

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 8 Mai 1945 - GUELMA
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

DÉPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT



MÉMOIRE DE MASTER

Parcours : sciences de la Nature et de la vie

Filière : Biologie

Spécialité/Option : Biodiversité et Ecologie des Zones Humides

THÈME

**Etude écologique des macros invertébrés d'Oued
Hellia**

Présenté par :

CHIROUF Med Amine
MOUMENE Madani

Membres de jury :

Président : ROUIBI A.	MCB	Université de Guelma
Directeur de mémoire : BAALOU DJ A.	MCB	Université de Guelma
Examineur : BOUCHLAGHEM E.	M.A.A	Université de Guelma

Juin 2015



Remerciement

A l'issue de ce travail, on remercie d'abord le bon dieu, pour le courage qu'il nous a donné pour surmonter toutes les difficultés durant nos années d'étude.

On remercie très vivement notre encadreur « DR BAALOUJ.A »

Pour avoir accepté de diriger et d'orienter ce travail, pour l'encouragement et l'accueil qu'elle nous a toujours réservés et pour n'avoir ménagé aucun effort pour nous soutenir, qu'elle trouvera ici l'expression de notre profond respect et notre vive gratitude.

On remercie très vivement « DR ROUIBLA » d'avoir accepté de participer à l'ensemble de notre jury et d'être le président.

On reconnaît ses grandes qualités professionnelles et humaines.

On remercie également « DR BOUCHLAGHEM.E » qui a accepté très spontanément d'étudier ce travail et d'être notre examinateur.

On admire ses qualités humaines, ainsi que ses compétences.

Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidés à réaliser ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce mod

A mes parents,

Aucun hommage ne pour

l'am dont ils ne cessent de me combler. Que
dieu leur procure bonne santé et lo

A mes sœurs que j : « **SOUMIA** »,
« **MAISSA** », « **KHADIDJA** » et « **AFFAF** »

A toute ma famille, et à tous mes amis.

A mon k **MED AMINE.**

A tous ceux qui *m'aim* et *j'ai* .

MADANJ

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents,

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A mes sœurs que j'aime beaucoup : « **SANA** » et « **RYM** »

A mon petit frère « **AKRAM** »

A ma femme chérie « **LAMIA** »

A mon binôme **MADANI**.

A toute ma famille, et à tous mes amis,

A tous ceux et toutes celles qui m'ont accompagné et soutenu durant cette année de formation.

MOHAMED AMJNE

Sommaire :

Introduction	1
Chapitre I : Biologie et Ecologie des macros invertébrés	
1.1. Les macros invertébrés	3
1.1.1. Définition	3
1.1.2. Classification	4
1.1.2.1. Les Crustacés	5
1.1.2.2. Les Coléoptères	5
1.1.2.3 Les Diptères	6
1.1.2.4. Odonates (ou libellules).....	7
1.1.2.5. Les Hémiptères:.....	8
1.1.2.6. Trichoptères (ou phryganes).....	9
1.1.2.7. Les Annélides	10
1.1.2.8. Les Ephéméroptères	11
Chapitre II : Description générale de la zone d'étude	
2.1 Généralité	13
2.1.1. Définition d'un cours d'eau	13
2.1.2. Définition d'un oued	13
2.2. Description générale de la Seybouse	13
2.2.1. Situation géographique et morphologie	14
2.2.2. Le réseau hydrographique	17
2.2.2.1. Climatologie	17
2.2.2.2. Température	17
2.2.2.3. Les précipitations	19
2.2.2.4. Humidité	20
2.2.3. Synthèse climatique	20
2.2.3.1. Diagramme Ombrothrmique	20
2.2.3.2. Climagramme d'Emberger	21

2.2.3.3. Exploitation du bassin de la Seybouse	22
2.2.4. Description du site d'étude «Oued Hellia ».....	23

Chapitre III : Matériels et méthodes

3.1. Matériel expérimental	27
3.1.1. Sur le terrain	27
3.1.2. Au laboratoire	27
3.2. Méthode de terrain	28
3.2.1. Choix des sites	28
3.2.2. Plan d'échantillonnage	28
3.2.3. Préparation du matériel	28
3.2.4. Sur Le terrain	28
3.2.4.1. Première étape	28
3.2.4.2. Deuxième étape	29
3.2.4.2.1. Technique de l'échantillonnage.....	29
3.2.4.2.2. But d'échantillonnage	29
3.2.4.3. Le tri des macro-invertébrés	29
3.2.5. Analyse des données	31
3.2.5.1. L'organisation d'un peuplement	31
3.2.5.2. La structure d'un peuplement	31
3.2.5.2.1. Indice de Shannon	31
3.2.5.2.2. Equitabilité	32

Chapitre IV: Résultats et discussions

4.1. Check –liste des taxa faunistique du Oued Hellia	33
4. 2 La phénologie des macros invertébrées	36
4.2.1 L'abondance des macros invertébrées en fonction du temps	37
4.3. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes	41
4.3.1. Influence de la conductivité sur le Site d'étude	41
4.3.2. Influence de la température sur le Site d'étude	41
4. 3.3. Influence du PH sur le Site d'étude	42

Sommaire

4.3.4. Influence de la Profondeur sur le Site d'étude	43
4.3.5. Influence de la Largeur sur le Site d'étude	43
4. 3.6. Influence de la vitesse sur le Site d'étude	44
4.3.7. Influence de l'oxygène dissous	45
4. 3.8. Influence de la turbidité sur le Site d'étude.....	46
4.4. Etude des indices de diversité	47
Conclusion	48
Références bibliographiques	49
Résumé	54
Annexe	55

Listes des figures :

Figure 1 : Les coléoptères (Adulte et larve) (Moisan et al, 2008).....5

Figure 2: Différentes formes de larves de diptères (Moisan et al., 2008).....6

Figure 3: Larves d’Odonates (Société Française d’Odontologie, 2007 en Bouchlaghem, 2008).....7

Figure 4 : Adulte, vue dorsale d’hémiptère (Moisan et al., 2008).....8

Figure 5 : Larve de Trichoptère (Moisan et al, 2008).....9

Figure 6 : (vers aquatiques) oligochètes. (2).....10

Figure 7 : Larve d’Ephéméroptère (Moisan et al, 2008).....12

Figure 8 : Présentation des sous-bassins de la Seybouse (A. B. H, 1999).....15

Figure 9 : Découpage administratif du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).....16

Figure 10: Courbe d’évaluation des températures de la région d’étude (2002-2014).....18

Figure 11 : Variation mensuelle des précipitations en 2002-2014.....19

Figure 12 : Variation mensuelles de l’humidité dans la région d’étude (2002-2014).....20

Figure 13 : Diagramme Ombrothrmique de la région de Guelma (2002-2014)21

Figure 14 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2014)	22
Figure (15, 16) : Oued Hellia, Station (A).....	24
Figure (17, 18) : Oued Hellia, Station (B).....	25
Figure (19, 20) : Oued Hellia, Station (C).....	26
Figure21 : la fréquence des macros invertébrées en pourcentage (%).....	35
Figure (22, 23, 24,25, 26, 27, 28, 29) : L'abondance des macros invertébrées en fonction du temps.....	40
Figure 30 : La conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des stations échantillonnées en fonction du temps.....	41
Figure 31 : la température ($^{\circ}\text{C}$) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....	42
Figure 32 : PH de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....	42
Figure 33 : Profondeur (cm) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....	43

Figure 34 : la largeur (m) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....43

Figure 35: la vitesse (m/s) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....44

Figure 36 : L'Oxygène dissous (%) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....45

Figure 37 : la turbidité(NTU) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.....46

Figure 38: Variation des indices de Shannon et d'Equitabilité.....47

Liste des tableaux

Liste des tableaux :

- Tableau 1** : Répartition des sous-basins de la seybouse (A.B.H, 1999).....15
- Tableau 2** : Check –liste des taxa faunistique du oued Hellia selon les stations.....33
- Tableau 03** : Check –liste des taxa faunistique du Oued Hellia selon les dates.....34
- Tableau 04** : La phénologie temporelle des macros invertébrées d’oued Hellia.....36
- Tableau 5** : les indices de diversité des stations explorées.....47

Liste des photos

Liste des photos :

Photo 1 : Boite de collection	27
Photo 2 : Guide entomologique.....	27
Photo (3,4) : Échantillonnage.....	30
Photo (5,6) : Identification.....	30

Introduction

L'Algérie dispose d'un ensemble de zones humides répartis non seulement sur la côte (Samraoui, B et DeBélair., 1997,1998) mais également au niveau des hautes plateaux et le Sahara.

A l'instar des pays bordant la mer méditerranée, l'Algérie essaye de préserver ses ressources hydriques en optant pour la construction de barrages, ces ouvrages sont très importants pour mener à bien la politique de l'eau que les responsables du secteur essayent de mettre en place.

Les apports par les précipitations sont assez faibles l'ordre de 16 milliards de m³. Ces ressources (12,4 milliards de m³ pour les eaux de surface et 2,8 milliards de m³ d'eaux souterraines) sont destinées à l'agriculture, à l'industrie et à la consommation humaine. Le manque de barrages fait que seule une petite partie de ces eaux est mobilisable et la partie restante est soit infiltrée au niveau des nappes soit perdue vers la mer. Cette situation a incité les décideurs à opter pour la construction des barrages.

