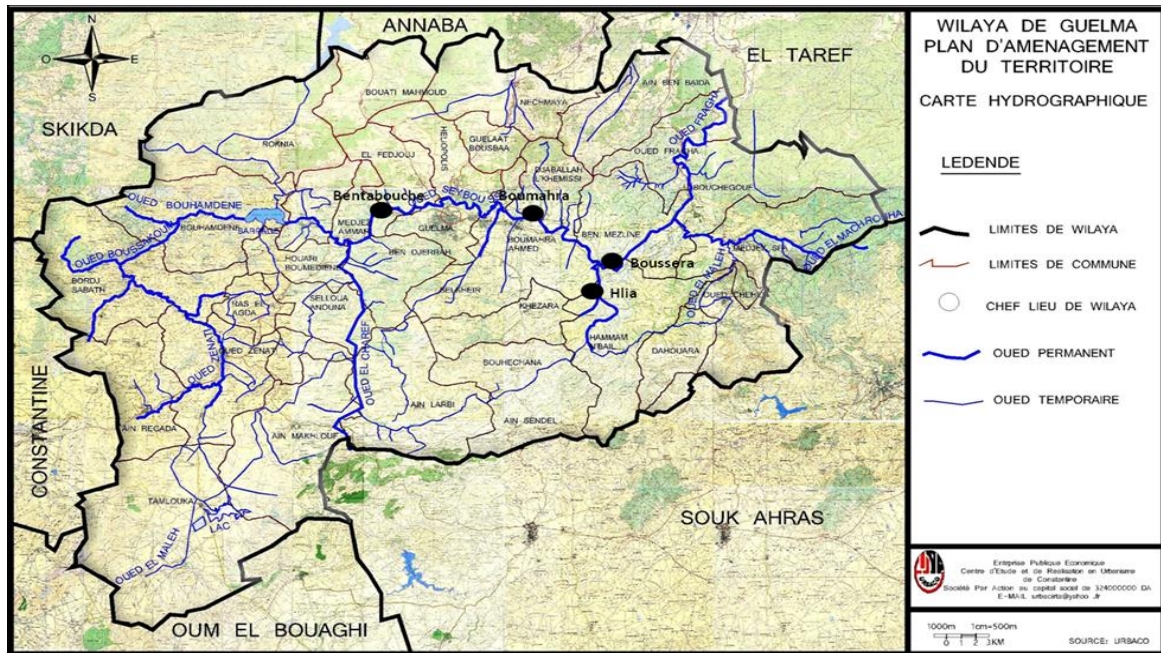
Végétation: *Nerium oleander*, des arbres d'*Olea europea* et *vaccinium myrtillus*.

Anthropisation: A proximité de la station, il y a un hangar où se fait l'élevage de bovins.





Carte 6: Localisation des stations d'étude sur la Seybouse et ses affluents (Google earth)



Carte 7 : Localisation des stations d'étude sur Oued Seybouse et ses affluents (URBACO, 2012)

3.2. Evaluation de la qualité des eaux de la Seybouse :

Afin d'évaluer la qualité des eaux de nos stations, nous avons opté pour deux approches : l'une physico-chimique et l'autre biologique basée sur l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques.

3.2.1. Approche physico-chimique:

- ❖ Cette partie de notre travail a été réalisée au sein du laboratoire de l'ADE de H Debagh
- ❖ la DBO5 a été réalisée conjointement à l'ONA et à l'université 8 mai 45



Les analyses chimiques restent le seul moyen d'identifier la nature exacte des polluants, les teneurs qu'ils peuvent atteindre et leur répercussion sur la faune. Le prélèvement est simple et rapide mais il est le reflet d'un état momentané par rapport aux fluctuations journalières des charges polluantes.

- **Stratégie d'échantillonnage:** La période couverte par cette étude s'étend du mois de décembre 2013 au mois de mars 2014. Etant donné les fluctuations temporelles qui s'opèrent au niveau du cours d'eau et pour une meilleure fiabilité, nous avons augmenté la fréquence des prélèvements à un prélèvement tous les quinze jours (voir tableau des sorties en annexes).

3.2.1.1. Choix des paramètres physico-chimiques

- **Paramètres physiques**
 - **La Hauteur d'eau :** La profondeur ou la hauteur d'eau influence simultanément la température de l'eau et son oxygénation, elle est mesurée à l'aide d'un manche en bois d'un mètre et demi de longueur gradué chaque 10cm. La valeur moyenne est enregistrée après plusieurs mesures effectuées au niveau du lit de l'oued.
 - **La largeur du lit mouillé :** Elle est estimée grâce à un décamètre.

- **La vitesse du courant:** Dans les milieux lotiques, la vitesse du courant est un facteur important car elle conditionne le transport des nutriments, le renouvellement de l'oxygène et la dérive des insectes. Certains organismes ont d'ailleurs développé des **adaptations morphologiques** pour résister au courant. Ainsi Certaines larves d'éphémères sont aplaties afin de réduire la surface de leur corps exposée au courant, ce qui leur permet de moins se faire entraîner.

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



- **Le substrat:** La texture du sol correspond à sa granulométrie. On distingue plusieurs catégories (graviers, sable grossier, sable fin, limons et argiles, pierre, cailloux, blocs....). La structure du sol a une grande importance. Elle intervient en particulier dans l'aération et la répartition des animaux (vers, Coléoptères, Polychètes, Crustacés...). Pour cela, des échantillons de chaque station ont été prélevés et traités partiellement au laboratoire des sols et développement durable à l'université d'Annaba. Le séchage s'est fait dans un bain de sable à 300° Celsius.
- A l'aide d'un tamis de deux (2) mm de diamètre nous avons séparés les différentes fractions (tableau 17) . Pour la fraction supérieure à 2 mm, nous avons utilisé un micromètre afin de mesurer le diamètre des cailloux, le pourcentage de chaque fraction est ensuite estimé.

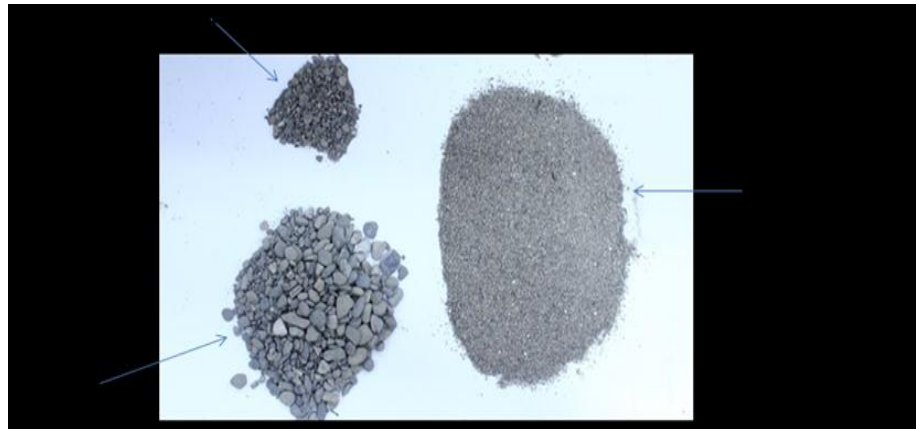


Tableau 17 : Dénomination et taille des différentes fractions du substrat (Dajoz, 2006)

Dénomination	Taille des éléments
Blocs	> 20cm
Galets	2à20cm
Cailloux	> 6cm
Graviers	2 à20mm
Sable grossier	0,2mm à 2mm
Sable fin	0,2mm à 20µm
Limons	2 µm à 20 µm

➤ Paramètres abiotiques

- **La température de l'eau** : Tous les macro invertébrés benthiques sont des organismes poïkilothermes, donc leur température corporelle varie fortement en fonction de celle de l'environnement. Ces organismes sont donc très dépendants de la température de leur milieu de vie car elle conditionne leur cycle biologique (développement des œufs, croissance des larves). La température varie selon la profondeur, l'origine des eaux alimentant l'oued et la nature des rejets.
- **La conductivité** : Mesurée en µS/cm ou mS/cm (micro ou milliSiemens par cm) et s'effectue à l'aide d'un conductimètre. Celui-ci mesure le passage de l'électricité entre deux électrodes plongées dans l'eau et permet d'évaluer la quantité de sels dissous dans l'eau (calcium, magnésium, sodium, potassium, bicarbonates, chlorures, sulfates, nitrates et phosphates). La mesure de la conductivité est un moyen assez simple de détection d'une anomalie indiquant la présence probable d'une pollution (SEQ-EAU, 2003).

- **L'oxygène dissous** : La présence d'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies. L'oxygène de l'eau permet le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène. L'oxygénation de l'eau provient d'abord du contact de sa surface avec l'atmosphère. Elle est favorisée par les remous, les cascades et surtout la fraîcheur de l'eau. Car plus l'eau s'échauffe, moins l'oxygène y est soluble. Une oxygénation supplémentaire est apportée par les plantes vertes aquatiques qui en produisent le jour à la lumière du soleil. Cependant la nuit les végétaux consomment de l'oxygène, et s'il y a trop de végétaux dans peu d'eau, la faune peut être menacée d'asphyxie (anoxie). La teneur en oxygène est également fonction de la profondeur.

Mode opératoire : La mesure est faite à l'aide d'un multiparamètre wtw qui donne la valeur de l'oxygène en mg/l et en pourcentage de saturation (%). Il s'agit du pourcentage d'oxygène dissous réel présent dans l'eau par rapport au maximum possible d'oxygène soluble compte tenu de la température et de la pression atmosphérique (SEQ-EAU, 2003).



Le pH : Il traduit l'acidité ou la basicité de l'eau et influence un grand nombre de réactions chimiques. Les valeurs les plus favorables à la vie sont comprises entre 7 et 9. Un électro-pH-mètre de paillasse de type HANNA permet la mesure.

La turbidité : C'est un paramètre qui traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (Débris organiques, argile, organismes microscopiques). Les eaux turbides limitent la pénétration des rayons lumineux nécessaires à la photosynthèse. Elle résulte du bilan naturel et anthropique :

- Des apports fluviaux ;
- Des apports atmosphériques ;
- Des échanges eaux-sédiments, liés aux mouvements de masses d'eau (courant, tempêtes...)

La mesure est donnée grâce à un turbidimètre optique permettant les mesures par absorption, utilisés pour une turbidité supérieure à 40.

NB : Les réactions chimiques étant excessivement rapides, des modifications significatives peuvent se produire en quelques minutes. Une analyse in situ ou sur site s'impose donc pour certaines analyses ; ce sont les moyens de conservation des échantillons, mis en œuvre sur le site lors du prélèvement, qui garantiront une absence d'évolution des paramètres au cours du temps (Rodier, 2010). Pour cela, les prélèvements sont transportés dans une glacière et

maintenus au réfrigérateur à l'obscurité jusqu'au traitement qui ne doit pas dépasser les quarante huit heures

3.2.1.2. Choix des paramètres de pollution

- **Les nitrates (NO_3^-)** : Les nitrates représentent la forme azotée souvent la plus présente dans les eaux naturelles. Ils constituent la composante principale de l'azote inorganique (Ninorganique) ou minéral, lui-même inclus majoritairement dans l'azote global (NGL) ou azote total (NT) avec une autre composante, l'azote organique .

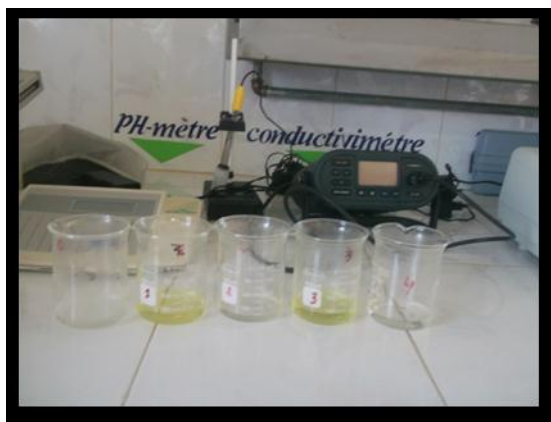
$$\text{Ninorganique} = \text{N-NH}_4^+ + \text{N-NO}_3^- + \text{N-NO}_2^- = \text{NT} - \text{Norganique}$$

Une autre classification des formes d'azote consiste à différencier :

- Les formes oxydées (N-NO_3^- et N-NO_2^-) qui forment l'azote inorganique oxydé
- Les formes réduites (N-NH_4^+ et N organique) formant le NK ou l'azote Kjeldahl (**Rodier, 9ème édition**)
- **Origine** : Les nitrates proviennent du lessivage des engrais, des eaux usées domestiques et parfois des eaux usées industrielles. Ils constituent l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Lorsqu'ils sont présents en quantité importante, ils provoquent le phénomène d'eutrophisation qui constitue un danger pour la faune et la flore (**Pollution Industrielle**)

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

- **Mode opératoire** : Prendre 10ml de l'échantillon à analyser, ajouter 2 à 3 gouttes de NAOH à 30%, ajouter 1ml de salicylate de sodium et évaporer au bain marie. Reprendre le résidu avec 2ml de H_2SO_4 et laisser reposer 10mn. Ajouter 15ml d'eau distillée et 15 ml de tartrate double de sodium et de potassium.
- **Résultats**: Les nitrates en présence de salicylate de sodium, donnent du paranitrosoulate de sodium coloré en jaune. La quantité de nitrates contenue dans l'échantillon est directement exprimée en mg/l à une longueur d'onde de 415nm.



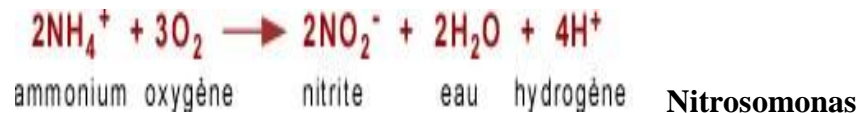
- **Les nitrites (NO_2^-)** : sont extrêmement toxiques pour les animaux car ils bloquent la fixation et le transport d'oxygène par l'hémoglobine du sang. Les nitrites proviennent

soit de l'oxydation bactérienne de l'ammonium (nitritation), soit de la réduction des nitrates (nitratation) ; ces deux opérations forment la nitrification

1-La nitrification



- **La nitritation :**



- **La nitratation**

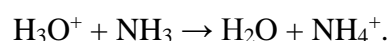


La méthode adoptée est celle au sulfanilamide (voir en annexes)

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



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



Le taux d'ammoniac converti en ion ammonium dépend du pH de la solution. Si le pH est bas (c'est-à-dire s'il y a une forte concentration en ions hydronium), les changements s'équilibrent en produisant une plus grande conversion d'ammoniac (par protonation) en ions ammonium. Si au contraire le pH est élevé (la concentration en ions hydronium est faible), l'équilibre est obtenu avec captage de protons de l'ion ammonium par les ions hydroxyde, générant de

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

- **Principe** : En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore pour les transformer en monochloramine (NH_2Cl) et de phénol donnent du bleu d'indophénol (Rodier, 9ème édition).
- **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



- **Les ortho phosphates** : Ils sont utilisables pour la croissance des végétaux, parmi les phosphates présents dans l'eau, on distingue couramment : les orthophosphates (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}), qui sont des sels minéraux de l'acide phosphorique (H_3PO_4).
- **Origine** : Le phosphore est naturellement présent dans les eaux douces soit par le lessivage d'éléments minéraux issus de roches (ignées ou sédimentaires) par les processus naturels d'érosion soit par la décomposition de la matière organique.

les eaux de surfaces contiennent très peu de phosphates, la teneur naturelle (fond biogéochimique) en PO_4^{3-} des cours d'eaux est inférieure à 0,025 mg.L-1 (**Meybeck, 1989**).

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

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



- **Les matières en suspension :** Ce paramètre a été déjà mesuré lors de la turbidité, il s'agit d'utiliser une autre technique par filtration, par l'usage d'une pompe à vide en utilisant un filtre en fibre de verre (Voir annexes)
- **Résultats :** le poids des matières retenues par le filtre est déterminé par pesée différentielle (**Rodier, 9ème édition**).



- **La demande biologique en oxygène pendant cinq jours (DBO₅):** C'est la concentration, en masse d'oxygène dissous, consommée pour l'oxydation par voie biochimique des matières organiques contenues dans l'échantillon, dans les conditions de l'essai.

NB/ Il existe deux méthodes : Soit par dilution ou l'utilisation des oxitop , ces derniers donnent directement la valeur de la DBO après cinq jours

- **Principe :** La mesure avec OxiTop® repose sur une mesure de la pression dans un système clos. Les micro-organismes qui se trouvent dans l'échantillon

consomment l'oxygène en formant du CO₂. Celui-ci est absorbé avec NaOH. Il s'ensuit une dépression dont la mesure peut être lue.

- **Mode d'emploi :** Rincer les flacons avec l'échantillon, mesurer la quantité souhaitée, mettre le barreau magnétique à l'intérieur du flacon, ajouter deux pastilles de soude dans le godet en caoutchouc à l'aide d'une pince (les pastilles ne doivent jamais se trouver à l'intérieur des flacons), visser l'oxitop, appuyer sur les boutons S et M simultanément pendant 2s jusqu'à l'affichage du 00, maintenir les flacons de mesure avec l'oxitop à 20°C pendant 5 jours.
- **Résultats :** Pour lire les résultats, il faut appuyer su M et la mesure s'affiche en (digit), convertir la valeur mesurée en valeur DBO selon la formule suivante:

(Digit x facteur = DBO5 en mg/l)

Tableau 18 : Correspondance des valeurs selon le volume de l'échantillon et le facteur

(Mode d'emploi : Instruction manual WTW)

Valeur de l'échantillon (ml)	Plage de mesure mg/l	Facteur
432	0-40	1
365	0-80	2
250	0-200	50
164	0-400	10
97	0-800	20
43,5	0-2000	50
22,7	0-4000	100



Dispositif OxiTop (7)

3.2.1.3. Approches indicelles. Plusieurs indices ont été mis au point afin de permettre la mesure de la teneur des polluants dans l'eau, nous avons optés pour les indices suivants:

- Indice de pollution organique (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987)
- Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)
- Classification des paramètres par l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, 1986)Méthode de (Bouquiaux et Herman,1976)
- Méthode de (Bouquiaux et Herman,1976) modifiée par (Verniers et Micha, 1982)

A. Indice de pollution organique (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987)

Le principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 5 classes, puis de déterminer, à partir de ses propres mesures, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre puis d'en faire la moyenne.

Tableau 19: Paramètres et classe de qualité de l'indice de pollution organique

Paramètres Classes	DBO 5 mg-0 ₂ /l	Ammonium mg -N/l	nitrites mg-N/l	phosphates mg-P/l
5	< 2	< 0.1	0,005	0,015
4	2 – 5	0,1– 0.9	0,006 – 0,01	0,016 – 0,075
3	5.1 – 10	1– 2.4	0,011 – 0,05	0,076 – 0,25
2	10.1 – 15	2.5 – 6.0	0,051 – 0,15	0,251 – 0,9
1	> 15	> 6	> 0,15	> 0,9

IPO = moyenne des numéros de classes des 4 paramètres (au mieux) :

= 5.0 – 4.6 : pollution organique **nulle**

= 4.5 – 4.0 : pollution organique **faible**

= 3.9 – 3.0 : pollution organique **modérée**

= 2.9 – 2.0 : pollution organique **forte**

= 1.9 – 1.0 : pollution organique **très forte**

NB/ Si la DBO5 n'est pas disponible, on calcule la moyenne des numéros de classes avec les trois autres paramètres.

Remarque : le seul paramètre en relation directe avec la pollution organique est la DBO5 mais on peut considérer que les autres, qui sont des formes déjà minérales, résultent directement de la minéralisation des matières organiques et reflètent bien ce type de pollution. Ils sont d'ailleurs en quantité toujours très faible dans les milieux naturels. L'idéal serait de

remplacer l'ammonium et les nitrites par l'azote Kjeldahl et les phosphates par le phosphore total mais on dispose rarement de ces paramètres très coûteux (**Leclercq, 2001**)

B) Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)

Le principe est le même que celui de l'IPO mais on calcule la somme des valeurs de classe et non la moyenne.

NB/ les classes sont numérotées en sens inverse de celles de l'IPO : ainsi, un indice élevé correspondra à une pollution importante (**Leclercq, 2001**)

Tableau 20 : Les limites des classes de Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)

N° de classe	Oxygène dissous % de saturation	DBO5 mg-O2/l	Ammonium mg-N/l	Phosphore total mg-P/l
1	91-110	3	< 0,5	0,05
2	71-90	3,1-6,0	0,5-1,0	0,051-0,249
3	51-70	6,1-9,0	1,1-2,0	0,25-0,899
4	31-50	9,1-15,0	2,1-5,0	0,9-1,499
5	≤ 30	>15	> 5	≥1,5

LISEC-INDEX = somme des numéros de classe : 4 - < 6 : très bon 6 - < 10 : bon
 10 - < 14 : moyen 14 - < 18 : mauvais 18 - 20 : très mauvais

Remarque : il convient de toujours remplacer le mot « pollution moyenne » par « pollution modérée », le premier faisant croire qu'on pourrait avoir calculé une moyenne à partir de plusieurs analyses.

C) Classification des paramètres par l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, 1986)

Méthode de Bouquiaux et Herman, 1976)

C'est la même méthode que l'IPO (répartition des valeurs en 5 classes) mais il s'agit d'autres paramètres et d'autres classes.

Paramètres/ classes	Oxygène dissous %	D.C.O mg-O ₂ /l	B.O.D.5 mg-O ₂ /l	Ammonium mg-N/l	Phosphates µg-P /l	Phosphore total µg-P /l
5	90-110	≤5,0	≤1,0	≤0,05	≤50	≤50
4	70-89	5,1-10,0	1,1-3,0	0,06-0,50	51-100	51-100
3	50-69	10,1-20,0	3,1-5,0	0,51-1,00	101-200	101-200
2	30-49	20,1-50,0	5,1-10,0	1,01-2,00	201-400	201-400
1	<30	>50,0	>10,0	>2,00	>400	>400

***selon Min. de la Santé publique et de la famille, Inst. D'Hygiène et d'Epidémiologie, sept. 1986.** (des classes sont aussi définies pour la dureté totale, la conductivité, les chlorures, les sulfates, les fluorures, le mercure, le cadmium, le chrome, le plomb, les cyanures totaux, les détergents anioniques, les détergents anioniques et les hydrocarbures polyaromatiques).

L'IHE ne prévoyait pas de calculer un indice mais utilisait ces classes pour établir des cartes de qualité par paramètre.

5.0 – 4.6 : pollution organique **nulle**

4.5 – 4.0 : pollution organique **faible**

3.9 – 3.0 : pollution organique **modérée**

2.9 – 2.0 : pollution organique **forte**

1.9 – 1.0 : pollution organique **très forte**

D) Méthode de (Bouquiaux et Herman,1976) modifiée par (Verniers et Micha, 1982)

La méthode est basée sur l'évaluation de la qualité de l'eau au moyen de six paramètres selon une méthodologie inspirée des travaux de L'IHE (Bouquiaux et Herman,1976) ainsi que d'un travail au ministère des transports et des travaux publics hollandais (1979). Verniers et Micha (1982) ont modifié les normes afin de mieux les adapter aux milieux étudiés (**in Mehennaoui-Afri, 1998**).

Tableau 21 : Etablissement des niveaux de pollution chimique de l'eau selon (Verniers et Micha, 1982) in (Mehennaoui-Afri, 1998).