Parmi les communautés biologiques, les communautés des macros invertébrés benthiques sont les plus utilisées pour évaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques (Hellawell, J.M., 1986 in Barbour et al, 1999). Ce sont des organismes visibles à l'œil nu, tels que les insectes, les mollusques, les crustacés et les vers, qui habitent le fond des cours d'eau et des lacs.

Ces organismes constituent un important maillon de la chaîne alimentaire des milieux aquatiques, puisqu'ils sont une source de nourriture primaire pour plusieurs espèces de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. Ils sont reconnus pour être de bons indicateurs de la santé des écosystèmes aquatiques en raison de leur sédentarité, de leur cycle de vie varié, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de l'habitat.

Ils intègrent les effets cumulatifs et synergiques à court terme (allant jusqu'à quelques années) des multiples perturbations physiques (modifications de l'habitat), biologiques et chimiques dans les cours d'eau. Ils sont abondants dans la plupart des rivières et faciles à récolter. De plus, leur prélèvement a peu d'effets nuisibles sur le biote résident (Barbour et al., 1999). Le suivi des macros invertébrés benthiques est utile pour :

Introduction

- Evaluer l'état de santé global des écosystèmes aquatiques; suivre l'évolution de l'état de santé d'un cours d'eau au fil du temps.
- Evaluer et vérifier l'effet d'une source de pollution connue sur l'intégrité de l'écosystème.
- Evaluer les impacts des efforts de restauration (habitat et qualité de l'eau).
- Apporter un complément biologique au programme de surveillance de la qualité bactériologique et physicochimique des cours d'eau. documenter la biodiversité des macros invertébrées benthiques dans les cours d'eau. (Daphné Touzin., 2008).

Notre travail se présente en quatre parties : En premier chapitre nous présentons la biologie et l'écologie des macros invertébrées suivi d'un deuxième chapitre qui abordera la description générale de la zone d'étude. Dans le troisième chapitre nous exposons les méthodes de travail et le matériel utilisé.

Et en fin nous présentons les résultats de ce travail ainsi que leur discussion.

Chapitre 01:

La biologie et l'ecologie des macros invertébrés

1.1. Les macros invertébrés :

1.1.1. Définition :

Le terme « macro invertébré » rassemble entomologiquement les invertébrés aquatiques observables à l'oeil nu. De façon pratique, ces animaux sont ceux retenus dans des filets de maille de 200 à 500 μm ou plus grossière (Rosenberg et Resh., 1993). On trouve des macros invertébrées dans tous les types de milieux aquatiques d'eau douce, bien qu'ils soient pauvrement représentés dans la zone pélagique des lacs. Par contre, dans les autres compartiments d'eau douce, des mares temporaires à la zone benthique des plans d'eau permanents, des ruisseaux intermittents aux plaines d'inondation des grands fleuves, les macros invertébrés forment des communautés importantes (Rosine, 1955 in Lalonde, S., and Downing, 1992).

Les macros invertébrés benthiques sont des organismes qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie. Dépourvus de colonne vertébrale, ils sont visibles à l'oeil nu. On retrouve dans cette catégorie les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les vers. Les principaux ordres d'insectes aquatiques appartenant à cette catégorie d'organismes sont les suivants : Éphémères, Plécoptères, Trichoptères, Diptères, Coléoptères, Mégaloptères, Hémiptères, Odonates et Lépidoptères (Gagnon, É. et Pedneau, J. 2006). Les insectes aquatiques représentent près de 95% de toutes les macros invertébrés présentes en zone lotique (Lee & al., 2006).

❖ Pourquoi les étudier?

Les macros invertébrés benthiques forment une partie importante des écosystèmes d'eau douce. Ils servent de nourriture à nombre de poissons, d'amphibiens et d'oiseaux. C'est un groupe très diversifié, et les organismes le composant possèdent des sensibilités variables à différents stress telles : la pollution ou la modification de l'habitat. Les macros invertébrées sont les organismes les plus souvent utilisés pour évaluer l'état de santé des écosystèmes d'eau douce (Moisan, 2010).

1.1.2. Classification :

On peut présenter quelques notions de classification (taxonomie) des animaux utiles pour la compréhension. Voici donc les principaux niveaux de classification :

- **règne** (animal)
 - **embranchement, ou phylum** (arthropodes, mollusques, annélides...)
 - **classe** (insectes, crustacés, arachnides...)
 - **Sous-classe**
 - **ordre** (éphéméroptères, coléoptères, trichoptères...)
 - **Sous-ordre**
 - **Super-famille** (Hydrophiloidea)
 - **famille** (Ephemerellidae, Elmidae, Goeridae...)
 - **Sous-famille**
 - **Genre** (Sialis)
 - **espèce**
 - **Sous-espèce**

La classification utilisée provient de D. G. Smith (2001) pour les non-insectes et de R. W. Merritt et K. W. Cummins (1996) pour les insectes.

1.1.2.1. Les crustacés :

Les Crustacés vivant en eau douce possèdent un minimum de cinq paires de pattes articulées (exception faite des ostracodes) ainsi que deux paires d'antennes.

Les Crustacés forment un sous-embranchement de l'embranchement des arthropodes, comprenant notamment les écrevisses, les langoustes, les crabes, les anatifes,

Les cloportes et toutes les autres formes à respiration branchiale, à téguments solides composant une carapace chitineuse.

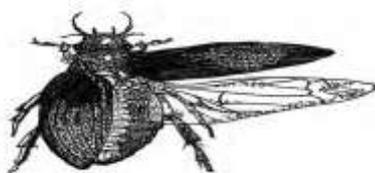
Ce sont tous des animaux au genre de vie extrêmement variable, organisés pour vivre dans l'eau, et l'immense majorité de ces êtres habitent la mer; un très petit nombre de formes seulement se sont adaptées à la vie terrestre. La plupart des Crustacés sont libres pendant toute leur existence, mais on observe aussi, parmi eux, des exemples de parasitisme à tous ses degrés; même, certains Crustacés parasites peuvent en arriver à un tel degré de régression, qu'ils sont absolument méconnaissables et qu'il ne faut rien moins que l'étude de leur embryogénie pour pouvoir les classer à l'état adulte. (Moisan, J., 2010).

1.1.2.2. Les Coléoptères :

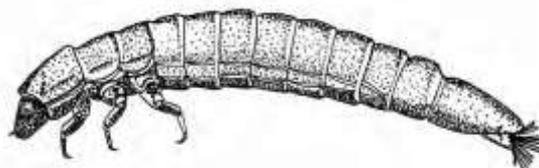
Les Coléoptères constituent l'un des ordres les plus riches en espèces de la classe insectes (Ouchtati, 1993). Ils sont holométaboles, c'est -à-dire qu'ils ont des métamorphoses complètes et passent au moins par 4 états : œuf, larve, nymphe et imago.

Les Coléoptères sont des insectes à deux paires d'ailes (Figure 1). Les antérieures sont repliées sous les ailes postérieures transformées en étuis protecteurs ou élytres. Appareil buccal de type broyeur (Blot, J.,1993).

Les Coléoptères ont colonisé tous les habitats d'eaux continentales possibles. Ils se rencontrent en milieu superficiel et phréatique en zone eutrophe comme en zone oligotrophe, en eau douce comme en milieu saumâtre (Tachet *et al.*, 2000).



Adulte, vue dorsale



Larve, vue latérale

Figure 1 : les coléoptères (Adulte et larve) (Moisan *et al.*, 2008)

1.1.2.3 Les Diptères :

Les diptères (mouches) sont le deuxième ordre d'insectes le plus important après les coléoptères. La plupart des diptères sont terrestres. Seules quelques familles sont adaptées à la vie aquatique aux stades larvaire et nymphal. Pour certaines familles, seuls quelques genres ou espèces le sont. Les larves de diptères sont caractérisées par l'absence de pattes articulées. Cette caractéristique est rare chez certaines larves de coléoptères. Elles portent souvent des fausses pattes thoraciques et/ou abdominales. (Abdaoui, 2007)

Des protubérances, appelées bourrelets locomoteurs, peuvent également être présentes.

La fin de l'abdomen peut porter des soies et/ou des appendices. La tête est soit distincte, soit indistincte. Des nymphes sont également présentes dans les cours d'eau. La nymphe est l'état intermédiaire entre la larve et l'adulte. Elle est reconnaissable à ses trois paires de pattes articulées accolées au corps et à son unique paire d'ailes. Elle peut être libre, dans une enveloppe souple fixée au substrat, ou enfermée dans une enveloppe dure (Figure 2). En milieu aquatique, la famille la plus importante est celle des Chironomidae, qui est considérée tolérante à la pollution. Les autres diptères ont une tolérance moyenne. De toutes les nymphes, seules celles des Chironomidae seront identifiées à la famille. (Touati, L., 2008).