%Saturation	DCO mgO ₂ /l	NH ₄ mgN/l	NO ₃ mgN/l	NO ₂	PO ₄	Niveau de pollution Classe
91-110	0-10	< 0,5	< 1,5	≤ 0,03	≤ 0,10	Très faible (5)
71-90	11-20	0,5-1	1,5- 4,0	0,04- 0,20	0,11-0,25	Faible (4)
51-70	21-50	1,1- 2,0	4,1- 6,0	0,21- 0,50	0,26- 0,60	Moyen (3)
31-50	51-75	2,1- 5,0	6,1-11	0,51-1,0	0,61-2,0	Elevé (2)
≤ 30- > 150	> 75	> 50	> 11	≥ 1,00	> 2,0	Très élevé (1)

Moyenne arithmétique de :

- 1- 1,8 : Classe1
- 1,9- 2,6: Classe 2
- 2,7- 3,4: Classe 3
- 3,5- 4,2: Classe 4
- 4,3- 5: Classe 5

E) Grille de qualité globale (ABH-CSM)

Tableau 22 : Grille d'évaluation de la qualité des eaux superficielles en Algérie (ABH-CSM, 2002)

Classe de qualité /Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Oxygène dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3	0
Saturation	%	>90	70 à 90	50 à 70	<50	0
DBO5	mg/l	< 3	3 à 5	5 à10	10 à 25	>25
DCO	mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
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	0,2à 0,5	0,5 à 1	1 à 2	>2
NO ₃ .	mg/l	<5	5 à 25	25 à 50	50 à 80	>80
NO ₂ .	mg/l	<0,1	0,1à 0,3	0,3 à 1	1 à 2	>2

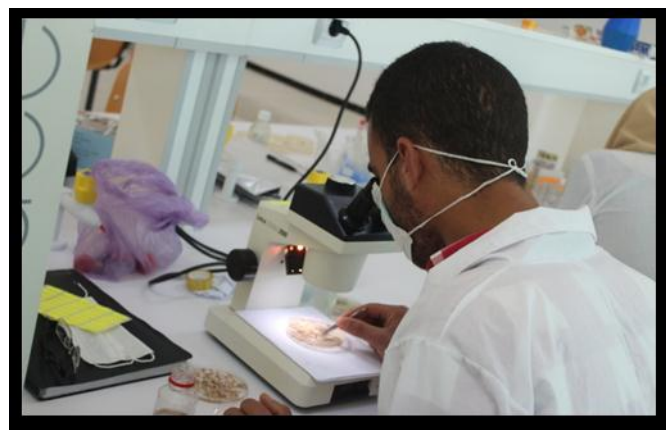
3.2.2. Approche biologique à partir des macroinvertébrés benthiques.

3.2.2.1. Indice biologique global normalisé (IBGN): Cette méthode fournit une estimation qualitative du milieu dans son ensemble en utilisant la faune macroinvertébrée en tant que compartiment intégrateur du milieu. Elle intègre l'influence de la qualité physico-chimique de l'eau et des caractéristiques morphologiques et hydrauliques du cours d'eau (**GENIN, 2003**)
NB/ L'IBGN n'est en aucun cas un indice de pollution (GENIN, 2003)

3.2.2.2. Méthode d'échantillonnage: L'échantillonnage repose sur le prélèvement de la macrofaune benthique à l'aide d'une époussette en tenant en compte les différents types d'habitats. La durée de l'échantillonnage est fixée à trente minutes. La méthode est standardisée dans toutes les stations. Les macroinvertébrés sont récupérés dans des bocaux plastifiés auxquels on ajoute un fixateur (formol) à une concentration de 5% .



3.2.2.3. Tri au laboratoire: Au laboratoire, tous les organismes sont triés sous une loupe binoculaire (Grossissement x40) selon les différents groupes taxonomiques en utilisant les clés d'identification (**Tachet et al, 2012**). Après le tri, les organismes sont conservés dans des flacons en verre remplis avec du formol.



NB/ L'identification est confirmée par le professeur Samraoui Boudjéma

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

- La variété taxonomique (St) c'est à dire le nombre total de taxons identifiés, quelque soit le nombre d'individus trouvés par taxons.
- Le groupe indicateur (GI, ou groupe repère: GR) "le plus polluosensible" c'est à dire ayant une présence significative sur la station (au moins 3 ou 10 individus selon les taxons) et possédant l'indice le plus élevé possible.
- L'IBGN est calculé à partir d'un tableau à double entrée: En abscisse (Classe de variété taxonomique) et en ordonnées (les groupes faunistiques indicateurs ,classés par ordre décroissant (Indice de 9 à 1) de sensibilité aux pollutions (**Archambault, 2004**).






Tableau 23 : Valeur de l'IBGN selon la nature et la variété taxonomique de la macrofaune (AFNOR, 1992)

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

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

- On attribue ensuite une note de qualité hydrobiologique variant de 1 à 20. Pour la représentation cartographique, chaque station est affecté d'une couleur suivant la valeur de l'IBGN.

Tableau 24 : Les valeurs de l'indice biologique global normalisé et son interprétation écologique (A.F.NOR., 2004)

IBGN	≥ 17	16-13	12-9	8-5	≤ 4
Qualité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Mauvaise
Couleur					

Quatrième chapitre

Résultats et discussion

4.1. Analyse physico-chimique de l'eau

4.1.1. Variation mensuelle de la température de l'eau: Les températures au niveau de Hlia et Boussera sont élevées par rapport aux autres stations et également par rapport à la saison: Les températures maximales sont enregistrées au mois de février à Hlia et Boussera avec respectivement 16,5°C et 16°C. Les eaux de Bentabouche semblent plus fraîches avec une valeur minimale de 9,2°C au mois de janvier et une valeur max de 12,6°C, ce fait est probablement dû au moment de l'échantillonnage qui se fait toujours en premier lieu à Bentabouche puis Boumahra (Tôt le matin) et l'après-midi au niveau des autres stations. Ces écarts s'expliquent également par le taux de recouvrement minimale des stations et le manque de végétation riveraine (Voir Fig 32).

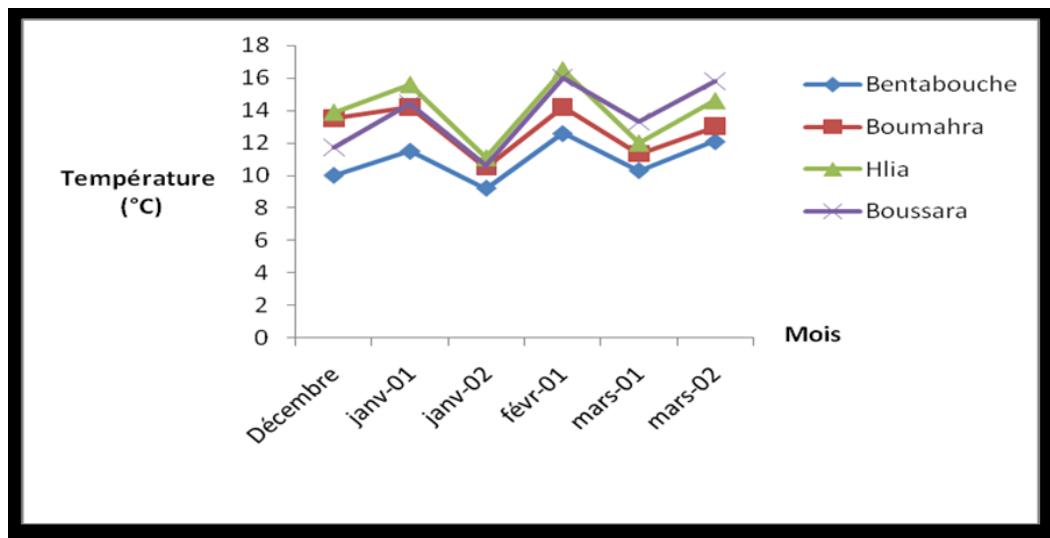


Figure 32 : Les variations mensuelles de la température de l'eau dans la Seybouse et ses affluents

4.1.2. Variation mensuelle de la teneur en oxygène dissous

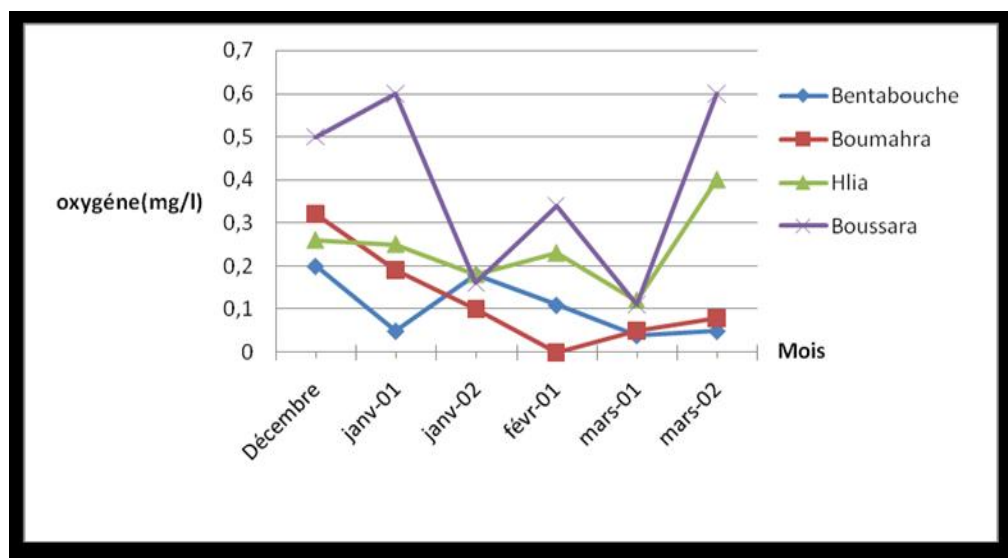


Figure 33 a) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous dans la Seybouse et ses affluents

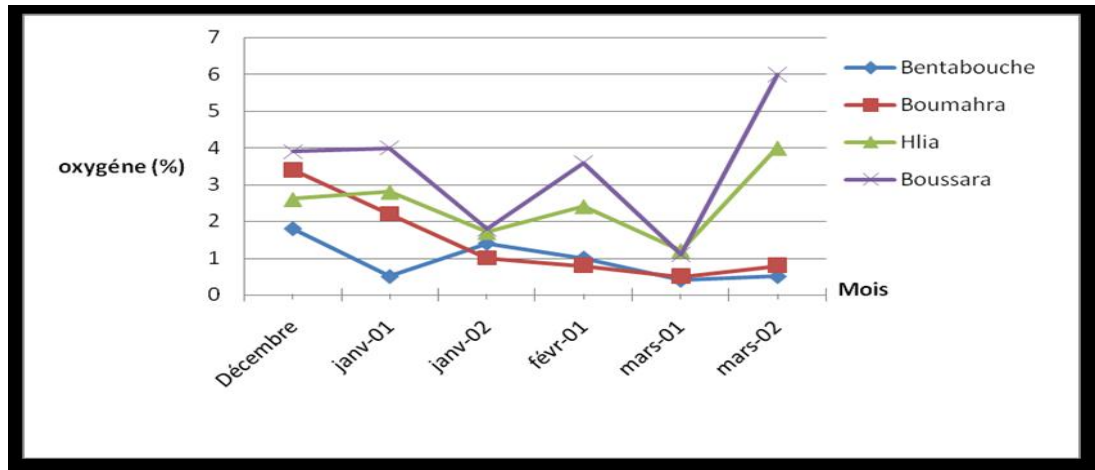


Figure 33 b) : Les variations mensuelles de l'oxygène dissous dans la Seybouse et ses affluents

Nous remarquons que l'augmentation des taux d'oxygène dissous en milligrammes par litre est parallèle au pourcentage de saturation (Figure 33a) et b). Les teneurs les plus élevées de 0,6 mg/l (6%) et 0,4mg/l (4%) sont enregistrées respectivement dans les stations de Boussera et Hlia à la deuxième quinzaine du mois de mars.

Des valeurs critiques du taux d'oxygène sont enregistrées au niveau de Bentabouche avec 0,05 mg/l et Boumahra 0,05 mg/l à la fin du mois de mars n'excédant même pas le 1% de saturation.

Il ressort de ces résultats que l'oxygène dissous n'est pas bien corrélé avec la température de l'eau (Figure 32). Lorsque la température de l'eau augmente cas des stations de Boussera et Hlia, le taux d'oxygène diminue or nos résultats indiquent le contraire.

les valeurs critiques de l'oxygène au niveau des quatre stations indiquent une altération du milieu par une abondance de matières organiques. les faibles valeurs enregistrées peuvent être dues également à des problèmes techniques (imprécision de l'oxymètre)

4.1.3. Variation mensuelle du pH

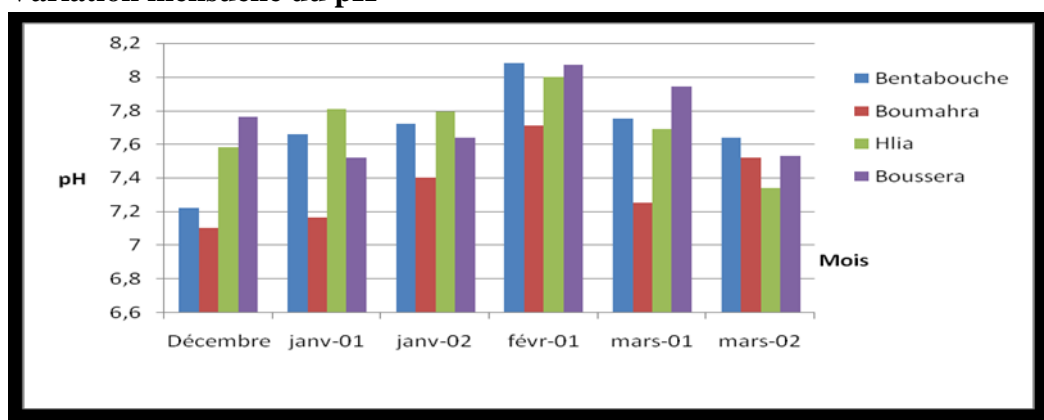


Figure 34 : Les variations mensuelles du pH dans la Seybouse et ses affluents

Les valeurs du pH varient très peu au niveaux des stations d'étude, elles oscillent de 7,1 à 8,08 donc des eaux à pH neutre à légèrement alcalin. Cette faible alcalinité s'observe dans toute les stations au mois de février dû aux fortes précipitations qui favorisent le lessivage (Figure34).

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

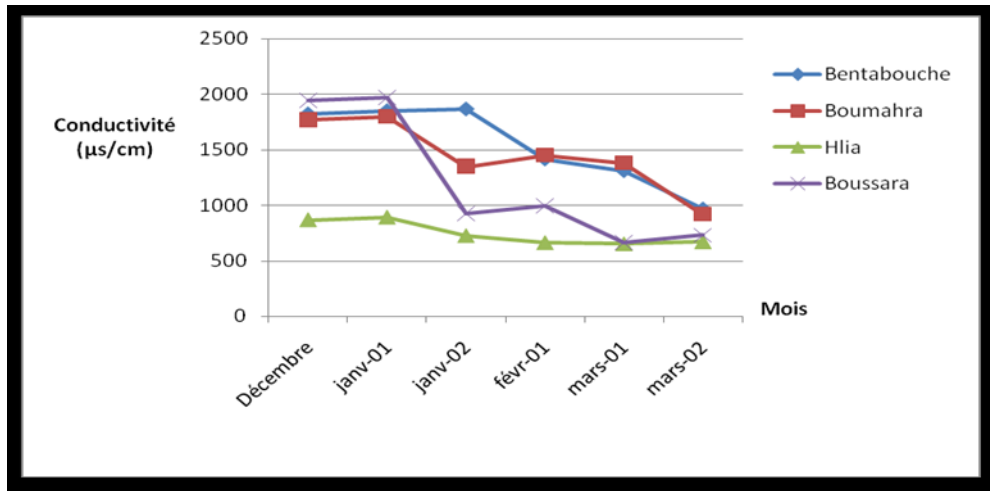


Figure 35 a) Les variations mensuelles de la conductivité électrique dans les eaux de la Seybouse et ses affluents

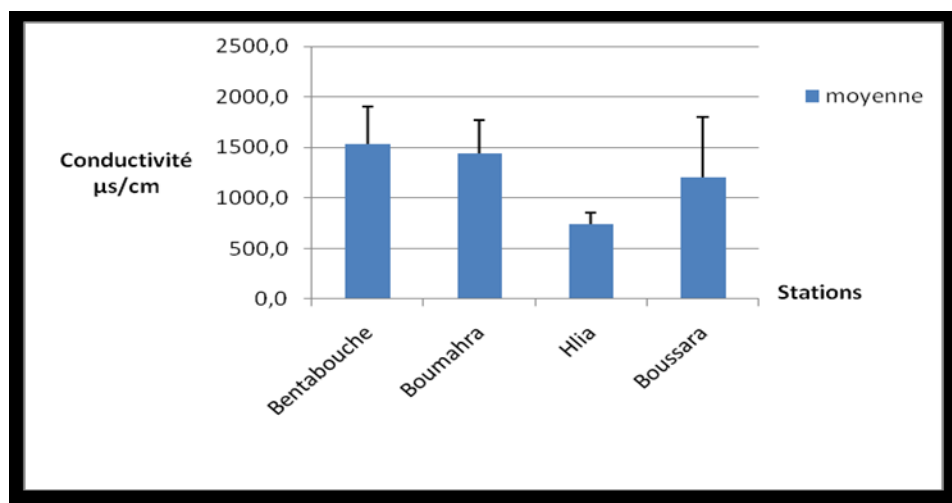


Figure 35b) Les variations moyennes de la conductivité durant la période d'étude

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 leurs concentrations. la figure 35 a) 35c montre que les eaux de la station Hlia sont les moins minéralisées. La figure 35b) indique une forte minéralisation des eaux des autres stations avec une conductivité de (1480,8 µs/cm) à Bentabouche, (1380,2 µs/cm) à Boumahra et enfin 1057,6 µs/cm à Boussara.

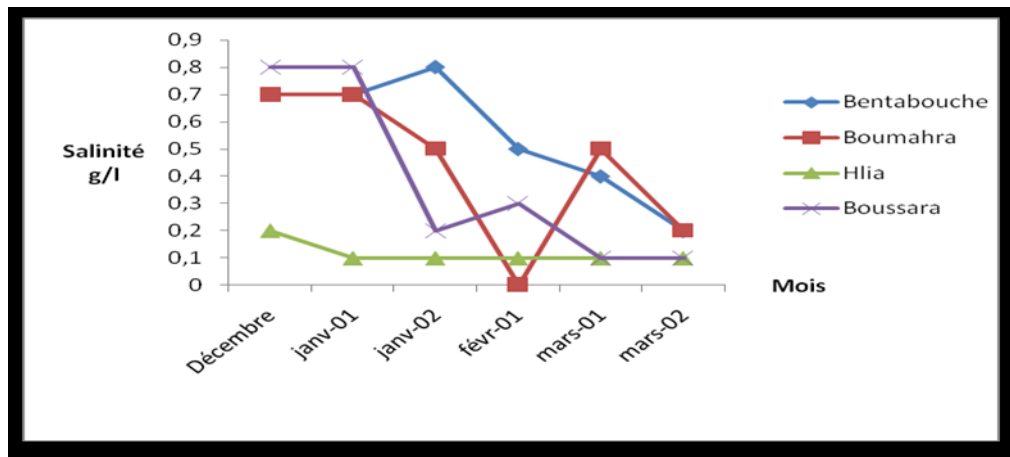


Figure 35 c) Les variations mensuelles de la salinité dans la Seybouse et ses affluents

Les valeurs de la salinité sont peu élevées elles varient de 0,1 à 0,8 g/l; Les valeurs maximales sont enregistrées à Boussara durant les mois de décembre et janvier ainsi qu'à Bentabouche à la fin de janvier.

4.1.5. Variation mensuelle de la vitesse de l'eau

Tableau 25: Variations mensuelles de la vitesse de l'eau des stations étudiées

Stations/Mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02	Moyenne
Bentabouche	111	24	38	33	57	115	63
Boumahra	66	45	50	51	58	101	61,8
Hlia	66	53	36	45	73	144	69,5
Boussera	27	17	42	48	88	107	54,8

A partir des relevés mensuels, la vitesse moyenne du courant varie de 54,8cm/s à 69,5 cm/s toutes les stations ont une classe de vitesse rapide (voir tableau 26)

Tableau 26 : Définition des classes de vitesses selon l'échelle de Berg (KHETTAR, 2009)

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

4.1.6. Variations mensuelles des nitrites: Le pic des nitrites est enregistré au niveau des stations de Boussera au mois de mars (5mg/l) et Boumahra au mois de février avec (0,6mg/l). ces taux sont bons par rapport aux normes algériennes. Pour les stations Bentabouche et Hlia les teneurs en nitrites sont presque négligeables avec respectivement une moyenne de 0,06 mg/l et 0,08 mg/l (Figure 36) .

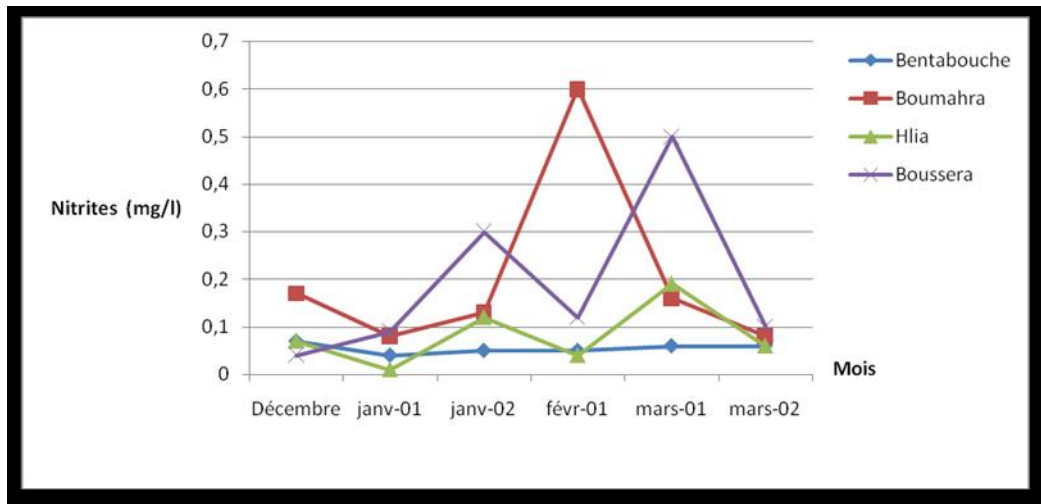


Figure 36 : Les variations mensuelles des nitrites dans la Seybouse et ses affluents

4.1.7. Variations mensuelles des nitrates: Les stations Hlia, Boussera enregistrent des taux de nitrates relativement élevés au mois de janvier allant respectivement de 21,92 (mg/l) à (14,57mg/l) quant à la station Bentabouche: Les valeurs maximales sont notées en décembre et février avec respectivement 7,97(mg/l) et 7,07(mg/l). Ces nitrates proviennent du lessivage des engrais utilisées par les agriculteurs. Les valeurs des nitrates à Boumahra vont de 0,15 (mg/l) au mois de janvier à un maximum de 5,15(mg/l) au mois de mars (Figure 37).