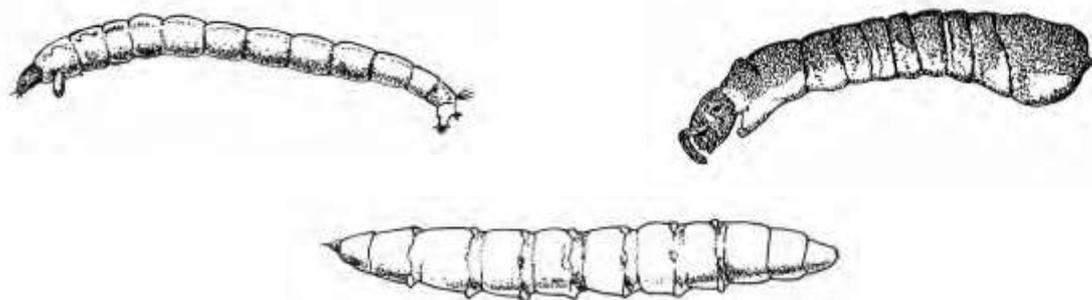


Figure 2: Différentes formes de larves de diptères (Moisan et *al.*, 2008)

1.1.2.4. Odonates (ou libellules) :

Les odonates (libellules et demoiselles) appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves sont exclusivement aquatiques. Elles se divisent en deux sous-ordres : Les anisoptères et les zygoptères. Leur principale caractéristique est indéniablement la lèvre Inférieure (labium), qui est transformée en masque rétractable servant à capturer les proies. Elles possèdent également de gros yeux (Figure 3). Elles préfèrent les eaux calmes et sont souvent associées à la végétation. Le bout de l'abdomen permet de différencier les deux sous-ordres.

Leur tolérance à la pollution est moyenne. Les spécimens qu'on ne peut classer dans un sous-ordre seront identifiés en tant qu'odonate. (Aguesse, P., 1968)

❖ Zygoptères :

Corps allongé et abdomen étroit et cylindrique

- Tête plus large que le corps.
- trois branchies en forme de feuille à l'extrémité de l'abdomen.
- Communément appelés demoiselles. (D'Aguilar, J., 1985).

❖ Anisoptères :

Abdomen se terminant par cinq petites pointes triangulaires.

- Corps relativement massif (abdomen large).
- Tête habituellement plus étroite que le corps.
- Communément appelés libellules. (D'Aguilar, J., 1985).

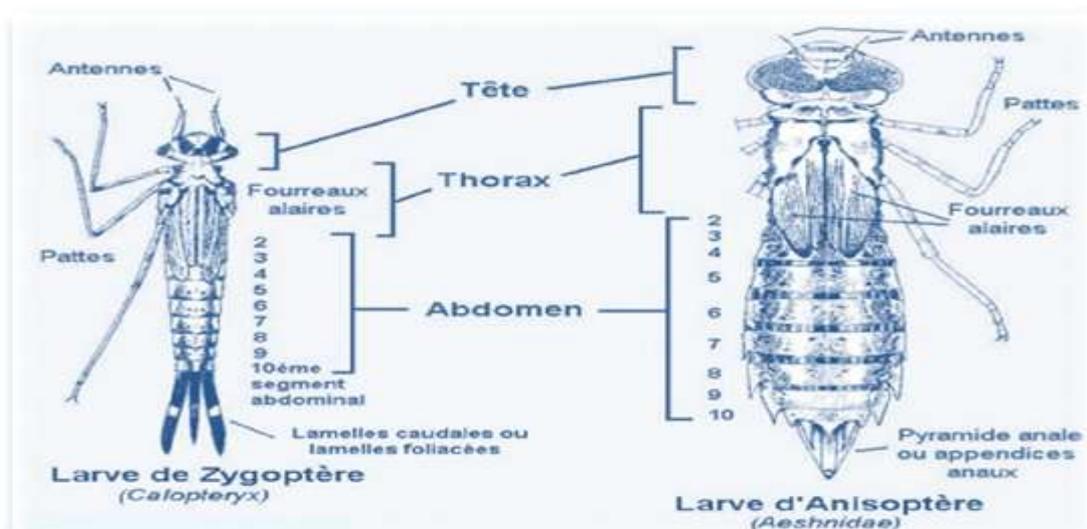


Figure 3: Larves d'Odonates (Société Française d'Odontologie, 2007 en Bouchlaghem, 2008).

1.1.2.5. Les Hémiptères:

Les Hémiptères se caractérisent par la transformation de l'appareil buccal en rostre. Celui-ci est constitué par le labium en forme d'un tube, segmenté ou non. A l'intérieur duquel coulissent maxilles et mandibules transformées en styles, cette adaptation correspond à un régime alimentaire liquide (Figure 4). Ce groupe se partage en deux sous-ordres, les Hétéroptères et Homoptères (Tachet et *al.*, 2000).

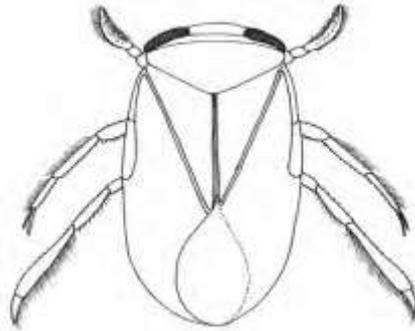


Figure 4 : Adulte, vue dorsale d'hémiptère (Moisan et *al.*, 2008)

1.1.2.6. Trichoptères (ou phryganes) :

Les trichoptères appartiennent à un ordre d'insectes dont les larves et les nymphes sont aquatiques. La principale caractéristique des larves est la présence de deux crochets anaux. Ceux-ci sont situés au bout de l'abdomen de chaque côté ou sur des fausses pattes (Figure 5).

La tête ainsi qu'au moins un segment thoracique sont clarifiés (durs). L'abdomen est mou comme celui d'une chenille. Plusieurs larves de trichoptères se construisent un étui, les matériaux utilisés, qui sont d'origine végétale ou minérale, sont souvent typiques au genre. Il est donc très important de ne pas sortir les larves de leur étui avant l'identification. Les nymphes, elles, sont toujours dans un étui, elles possèdent de longues antennes et deux paires de fourreaux alaires. Leurs mâchoires sont longues et se croisent habituellement, de façon générale, les trichoptères sont sensibles à la pollution. La famille des Hydropsychidae a cependant une tolérance moyenne à la pollution. (1).

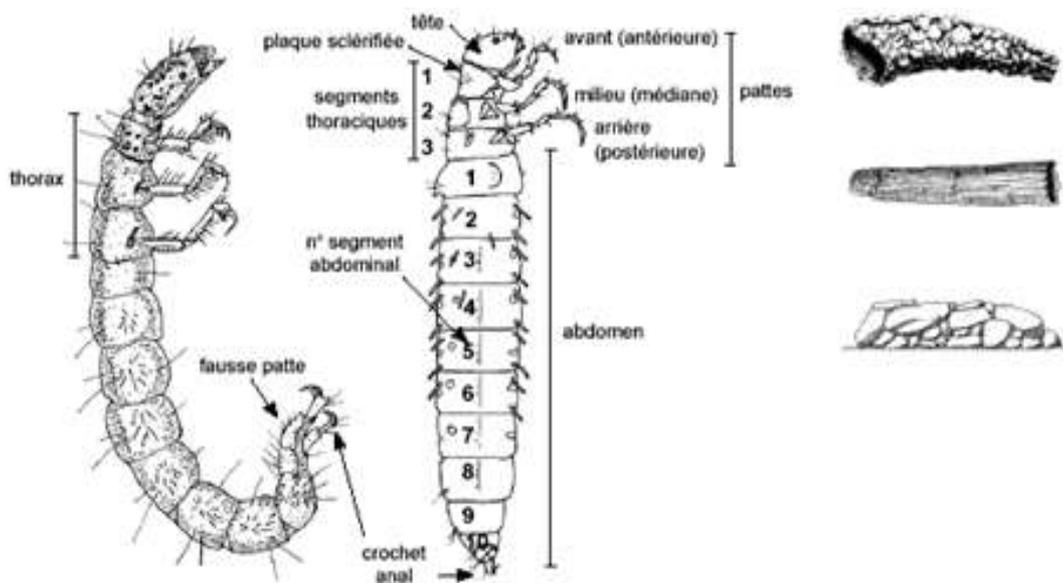


Figure 5 : Larve de Trichoptère (Moisan et *al.*, 2008).

1.1.2.7. Les Annélides :

La sous-classe Hirudinea est celle des sangsues. Elle regroupe environ 650 espèces de 1 à 20 cm de longueur. Environ 300 espèces sont des parasites temporaires d'animaux marins, terrestres ou d'eau douce. Elles respirent par la peau, possèdent deux cœurs, certaines sont pourvues d'une ventouse à chaque extrémité du corps.

Elles étaient collectées ou/et cultivées autrefois pour effectuer des saignées, mais sont également utilisées aujourd'hui pour drainer le sang de régions du corps où le retour sanguin s'effectue mal (Donald, J., et Klemm, 1999).

Le corps des sangsues est aplati dorso-ventralement, de forme ovale ou allongée selon son niveau de contraction.