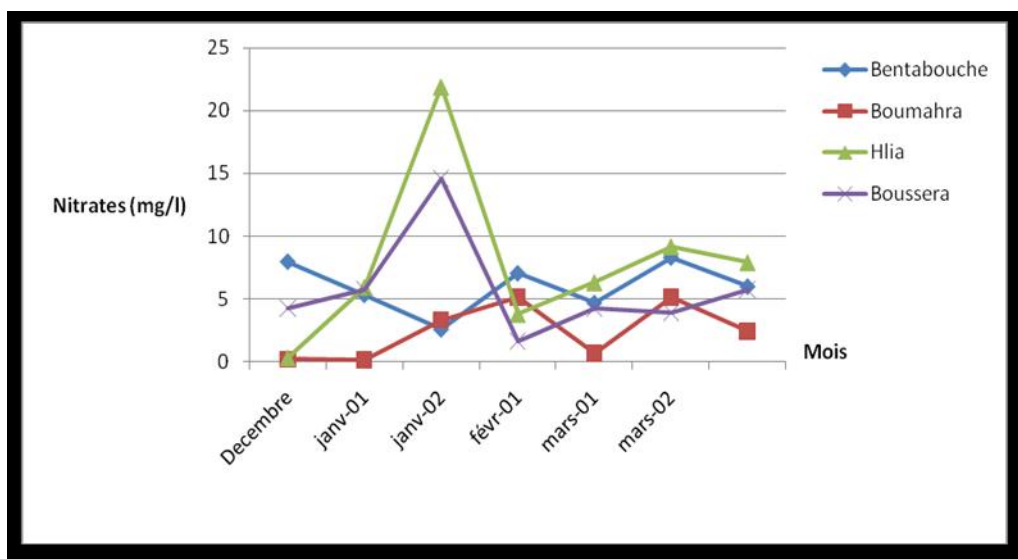


Figure 37 : Les variations mensuelles des nitrates dans la Seybouse et ses affluents

4.1.8. Variations mensuelles de l'ammonium: Un pic de 20,85 (mg/l) d'ammonium est noté à la fin du mois de janvier à Boumahra, suivi de 12,5 (mg/l) à la station de Hlia et enfin de 7,3 (mg/l) à la station de Boussera. 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. Les teneurs d'ammonium à Bentabouche sont relativement faibles (Figure 38).

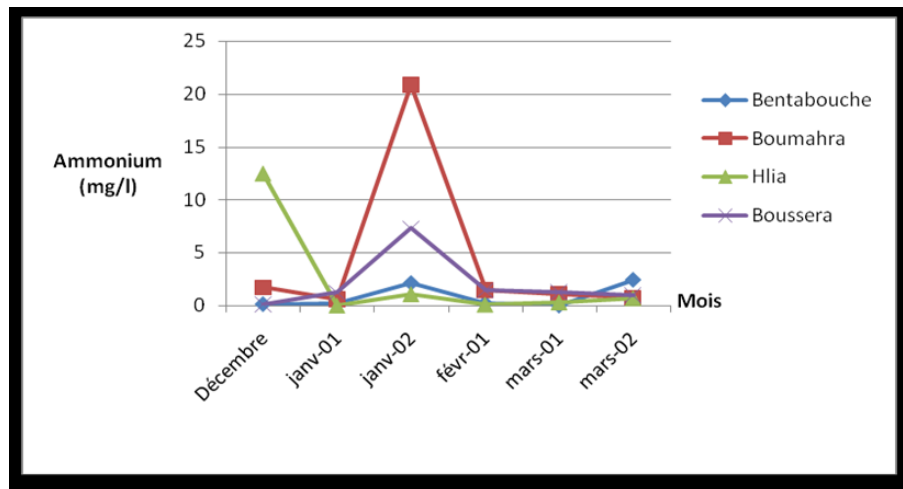


Figure 38 : Les variations mensuelles de l'ammonium dans la Seybouse et ses affluents

4.1.9. Variations mensuelles des matières minérales azotées: Les figures 39 a) b) c) d) donnent une idée d'ensemble sur les teneurs mensuelles des matières azotées dissoutes enregistrées durant la période d'étude:

- **Bentabouche:** la fraction d'azote minéral est surtout dû aux nitrates et à l'ammonium, les valeurs de ce dernier sont importantes en janvier et mars. Il est à noter que les variations des nitrites sont négligeables.

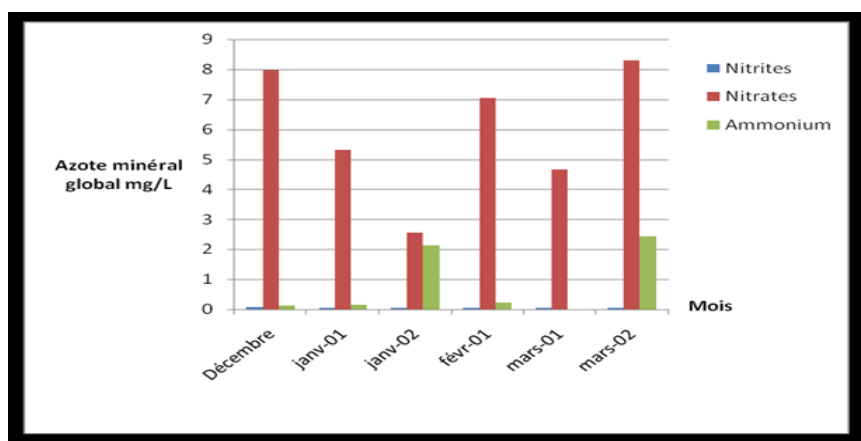


Figure 39 a) : Les variations mensuelles de l'azote minéral global au niveau de Bentabouche

- **A Boumahra:** C'est l'ammonium qui prime avec des teneurs excessives à la fin janvier.

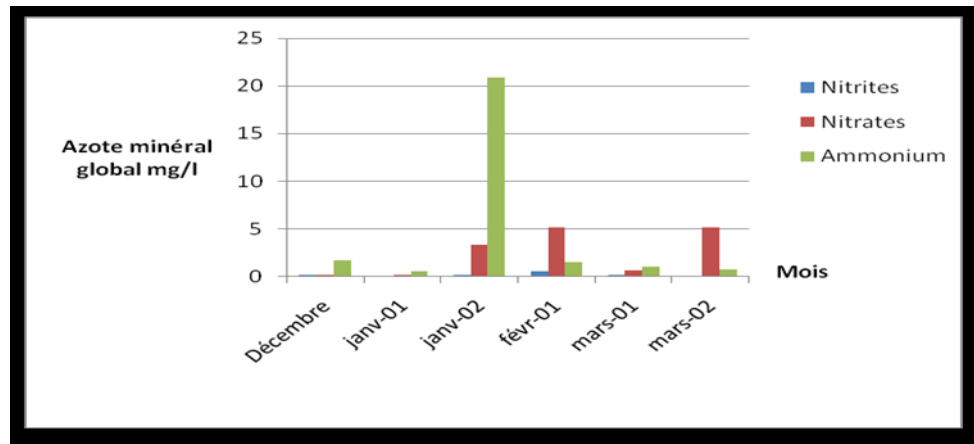


Figure 39 b) : Azote minéral global au niveau de Boumahra

- **A Hlia:** C'est l'ammonium qui domine avec d'importantes valeurs au mois de décembre, les valeurs des nitrates sont bonnes, les teneurs des nitrites sont infimes.

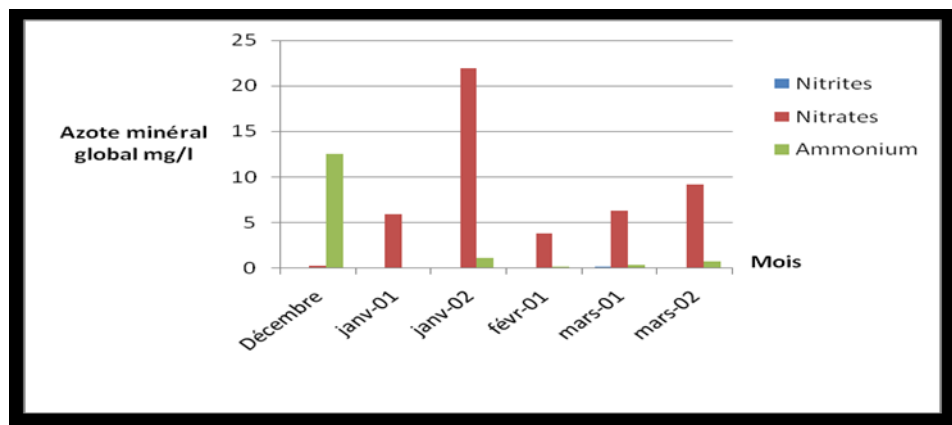


Figure 39 c) : Azote minéral global au niveau de Hlia

- **A Boussara:**

Les nitrates et l'ammonium représentent les principales matières minérales dissoutes cependant au mois de janvier les eaux sont de qualité médiocre.

Il faut noter que les concentrations élevées de nitrites, nitrates et d'ammonium proviennent des engrais utilisés en agriculture et de la décomposition de la matière organique et des déchets d'élevage de bovins ou d'ovins à proximité des cours d'eau.

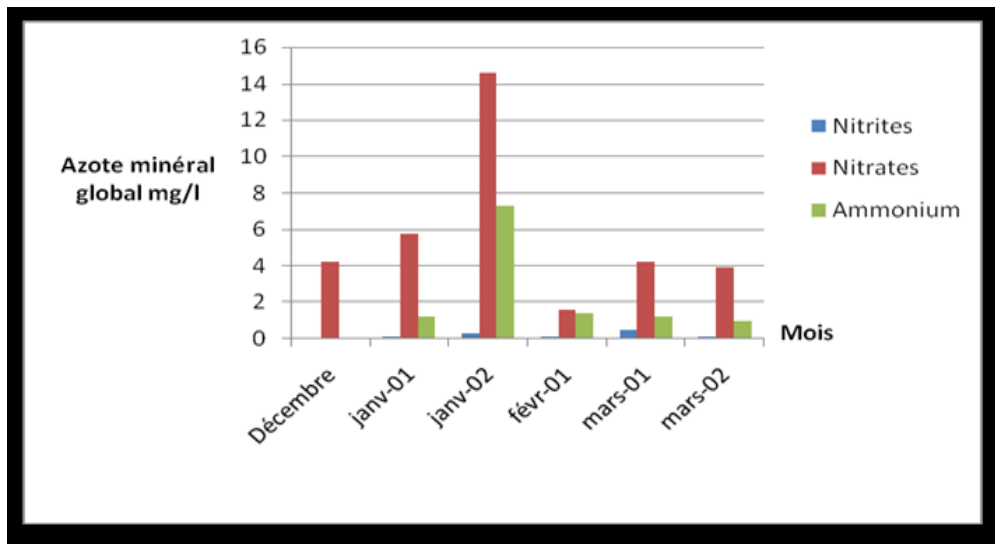


Figure 39 d) : Azote minéral global au niveau de Boussera

4.1.10. Variation mensuelle des orthophosphates

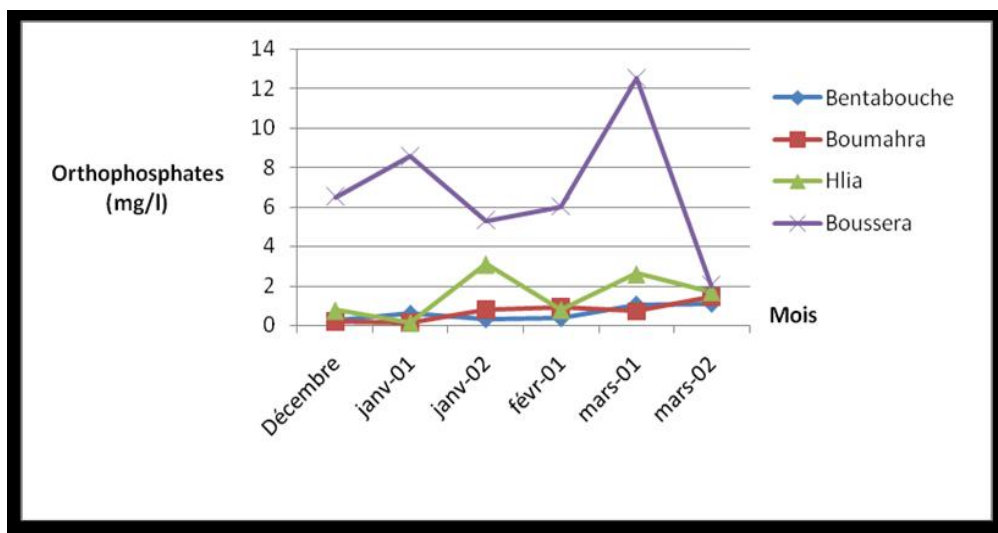


Figure 40 : Les variations mensuelles des Orthophosphates dans la Seybouse et ses affluents

Au niveau des stations de Boumahra et Bentabouche la tendance est constante et tend à s'accroître durant le mois de mars. A Hlia, les teneurs en orthophosphates sont bien plus supérieures et présentent un pic de (3,1mg/l) à la fin janvier.

La station de Boussera représente un cas unique de pollution excessive: on remarque que de décembre à février les valeurs oscillent entre 5,3 (mg/l) et 8,55 (mg/l) pour atteindre une valeur maximale de 12,5 (mg/l) au début mars et chuter à un minimum de 2 (mg/l) (Figure 40).

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

Notons que le phosphore peut se trouver à l'état naturel dans les cours d'eau soit par l'érosion des roches continentales ou la dégradation des animaux (phosphate de calcium des os) et des végétaux par les organismes décomposeurs.

4.1.11. Variation mensuelle de la turbidité et des matières en suspension (MES)

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 animales (fragments d'insectes) (Rodier, 2009).

Les figures 41 et 42 ont la même allure et apportent en tout point les mêmes informations résumées dans le tableau 27 montrant clairement un gradient de turbidité croissant du cours d'eau principal aux affluents. Notons par ailleurs que le facteur turbidité s'accroît avec les précipitations qui coïncident avec la période d'étude.

Tableau 27 : Les variations de la turbidité et des matières en suspension au niveau des stations d'étude

Turbidité NTU	Minimum	Maximum	Moyenne
Bentabouche	10,1	255	87,12
Boumahra	4,91	453	143,3
Hlia	21,9	537	223,97
Boussera	69,8	1475	567,08
Matières en suspension mg/l	Minimum	Maximum	Moyenne
Bentabouche	20	690	190,25
Boumahra	30	742	248,83
Hlia	74	1084	463,17
Boussera	183,5	2156	1007,75

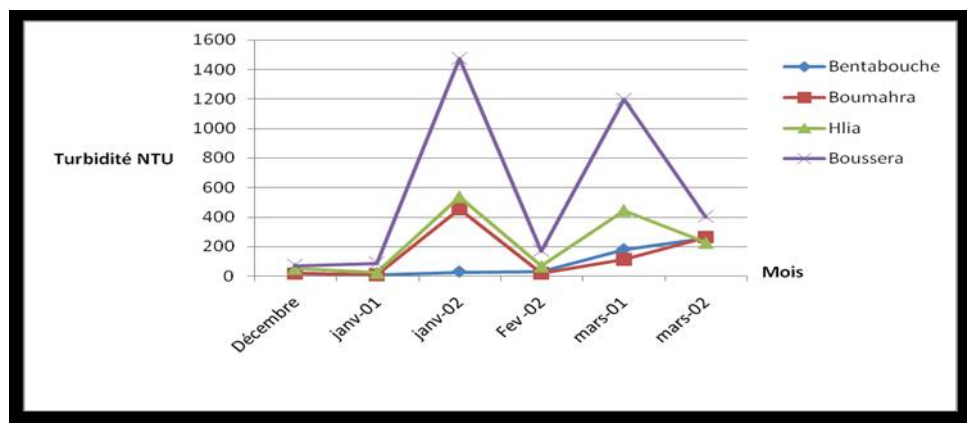


Figure 41 : Les variations mensuelles de la turbidité dans la Seybouse et ses affluents

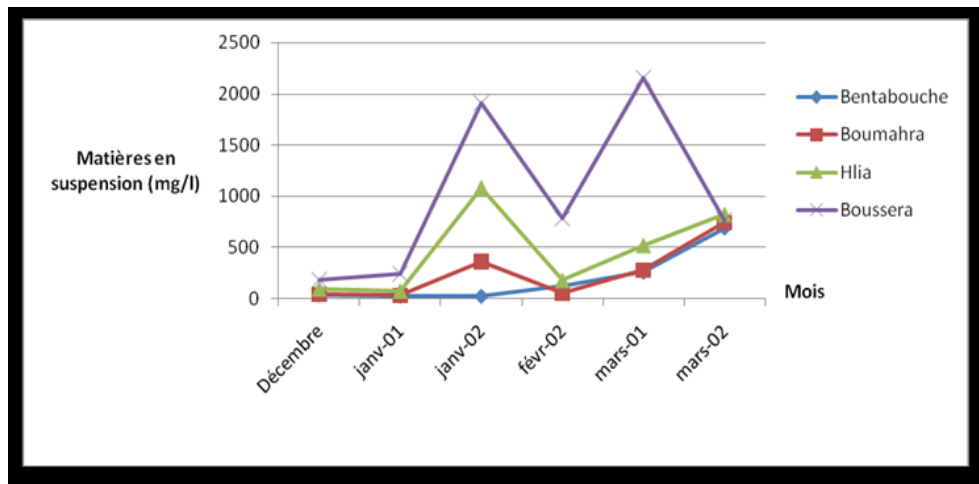


Figure 42 : Les variations mensuelles des matières en suspension dans la Seybouse et ses affluents

4.1.12. Variation mensuelle de la demande biologique en oxygène (DBO5)

Malheureusement, il ne nous a pas été possible d'effectuer les mesures de la DBO5 durant toute la période d'étude (Tableau 28).

Tableau 28 : Les Valeurs mensuelles mesurées durant la période d'étude

DBO5 mg/l	Décembre	janv-01	janv-02	févr-02	mars-01	mars-02	Moyenne
Bentabouche	18,1		40	20	40		29,52
Boumahra	13,28		20	40	40		28,32
Hlia			P	20	20	20 P	20
Boussera			168,03	40	40		82,68

P: Panne électrique

Les résultats ne sont pas très concluants puisque l'analyse de ce paramètre n'a pas été effectuée durant toute la période d'étude. Cependant, la moyenne des valeurs ponctuelles relevées indique que les eaux de la station de Boussera sont très chargées en matières organiques. Il en est de même pour les autres stations qui dépassent les normes européennes requises du SEQ-Eau.

Les valeurs de la turbidité, des matières en suspension, de la DBO5 ainsi que les autres paramètres étudiés peuvent être comparés aux normes européennes du SEQ-Eau

Tableau 29 : Classes et indices de qualité à partir du SEQ-Eau

Classe d'aptitude	Très bonne	Bonne	Passable	Mauvaise	Très mauvaise
Indice d'aptitude	80	60	40	20	
Oxygène mg/l	8	6	4	3	
Taux de saturation %	90	70	50	30	
DBO5 mg/l	3	6	10	25	
MES mg/l	25	50	100	150	
Turbidité (NTU)	15	35	70	100	
PO ₄₃ . (mg/l PO ₄)	0,1	0,5	1	2	
NO ₂ . (mg/l NO ₂)	0,03	0,3	0,5	1	
PH	8,0	8,5	9,0	9,5	
Température	20	21,5	25	28	
NO ₃ . (mg/l NO ₃)	2	10	25	50	
NH ₄₊ (mg/l NH ₄)	0,5	1,5	4	8	

4.2. Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon les méthodes indicelles

4.2.1. Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon la méthode Indice de pollution organique (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987)

Paramètres	DBO 5	Ammonium	nitrites	phosphates
Classes	mg-O ₂ /l	mg -N/l	µg-N/l	µg-P/l
5	< 2	< 0.1	5	15
4	2 – 5	0,1– 0.9	6 – 10	16 – 75
3	5.1 – 10	1– 2.4	11 – 50	76 – 250
2	10.1 – 15	2.5 – 6.0	51 – 150	251 – 900
1	> 15	> 6	> 150	> 900

IPO = moyenne des numéros de classes des 4 paramètres (au mieux) :

= 5.0 – 4.6 : pollution organique **nulle**

= 4.5 – 4.0 : pollution organique **faible**

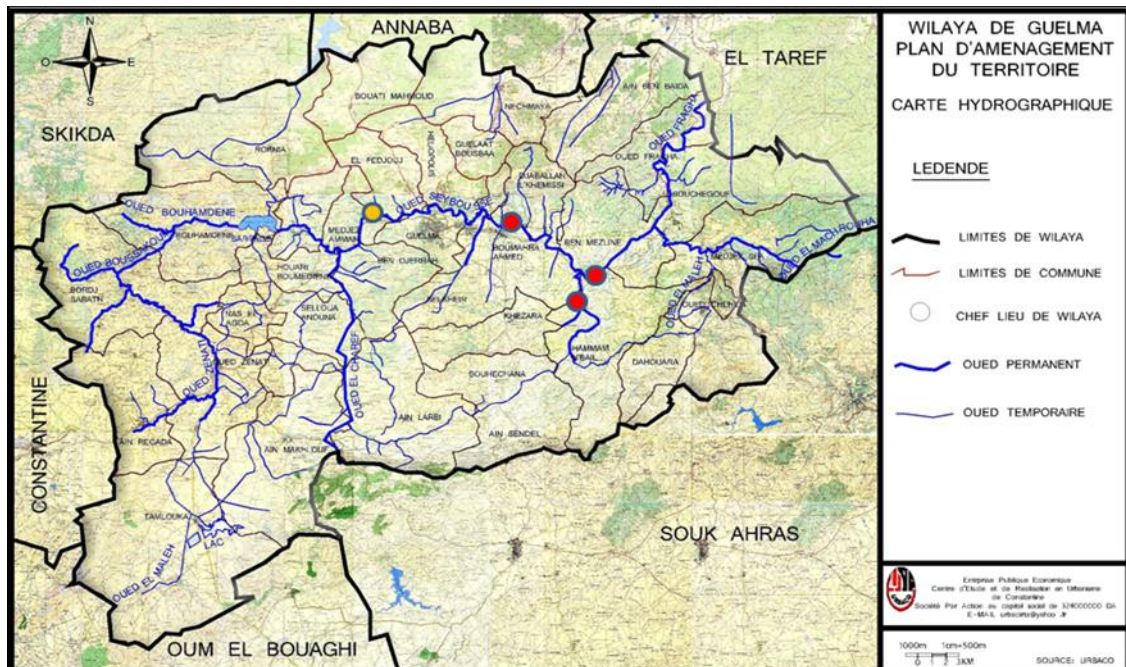
= 3.9 – 3.0 : pollution organique **modérée**

= 2.9 – 2.0 : pollution organique **forte**

= 1.9 – 1.0 : pollution organique **très forte**

Tableau 30 : classe de qualité des stations selon (IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987)

Paramètres	DBO 5	Ammonium	nitrites	Phosphates		
Stations	mg-0 ₂ /l	mg -N/l	mg-N/l	mg-P/l		
Bentabouche	29,52	1,01	0,06	0,61		
Boumahra	28,32	4,43	0,20	0,70		
Hlia	20	2,46	0,08	1,51		
Boussera	82,68	2,04	0,19	6,81		
Paramètres	DBO 5	Ammonium	nitrites	phosphates	Classe	Pollution organique
Stations	mg-0 ₂ /l	mg -N/l	mg-N/l	mg-P/l		
Bentabouche	1	3	2	2	2	Forte
Boumahra	1	2	1	2	1,5	Très forte
Hlia	1	3	2	1	1,75	Très forte
Boussera	1	3	1	1	1,5	Très forte



Carte 9: Qualité des stations d'étude selon (l'IPO, LECLERCQ & MAQUET, 1987)

Tableau 31: Classe de qualité des eaux des stations étudiées selon le Lisec-Index

N° de classe	Oxygène dissous % de saturation	DBO5 mg-O ₂ /l	Ammonium mg-N/l	Phosphore total mg-P/l
1	91-110	3	< 0,5	0,05
2	71-90	3,1-6,0	0,5-1,0	0,051-0,249
3	51-70	6,1-9,0	1,1-2,0	0,25-0,899
4	31-50	9,1-15,0	2,1-5,0	0,9-1,499
5	≤ 30	>15	> 5	≥1,5

LISEC-INDEX = somme des numéros de classe : 4 - < 6 : très bon 6 - < 10 : bon
 10 - < 14 : moyen 14 - < 18 : Mauvaise 18 - 20 : Très mauvais

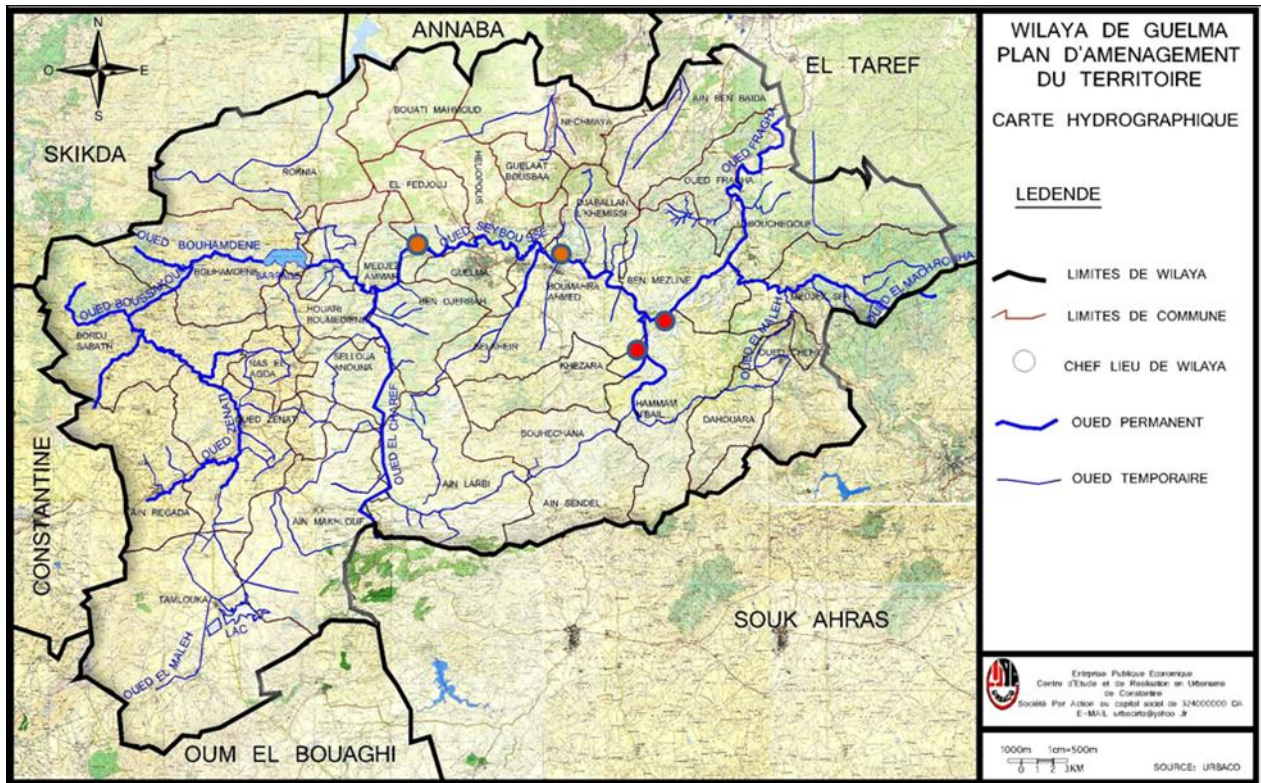
4.2.2 Evaluation de l'intégrité physico-chimique de Oued Seybouse selon la méthode Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)

Le principe est le même que celui de l'IPO mais on calcule la somme des valeurs de classe et non la moyenne.

NB/ les classes sont numérotées en sens inverse de celles de l'IPO : ainsi, un indice élevé correspondra à une pollution importante (Leclercq, 2001)

Tableau 31 : Classe de qualité des eaux des stations étudiées selon Lisec-Index (BECKERS & STEEGMANS, 1979)

Paramètres	Oxygène % de saturation	DBO 5 mg-O ₂ /l	ammonium mg -N/l	Phosphates mg-P/l	Classe	Qualité de l'eau
Stations						
Bentabouche	0,93	29,525	1,01	0,61	5+5+3+3=15	Mauvaise
Boumahra	1,45	28,32	4,43	0,70	5+5+4+3=17	Mauvaise
Hlia	2,45	20	2,46	1,51	5+5+4+5=19	Très mauvaise
Boussera	3,4	82,68	2,04	6,81	5+5+4+5=19	Très mauvaise



**Carte 10: Qualité des stations d'étude selon Lisec-Index
(BECKERS & STEEGMANS, 1979)**

4.2.3 Classification des paramètres par l'Institut d'Hygiène et d'Epidémiologie, 1986)

(Méthode de Bouquiaux et Herman, 1976)

C'est la même méthode que l'IPO (répartition des valeurs en 5 classes) mais il s'agit d'autres paramètres et d'autres classes.

Paramètres/ classes	Oxygène dissous %	D.C.O mg-O2/l	DBO5 mg-O2/l	Ammonium mg-N/l	Phosphates µg-P /l	Phosphore total µg-P /l
5	90-110	≤5,0	≤1,0	≤0,05	≤50	≤50
4	70-89	5,1-10,0	1,1-3,0	0,06-0,50	51-100	51-100
3	50-69	10,1-20,0	3,1-5,0	0,51-1,00	101-200	101-200
2	30-49	20,1-50,0	5,1-10,0	1,01-2,00	201-400	201-400
1	<30	>50,0	>10,0	>2,00	>400	>400

***selon Min. de la Santé publique et de la famille, Inst. D'Hygiène et d'Epidémiologie, sept. 1986.** (des classes sont aussi définies pour la dureté totale, la conductivité, les chlorures, les sulfates, les fluorures, le mercure, le cadmium, le chrome, le plomb, les cyanures totaux, les détergents anioniques, les détergents anioniques et les hydrocarbures polyaromatiques).

L'IHE ne prévoyait pas de calculer un indice mais utilisait ces classes pour établir des cartes de qualité par paramètre.

5.0 – 4.6 : pollution organique **nulle**

4.5 – 4.0 : pollution organique **faible**

3.9 – 3.0 : pollution organique **modérée**

2.9 – 2.0 : pollution organique **forte**

1.9 – 1.0 : pollution organique **très forte**

Si l'analyse a donné les résultats suivants :

DBO5 : 7 mg-O2/l classe 2

Ammonium : 0,8 mg-N /l classe 3

Nitrites : 0,075 µg-N/l classe 3

Phosphates : 0,265 µg-P/l classe 2

On obtient un indice de $(2 + 3 + 2) / 3$ soit 2,3 ou **Pollution forte**

4.2.3 Méthode de (Bouquiaux et Herman,1976) modifiée par (Verniers et Micha, 1982)

La méthode est basée sur l'évaluation de la qualité de l'eau au moyen de six paramètres selon une méthodologie inspirée des travaux de L'IHE (Bouquiaux et Herman,1976) ainsi que d'un travail au ministère des transports et des travaux publics hollandais (1979). Verniers et Micha (1982) ont modifié les normes afin de mieux les adapter aux milieux étudiés (in Mehennaoui-Afri, 1998).

Tableau 32 : Etablissement des niveaux de pollution chimique de l'eau selon (Verniers et Micha, 1982) in (Mehennaoui-Afri, 1998).

%Saturation	DCO mgO2/l	NH ₄ mgN/l	NO ₃ mgN/l	NO ₂	PO ₄	Niveau de pollution Classe
91-110	0-10	< 0,5	< 1,5	≤ 0,03	≤ 0,10	Très faible (5)
71-90	11-20	0,5-1	1,5- 4,0	0,04- 0,20	0,11-0,25	Faible (4)
51-70	21-50	1,1- 2,0	4,1- 6,0	0,21- 0,50	0,26- 0,60	Moyen (3)
31-50	51-75	2,1- 5,0	6,1-11	0,51-1,0	0,61-2,0	Elevé (2)
≤ 30- > 150	> 75	> 50	> 11	≥ 1,00	> 2,0	Très élevé (1)

Moyenne arithmétique de :

- 1- 1,8 : Classe1
- 1,9- 2,6: Classe 2
- 2,7- 3,4: Classe 3
- 3,5- 4,2: Classe 4
- 4,3- 5: Classe 5

Tableau 33 : Classe de qualité des eaux des stations étudiées selon

(Verniers et Micha, 1982)

Paramètres Stations	% Saturation	NH ₄ mgN/l	NO ₃ mgN/l	NO ₂	PO ₄	Moyenne arithmétique	Classe	Niveau de pollution
Bentabouche	1	4	3	4	2	2,8	3	Moyen
Boumahra	1	2	4	4	2	2,6	2	Elevé
Hlia	1	2	2	4	2	2,2	2	Elevé
Boussera	1	2	3	4	1	2,2	2	Elevé

Tableau 34 : Qualité des eaux des stations d'étude selon les trois indices

	IPO		Lisec-Index		Vernier et Micha,1982	
Station	Indice	Classe	Indice	Classe	Indice	Classe
Bentabouche	2	Forte	15	Mauvaise	3	Moyen
Boumahra	1,5	Très forte	17	Mauvaise	2	Elevé
Hlia	1,75	Très forte	19	Très mauvaise	2	Elevé
Boussera	1,5	Très forte	19	Très mauvaise	2	Elevé

La figure 43 indique que la classe de qualité des stations Boumahra, Hlia et Boussera par rapport aux indices IPO, vernier et Micha est la même c'est à dire une pollution élevée: les deux courbes se confondent presque. On note cependant un petit écart au niveau de la station de Bentabouche . Quant au lisec-Index la classe de qualité semble identique mais seulement pour Hlia et Boussera mais contradictoire pour Boumahra qui affiche des taux élevés d'ammonium (20,85 mg/l) et d'orthophosphates 1,44 (mg/l). De même pour la station Bentabouche qui présente une classe de qualité modérée alors qu'elle est de classe mauvaise ou forte pour le lisec-index et l'IPO.

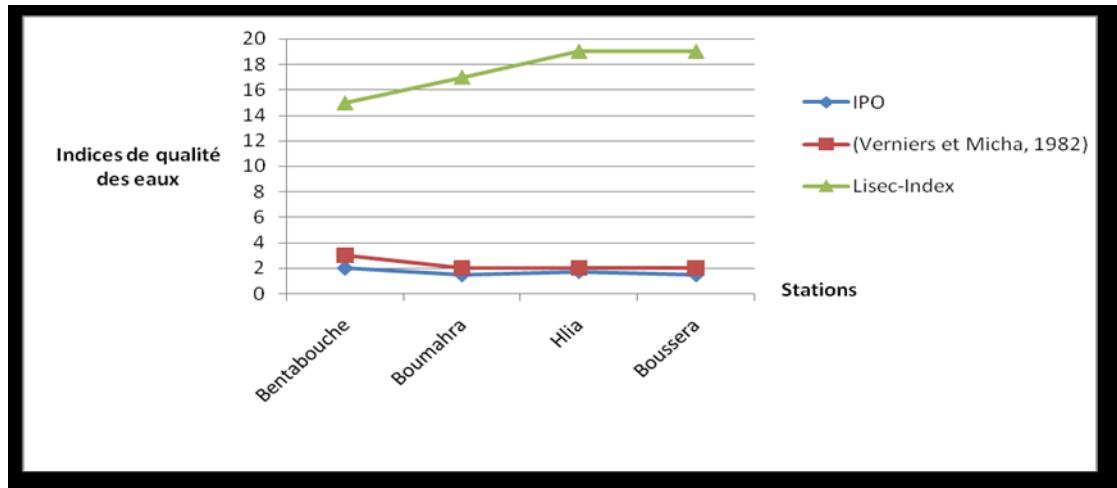


Figure 43 : Comparaison des trois indices de pollution dans les stations de la Seybouse et de ses affluents

Limites des indices: Il ressort clairement qu'une telle comparaison ne peut se faire parce que d'une part, les trois indices n'ont pas la même échelle le Lisec-Index va en sens inverse et jusqu'à 20. De plus, on se base sur des paramètres différents.

Parmi ces trois indices, c'est l'indice de pollution organique qui est le plus représentatif. En effet, il reflète fidèlement l'intégrité chimique des stations étudiées parce qu'il repose sur les paramètres strictement liés à la pollution organique.

4.2.4: Evaluation de la qualité de l'eau selon l'ABH-CSM

Stations	Classe de qualité / Paramètres	Unité	Excellente	Bonne	Passable	Médiocre	Pollution excessive
Bentabouche Boumahra Hlia Boussara	Oxygène dissous	mg/l	>7	5 à 7	3 à 5	<3 0,11 0,15 0,24 0,39	0
	Saturation	%	>90	70 à 90	50 à 70	<50 0,93 1,45 2,45 3,40	0
	DBO5	mg/l	< 3	3 à 5	5 à 10	10 à 25 Hlia:20	>25 29,25 28,32 82,68
	DCO	mg/l	<20	20 à 25	25 à 40	40 à 80	>80
	NH ₄	mg/l	<0,1	0,1 à 0,5	0,5 à 2 Bentabouche 1,01	2 à 8 Boum 4,43 Hlia 2,46 Bous 2,04	>8
	PO ₄	mg/l	<0,2	0,2 à 0,5	0,5 à 1 Bentabouche:0,61 Boumahra: 0,7	1 à 2 Hlia: 1,51	>2 Boussera: 6,81
	NO ₃ ⁻	mg/l	<5 Boum 2,46	5 à 25 Ben 5,98 Hlia 7,92 Bous 5,72	25 à 50	50 à 80	>80
	NO ₂ ⁻	mg/l	<0,1 Ben 0,06 Hlia 0,08	0,1 à 0,3 Boum 0,2 Bous 0,19	0,3 à 1	1 à 2	>2

4.3. Analyse globale de la faune benthique

4.3.1. Check-list des taxa faunistiques

Embranchement	Classe	Ordre	Famille	Bentabouche	Boumahra	Hlia	Boussera
Arthropodes	Insectes	Ephemeroptères	Ephemeridae	1	0	0	0
			Baetidae	1	1	1	1
			Caenidae	1	0	1	1
			Potamanthidae	0	0	1	0
			Ephemerellidae	0	0	0	1
			Leptophlebiidae	0	0	0	1
			Heptageniidae	0	0	0	1
		Plécoptères		0	1	0	1
		Trichoptères	Hydropsychidae	1	1	1	1
		Diptères	Chironomidae	1	1	1	1
			Tabanidae	1	0	1	1
			Simuliidae	1	0	1	1
			Dixidae	1	0	0	0
			Psychodidae	1	0	1	0
			Tipulidae	1	0	1	1
			Athericidae	0	0	1	0
			Limoniidae	0	0	1	0
			Ceratopogonidae	0	0	0	1
		Coléoptères		1	1	0	1
			Dyticidae			1	
			Hydrophilidae	0	0	0	1
		Odonates		1	1	1	1

		Hémiptères	Notonectidae	1	0	0	1
			Nepidae	1	0	0	1
			Corixidae	1	0	0	1
			Gerridae	0	0	1	0
		Hyménoptères		0	0	1	1
	Crustacés	Amphipodes	Gammaridae	1	1	0	0
		Décapodes	Potamonidae	0	1	1	0
			Atyidae	1	0	0	0
			Ostracode	1	0	0	0
Mollusques			Physidae	1	1	0	0
			Planorbidae	1	1	1	1
			Limnaeidae	1	1	1	1
	Bivalves			1	1	0	0
Annélides	Oligochètes		Lumbricidae	1	1	1	1
	Achètes			1	1	0	1
	Hirudinées						
Némathelminthes			Gordiaca	0	0	1	0
			Nématodes (Vers)	1	1	1	1
Non insecte			Collemboles	1	0	1	0
Poisson				1	1	0	0

1: Présence du taxa

0: Absence du Taxa

4.3.2. Analyse globale des macroinvertébrés benthiques:

les six prélèvements effectués au cours de notre période d'étude qui s'est étalée du 24 décembre 2013 au 17 mars 2014, nous ont permis de récolter 7707 spécimens répartis en 39 taxa (Check-list). Du point de vue qualitatif, les insectes sont représentés par 27 taxa (69, 23%), les Crustacés, les Mollusques ainsi que les Annélides sont représentés par Quatre (4) taxa chacun soit 10,25%.

Sur le plan quantitatif, ce sont les Crustacés qui sont dominants par rapport aux autres groupes avec un effectif global de 4622 individus soit 59,97%. Les insectes viennent en seconde position avec 1854 spécimens (24,03%) suivis par les Nématodes avec 580 individus (7,53%), les Annélides avec 534 spécimens(6,93%) et enfin les Mollusques qui ne sont représentés que par 119 individus soit 1,54% (Figure 50)

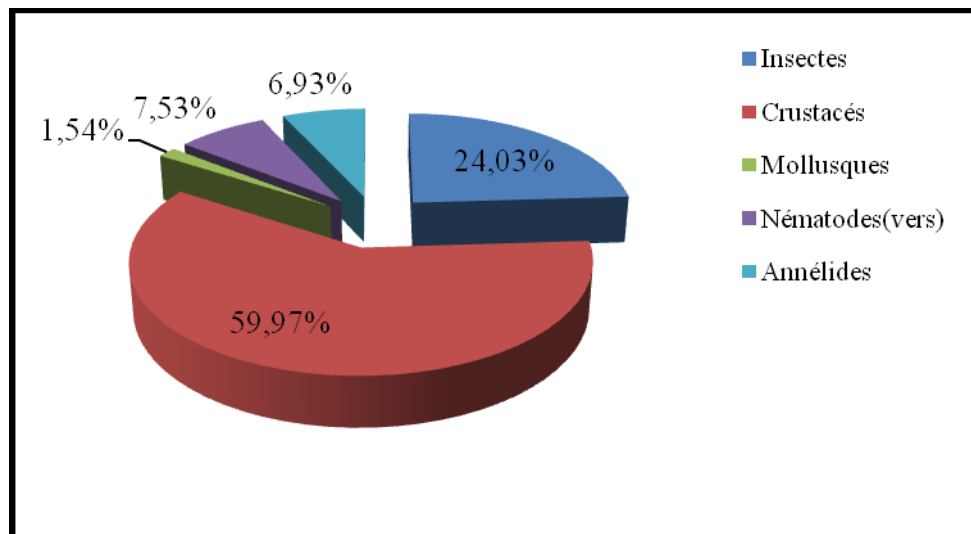


Figure 44 : Répartition globale des principaux groupes de macroinvertébrés

4.3.3. Analyse qualitative et quantitative des macroinvertébrés benthiques

4.3.3.1. Les insectes

- **Les Ephéméroptères:** Avec 560 individus soit 7,24%, les Ephéméroptères se répartissent en sept (7) familles: Les Ephemeridae, Les Beatidae, les Caenidae, les Potamantidae, les Ephamerellidae, les Leptophlebiidae et les Heptageniidae. Les Beatidae et les caenidae sont les familles qui prédominent avec respectivement 64,46% et 30,53%, les Heptageniidae et Potamantidae représentent 1,42%, les Leptophlebiidae avec 1,25%. Les Ephemeridae ainsi que les Ephemerellidae sont très peu représentées avec seulement 0,35% pour les premières et 0,53% pour ces dernières (Figure 44).

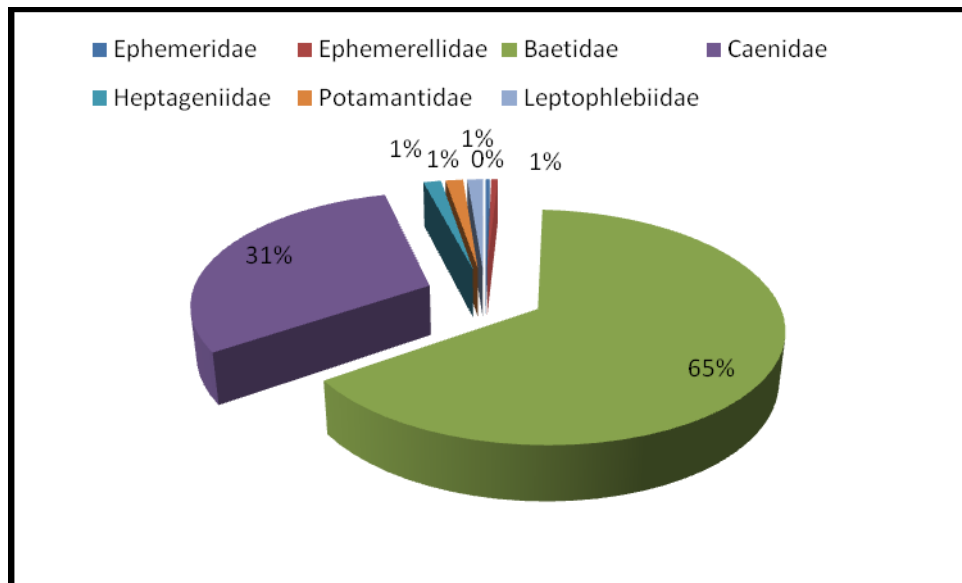


Figure 45 : Abondance relative des familles d'Ephéméroptères par rapport à l'ordre

➤ **Les Diptères:** C'est le deuxième ordre le plus abondamment représenté avec un effectif total de 1141 réparti en huit (8) familles et deux représentants des sous-ordres des Brachycères (1) et des nématocères (1). Les principales familles sont les Chironomidae avec 666 individus soit (58,36%), les Simuliidae 329 spécimens (28,83%), les autres familles sont très faiblement représentées avec les Tipulidae (1,92%), les Ceratopogonidae (1,22%), les Tabanidae (0,87%), Les Limoniidae (0,35%) et enfin la famille des Dixidae avec quatre représentants soit (0,35%). Les Diptères sont très abondants dans la station de Boussera avec un total de 715 individus soit 62,66% (par rapport à l'ordre), les Chironomidae constituent 83,77 des macroinvertébrés de la station ce qui prouve que le milieu à ce niveau est très riche en matières organiques

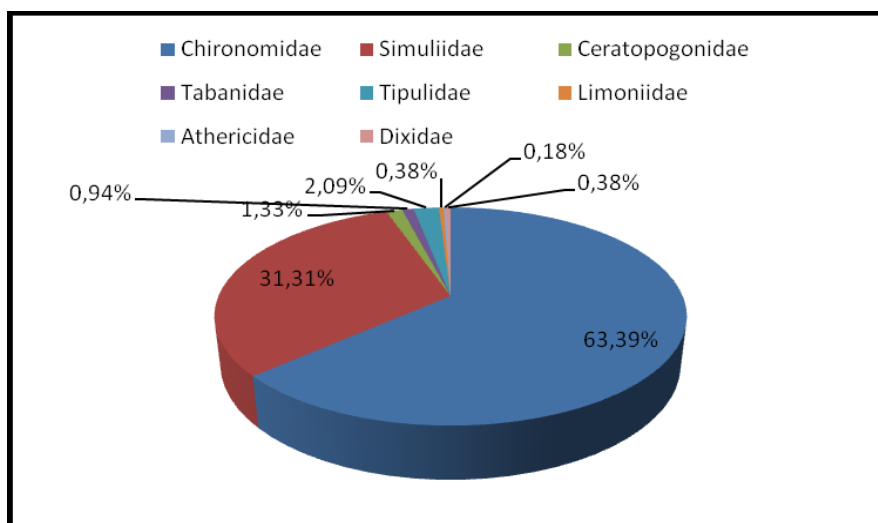


Figure 46 : Abondance relative des familles de Diptères par rapport à l'ordre

- **Les Trichoptères:** Les Trichoptères ne sont pas très abondants, au total on compte vingt six individus (26) qui appartiennent tous à la famille des Hydropsychidae qui n'ont qu'un seul représentant au niveau des stations de Boussera et Boumahra tandis qu' à Bentabouche on compte 10 individus et 14 autres à Hlia.
- **Les Coléoptères:** Cet Ordre est représenté par 50 individus soit 2,69% par rapport au groupe des insectes et 31 d'entre eux se trouvent à Hlia .
- **Les Odonates:** Cet ordre est représentée par quarante quatre individus soit 5,66% de la faune totale des insectes qui compte 1854 individus. les Zygoptères prédominent à Bentabouche et Hlia tandis que les Anisoptères sont fréquents en particulier à Boumahra et Boussera.
- **Les hétéroptères:** Ce sous-ordre est également très peu représenté : 30 individus soit 1,61% par rapport au total des insectes peuplant les quatre stations. Les principales familles qui le composent sont les Notonectidae (14) (46,66%), Les Corixidae (10) soit 33,33%, les Nepidae (5) 16,33 et les Gerridae avec uniquement un seul individu soit 3,33%. Il est à noter que la majorité des Hétéroptères est concentrée à Bentabouche quant à Boumahra, aucun n'a été rencontré durant toute la période d'échantillonnage et nous ignorons les causes d'un tel phénomène.