Les seuls organes visibles de l'extérieur sont la ventouse antérieure, contenant l'ouverture de la bouche, et la ventouse postérieure, servant la fixation. La sangsue respire par la peau et possède deux cœurs, mais elle n'a pas de cerveau centralisé. Certaines peuvent mesurer jusqu'à 20 cm et peser jusqu'à 30 g. Sa très grande élasticité et sa flexibilité sont étonnantes. Le corps de la sangsue est segmenté en environ 34 anneaux. (2)

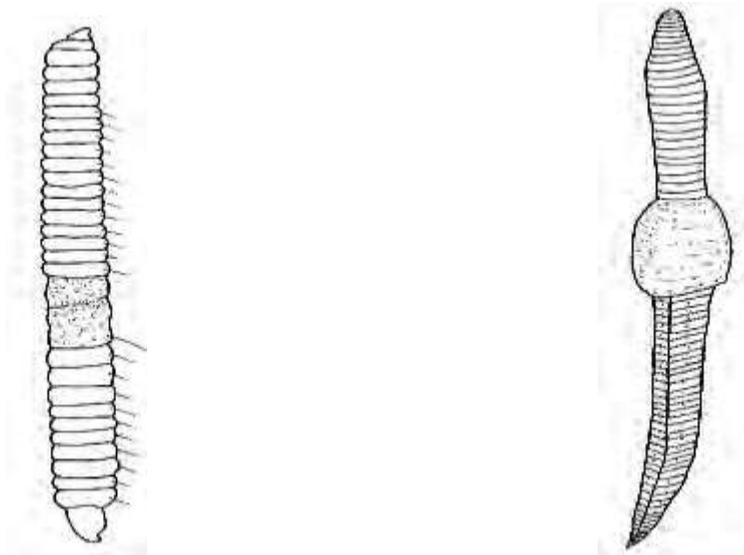


Figure 6 : (vers aquatiques) oligochètes. (3)

1.1.2.8. Les éphéméroptères :

Les éphémères, dont les larves sont aquatiques et les adultes aériens, sont des insectes à métamorphose progressive mais présentant deux stades ailés succédant à la vie larvaire dont un ne dure que quelques heures avant le passage au stade ultime d'adulte. Ils sont reconnaissables à leurs ailes antérieures et postérieures de tailles très inégales, leurs longs cerques (filaments de queue) et un corps à l'aspect gracile. Ils ne vivent alors que quelques heures à quelques jours selon les espèces, ce qui leur a donné leur nom. Ce stade ne sert qu'à la reproduction. On peut observer à ce moment un vol pendant lequel ils s'élèvent verticalement à plusieurs mètres au-dessus du sol ou de la végétation, avant de se laisser retomber, les ailes écartées et passives, et recommencer. Les femelles qui traversent ces vols sont saisies par les mâles, à l'aide de leurs longues pattes antérieures et de leurs pinces génitales qui terminent l'abdomen, l'accouplement se réalisant en vol (Figure 7).

Les mâles meurent ensuite assez rapidement, alors que les femelles rejoignent les milieux aquatiques pour déposer, de quelques centaines à quelques milliers d'œufs selon les espèces. L'état larvaire dure en revanche de un à trois ans. A ce stade l'insecte se nourrit essentiellement d'algues mais certaines espèces peuvent être carnivores. L'abdomen est généralement déjà prolongé par trois appendices, les cerques, que l'on retrouve chez l'adulte. On compte une vingtaine de mues en moyenne. À la fin de la phase larvaire, les larves émergent, en se hissant sur un support minéral ou végétal, soit en s'élevant vers la surface en pleine eau. (Moisan, J., et L, Pelletier., 2008).

Les éphémères sont à la base de la chaîne alimentaire, et y constituent un maillon de transformation de la matière végétale en matière animale. Ils sont la proie d'un grand nombre de prédateurs, consommant les larves comme les adultes : autres insectes, araignées, poissons, oiseaux, mammifères. (4)

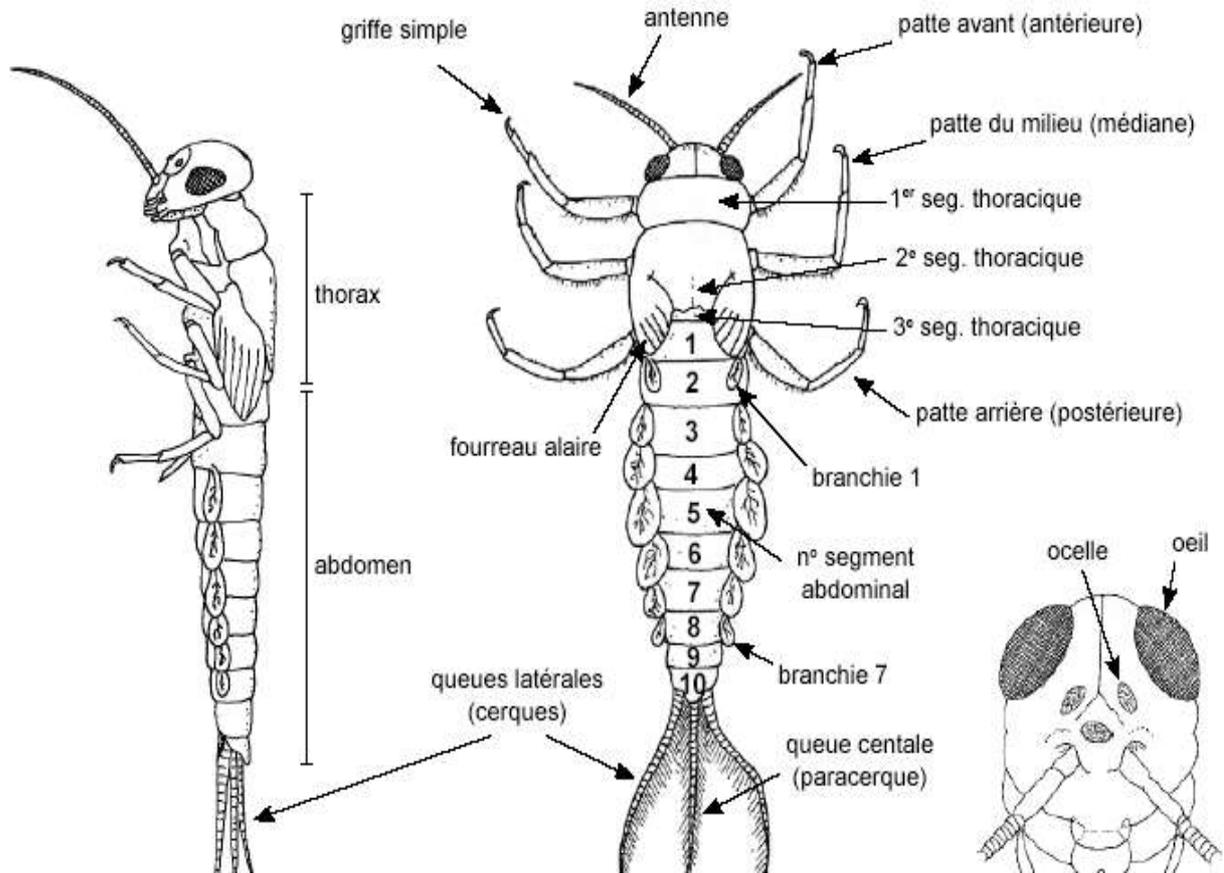


Figure 7 : Larve d'Ephéméroptère (Moisan *et al.*, 2008).

Chapitre 02 :

Description générale de la zone d'étude

2.1 Généralité :

2.1.1. Définition d'un cours d'eau :

Les cours d'eau, de part leur aspect dynamique, constituent le principal vecteur de transport de l'eau liquide de la terre vers les océans. Au delà de cet aspect, il ne faut pas oublier que ces derniers permettent aussi de stocker de l'eau de manière temporaire (Musy, A., et Higy C, 2004).

2.1.2. Définition d'un oued :

Terme d'origine arabe désigné un cours d'eau temporaire dans les régions arides ou semi – arides son écoulement dépend des précipitations et il peut rester à sec pendant de très longues périodes.

Un Oued peut être temporaire ou permanente selon le climat. (5).

2.2. Description générale du bassin de la Seybouse :

La Seybouse est une rivière du nord-est de l'Algérie avec une superficie de 6471 Km² et une longueur de 240 Km formée près de Guelma par l'oued Cherefet l'oued Zenati, son bassin est le plus étendu d'Algérie et ses terres sont plus fertiles ,elle rejoint la Méditerranée près d'Annaba.

Oued Seybouse prend sa source à Medjez Amar, il traverse 7 wilayas Guelma,Annaba, Tarf, Skikda, Constantine, Oum El Bouaghi et Soug Ahras, ses eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région .

- Localité : Guelma.
- Longitude : 07° 28' E
- Latitude : 36° 28' N
- Altitude : 227m (Mouassa , S., (2006).

2.2.1. Situation géographique et morphologie :

Oued Seybouse est divisé en six sous-bassins principaux, c'est le bassin le plus vaste, après celui de la Medjerda, de la partie orientale de l'Afrique du Nord (Blayac J., 1912).

Borné au nord par la mer Méditerranée, le bassin inférieur de la Seybouse entre Annaba et Medjez Amar se trouve comme étranglé entre la dépression où se loge le lac Fetzara, déversoir des eaux du massif cristallin de l'Edough, à l'Ouest, et les territoires tributaires de l'oued Bounamoussa, à l'Est. Alors que dans ses cours moyens et supérieur il s'étale et s'élargit remarquablement. Cette expansion devient encore plus marquée quand elle atteint les hautes plaines où elle trouve de vastes et plats espaces à drainer. Au Sud-est, Le bassin de la Seybouse touche la vallée de la haute Medjerda et ses nombreux affluents; celle-ci est limitrophe de la ligne de partage des eaux du Ranem (tributaire de la Seybouse), du Cherf et de la Medjerda à Ras el Alia, où naissent les cours supérieurs de l'oued Krab et Tiffech, qui tous les deux sont des affluents du Cherf (Figure 8).

Puis plus bas, l'oued Mellègue, le plus gros tributaire de la Medjerda, drainent une vaste superficie moyenne de celle de la moyenne et de la haute Seybouse, une région, qui présente un relief montagneux de Souk Ahras et de Tiffech, principalement occupé par des zones forestières. Au Sud, les Hautes plaines dépendant du Cherf, se soudent avec celles des Chotts salés du Guéllif, du tarf, d'Ank Djemel. Une région peu accidentée, parsemée de petits massifs montagneux isolés contrastent sa belle monotonie au-dessus des hautes plaines comme le djebel Sidi Rghis (1635m) d'altitude (1), appartient par son flanc nord au domaine de la Seybouse. Au Sud-Ouest, la grande plaine des Harectas est séparée de celle des Sellaoua par la chaîne montagneuse des Chebka, un relief à structure imbriquée, appartenant seulement dans sa moitié Nord au contingent territorial de la Seybouse, est encore contigu par son côté Ouest, du bassin de oued Boumerzoug, par les monts des Ouled Rahmoun, ce dernier se réunit au Rhummel, et devient plus loin l'oued El Kebir (Figure 9). Au-delà, toujours à l'Ouest, le bassin de la Seybouse est jalonné par la chaîne numidique dont l'axe dirigé Est-Ouest, comme les monts Taya et Debar, le côté Nord de cette chaîne dépend du lac Fetzara ; le côté Sud, de l'oued Bouhamdane, le plus important affluent de la Seybouse après le Cherf. (Bouchelaghem,E., 2008).

Tableau 1 : Répartition des sous-bassins de la Seybouse (A.B.H, 1999)

| Sous-bassin (Code) | Superficie (km ²) | Nom | Longueur (Km) |
|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| 14, 01 | 1739 | Oued Cherf amont | 25 |
| 14, 02 | 1193 | Oued Cherf aval | 32 |
| 14, 03 | 1108 | Oued Bouhamdane | 32 |
| 14, 04 | 817 | Oued Seybouse (moyenne Seybouse) | 50 |
| 14, 05 | 552 | Oued Mellah | 36 |
| 14, 06 | 1066 | Oued Seybouse (Seybouse Maritime) | 65 |
| Total | 6475 | / | 240 |



Figure 8 : Présentation des sous-bassins de la Seybouse (A. B. H, 1999).

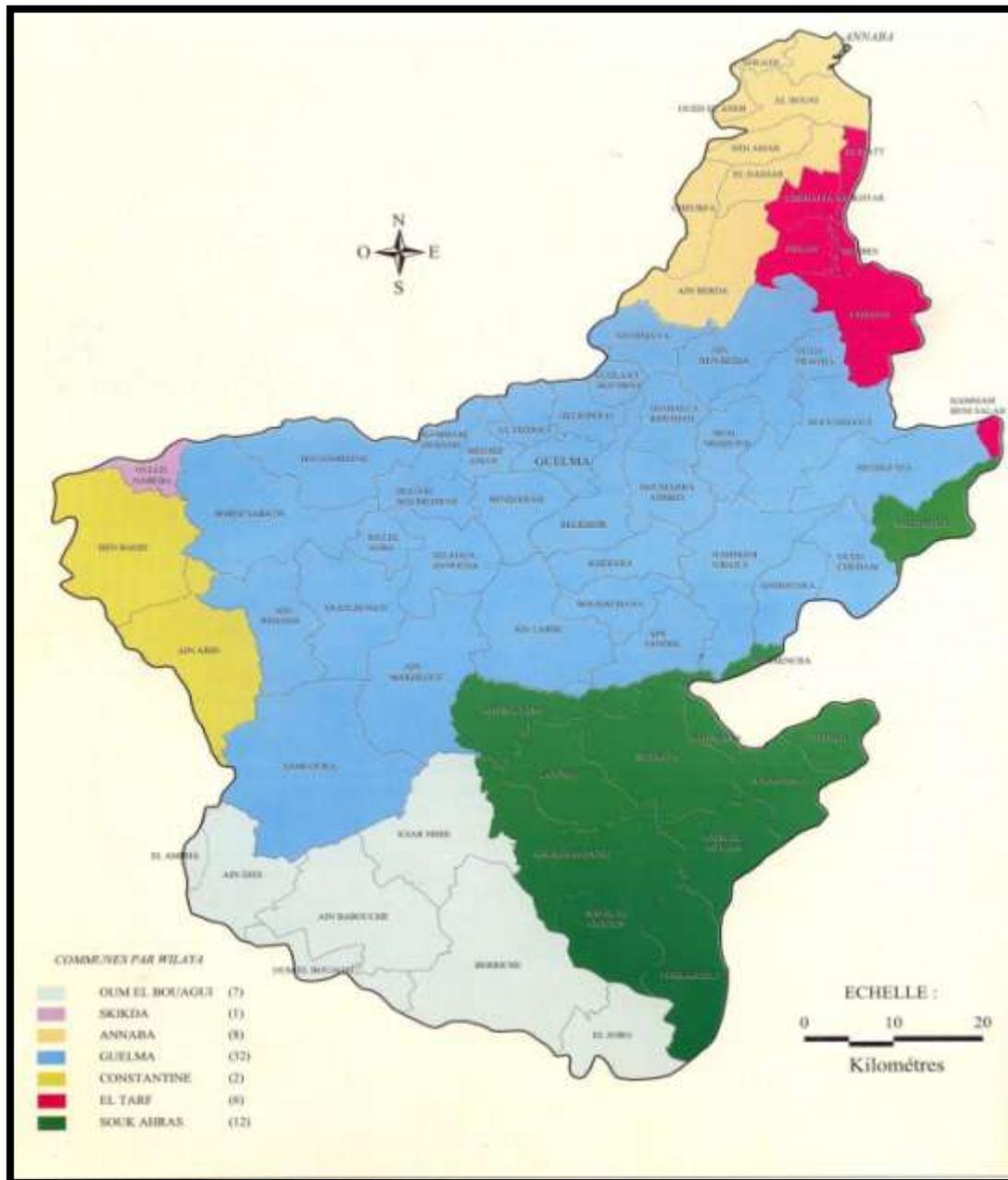


Figure 9 : Découpage administratif du bassin de la Seybouse (A. B. H, 2002).

2.2.2. Le réseau hydrographique :

Le réseau hydrographique du bassin de la Seybouse possède un régime hydrologique de type pluvial, fortement dominé par les précipitations sur l'ensemble de l'année avec un chevelu hydrologique de plus de (3.000Km). Quarante-deux oueds ont une longueur supérieure à 10Km, dont deux : le Cherf (88.61Km), et le Bouhamdane (37.49Km), se réunissent à Medjez Amar pour donner naissance à l'oued Seybouse (160km), qui serpente vers le Nord en parcourant la basse plaine de Annaba, souvent inondée au moment des crues, avant de se jeter dans la baie d' Annaba par l'estuaire de Sidi Salem (Bouchlaghem, E., 2008).

2.2.2.1. Climatologie :

De part sa latitude, le bassin de la Seybouse se trouve dans la zone subtropicale et soumis aux influences des climats sahariens, méditerranéens et aux descentes polaires.

- **Sahariens** : car elles se manifestent par les hautes pressions tropicales (Anticyclone saharien), par le Sirocco (Chehili) qui souffle en été, c'est un vent chaud et sec qui est redouté par les agriculteurs, il est synonyme de sécheresse.

- **Méditerranéens** : pour le régime des pluies en hiver et la sécheresse estivale.

- **Polaires** : des masses d'air froides en provenance de Sibérie ou du pôle viennent lécher la partie Nord du Maghreb en hiver. En revanche, le climat est de type tempéré et ensoleillé. Les hivers sont froids avec des épisodes neigeux parfois importants sur les régions Sud. Les étés sont très chauds et secs, (Bouchlaghem, E., 2008).

2.2.2.2. Température :

Elle représente un facteur limitant de toute première importance car elle contrôle l'ensemble des phénomènes métaboliques et conditionne de ce fait la répartition de la totalité des espèces et des communautés d'êtres vivants dans la biosphère.

Ce paramètre est fonction de l'altitude, de la distance de la mer. Elle varie en fonction des saisons. (Soualmia, I. et Kebebsa, H., 2013).

❖ **Températures moyennes mensuelles :**

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma, sur une période de 12 ans.

Les valeurs moyennes enregistrées à la station de Belkheir-Guelma (Figure 10), donnent pour chaque mois de l'année les températures suivantes :

- T (max) : moyenne de tous les maxima du mois.
- t (mini) : moyenne de tous les minima du mois.
- M : moyenne annuelles des températures.