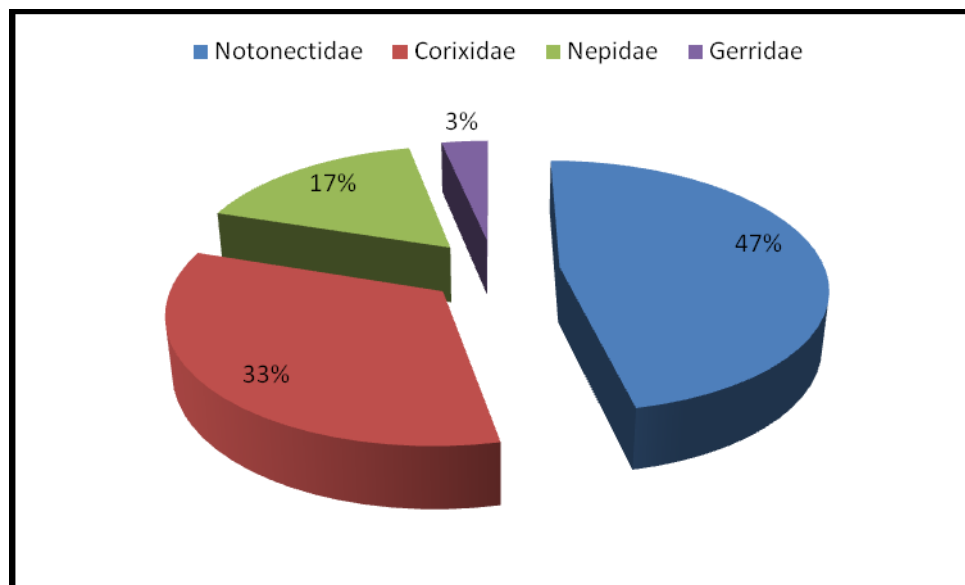


Figure 47: Abondance relative des Familles d'Hétéroptères par rapport au sous-Ordre

4.3.3.2. Les Crustacés: Les Crustacés représentent le premier Ordre le plus abondamment représenté avec 4622 spécimens soit 59,97% répartis en Quatre (4) familles: Les Gammaridae totalisant 4598 individus soit (99,48%) concentrés particulièrement à Bentabouche avec une abondance de 4598, cette famille étant connue dans la littérature d'être tolérante à la pollution. Quant aux autres familles leur présence est occasionnelle: Les Décapodes (Crevette d'eau douce) avec une abondance de 20 individus (0,43%), Les

Potamonidae trois spécimens (3) soit (0,064%), les Ostacodes ne sont représentés qu'avec un seul individu à Bentabouche .

4.3.3. 3. Les Mollusques: La figure 48 montre que le total des mollusques est estimé à 119 individus, répartis en quatre espèces: Les Planorbidae 20 spécimens 16,80%, les Limnaeidae 5 individus soit 4,20%, les Physidae 72 individus (60,50%) et les Bivalves avec 22 spécimens soit 18,48%.

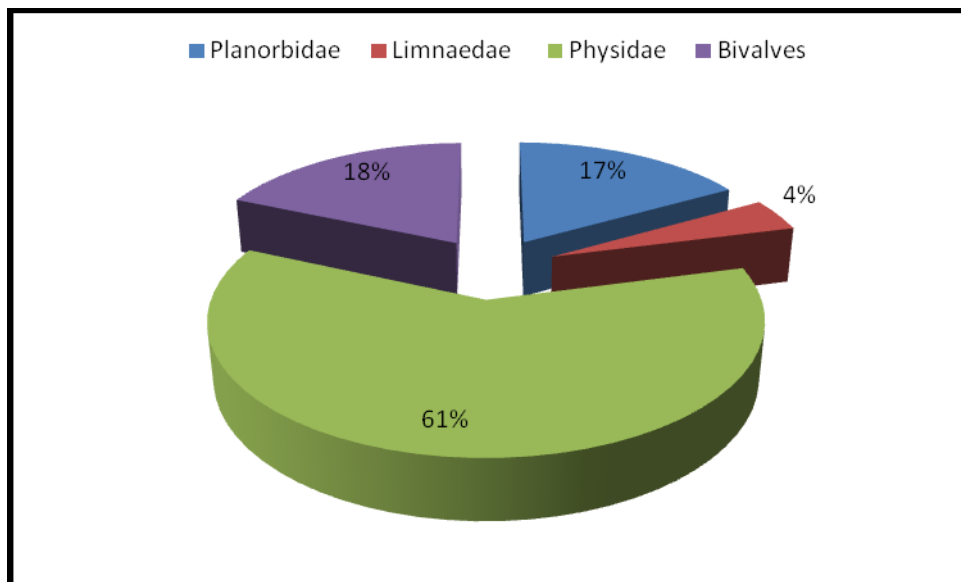


Figure 48 : Abondance relative des Familles de Mollusques par rapport au sous-Ordre

4.3.3.4. Les Annélides: Durant toute la période de notre étude, nous avons récoltés 534 individus d'Annélides se répartissant dans deux principales familles: Les Achètes avec 379 individus soit 70,97% prédominant surtout dans la station de Bentabouche et les Lumbricidae avec une abondance de 155 soit 29,02% Voir figure .

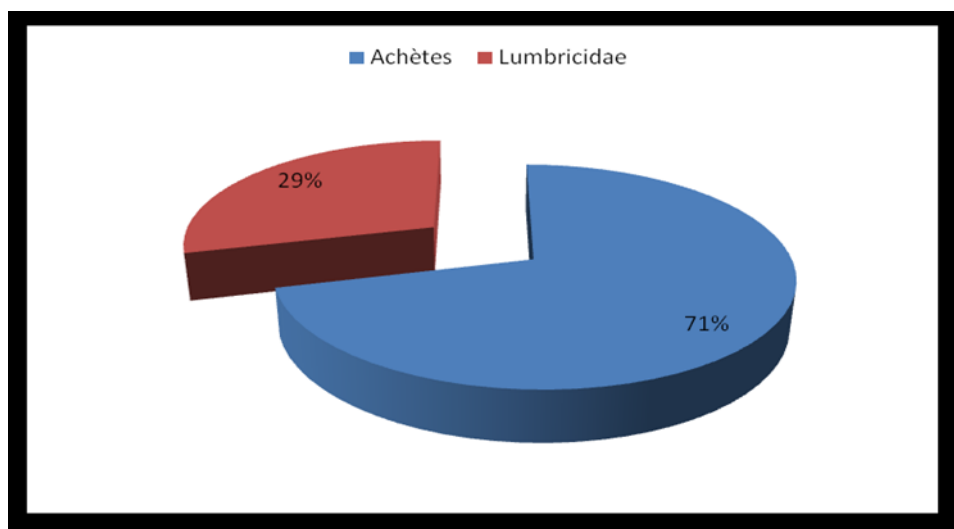


Figure 49 : Abondance relative des Familles d'Annélides par rapport au sous-Ordre

4.3.3.5. Les Nématodes: Cet ordre est représenté par 580 individus au total, ce nombre est surtout concentré dans les stations Bentabouche 442 (76,20%) et Boussera avec 140 individus soit 12,20%. A Boumahra, il y a 96 spécimens et à Hlia, il ya seulement cinq (5) individus ce qui représente 1 03% de l'effectif total des Nématodes .

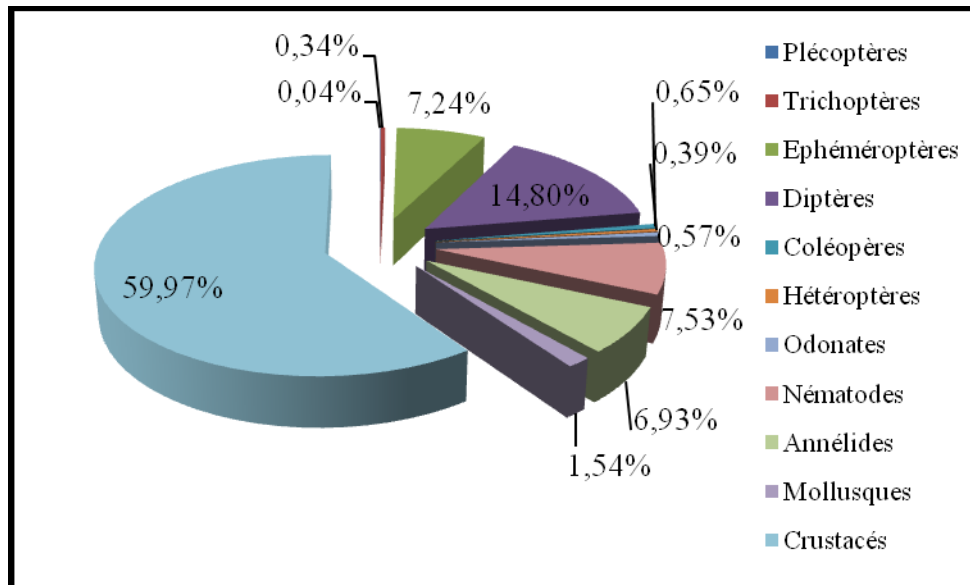


Figure 50: Abondance relative de chaque ordre par rapport à l'effectif total

4.3.4. La fréquence des espèces

Tableau 35 : Fréquence des espèces par station

Nombre de sorties	6	6	6	6
Sites	Bentabouche	Boumahra	Hlia	Boussera
Espèces				
Plécoptères		33,33%		16,67%
Hydropsychidae	66,67%	16,67%	83,33%	16,67%
Ephemeridae	33,33%			
Ephemerellidae				16,67%
Baetidae	100,00%	16,67%	66,67%	50%
Caenidae	83,33%		66,67%	83,33%
Potamantidae			16,67%	
leptophlebiidae			16,67%	33,33%
Heptagenidae	33,33%			16,67%
Chironomidae	66,67%	100,00%	100,00%	83,33%
Tipulidae	33,33%		66,67%	50%
Athericidae			16,67%	
Ceratopogonidae				50%
Brachycère		16,67%		
Tabanidae	16,66%		66,67%	16,67%
Simuliidae	66,67%		50%	50%
Dixidae	33,33%			
Limoniidae			33,33%	33,33%
Nématocères			33,33%	
Psychodidae	33,33%		16,67%	
Coléoptères	100%	16,67%	83,33%	66,67%
Dyticidae			16,67%	
Hydrophilidae				16,67%
Geridae			16,67%	
Zygoptères	66,67%	16,67%		33,33%
Anisoptères		50%	100%	66,67%
Nepidae	16,67%			16,67%
notonectidae	16,67%			16,67%
corixidae	16,67%			16,67%
Gammaridae	100%	66,67%		
Ostracode	16,67%			
Potamonidae		33,33%	16,67%	
crevette d'eau douce	66,67%			
Physidae	16,67%	33,33%		
Planorbidae	16,67%	16,67		16,67%
Limnaeidae	16,67%	16,67%	16,67	16,67%
Bivalves	33,33%	16,67%		
Nématodes	83,33%	66,67%	16,67%	100%
Hirudinae(Sangsue)	100%	66,67%		33,33%
(Lombricidae)	83,33%	50%	33,33%	83,33%

4.3.5. 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 36, 37, 38 et 39.

Tableau 36 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité des eaux de Bentabouche selon l'IBGN

Relevés de la station 1: Bentabouche		24/12/2013	08/01/2013	29/01/2014	17/02/2014	03/03/2014	17/03/2014
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères							
Trichoptères	Hydropsychidae		1	1		2	5
	Nymphe					1	
Ephéméroptère	Ephemeridae		1				1
	Ephemerellidae						
	Baetidae	4	11	27	53	83	139
	Caenidae		7	1	23	15	81
	Heptagenidae					3	4
Diptères	Chironomidae			5	5	2	9
	Tipulidae					1	4
	Athericidae						
	Ceratopogonidae						
	Tabanidae	1					
	Simuliidae						111
	larve			2		148	
	Nymphe				1	1	1
	Dixidae		1				3
	Psychodidae					1	1
Coléoptères				1			5
	Gerridae						
Odonates							
	Zygoptère*	1			2	2	2
	Anisoptère*						
Hétéroptères	Nepidae					4	
	notonectidae					12	
	Geridae						
	corixidae						9
Crustacés	Gammaridae	375	370	232	627	2167	810
	Ostracode						1
Décapodes	crevette d'eau douce		11		4	1	4
Mollusques	Physidae			1			
	Planorbidae			4			
	Limnaeidae			1			
	Bivalves				2	10	
Nématodes			3	20	4	302	93
Achètes	Hirudinae(Sangsue)	26	57	32	87	91	5
Oligochètes	(Lombricidae)	19	2	4	9		7
Effectif des échantillons		426	464	331	817	2846	1295

* Sous-Ordre

Effectif total de la station 1	6179
Variété totale	27
Classe de variété	8
Groupe indicateur	5
IBGN	12
Classe de qualité	Moyenne

**Tableau 37 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité
des eaux de Boumahra selon l'IBGN**

Relevés de la station 2: Seybouse Boumahra							
Numéros des échantillons		24/12/2014	08/01/2014	29/01/2014	17/02/2014	03/03/2014	17/03/2014
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères		1	1				
Trichoptères	Hydropsychidae	1					
	hélicopsychidae						
Ephéméroptères	Ephemeridae						
	Ephemerellidae						
	Baetidae			1			
	Caenidae						
Diptères	Chironomidae	6	5	4	4	3	14
	NympheBrachycères	1					
	Athericidae						
	Ceratopogonidae						
	Tabanidae						
Coléoptères		3					
Hétéroptères	Gerridae						
Odonates							
	Anisoptère*	1	1			1	
	Zygoptère*		1				
Crustacés	Gammaridae	3	9	2			3
	potamonidae	1			1		
Mollusques	Physidae	1					70
	Planorbidae						9
	Limnaeidae						2
	Bivalves						10
Nématodes		1	2		1		8
Achètes	Hirudinae(Sangsue)		11		11	20	37
Oligochètes	(Lombricidae)			7		3	14
Effectif des échantillons		19	30	7	17	27	167

* Sous-Ordre

Effectif total de la station 2	267
Variété totale	17
Classe de variété	6
Groupe indicateur	2
IBGN	7
Classe de qualité	Médiocre

**Tableau 38 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité
des eaux de Hlia selon l'IBGN**

Relevés de la station 3: Hlia		24/12/2013	08/01/2014	29/01/2014	17/02/2014	03/03/2014	17/03/2013
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères							
Trichoptères	Hydropsychidae	3		1	4	2	3
	inconnue						1
	Hélichopsychidae						
Ephéméroptères	Ephemeridae						
	Potamantidae						8
	Ephemerellidae						
	Baetidae			1	3	5	12
	Caenidae	1			4	5	9
	Inconnue						2
	leptophlebiidae					2	
Diptères	Chironomidae	1	2	3	1	2	1
	Exuvie				1		
	Tipulidae	6		2	7		2
	Athericidae			2			
	Ceratopogonidae						
	Tabanidae		1	2		2	3
	Limoniidae	1				3	
	Psychodidae	10					
	Nématocères	1	1				
	Simuliidae				2	1	36
Coléoptères		2	5		6	10	6
	Hidraenidae						
	Girinidae						
	Dyticidae			2			
Hétéroptères	Gerridae			1			
Odonates							
	Anisoptère*	2					1
	Zygotère*		3	1	17	1	
Crustacés	Gammaridae						
	Asselidae						
	Limnadiidae						
	crevette d'eau douce						
	Potamonidae						1
Mollusques	Physidae						
	Planorbidae	1		1	1		3
	Limnaeidae				1		
	Bivalves						
Nématodes(vers)							5
Achètes	Hirudinae(Sangsue)						
Oligochètes	(Lombricidae)	2					3
Effectif des échantillons		30	12	16	47	33	96

* Sous-Ordre

Effectif total de la station 3	231
Variété totale	25
Classe de variété	8
Groupe indicateur	5
IBGN	12
Classe de qualité	Moyenne

**Tableau 39 : Relevé des macroinvertébrés benthique et classe de qualité
des eaux de Boussera selon l'IBGN**

Relevés de Boussera		24/12/2013	08/01/2014	29/01/2014	17/02/2014	03/03/2014	17/03/2014
Numéros des échantillons		1	2	3	4	5	6
GI/ Taxons							
Les insectes							
Plécoptères	Chloroperlidae						1
Trichoptères	Hydropsychidae					1	
Ephéméroptères	Ephemeridae						
	Ephemerellidae				3		
	Baetidae	1			12	9	
	Caenidae		1	1	13	3	7
	Leptophlebiidae			1	2		
	Heptageniidae				1		
Diptères	Chironomidae	93	334	150	22		
	Chiro nymphe	3	24				
	Chir larve	36				4	
	Chiro exuvie		6				
	Simuliidae	4	6				16
	Athericidae						
	Ceratopogonidae	12	2		1		
	Tabanidae						1
	Tipulidae			1	2	1	
	nymphe limoiidae					2	
	Limoniidae						1
Coléoptères		3		1	4		1
	Hydrophilidae		1				
Odonates							
	Zygoptère*	1			2		
	Anisoptère*	2			1	1	1
Hétéroptères	Notonectidae				2		
	NEPIDAE					1	
	Corixidae						1
Crustacés	Gammaridae						
Mollusques	Physidae						
	Planorbidae					2	
	Limnaeidae	1					
	Bivalves						
Nématodes(vers)		15	3	31	21	4	66
Achètes	Hirudinae(Sangsue)					1	1
Oligochètes	(Lombricidae)		1	8	30	35	18
Effectif des échantillons		171	378	193	116	64	114

* Sous-Ordre

Effectif total de la station 4	1030
Variété totale	25
Classe de variété	8
Groupe indicateur	3
IBGN	10
Classe de qualité	Moyenne

Tableau 40 : Synthèse des résultats des quatre stations

	S1 Bentabouche	S2 Boumahra	S3 Hlia	S4 Boussera
Effectif total	6179	267	231	1030
Variété totale	27	17	25	25
Classe de variété	8	6	8	8
Goupe indicateur	5	2	5	3
IBGN	12	7	12	10

IBGN S1 = IBGN S3 = IBGN S4 avec:

GI S1 = GI S3

GI S1 > GI S4

GI S3 > GI S4

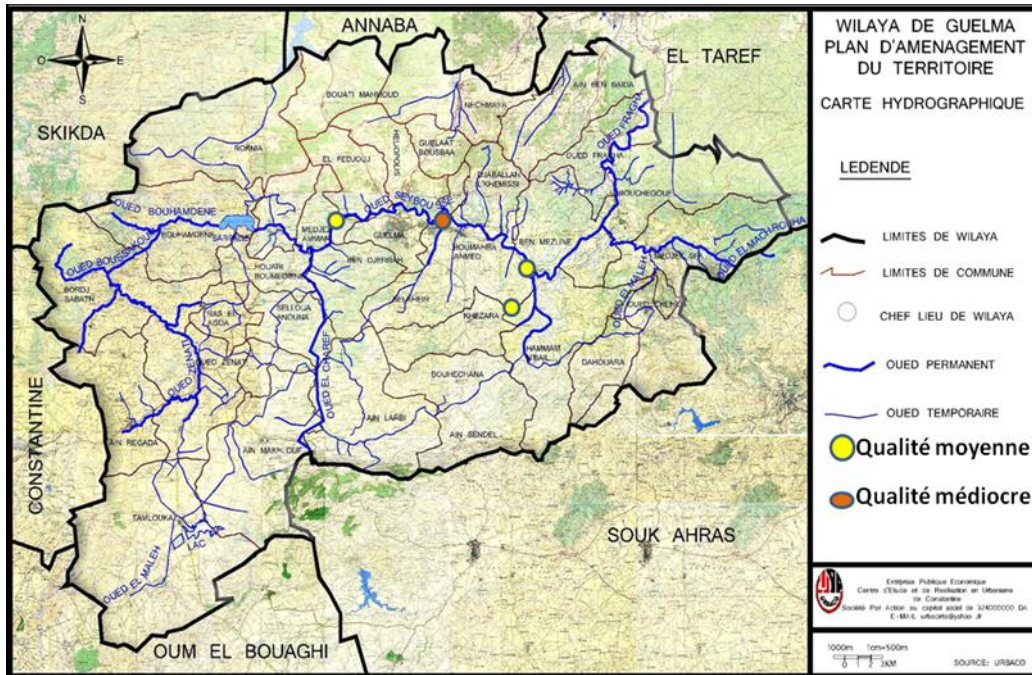
- ❖ Bentabouche présente un IBGN de 12 avec un groupe indicateur de 5 au même titre que la station de Hlia. L'IPO suggère des eaux de mauvaise qualité ce qui se confirme par le cortège faunistique existant: Crustacés (en particulier les Gammaridae) qui constituent un groupe tolérant à la pollution (74,47%), les Nématodes (6,82%), Diptères (4,80%) et enfin les Epheméroptères (7,33%) dont (98,01%) sont des Beatidae et des caenidae appartenant au GI 2 et 1,76% d'Hepageniidae GI 5. Contrairement à la station Hlia, les Ephemeridae GI 6 un groupe taxonomique polluosensible existe ou persiste mais est insuffisamment représenté à Bentabouche avec deux spécimens l'un récolté au mois de janvier l'autre en mars avec un total de 0,44% alors qu'à Hlia ce groupe n'existe pas ou a complètement disparu (voir tableau 38).
- ❖ La station Boumahra se retrouve avec un groupe indicateur de 2 et un IBGN de 7 donc des eaux de qualité médiocre. En effet, les espèces dominantes sont des diptères (Chironomidae), des Crustacés (Gammaridae), des Mollusques et des annélides (Achètes), dans la bibliographie, ces espèces sont très tolérantes à la pollution. Ces résultats confirment l'étude indicielle précédemment faite qui a prouvé que les eaux de cette station sont de qualité médiocre. Notons par ailleurs, que cette station reçoit les rejets industriels de l'usine de marbre (ENAMARBRE) située en amont de la station (la présence de mousse est un bon indicateur de l'utilisation d'agents polissant). La présence de taxon polluosensible (plécoptère) aux mois de décembre et janvier est accidentelle elle est due à la dérive causée par les courants et les crues qui ont caractérisés toute la période de notre étude (Voir tableau 37).