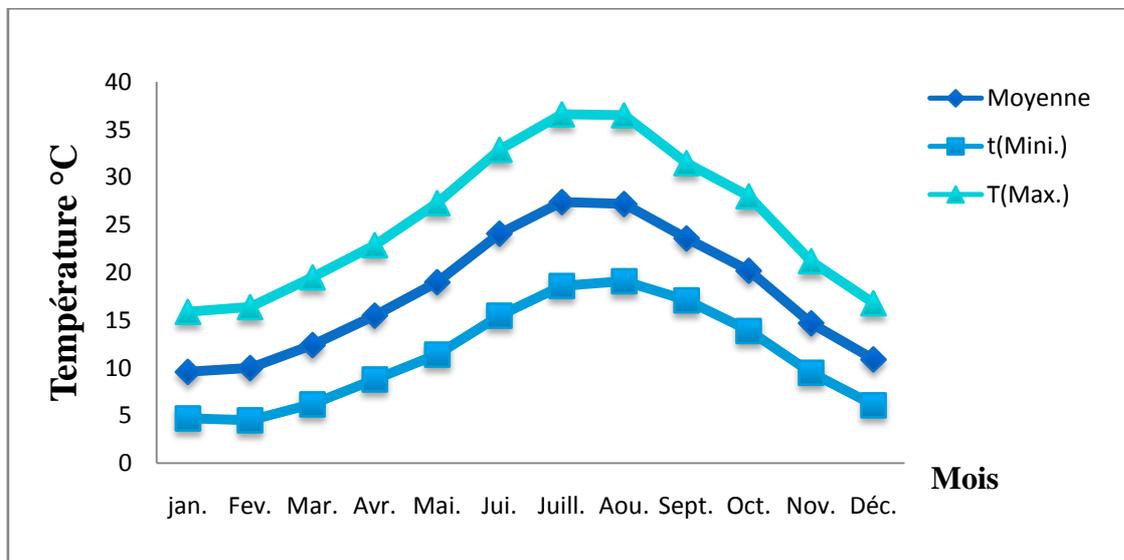


Figure 10: Courbe d'évaluation des températures de la région d'étude (2002-2014)

Les mois les plus chauds de l'année sont ceux de Mai, Juin, Juillet, Aout, Septembre et Octobre ou, toutes les localités connaissent des températures mensuelles supérieures à 27°C. Avec une moyenne maximale de 36,6 °C en Aout.

La région d'étude enregistre ses températures les plus basses en Décembre, Janvier et en Février, celles-ci descendent souvent autour de 10°C. Avec une valeur moyenne de 4,5°C en Février.

2.2.2.3. Les précipitations :

Les mois de très faible pluviométrie (hauteur moyenne inférieure à 20 mm), les mois de Juin, Juillet, et Aout sont les mois les moins arrosés dans la région d'étude (Figure 11).

Les mois à pluviométrie intermédiaire, reçoivent des précipitations comprises entre 40 et 50 mm par mois. Les mois de Septembre et Octobre.

Les mois de forte pluviométrie (hauteur moyenne mensuelle entre 60 et 100 mm). Sont Novembre, Décembre, Janvier, Février, Mars, Avril, sont les plus pluvieux de l'année en région d'étude.

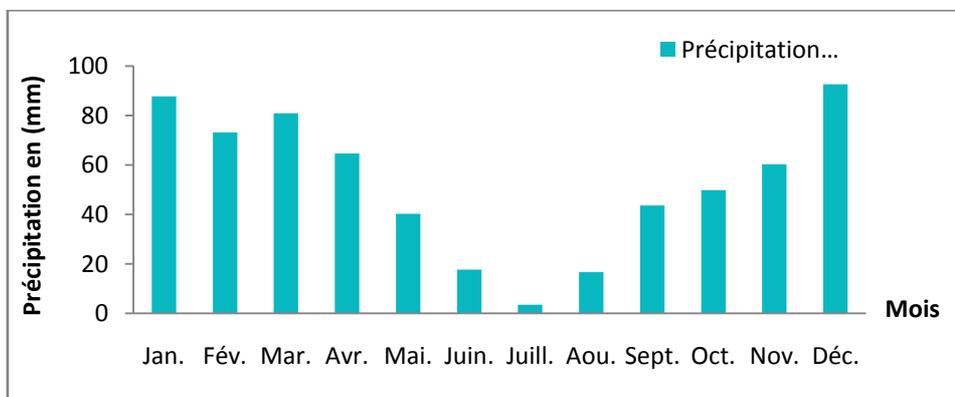


Figure 11 : Variation mensuelle des précipitations en 2002-2014.

2.2.2.4. Humidité :

Au niveau mensuel (Figure 12), le maximum est atteint au cours des mois de Novembre, Décembre, Janvier, Février et Mars, avec des valeurs dépassant 75%. Ces valeurs diminuent considérablement au cours des mois les plus chauds, Juillet et Aout, elles sont inférieures à 60%.

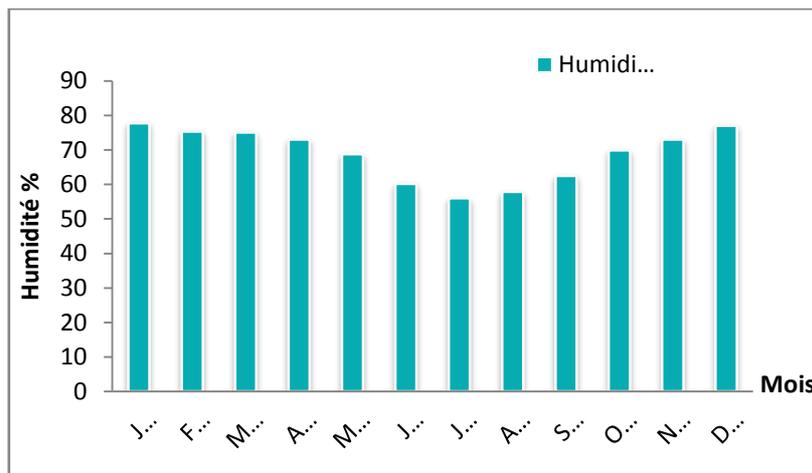


Figure 12 : Variation mensuelles de l'humidité dans la région d'étude (2002-2014).

2.2.3. Synthèse climatique :

2.2.3.1. Diagramme Ombrothermique :

Selon Bagnouls et Gausson, une période sèche est due au croisements des courbes de température et des précipitations. Cette relation permet d'établir un graphe pluviométrique sur lequel les températures sont portées à une échelle double des précipitations. (Figure 13)

D'après ce diagramme établi à partir des données des températures et des précipitations de la station de Guelma, on peut distinguer deux périodes;

- La première froide et humide qui s'étale sur 8 mois, du mois d'octobre jusqu'au mois de mai.
- La seconde chaude et sèche qui s'étale sur 4 mois, du mois de juin jusqu'au mois de septembre.

La détermination de cette période est d'une grande importance pour la connaissance de la période déficitaire en eau.

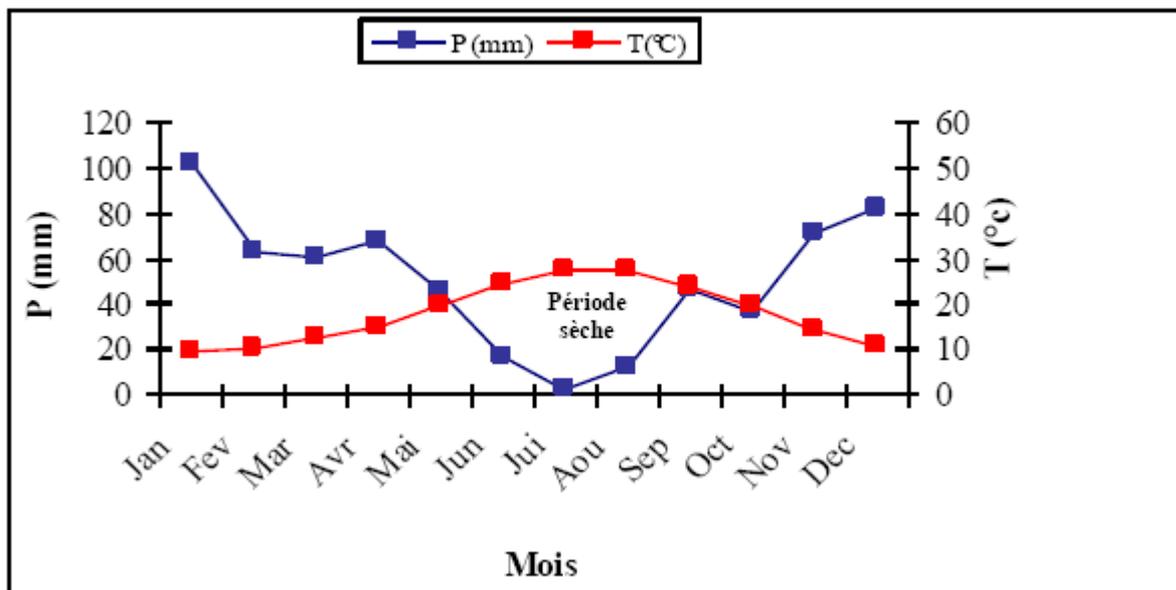


Figure 13 : Diagramme Pluviothermique de la région de Guelma (2002-2014)

2.2.3.2. Climagramme d'Emberger :

Selon Emberger (1963), la région méditerranéenne est subdivisée en cinq étages bioclimatiques (Figure 14). Pour déterminer l'étage bioclimatique de la zone d'étude (Guelma), il faut procéder au calcul du quotient pluviométrique d'Emberger (Q2) (Dajoz, 2000).

$$Q_2 = 1000 \cdot P \ / \ \frac{(M+m) \cdot (M-m)}{2}$$

D'où :

M : Température maximale du mois le plus chaud (M = 36,34°C = 309,34 K).

m : Température minimale du mois le plus froid (m = 4,62°C = 277,62 K).

P : Précipitation moyenne annuelle P = 606,1 mm.

Notre région (Guelma) présente un Q2 = 65.10 ce qui la classe dans l'étage bioclimatique à végétation semi-aride à hiver frais.

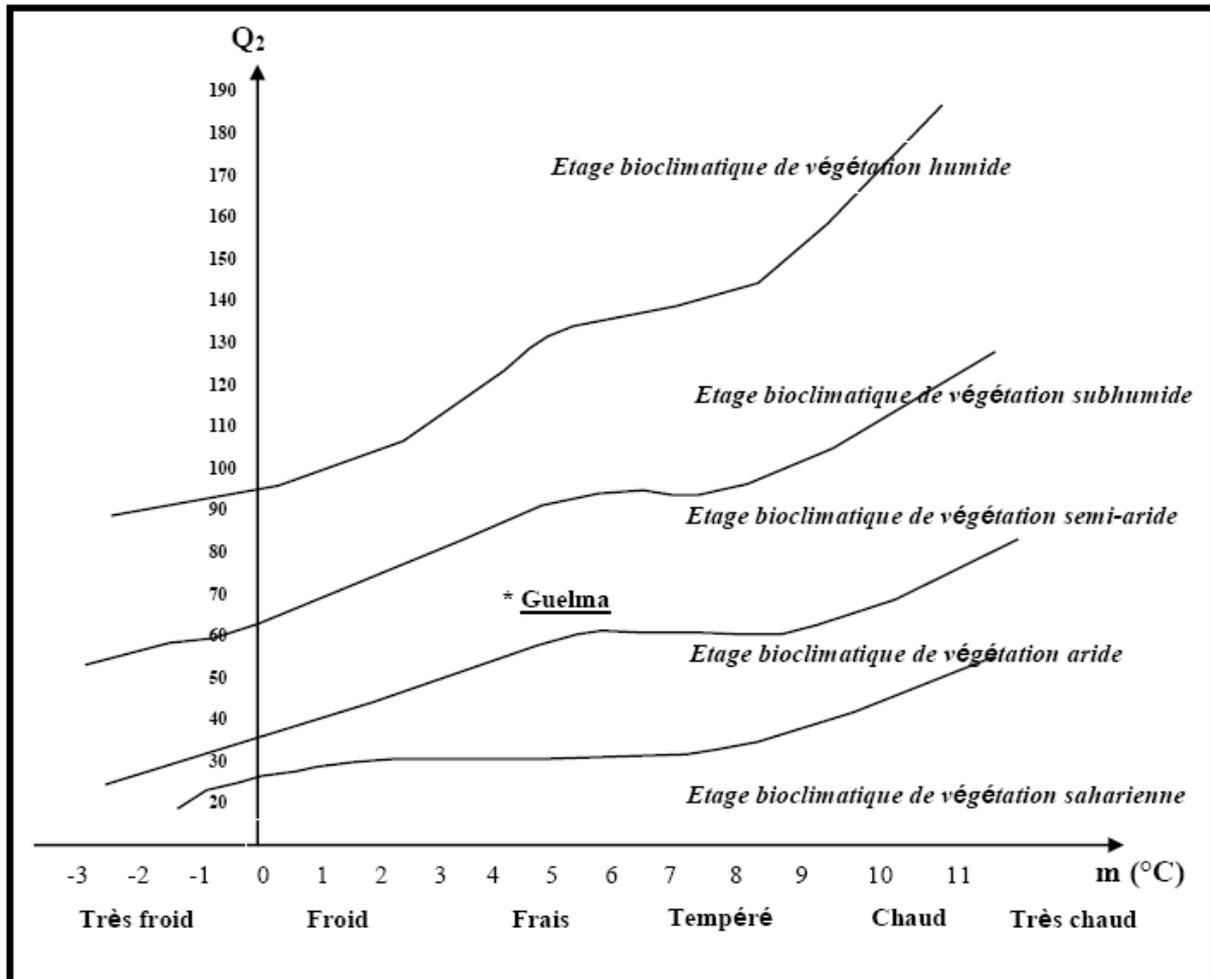


Figure 14 : Situation de la région de Guelma dans le climagramme d'Emberger (2002-2014)

2.2.3.3. Exploitation du bassin de la Seybouse :

Oued Seybouse alimente les terres agricoles à partir d'un périmètre aménagé constitué par cinq secteurs d'une superficie globale de 9600 hectares, et sert à alimenter les différentes nappes phréatique des communes : Medjez Amar, Guelma, Boumahra, Belkheir, Bouchegouf. Pour la compagnie d'irrigation effectuée en 2012 à irriguer 4900 hectares pour différentes spéculations (intérêt commercial) d'où la répartition par groupe de culture est comme suit : culture maraichère 1900 ha, industrielle 2449ha (tomates industrielles), arboriculture 482ha, fourragère (orange) 29 ha ,céréales (blé dur, tendre) 40ha (DSA , 2012).

2.2.4. Description du site d'étude «Oued Hellia »

Hellia (36° 24.795' N, 7° 36. 677' E)

Altitude : 144. 33 m.

Commune : Hammam N'Bails.

Daïra : Hammam N'Bails.

Wilaya : Guelma.

Oued Hellia est limitée au nord par Bouchegouf, Beni Mezzline et Boumahra Ahmed, à l'est par Medjez Sfa, Oued Cheham et Dahouara, au sud par Hennencha et Khemissa, à l'ouest par Ain Sandel, Bouhachana et Khezara. Ce ruisseau est un affluent de l'oued Seybouse. Il se trouve dans la région sud de Guelma. Cette section est formé par des bandes de calcaire yprésien qui sont fortement fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importante, mais rapidement restituées parmi les quelles la source de oued Hellia (Djabri, L., 1996). Notre station se trouve sous un pont, elle est très exposée au soleil, les sols sont occupées par des jardins (cultures maraichères), et par des oliviers. Le fond de l'oued est tapissé de blocs, de pierres, de galets et de la vase.



Figure 15



Figure 16

Figure (15, 16): Oued Hellia, Station (A)



Figure 17



Figure 18

Figure (17, 18) : Oued Hellia, Station (B)



Figure 19



Figure 20

Figure (19, 20) : Oued Hellia, Station (C)

Chapitre 03 :

Matériels et méthodes

3.1. Matériel expérimental :

3.1.1. Sur le terrain :

- Une épuisette pour la collecte des taxons faunistique.
- Des bouteilles en plastique.
- du formol (5%) pour la conservation des échantillons.
- Un conductimètre.
- Des fiches techniques.
- Un appareil photo numérique
- Un chronomètre et un bouchon en liège.

3.1.2. Au laboratoire :

Le matériel technique de laboratoire consiste en :

- Une loupe binoculaire de type Leica Zoom2000.
- Un PH mètre.
- Un turbidimètre.
- Un Multi-paramètre.
- Des boites de pétri.
- Des bols en plastique.
- Un ou deux guides pour identifier le matériel biologique.
- Flacons étiquetés contenus du formol 5% pour conserver les espèces.
- Formol dilué à 5%.
- Un pinceau.



Photo (1) : Boites de collection.

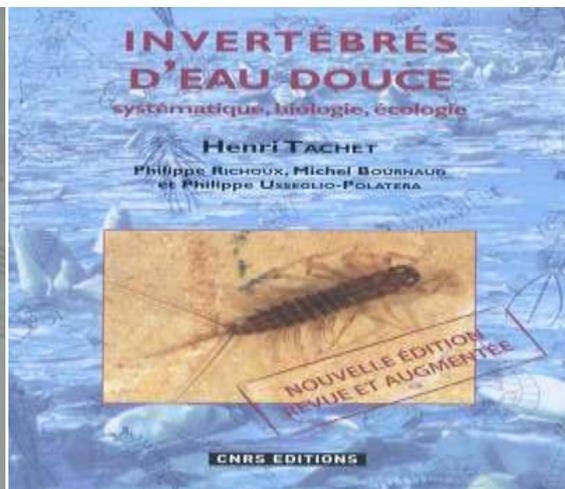


Photo (2) : Guide entomologique.

3.2. Méthode de terrain :

3.2.1. Choix des sites :

Nous avons commencé par choisir des stations d'échantillonnage, ce choix est basé sur les critères suivants :

- Accessibilité du site (proximité de la route, sécurité, végétation peu dense).
- Commodités de l'échantillonnage.
- l'altitude.

3.2.2. Plan d'échantillonnage :

Le travail a été effectué sur trois stations différentes (A, B, C) , la distance entre une station et une autre est d'environ 800 mètres .

La visite de ces stations est Semi-mensuel.

3.2.3. Préparation du matériel :

Elle se fait la veille de la sortie.

- Le matériel comprenant les différents dispositifs de mesure doit être soigneusement vérifié.
- Les fiches techniques préparées.

3.2.4. Sur Le terrain :

Nous avons effectué des sorties mensuelles aussi régulière que possible tout en respectant la durée de temps passé sur chaque site.

Notre travail a suivi les étapes suivantes :

3.2.4.1. Première étape :

Dans un premier temps, nous notons sur fiche technique spécifique pour chaque station, la date de la sortie, l'heure.

Nous évaluons juste après les différents facteurs physico-chimiques de l'eau de la station concernant notamment :

- La température.
- La conductivité.

- La profondeur moyenne de l'eau.
- La largeur du lit de l'oued.
- La vitesse de l'eau

Nous remplissons des bouteilles en plastique d'eau de l'oued pour le ph et la turbidité dont l'évaluation se fait au laboratoire d'écologie au département de biologie.

3.2.4.2. Deuxième étape :

L'échantillonnage des larves se fait à l'aide d'une épuisette surber.

3.2.4.2.1. Technique de l'échantillonnage :

Dix coups de filets étant effectués au milieu et en bordure des berges dans les parties à fortes végétations aquatiques ainsi qu'au fond dans les parties boueuses et sableuses des sites. Parfois et surtout dans les stations où manque la végétation aquatique et le substrat dominant est blocs, galets, et pierres, ces derniers sont retournés à la main ou avec les pieds, sont nettoyés/brossés à l'ouverture de l'épuisette. D'autres prélèvements se font directement sur les pierres (technique).