- ❖ Les analyses physico-chimiques des eaux de Hlia indiquent des taux très élevés d'ammonium ce qui classe les eaux de cette station dans la classe de qualité médiocre. De plus, l'IPO (basé sur les indices de pollution organique) a prouvé que cette station présente une très forte pollution. Les eaux de Hlia restent de qualité moyenne et semblent très peu affectées par les rejets urbains des habitations et la faible activité d'élevage aux alentours de la station. En effet, les assemblages des différents ordres semblent en équilibre: Les Diptères constituant un groupe suffisamment important avec une abondance relative de (39,82%), les Ephéméroptères (22,51%) et les Trichoptères (6,06%). Notons que malgré la pollution organique qui y règne, l'effectif total de la station (231) n'est pas très élevé ce qui prouve que ce milieu est oligotrophe.
- ❖ Paradoxalement à Hlia, l'enrichissement en éléments nutritifs de la station de Boussera en nitrites, nitrates, ammonium et orthophosphates provenant des engrais et de la décomposition de la matière organique due aux déchets d'élevage de bovins à proximité du cours d'eau, a favorisé un accroissement qualitatif de la diversité (variété totale: 25). D'autre part, la moyenne en DBO5 de 82,68 mg/l d'oxygène indique une forte charge en matières organiques ce qui a permis un développement quantitatif des populations (effectif total 1030) dont (69,41%) sont des Diptères, suivis des nématodes (13,59%), des Annélides (9,12%) et des Ephéméroptères (Beatidae et caenidae) (5,24%) situé dans les groupes indicateurs(2) polluo-résistants (tableau 23). De même qu'à Boumahra, la présence d'un seul individu appartenant à l'ordre des plécoptère n'est qu'accidentelle due aux crues d'hiver ou on peut supposer également, l'installation d'un nouveau cortège de macro-invertébrés avec le début du printemps et le changement des conditions du milieu.

- Nous pensons que l'IBGN au niveau de Boussera ne concorde pas avec les résultats des indices physico-chimiques qui ont prouvé l'existence d'une pollution excessive.
- Les IBGN de Bentabouche et Hlia sont les mêmes cependant avec un cortège faunistique différent
- Un fait important à signaler est l'absence totale de Gammaridae à Hlia et Boussera malgré la forte charge en matières organiques DBO5 (20mg/l d'oxygène pour Hlia, 82,68 mg/l d'oxygène pour Boussera) et sa résistance à la pollution.

Plusieurs suppositions ont été avancées:

- Absence de ressources trophiques,
- Substrat essentiellement composé de sable grossier et de graviers la berge est presque nue à la station Hlia, et est composée de vase pour ce qui est de Boussera, ce qui rend ces deux stations inaptes à héberger ce taxon
- Perturbations physiques (Températures élevées par rapport à la saison) ou chimiques dues à l'emploi de pesticides ou de fongicides: En effet dans la littérature d'après Adam, (2007), les gammares sont des organismes qui présentent une sensibilité aux produits de traitement du bois (insecticides, fongicides) au même titre que les taxons suivant : les Coléoptères Elmidae du g. Elmis et Oulimnius, les Trichoptères Psychomyiidae du g. Tinodes et les Ephéméroptères du g. Ephemera.



Carte 10: Qualité des stations d'étude selon l'indice biologique global normalisé

4.3.6. La richesse spécifique des stations étudiées et les indices de diversité

4.3.6.1. La richesse spécifique de stations étudiées

- **A Bentabouche:** La richesse spécifique est minimale au mois de décembre et atteint son maximum à la deuxième quinzaine du mois de mars

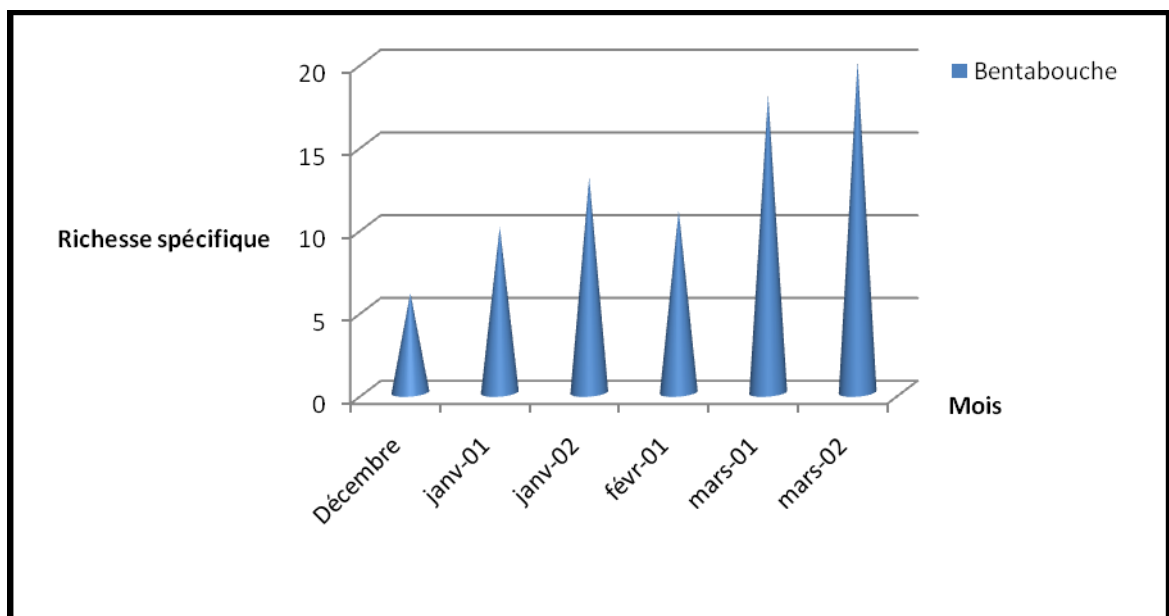


Figure 51 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Bentabouche

- **A Boumahra:** Le maximum de la richesse spécifique est atteint au mois de décembre (10 espèces), puis il ya une stabilisation avec des minimas de 4 espèces pour augmenter de nouveau à la fin du mois de mars.

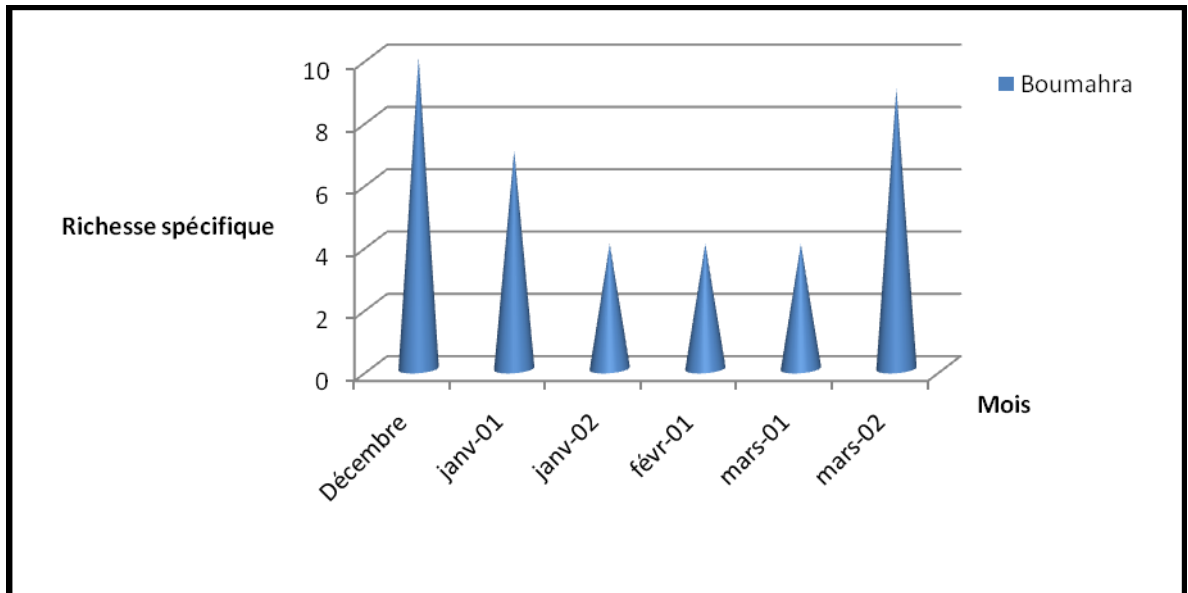


Figure 52 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Boumahra

- **A Hlia:** La richesse spécifique est atteinte la deuxième quinzaine de mars avec 16 espèces contre cinq à la première quinzaine de janvier. Elle reste stable au cours des autres mois.

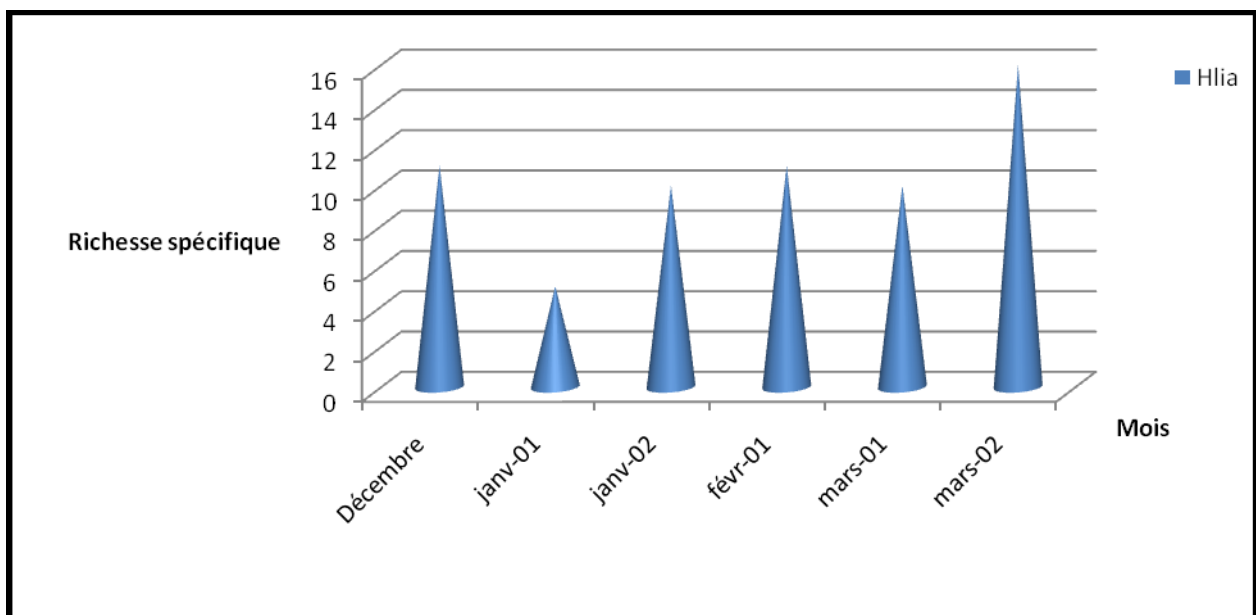


Figure 53 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Hlia

- **A Boussera:** La richesse spécifique à Boussera est maximale au mois de février (14 espèces) et minimale à la deuxième quinzaine de janvier.

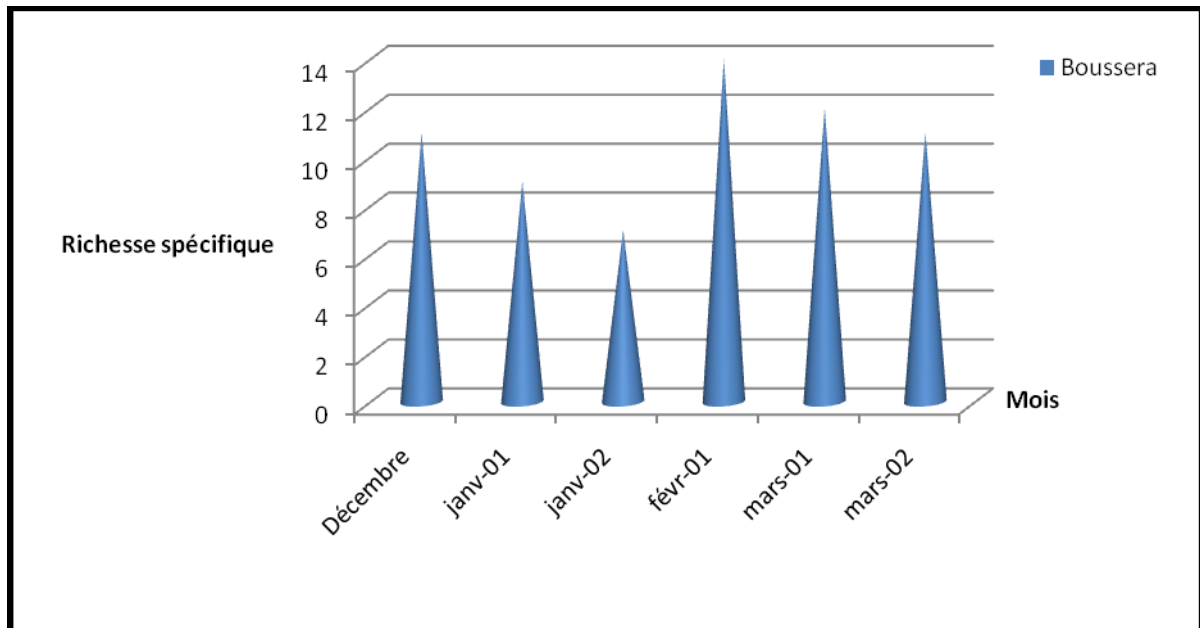


Figure 54 : Les variations mensuelles de la richesse spécifique à Boussera

4.3.6.2. L'indice de diversité 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: $H = - \sum ((ni/N) * \log_2(ni/N))$; avec ni : 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).

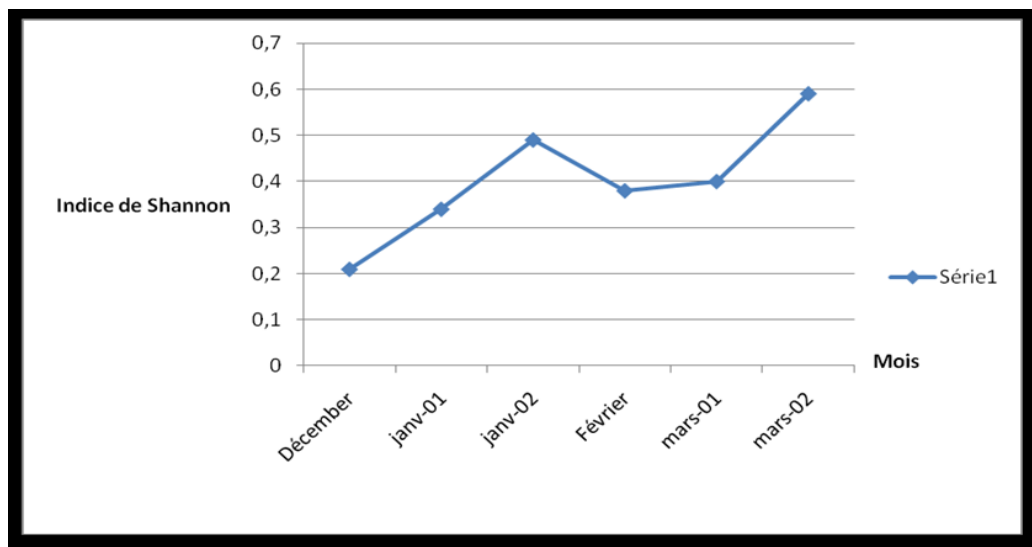


Figure 55 a) : Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Bentabouche

- L'indice de Shannon indique une diversité faible avec une valeur minimale H (0,2) en décembre puis une ascension vers une valeur maximale H= (0,6)

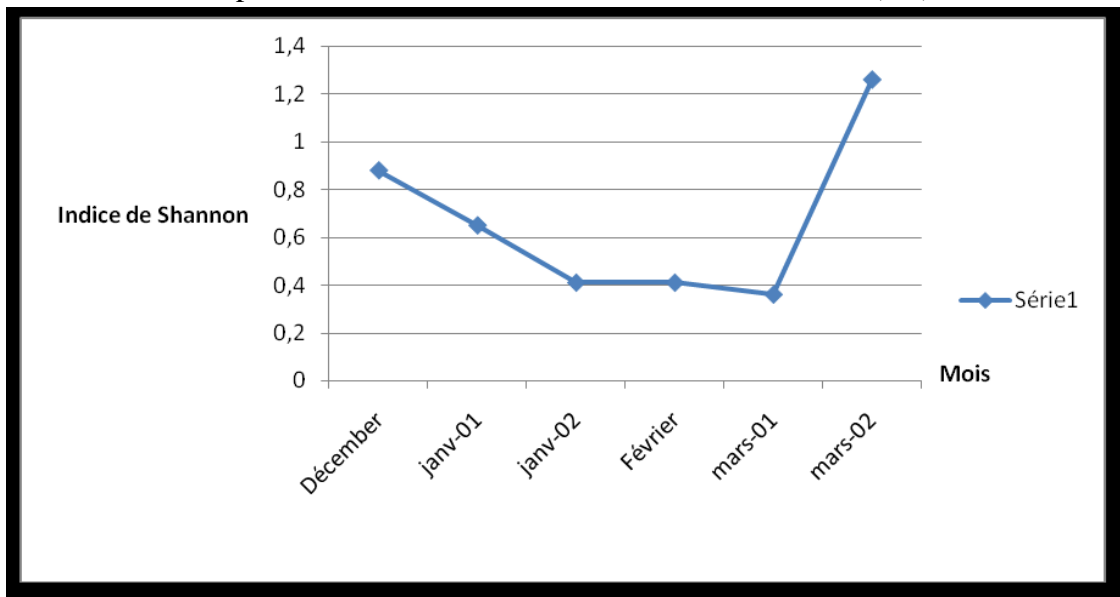


Figure 55 b): Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Boumahra

- **A Boumahra:** L'indice de Shannon maximum est H= 1,3 à la fin du mois de mars, des valeurs identiques sont à noter entre la deuxième quinzaine de janvier et le début de mars reflétant une diversité stable.

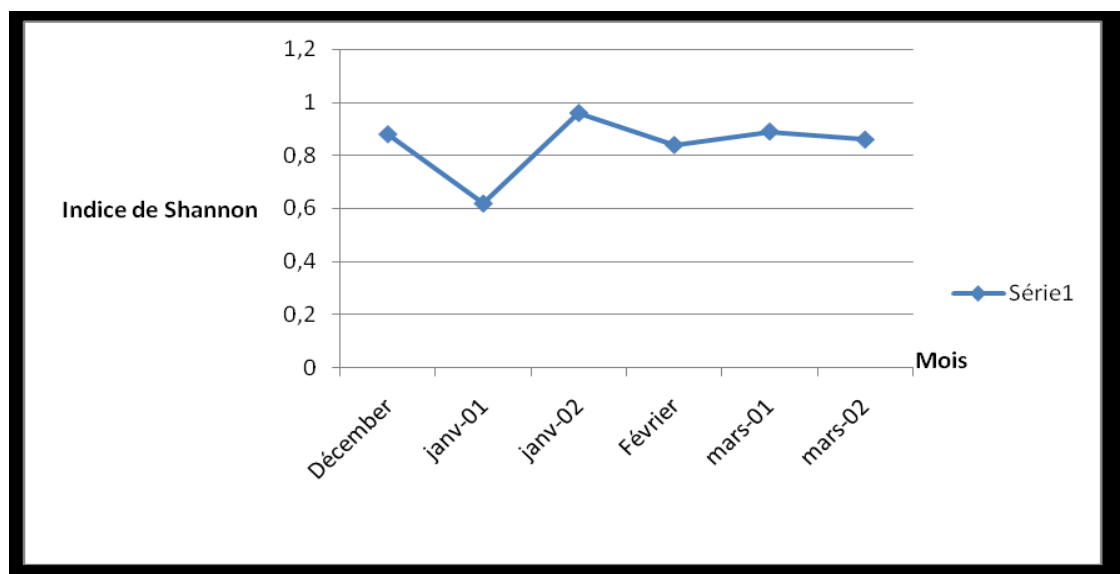


Figure 55 c): Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Hlia

- **A Hlia:** L'indice se rapproche du maximum en décembre et la deuxième quinzaine de janvier H=0,9

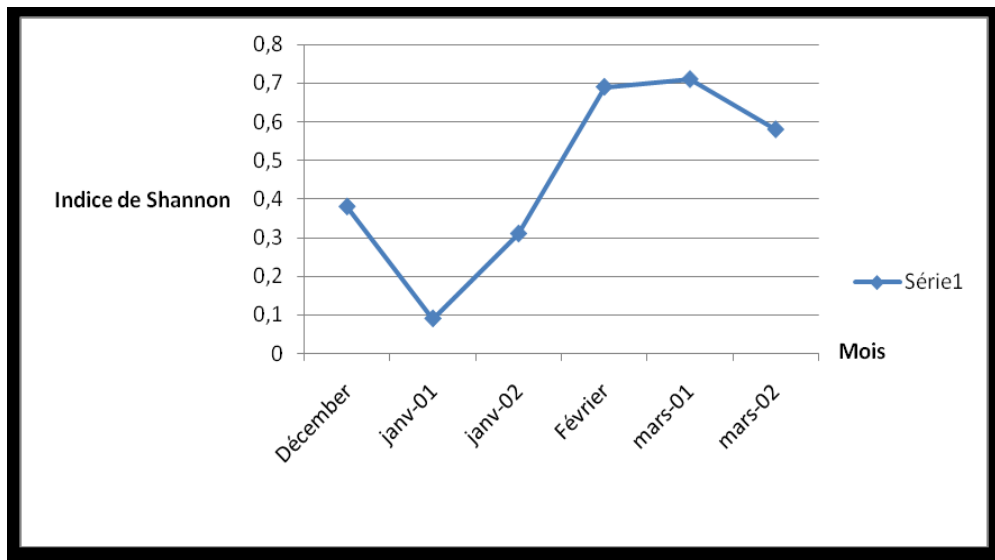


Figure 55 d): Les variations mensuelles de l'indice de Shannon à Boussera

- **A Boussera:** La diversité maximale a été notée au mois de Février et début mars $H=0,7$ quant au minimum de diversité, il a été enregistré à la première quinzaine du mois de janvier $H=0,1$

4.3.6.3. L'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 sur 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).

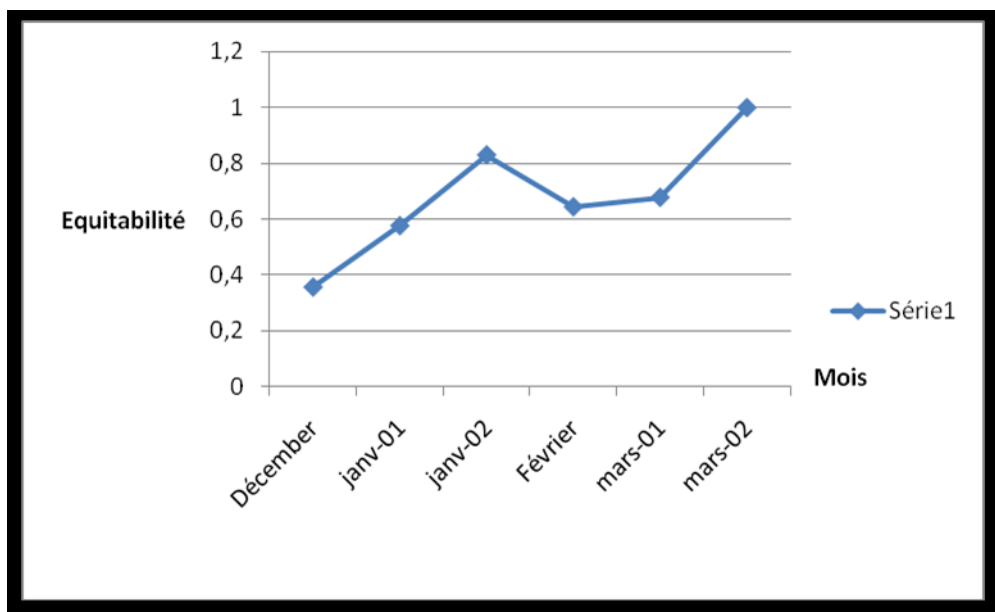


Figure 56 a): Les variations mensuelles de l'indice d'équitabilité à Bentabouche

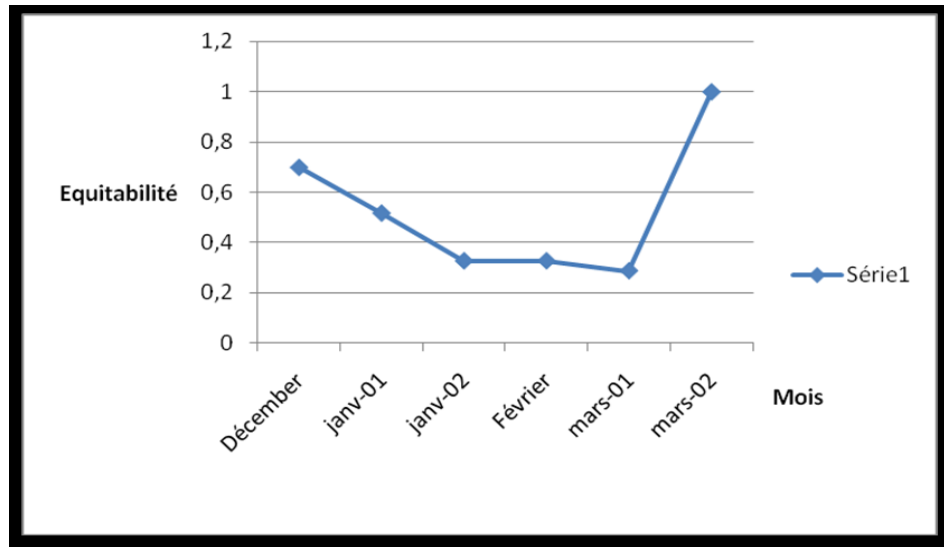


Figure 56 b): Les variations mensuelles de l'indice d'équitabilité à Boumahra

- **A Bentabouche:** l'équitabilité est maximale E varie de 0,8 à 1 ce qui traduit une abondance de plusieurs espèces.
- **A Boumahra:** En décembre $E=0,8$ et devient maximale $E=1$ à la fin du mois de mars.

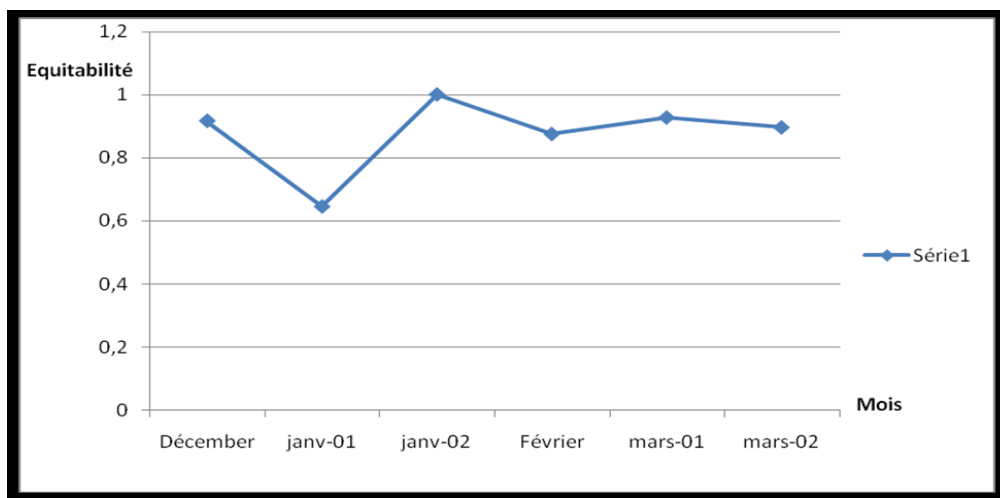


Figure 56 c): Les variations mensuelles de l'indice d'équitabilité à Hlia

- **A Hlia:** Le mois de décembre et la fin de janvier enregistrent une équitabilité qui varie de 0,8 à 1 et traduisant l'équirépartition des taxons durant tous les mois excepté au début janvier où l'équitabilité atteint une valeur minimale de $E=0,6$
- **A Boussera:** Cette station enregistre au début janvier une valeur très basse de l'équitabilité se rapprochant du zéro $E=0,1$, en février et mars l'équitabilité est maximale $E=1$

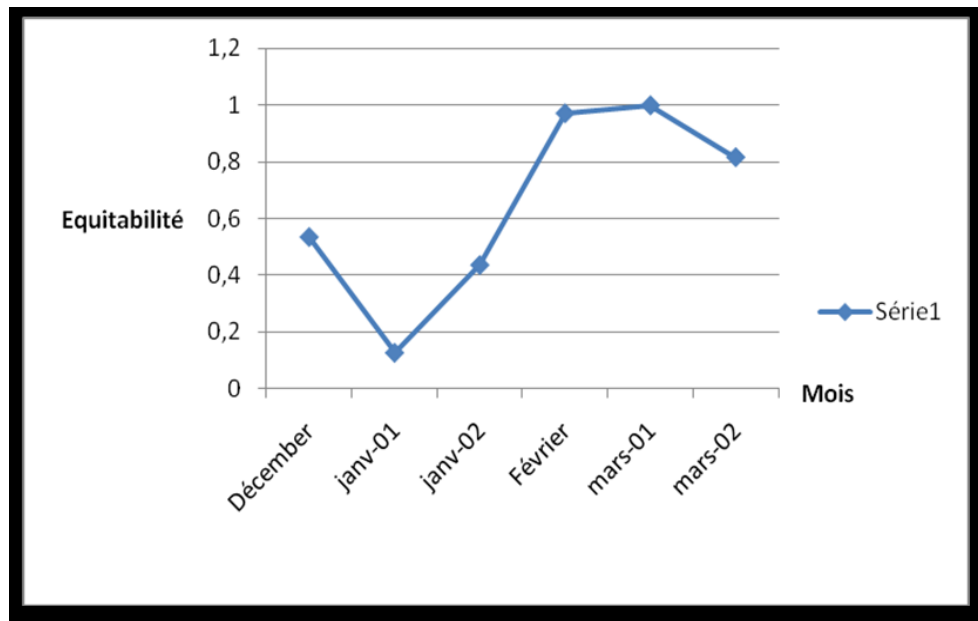


Figure 56 d): Les variations mensuelles de l'indice d'équitabilité à Boussera

4.3.6.4. L'indice de similarité de Jaccard:

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

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. I varie de 0 à 1.

Tableau 41: Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (Jaccard)

	Bentabouche S1	Boumahra S2	Hlia S3	Boussera S4
Bentabouche	1			
Boumahra	0,42	1		
Hlia	0,50	0,35	1	
Boussera	0,53	0,45	0,43	1

Il ressort de ce tableau que :

- ❖ les stations S1-S3 et S1-S4 présentent une forte similarité avec un indice variant de (0,50 à 0,53). les peuplements de ces deux stations possèdent un fond commun de taxons importants.
- ❖ Les stations S1-S2 et S2-S4 possèdent des indices faibles allant de (0,42 à 0,45).

- ❖ Les stations S3-S4 devraient avoir un indice plus élevé que 0,43 puisqu'elles partagent avec S1 un nombre important de taxons.
- ❖ Les stations S2-S3 se démarquent nettement des autres, en affichant un faible indice de similarité de 0,35.

D'après la littérature, les stations les plus similaires sont celles qui sont généralement situées sur un même cours d'eau; Or ce n'est pas le cas des stations S1-S2 qui présentent probablement des perturbations dans les conditions du milieu qui ont une incidence directe sur les peuplements existants. Nous pouvons remarquer également qu'il n'y a pas de grandes différences dans les peuplements d'amont en aval cas des stations S1-S3 et S1-S4.

4.3.6.5. L'indice de similarité de SÖRENSEN:

Afin de confirmer les résultats de l'indice de Jaccard, nous avons eu recours à l'indice de SÖRENSEN qui est également utilisé pour comparer les différentes stations entre elles. Il a pour formule ($S = (2c / (a + b)) \times 100$) *

(avec a = nombre d'espèces présentes dans la première station, b = nombre d'espèces présentes dans la seconde station et c = nombre d'espèces communes aux deux stations).

Les résultats indiquent:

- ❖ Une très forte similarité entre S1-S4 (0,69) obtenue précédemment par l'indice de Jaccard.
- ❖ La similarité entre S3-S4 (0,60) se confirme plus ou moins avec 15 espèces en commun par rapport à 25 espèces au total dans chacune des stations.
- ❖ Egalement (0,61) entre S2-S4 où 13 espèces de la station S2 soit 76,47% sont partagées avec celles de Boussera dont elles représentent 52% du peuplement total (Tableau 42).

Tableau 42 : Similarités entre les peuplements benthiques des stations d'étude (SÖRENSEN)

	Bentabouche	Boumahra	Hlia	Boussera
Bentabouche	1			
Boumahra	0,59	1		
Hlia	0,50	0,52	1	
Boussera	0,69	0,61	0,60	1

* Le facteur (x100) est facultatif

Conclusion

Conclusion

Dans ce travail, nous avons tenté d'évaluer l'intégrité écologique de l'oued Seybouse et ses affluents.

L'analyse physico-chimique des eaux a montré que les températures sont élevées par rapport à la saison, les valeurs du pH sont favorables à la vie, la conductivité moyenne s'étend de 720,6 μ S/cm à Hlia à 1480,8 μ S/cm à Bentabouche, l'oxygénation des eaux est très faible ce qui a permis une pullulation d'espèces ayant des exigences moindres en oxygène telles que les Chironomides, les Nématodes et les Annélides qu'on retrouve au niveau de toutes les stations étudiées.

Notons par ailleurs, que les concentrations élevées en nitrites, nitrates et ammonium proviennent particulièrement de l'usage des engrais et de la décomposition de la matière organique due aux activités d'élevage à proximité des cours d'eau. Par rapport aux Orthophosphates, la station de Boussera est excessivement polluée de plus, la demande biologique en oxygène en cinq jours dépasse à Boussera de loin les normes européenne de la SEQ-EAU.

Afin de déterminer la classe de qualité des stations d'étude, nous avons appliqué les indices de pollution organiques (Leclercq et Maquet, 1987), le Lisec-Index (Beckers et Steegmans, 1979) et enfin la méthode Bouquiaux et Hermann, 1976) modifiée par (Verniers et Micha, 1982) les résultats se rejoignent pour certains indices qui enregistrent tous une pollution forte à élevée pour toute les stations excepté l'indice (Verniers et Micha, 1982) qui est plutôt optimiste en classant les eaux de Bentabouche comme étant de pollution modérée. C'est ce qui montre les limites de tous ces indices n'étant pas basés sur la comparaison des mêmes paramètres.

Le deuxième volet de notre étude s'est basée sur l'analyse biologique des peuplements de macroinvertébrés benthiques et l'application de l'indice biologique globale normalisé. Les résultats obtenus, nous ont permis de recenser 7707 individus répartis en cinq classes: Les insectes(1854), les Crustacés, les plus dominants (4622), Les Mollusques (119), les Nématodes (580) et les Annélides (534). Les insectes sont représentés par l'ordre des Plécoptères (3), les Trichoptères (26), les Hétéroptères

(30), les Odonates (44), les Coléoptères, les Ephéméroptères(560) et enfin les Diptères avec (1141) individus.

Des faits paradoxaux ont été notés citons la présence de Plécoptère au niveau des stations de Boumahra et Boussera (des milieux fortement anthropisées) et L'absence également des Gammars des stations Boussera et Hlia.

L'application de l'indice biologique global normalisé aux peuplements de macroinvertébrés de la Seybouse et de ses affluents montre une qualité hydrobiologique moyenne à médiocre avec des IBGN de 12 à Bentabouche et Boussera, 10 à Hlia et un IBGN de 6 à Boumahra dont la qualité des eaux est médiocre.

Les richesses faunistiques sont stables au niveau des stations excepté à Boumahra où les peuplements sont perturbés à cause des pressions anthropiques qui s'y exercent

La présence des taxa tels que les Chironomides, les Annélides et les Nématodes est un bon indicateur de la dégradation de la qualité de l'eau par la présence de matières organiques en décomposition. Au contraire, la présence des familles d'Ephéméroptères comme les Ephemeridae GI(6), les Leptophlebiidae GI(6), les Heptageniidae GI(5) indique une meilleure qualité de l'eau.

Les analyses chimiques restent le seul moyen d'identifier les types de polluants et leurs teneurs dans les milieux aquatiques, les méthodes biologiques offrent comme principal intérêt la capacité d'intégration des variations des facteurs du milieu par des organismes vivant en permanence dans ces milieux.

la physico-chimie des eaux est considérée comme un élément de soutien à la biologie, c'est-à-dire que les seuils de qualité à déterminer doivent retranscrire les conditions du milieu qui permettent ou non aux différents compartiments biologiques d'être en bon état. Ainsi, est-il nécessaire de connaître les exigences du Vivant en terme de température, de salinité, d'oxygène dissouset de nutriments ce qui implique une analyse des liens entre les paramètres physico-chimiques et la biologie ainsi que de leurs préférendum (Courrat et al., 2010 in Lévêque, 2011)).

Glossaire

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 : trachéobranchies, masque, etc. La dernière mue est appelée métamorphose chez les arthropodes et insectes odonates.

Hétérométaboles : catégorie d'insectes Ptérygotes chez lesquels il n'y a pas de stade immobile entre la larve et l'adulte. Les hétérométaboles se divisent en deux sous-catégories : **les paurométaboles** : la larve et l'adulte vivent dans le même milieu.

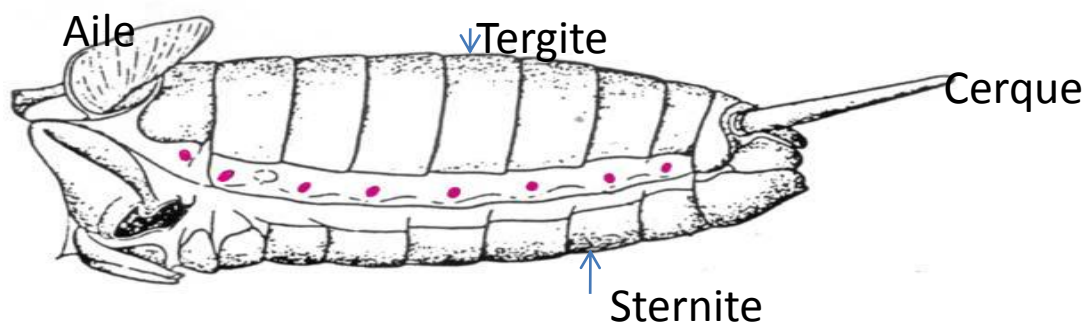
les hémimétaboles : la larve et l'adulte vivent dans des milieux différents (larve souvent aquatique).

Paurométabole: Développement à nombre fixe de stades larvaires, la dernière mue étant la mue imaginale. La larve ressemble à l'adulte mais ne possède pas d'ailes chez les insectes ni d'append développés chez les arthropodes, hémiptères, blattes..

les paurométaboles : la larve et l'adulte vivent dans le même milieu. les hémimétaboles : la larve et l'adulte vivent dans des milieux différents (larve souvent aquatique).

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 préimaginal. Elles vont alors s'isoler au sein d'une chrysalide afin d'y effectuer leur métamorphose vers l'état adulte ou imago.

Tergite: Les pattes s'insèrent entre le sternite et le pleurite, les ailes entre le tergite et le pleurite.



Nymphose :

Transformation d'une larve en nymphe. État de l'insecte suite à cette transformation

Poïkilothermes : Ce sont des animaux ayant une température corporelle qui varie avec celle de leur milieu

Prognathe : Saillie en avant de la mâchoire supérieure ou inférieure.



Le projet INECO est un projet soutenu par la Communauté Européenne, qui vise la mise en place d'instruments économiques et institutionnels pour la gestion durable des ressources en eau dans la zone méditerranéenne. Le projet comporte une série d'activités de coordination visant à:

- d) Promouvoir les échanges de bonnes pratiques, d'information et de recherche entre instituts qui participent, en fonction du rôle des instruments institutionnels et économiques dans l'usage efficace et durable de l'eau.
- e) Développer les synergies entre les partenaires du groupement par l'organisation d'études et l'organisation d'ateliers participatifs afin d'évaluer l'efficacité des pratiques actuelles de gestion de l'eau.
- f) Formuler les propositions afin de promouvoir la gestion intégrée des ressources en eau à travers l'application d'instruments économiques appropriés et socialement applicables.

Le projet inclut 14 organisations de 10 pays du pourtour méditerranéen : Syrie, Liban, Maroc, Tunisie, Egypte, Grèce, Chypre, Italie, France, Algérie.

L'agence de bassin hydrographique Constantinois- Seybousse- Mellegue est le partenaire algérien du projet.

<http://environ.chemeng.ntua.gr/ineco>

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- ❖ Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois- Seybouse – Mellegue .1999.
Le bassin de la Seybouse Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).
- ❖ Archaimbault V. L'indice Biologique Global Normalisé français (IBGN, Norme AFNOR NF T90 –350, 2004) : ses principes et son évolution dans le cadre de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau
www.geolab-onlus.org/html/convegno/IBGN_ARCHIMBAULT.pdf
consulté le 21/8/2012.
- ❖ BARBOUR M T et al, 1999. Rapid Bioassessment Protocols For Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish Second Edition
<http://www.epa.gov/OWOW/monitoring/techmon.html> Consulté le 20/7/2012
- ❖ BECHIRI N. 2011. Evolution du chimisme des eaux de surface et souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est algérie).Mémoire de Magister, Univ. Annaba.
100 p
- ❖ BENSEGHIR A.2006. Contribution à l'étude de l'état nutritionnel par la méthode du diagnostic foliaire de trois variétés d'abricotier (*Prunus armeniaca* L.) en zone aride (commune de Doucen - w. Biskra).Mémoire d'ingénieur, Univ Biskra
http://www.memoireonline.com/10/08/1569/m_contribution-etude-etat-nutritionnel-diagnostic-foliaire-abricotier26.html Consulté le 22/7/2012
- ❖ BERRAHOU A., CELLOT B & RICHOUX P, 2001. Distribution longitudinale des macroinvertébrés benthiques de la Moulaya et de ses principaux affluents (Maroc).
*Ann.Limnol.*37(3):223-235
- ❖ CHAIB N. 2010. Cartographie de la qualité des eaux de surface du bassin hydrographique de l'oued Kebir- Est (Nord-Est d'Algérie). Thèse de doctorat, Univ. Annaba. 132 p.
- ❖ CHOUINARD H.2010.L'intégrité écologique des cours d'eau, analyses des méthodes de suivi et proposition d'une méthode adaptée au parc national d'Ifrane. essai présenté au Département de biologie et au CUFÉ en vue de l'obtention des grades de

maître en écologie internationale et maître en environnement. (en ligne). Univ. Sherbrooke, Québec, Canada. 111p. <http://www.Usherbrooke.ca>. Consulté le 15/10/2013.

❖ DEBIECHE T-H. 2002. Evolution de la qualité des eaux (Salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle. Application à la base plaine de la Seybouse Nord-Est algérien. Mémoire d'ingénieur. Univ. Constantine. 236p

❖ FOUZARI A.2009. Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Diptera, Coleoptera et Gasteropoda. Mémoire de Magister. Univ. Guelma, 164 p

❖ Généralités sur l'indice biologique global normalisé (ibgn)

DIREN Haute-Normandie – Service Eau et Nature – Laboratoire d'hydrobiologie. 1.

www.haute-normandie.developpement-durable.gouv.fr/.../generalites_IB...

Consulté le 21/8/2012.

❖ GUENIN B., CHAUVIN C., & MENARD F. 2003. Cours d'eau et indices biologiques Pollution-Méthodes-IBGN. Editions educagri, Dijon.

❖ INECO-ABHCSM. 2008. Instruments alternatifs pour améliorer la gestion de l'eau dans le bassin méditerranéen. Cas de l'oued Seybouse- Algérie.

environ.chemeng.ntua.gr/.../1-%20A.%20Bouchedja%20-%20The%20C Consulté le 20/5/2014

❖ KHETTARS. 2009. Etude des peuplements de macroinvertébrés et des conditions milieu de de l'oued El Hammam (W. Mascara et Saida). Mémoire de Magister. Univ. Houari Boumediene, 89 p

❖ LECLERQ L. 2001, Intérêt et limites des méthodes d'estimation de la qualité de l'eau www.inforef.be/projets/eureau/brochure/partie1/sommaire.htm consulté le 2013/12/20

❖ Les différents systèmes d'évaluation de l'état des eaux (partie2)

www.eau-artois-picardie.fr/IMG/pdf/etat_des_eaux.pdf consulté le 10/5/2014

❖ Lévêque C et al. 2011. Rapport du projet BEEST: Vers une approche multicritère du bon état écologique des grands estuaires (En ligne) seine-aval.crihan.fr/.../Liteau-BEEST_Rapport-final-de-synthese_comple consulté le 2 juin 2014

❖ MEHENNAOUI- AFRI F-Z.1998. Contribution à l'étude physico-chimique et biologique de l'oued Kebir-Rhumel et de ses principaux affluents. Mémoire de Magister. Univ. Constantine, 78p

❖ MEZIANE N.2009. Contribution à l'étude des macroinvertébrés de Oued Seybouse Ephemeroptera, Trichoptera, Plecoptera et Bivalva. Mémoire de Magister. Univ. Guelma, 162 p

<http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html> consulté le 4/10/2010

❖ Mode d'emploi : Instruction manual WTW

WTW 034_ FR OXITOP DBO. pdf .Consulté le 25/2/2014.

❖ OLSEN L H, SUNESON H, PEDERSON B-V. 2005. Les petits animaux des lacs et des rivières. Delachaux et Niestlé, France (Paris).

❖ **Pollution Industrielle** listes des fichiers et notices PDF la ...

www.notices-pdf.com/la-pollution-industrielle-pdf.html

❖ REMINI B.2010. La problématique de l'eau en Algérie du Nord. Larhys Journal. n° 08: 27-46

❖ RODIER J.2009.L'analyse de l'eau.9ème édition, Dunod, Paris

❖ SATHA YALLES A.2008. Caractérisation du peuplement odonatologique des bassins versants de Bouhamdane et Seybouse.. Mémoire de Magister. Univ.Guelma.124p

❖ SEQ-EAU version 2.2003.:Prélèvements de terrain et analyses. cpepesc (Commission de protection des eaux du patrimoine, de l'environnement, du sous-sol et des Chiroptères)

<http://www.cpepesc.org/Les-principaux-parametres.html> consulté le 4/10/2010

❖ SWIM-SM.2013. Atelier de concertation:Coût de la dégradation des ressources en eaux du bassin versant de la Seybouse

www.swim-sm.eu/index.php?...755%3Acowdalgeriafr2. Consulté le 20/5/2014

❖ TACHET H.,RICHOUX P.,BOURNAUD M. & USSEGLIO-POLATERA P. 2012.Invertébrés d'eau douce-Systématique, biologie, écologie. Editions CNRS, Paris.

❖ URBACO 2012. Plan d'aménagement du territoire de la wilaya de Guelma. Mission1: Evaluation territorial et diagnostic. Tome1: Géographie du territoire et développement humain.125p

❖ VANDEN BOSSCHE JP. 2005.Typologie et qualité biologique du réseau hydrographique de Wallonie basée sur les assemblages de macroinvertébrés. Thèse (En ligne). Univ libre de Bruxelles. 263p.

theses.ulb.ac.be/ETD-db/collection/available/ULBetd.../2_Text.pdf Consulté en 2012

❖ WOLFGANG D.2007. Guide des insectes: la description, l'habitat les mœurs. Delachaux et Niestlé, France (Paris).

Web photos

1- Henri Tachet :Galerie Web Photo Adobe Photoshop 6.0 / ba.ephemeroter.es.A_HT

http://nte-serveur.univ-lyon1.fr/nte/biologieanimale/boatp/arthropodes/insect/galerie-insectes/pages/ba.ephemeroter.es.A_HT.htm .Consulté le 27/4/2014

1'- Daniel Grand & J. P Boudot

2- <http://moineaudepartis.com/insectes/plecopteres/>

2'- http://www.libellules.org/fra/pages_dyna.php?idpage=764

3- <http://www.insecte.org/forum/viewtopic.php?t=20862>

4-<http://www.ird.fr/la-mediatheque/fiches-d-actualite-scientifique/398-le-recul-des-glaciers-menace-la-biodiversite>

5-http://ekldata.com/mizf4saUII6_UevsneXbSjQXdvY.jpg

6-M.Verolet:<http://aramel.free.fr/INSECTES32bis.shtml> .Consulté le 27/4/2014.

7-<http://www.wtw.de/index.php?>

Résumé:

Durant notre période d'étude qui s'est étalée du 24 décembre 2013 au 17 mars 2014, nous avons évalué l'intégrité écologique des eaux de la Seybouse et ses affluents.

Les analyses physico-chimiques ainsi que l'application des indices de pollution organiques (Leclercq et Maquet, 1987), le Lisec-Index (Beckers et Steegmans, 1979) et enfin (Verniers et Micha, 1982) ont indiqué une pollution forte à excessive pour toutes les stations excepté pour l'indice de Verniers et Micha qui classe les eaux de Bentabouche de modérément polluée.

L'approche biologique complémentaire par l'analyse des peuplements de macroinvertébrés a recensé 7707 individus répartis en cinq classes : Les insectes avec les principaux ordres (Ephéméroptères, les Diptères, les Trichoptères, les Hétéroptères et les Odonates) les Crustacés, les Mollusques, les Nématodes et les Annélides.

L'application de l'indice biologique global normalisé (IBGN) indique des classes de qualité moyenne à médiocre avec des IBGN allant de 6 pour Boumahra, 10 à Boussera et 12 pour Bentabouche et Hlia.

Mots clés: Intégrité écologique, Indices de pollution, IBGN, macroinvertébrés benthiques.

المخلص:

خلال فترة دراستنا التي امتدت من 24 ديسمبر 2013 الى 17 مارس 2014، قمنا بدراسة بيئية لمياه واد سييوس وفروعه.

التحليل الفيزيوكيميائية وتطبيق معايير التلوث العضوي (Leclercq et Maquet 1987)،
(Verniers et Micha ,1982), Lisec-Index (Beckers et Steegmans, 1979)
أثبتت ان درجة التلوث مرتفعة الى حادة في كل المحطات الا بالنسبة لعامل (Verniers et
Micha ,1982) الذي صنف محطة بن طابوش كضئلة التلوث .

اما بالنسبة للدراسة البيولوجية المكملة التي درسنا فيها اللافقاريات ، تحصلنا على 7707 فرد
تنقسم الى خمسة فئات: الحشرات تحتوي هذه الاخيرة على (متغيرات الأجنحة ، ذوات
الجناحين ، شعريات الأجنحة، عمدية الاجنحة والرعاشات)، القشريات ، الرخويات، الديدان
الخطية والحلقيات.

تطبيق IBGN العامل البيولوجي الشامل المتفق عليه أثبت ان نوعية مياه المحطات متوسطة الى
رديئة مع تراوح المؤشر من 6 ببومهرة الى 10 ببوسرة و 12 بالنسبة لولية وبن طابوش.

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

Abstract

During our study's period which was carried out from 24 December 2013 to 17 March 2014, we attempted to assess the ecological integrity of wedi Seybouse and its tributaries.

The physico-chemical analyzes and the application of the indices of organic pollution (Leclercq and Maquet, 1987), the Lisec Index (Beckers and Steegmans, 1979) and (Verniers and Micha, 1982) indicated a strong pollution for all stations excepted the index of Vernier and Micha which classifies waters of bentabouche station as moderately polluted.

The additional biological approach by analyzing benthic macroinvertebrates identified 7707 individuals divided into five classes: insects (Ephemeroptera, Trichoptera, Heteroptera, Diptera, Coleoptera and Odonata), crustaceans, molluscs, annelids and nematodes.

The application of standardized global biological index (IBGN) indicates quality classes varying from average to poor as : 6 in Boumahra, 10 in Boussera and 12 in Bentabouche and Hlia.

Key words:

Ecological Integrity, Indices of pollution IBGN, benthic macroinvertebrates.

Annexes

			Fiche technique		
Date:	heure:				
Nom de la station:		Numéro de la station:		Coordonnées géographiques de la station:	
				Latitude:	Longitude:
				Elévation:	
Bassin versant:	Ville	Commune		Daira	
	Cours d'eau	Principal		Affluent	
Description de la station:		Végétation environnante: prendre des échantillons et constituer un herbier			
		Ombrage/Ensoleillement:			
		Substrat:			
		Berge: Naturelle/Artificiel/Nue /Erodée ou non			
		Occupation des sols à proximité de la station (côté droit et gauche à 50m):			
Anthropisation : (Modification du cours d'eau)		Prélèvement ou pompage irrigation):			
		Présence de barrage			
		Existence d'effluent domestique			
		Existence d'effluent industriel			
		Odeur de l'eau:			
		Couleur de l'eau:			
		Apparence de l'eau: apparition d'une pellicule huileuse, mousse.....			
Paramètres physiques		Largeur moyenne du lit de l'oued (m):			
		Profondeur du lit (m)			
		Surface échantillonnée (m2):			
		pH à mi profondeur			
		Vitesse m/s			
Paramètres chimiques		Conductivité $\mu\text{s/cm}$			
		Température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$)			
		Turbidité (NTU):			
		Aspect de l'eau:			
		a) Transparente:			
		b) Assez claire			
		c) Relativement turbide			
		d) Turbide			

Sorties	Date	Durée
Première	24/12/2013	7H- 15H
Deuxième	8 /01/2014	9H-15H
Troisième	29/01/2014	9H- 15H
Quatrième	17/02/2014	9H-15H
Cinquième	3/03/2014	9H-15H
Sixième	17/03/2014	9H-15H

Précipitations moyennes (mm) :

	Jan	fév	Mars	Avril	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	31,6	66,4	15,3	32,3	12,4	3,6	10,2	45,9	27,1	30,2	120,2	108,6
2003	238,3	104,6	19,9	187,6	41,9	0	0	0,2	72	48,6	25,1	200,3
2004	86,8	9,7	71,1	82,6	88,2	93,3	0,1	4,1	41,6	20,3	177,1	129,9
2005	69,8	97,5	64,3	85,7	5,3	19,4	3	5,3	11	17,4	17,1	145,2
2006	140,1	76,7	42,7	14,2	43	1,3	4,5	12,6	12,3	12,8	28,6	89,5
2007	33,5	43,7	215,9	94,4	17,4	28,3	3,5	0,8	63,9	84,2	64,7	72,7
2008	16,6	11,5	91,8	22,3	53,5	14,8	5,9	4,3	29,5	25,4	70,5	35,7
2009	160,4	67,1	98	134,2	88,9	0,3	7,9	49,3	140,3	58,7	22,6	62,6
2010	102,6	27,1	60,7	46,4	53,5	23,5	0,8	10	23,4	69,8	147,9	48,4
2011	30,3	148,5	78,6	42,1	62	29,5	1,2	1,3	18,6	178,3	40,5	80,1
2012	82,8	141,4	89	51,6	4,7	1,8	1,3	25,1	65,3	38,7	34,9	34,4
2013	90,7	107,9	64,9	42	14,5	1,2	6,2	54,8	54,1	34,2	122,6	37,5

Température moyenne (°C) :

	Janv	Fév	Mars	Avril	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	8,6	10,7	13	15,8	20	25,6	26,9	26,7	23,3	19,7	15,5	11,9
2003	10,1	9,1	12,3	15,6	19	26,6	29,7	29,5	23,5	21,2	14,6	10,1
2004	9,9	11,6	12,8	14,2	16,3	22,5	26,1	27,6	23,3	21,2	12,8	11,1
2005	7,7	7,8	12,4	15,5	20,2	24,7	27,3	25,7	23	20	14,8	9,8
2006	8,6	9,9	13,2	17,2	21,6	25,3	27,8	26,2	23,3	21,1	15,3	11,1
2007	10,2	11,6	11,4	15,4	18,9	24	26,9	26,8	23,2	19	12,6	9,7
2008	9,4	10	11,7	15,4	19,8	23	27,7	27,5	23,8	19,8	13,7	10,1
2009	10	9,9	11,8	13,8	19,9	23,9	28,5	27,5	22,5	18,2	14,2	12,8
2010	10,5	11,8	12,6	16,1	18	22,4	27,1	26,6	23	19,2	15	11,8
2011	10	9,6	12,5	16,4	19,1	22,7	26,8	27,3	24,2	18,6	15,2	10,8
2012	9,1	7,2	12,5	15,4	19,2	26,4	28,2	29,1	24	20,5	16	10,9
2013	9,8	9,1	13,9	15,6	18,2	21,9	27	26,2	23,4	22,3	14,4	10

Température moy maxi (°C) :

	Janv	Fév	Mars	Avril	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	16	18,5	20,4	23,8	28,7	35,2	35,1	35,1	30,8	28	20,5	17,5
2003	14,6	14,3	19,3	22,2	26,4	35,4	38,6	38,9	30,6	27,5	21,1	15,7
2004	15,9	18,9	19,4	20,7	23,3	30,4	35,1	37,2	31,5	30,6	18,5	15,5
2005	13,2	12,8	19,4	22,2	29,1	32,9	36,3	34,2	31,1	28,5	22,1	15,5
2006	13,6	15,6	21,1	25,1	29,7	34,8	36,6	34,5	32	30	22,8	17
2007	18,4	17,9	18,1	22	27,1	32,5	36,8	36,4	31,7	25,6	19,3	15,5
2008	17,5	18,2	19,2	23,8	28	31,4	36,7	37,1	31,9	27,7	20,6	15,9
2009	15,4	15	18,9	19,6	28	33	38,4	36,8	29,5	24,5	21,4	19,2
2010	16,2	18,4	20,5	23,1	25,8	31,1	36,6	36,1	31,2	27,6	20,8	18,6
2011	16,9	15,7	19,4	24,3	26,6	31,1	36	37,2	32,5	25,8	21,3	17,2
2012	15,5	13,1	20,1	22,6	28,4	36,2	37,2	39,6	32,3	27,9	23,1	17,8
2013	16,1	15,4	20,8	23,6	26	30,6	36,4	35	30,3	31,1	19,7	16,9

Température moy mini (°C) :

	Janv	Fév	Mars	Avril	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	2,6	4,5	6,2	8,1	11,2	15,4	19	19,9	16,8	12,8	10,8	7,1
2003	5,9	4,2	5,7	9,1	11,8	17	20,8	20,9	17,9	16	9,3	5,4
2004	5,1	5,1	7,1	8,1	9,8	14,5	17,3	19,4	16,1	13,6	8,2	7,4
2005	2,8	3,4	6,7	9,7	11,3	16,3	18,9	18,1	16	13,4	9	5,3
2006	4,7	5	6	9,9	14,5	16,2	18,8	19,2	16	13,8	9,1	6,8
2007	4,4	6,1	6	9,8	10,9	16,7	17,2	18,5	17	14,3	7,4	5,3
2008	3,4	3,3	5,3	7,6	12,8	14,9	19,3	19,4	17,8	13,8	8,1	5,5
2009	5,7	5,2	5,6	8,4	11,9	14	18,9	19,3	16,7	12,9	8,7	7,5
2010	6	6,1	6,1	9,9	10,4	14	17,7	18,5	16,5	12,7	10,1	6,1
2011	5,2	4,5	6,5	9,3	11,4	14,5	18,6	18,2	17,2	12,8	10,6	6,1
2012	3,8	2,5	6	8,7	10,3	17	19,6	19,5	17,4	14,5	10,8	5,2
2013	4,7	4,1	7,9	8,7	10,9	16,7	18,2	18,4	18,7	15,6	10,2	4,9

Humidité moyenne (%) :

	Janv	Fév	Mars	Avril	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	75,6	75	71,6	66	57,9	48,7	56,8	62,4	62,5	68,9	72,6	76,7
2003	76,5	75,7	73,7	75,1	72,4	56,7	49,4	47,4	69,8	67,8	73,3	75,6
2004	79,9	73,2	78,3	76,6	73,1	70,1	61,3	58,7	65,7	63	82	79,8
2005	80,4	78,7	76,8	76	67,8	62,8	58	61,1	67,4	74,4	68,5	79
2006	79,2	77	70,3	69,5	69,8	53,5	53,1	66	63,6	63,1	72,2	81,1
2007	78,4	76,3	80,3	78,8	71,2	66,9	55,9	58,2	67,4	78,7	78,9	80,1
2008	77,9	75,9	73,1	66,3	67,8	61,6	54,4	56,7	66,3	70	67,5	75,3
2009	78,9	71,4	73,1	77,6	72,8	56,9	52,7	60,5	75,8	76,5	76,8	75,5
2010	75,4	72,8	77,7	74,3	67,5	63,5	56,5	59,5	67,6	65,8	70,3	65
2011	79,9	77,3	74,4	72,1	69,8	68	58,1	54,3	67,2	75,4	76,5	79
2012	80,4	79,2	77,5	73,6	67	53,8	55,6	47,4	66,7	71,3	75,5	75,7
2013	76,5	73,8	70,9	72,2	68,6	58,4	59,6	62,4	73,7	69,4	73,2	81,1

Vent (m/s) :

	Janv	Fév	Mars	Avri	mai	juin	juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc
2002	1,2	1,6	1,9	2,5	2,1	2	2,1	2	1,8	1,6	2,9	2,3
2003	3,4	2,4	1,3	2	1,6	1,9	1,9	1,9	1,9	1,4	1,4	2,3
2004	1,9	1,9	1,6	2,3	2,4	1,7	1,7	1,5	1,6	1	1,5	1,9
2005	2,1	2,7	1,8	2,2	1,6	1,9	1,9	2	1,7	0,9	1,9	1,7
2006	1,7	1,9	2,4	2	1,7	2,3	1,7	1,9	1,8	1,3	1,3	1,2
2007	0,9	2,2	2,5	1,6	1,9	1,9	1,9	2	2,1	1,8	1,4	1,8
2008	1,1	1	2,6	2,3	2,1	1,9	1,9	1,5	1,4	1,7	2,4	2,2
2009	1,9	Mq	Mq	2,1	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	Mq	0,1	2,3
2010	Mq	Mq	Mq	1,4	1,6	1,6	1,7	1,4	1,5	1,6	1,9	1,4
2011	0,7	1,6	1,8	1,9	1,8	1,6	1,8	1,4	1,4	1,2	1,6	1,9
2012	1,5	2,4	1,4	2	1,5	1,8	2,1	1,4	1,4	1,4	1,1	1,3
2013	2,2	2,6	2,3	1,8	2	2	1,6	1,9	1,1	1	2,6	1,3

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

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

Principe :

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

Réactifs :

1-Eau exempte d'ammonium.

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

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

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

Etalonnage :

Courbe d'étalonnage :

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

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

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l .

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

1-PRINCIPE

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

3- REACTIFS :

-Solution du réactif :

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

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

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

-Solution d'acide phosphorique :

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

-Solution standard de 100 mg/l

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

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

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

4- PRELEVEMENT ET PREPARATION DES ECHANTILLONS.

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

Pour le prélèvement il faut utiliser des bouteilles en verre.

Courbe d'étalonnage :

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

5- MODE OPERATOIRE :

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

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

Effectuer la lecture à 543 nm.

Expression des résultats :

Le résultat est donné directement en mg/l.

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

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

2-Réactifs :

* Solution de salicylate de sodium à 0.5 % (renouveler toutes les 24 h.).

0.5 gr de salicylate de sodium dans 100 ml d'eau distillée.

* Solution d'hydroxyde de sodium 30 %.

30 gr de NaOH dans 100 ml d'eau distillée.

* H_2SO_4 concentré.

* Tartrate double de sodium et de potassium.

Hydroxyde de sodium Na OH400 g.

Tartrate de sodium et de potassium 60 g.

Eau distillée qsp 1000 ml.

Laisser refroidir avant de compléter à 1000 cc.

Cette solution doit être conservée dans un flacon de polyéthylène.

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

* Nitrate de potassium anhydre 0.722 g.

Eau distillée 1000 ml.

Chloroforme 1 ml.

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

4-Courbe d'étalonnage.

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

-5-Mode opératoire

-Prendre 10 ml de l'échantillon à analyser.

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

-Ajouter 1 ml de salicylate de sodium.

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

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

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

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

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

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

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

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

2.Réactifs :

2.1 Réactif- mélange :

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

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

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

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

A 105 °c

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

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

Prélever un volume de cette solution et diluer à 50%

Solution fille à 2 mg/l PO₄³⁻

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

5.Gamme d'étalonnage :

N° Fiole	0	1	2	3	4	5
S.fille à 2.0 mg/l P	0 ml	0,3	0,6	1,2	2,4	4,8
Qsp 40 ml eau distillée	40 ml	40	40	40	40	40
Mg/l de P	0.0	0,0015	0,03	0,06	0,120	0,240

Mg/l de PO₄³⁻	0.0	0,0459	0,0918	0,1836	0,3672	0,7340
Formule : $P \times 3.06 = PO_4^{3-}$						
Acide ascorbique	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml	1 ml
Réactif – mélange	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml	2 ml

3.Mode opératoire :

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

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

Longueur d'onde λ à 700 ou 880 nm

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

I.5.Matières en suspension (MES)

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

Matériel utilisé:

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

Mode opératoire:

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

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

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

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

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	1821	1850	1865	1415	1309	965
Boumahra	1770	1800	1349	1452	1381	919
Hlia	871	894	726	662	651	670
Boussara	1942	1972	926	998	663	729

2-Salinité :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	0,7	0,7	0,8	0,5	0,4	0,2
Boumahra	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,2
Hlia	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Boussara	0,8	0,8	0,2	0,3	0,1	0,1

3- Oxygène (%) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	1,8	0,5	1,4	1	0,4	0,5
Boumahra	3,4	2,2	1	0,8	0,5	0,8
Hlia	2,6	2,8	1,7	2,4	1,2	4
Boussara	3,9	4	1,8	3,6	1,1	6

4- Oxygène (mg/l) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	0,2	0,05	0,18	0,11	0,04	0,05
Boumahra	0,32	0,19	0,1	0,08	0,05	0,08
Hlia	0,26	0,25	0,18	0,23	0,12	0,4
Boussara	0,5	0,6	0,16	0,34	0,11	0,6

5-Température ($^{\circ}\text{C}$) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	10	11,5	9,2	12,6	10,3	12,1
Boumahra	13,5	14,2	10,5	14,2	11,3	13
Hlia	13,9	15,6	11,1	16,5	12	14,6
Boussara	11,7	14,4	10,6	16	13,3	15,8

6-Vitesse (cm/s) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	111	24	38	33	57	115
Boumahra	66	45	50	51	58	101
Hlia	66	53	36	45	73	144
Boussera	27	17	42	48	88	107

7- Profondeur (cm) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	19,33	20	26	28,33	37,33	76,67
Boumahra	49	88,33	86,67	53,33	85	123,33
Hlia	10,66	10	11,66	17	22,66	55
Boussera	24	22,7	40	31,67	47,66	61,67

8- Largeur moyenne (m) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche		6,67	11,33	12	13	16
Boumahra		8,67	13,33	11,33	14	20
Hlia		1,83	1,97	2,4	3	4,5
Boussera		0,97	2,4	2,63	3,5	5

9- PH :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	7,22	7,66	7,72	8,08	7,75	7,64
Boumahra	7,1	7,16	7,4	7,71	7,25	7,52
Hlia	7,58	7,81	7,79	8	7,69	7,34
Boussera	7,76	7,52	7,64	8,07	7,94	7,53

10- Turbidité (NTU) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	Fev -02	mars-01	mars-02
Bentabouche	18,9	10,1	28,8	29,9	180	255
Boumahra	13,5	4,91	453	15,4	112	261
Hlia	49,3	21,9	537	65,6	445	225
Boussera	69,8	86,7	1475	171	1197	403

11- Les nitrites :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06
Boumahra	0,17	0,08	0,13	0,6	0,16	0,08
Hlia	0,07	0,01	0,12	0,04	0,19	0,06
Boussera	0,04	0,09	0,3	0,12	0,5	0,1

12- Les nitrates :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	7,97	5,32	2,56	7,04	4,67	8,31
Boumahra	0,21	0,15	3,35	5,16	0,704	5,18
Hlia	0,32	5,96	21,92	3,8	6,32	9,19
Boussera	4,23	5,75	14,57	1,6	4,24	3,9

13- L'ammonium :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	0,137	0,154	2,12	0,223	0,256	2,42
Boumahra	1,75	0,613	20,85	1,5	1,1	0,77
Hlia	12,5	0,022	1,1	0,107	0,33	0,73
Boussera	0,077	1,2	7,3	1,42	1,24	0,99

14- Les Ortho phosphates :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-01	mars-01	mars-02
Bentabouche	0,25	0,586	0,32	0,37	1,05	1,1
Boumahra	0,21	0,133	0,8	0,9	0,7	1,44
Hlia	0,76	0,131	3,1	0,78	2,6	1,7
Boussera	6,5	8,55	5,3	6	12,5	2

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

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-02	mars-01	mars-02
Bentabouche	33,5	21,5	20	119,5	257	690
Boumahra	38	30	359	45	279	742
Hlia	98	74	1084	179	521	823
Boussera	183,5	245	1911	782	2156	769

16- La DBO5 (mg/l) :

Station \ mois	Décembre	janv-01	janv-02	févr-02	mars-01	mars-02
Bentabouche	18,1		40	20	40	
Boumahra	13,28		20	40	40	
Hlia			p*	20	20	20 P*
Boussera			168,03	40,00	40,00	

* Panne électrique

Stations/Taxons	1	2	3	4	Total
Plécoptères	0	2	0	1	3
Trichoptères	10	1	12	1	24
Ephéméroptères	453	1	52	54	560
Diptères	297	37	92	715	1141
Coléoptères	6	3	31	10	50
Hétéroptères	25	0	1	4	30
Odonates	7	4	25	8	44
Crustacés	4602	19	1	0	4622
Mollusques	18	92	6	3	119
Nématodes(vers)	422	12	6	140	580
Annélides	339	96	5	94	534
	6179	267	231	1030	7707

Familles communes aux différentes stations

S1-S2: 13 Familles

S1-S3: 13 Familles

S1-S4: 18 Familles

S2-S4: 13 Familles

S2-S3: 11 Familles

S3-S4: 15 Familles