3.2.4.2.2. But d'échantillonnage :

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

3.2.4.3. Le tri des macro-invertébrés :

La fixation de la macrofaune est effectuée sur place par l'ajout du formol (5%). Les échantillons obtenus pour les différents milieux, ont été transportés au laboratoire où les organismes sont triés sous binoculaire afin d'être dépouillés et identifiés au laboratoire d'écologie au sein du département de biologie.

On a recouru lors de l'identification à différents guides, ouvrages et publications relatives aux invertébrés.



Photo (3)

Photo (4)

Photos (3, 4) : Échantillonnage.



Photo (5)

Photo (6)

Photos (5, 6) : Identification.

3.2.5. Analyse des données :

3.2.5.1. L'organisation d'un peuplement :

Les divers peuplements qui constituent une biocénose peuvent se définir quantitativement par un ensemble de descripteurs, il est possible de décrire la structure de la dominance, la diversité spécifique (Ramade.1994).

- **L'abondance** : correspond au nombre d'individus échantillonnés.

- **Fréquence** : elle peut s'exprimer par le nombre de relevés contenant l'espèce étudiée. Elle peut être également exprimée par le pourcentage d'où :

$$C = (p*100) / p$$

P* : nombre de relevés contenant l'espèce étudiée.

P : nombre total de relevés effectués.

3.2.5.2. La structure d'un peuplement :

Elle exprime le mode de distribution des individus parmi les espèces qui composent le peuplement, c'est-à-dire l'organisation du tableau espèces-relevés.

L'étude de ce mode de répartition peut être faite :

La diversité d'un peuplement s'exprime aussi par le nombre d'espèces présentes (richesse spécifique).

Parmi les indices de diversité permettant la comparaison des peuplements dans l'espace et le temps, nous avons :

3.2.5.2.1. Indice de Shannon :

Cet indice à l'avantage de faire intervenir l'abondance des espèces, il se calcule à l'aide de la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

H' : indice de biodiversité de Shannon
i : une espèce du milieu d'étude

Pi : Proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces (S) dans le milieu d'étude (ou richesse spécifique du milieu), qui se calcule de la façon suivante :

$$P(i) = n_i/N$$

Où n_i est le nombre d'individus pour l'espèce i et N est l'effectif total (Les individus de toutes les espèces).

Cet indice s'exprime en bit (unité d'information) et mesure le niveau de complexité d'un peuplement. Un indice de diversité correspond à un peuplement diversifié et équilibré.

3.2.5.2.2. Equitabilité :

Cet indice sert à comparer les diversités de deux peuplements ayant des richesses spécifiques différentes. On définit l'équitabilité ou « régularité » comme étant le rapport :

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

H_{\max} : la diversité maximale ($H_{\max} = \log S$)

S : richesse spécifique

Une valeur de E proche de 1 traduit un peuplement plus équilibré.

Chapitre 04 :

Résultats et discussion

Ce chapitre comporte principalement l'étude de l'abondance et la fréquence et la richesse spécifique des macros invertébrés, et les facteurs physicochimiques du moyenne Seybouse (Oued Hellia)

4.1.1. Check –liste des taxa faunistique du Oued Hellia :

Notre travail a été effectué principalement au niveau d'Oued Hellia sur 03 stations différentes (station A, station B, station C), et selon le temps, la liste montre l'existence de (21) taxa faunistique avec un nombre de 1397 individus aquatiques (Tab 02).

Tableau 02 : Check –liste des taxa faunistique du oued Hellia selon les stations.

| Taxon | Station .A. | Station .B. | Station .C. |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|
| Ephéméroptère | 226 | 214 | 149 |
| Hydropsychidae | 24 | 14 | 20 |
| Gomphidae | 3 | 1 | 3 |
| Gyrinidae | 17 | 8 | 2 |
| Hydrocyphons | 0 | 1 | 0 |
| Simuliidae | 53 | 174 | 140 |
| Chironomidae | 50 | 118 | 56 |
| Tipulidae | 7 | 1 | 5 |
| Annélide | 3 | 3 | 5 |
| Nématode | 1 | 3 | 2 |
| Goeridae | 1 | 1 | 0 |
| Diptère | 3 | 8 | 1 |
| Limonidae | 4 | 0 | 0 |
| Trichoptère | 2 | 3 | 5 |
| Tabanidae | 2 | 1 | 4 |
| Cryptocephalus | 0 | 0 | 1 |
| Barbus | 0 | 1 | 0 |
| Crustacé | 21 | 4 | 8 |
| Coléoptère | 2 | 1 | 1 |
| Larves de poisson | 2 | 18 | 0 |
| Limniphilidae | 1 | 0 | 0 |
| Total | 421 | 574 | 402 |

Selon le tableau (02) on observe que la station B est très riche par les macros invertébrés avec un maximum de 574 individus, alors la station C accueille le nombre le plus réduit des taxons faunistique avec un nombre de 402 individus. Ce résultat est dû à la morphologie du biotope qui est caractérisé par une faible végétation et une largeur réduite.

Tableau 03 : Check –liste des taxa Faunistique du Oued Hellia selon les dates.

| Taxon | 20 dec | 10-janv | 01 fev | 20 fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|------------------|--------|---------|--------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Ephéméroptère | 91 | 45 | 55 | 73 | 64 | 78 | 56 | 127 |
| Hydropsychidae | 37 | 4 | 3 | 6 | 3 | 0 | 0 | 5 |
| Gomphidae | 4 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gyrinidae | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 10 | 1 |
| Hydrocyphon | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 22 | 23 | 12 | 22 | 11 | 11 | 128 | 138 |
| Chironomidae | 23 | 1 | 0 | 0 | 8 | 11 | 86 | 95 |
| Tipulidae | 8 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Annélide | 1 | 0 | 3 | 1 | 0 | 2 | 0 | 4 |
| Nématode | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Goeridae | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diptère | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 7 |
| Limoniidae | 0 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Trichoptère | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| Tabanidae | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 |
| Cryptocephalus | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barbus | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Crustacé | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 15 | 8 | 6 |
| Coléoptère | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| Larve de poisson | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 19 |
| Limniphilidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Total | 204 | 81 | 81 | 107 | 95 | 123 | 300 | 406 |

On note bien que les macros invertébrés sont plus abondantes au début d’avril.

Au cours de notre étude, 21 taxons ont été récoltés dans l'ensemble des stations explorées. Les peuplements de ces stations sont composés essentiellement des éphéméroptères avec un pourcentage de 39.15%, les Simuliidae occupent la 2^{ème} position avec 26.27%, puis les Chironomidae en 3^{ème} position avec un pourcentage de 16.03%, les Chydropsychidae avec 4.15%, le reste varient entre 2.36% et 1.93%. (Figure 21)

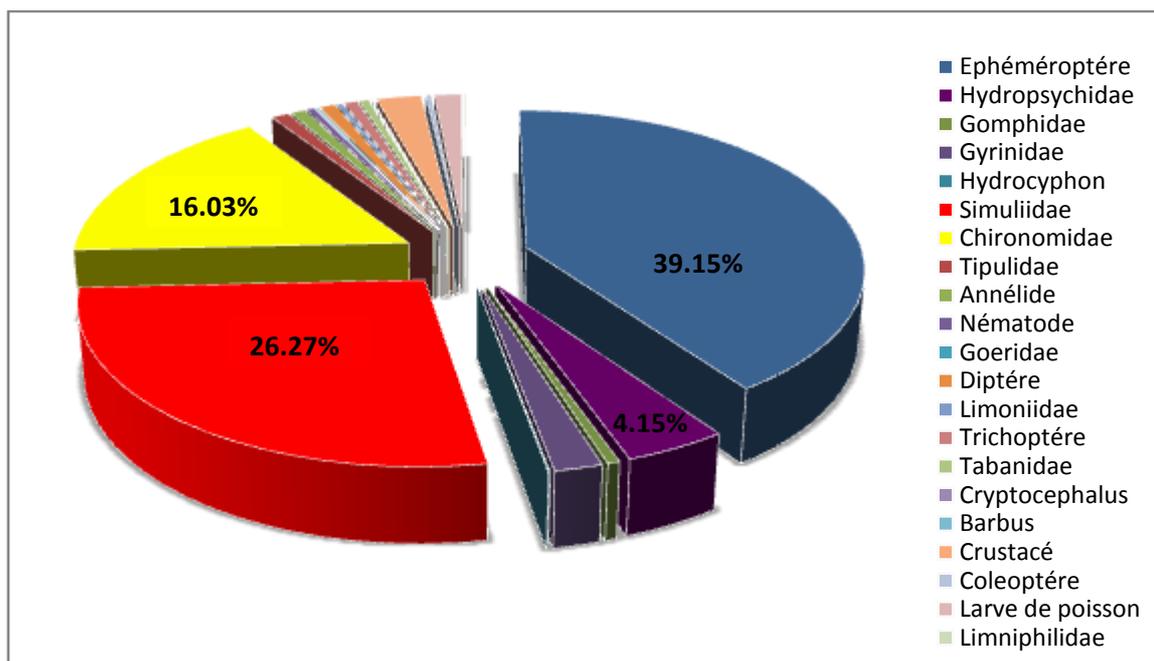


Figure21 : la fréquence des macros invertébrés en pourcentage (%)

4. 2 La phénologie des macros invertébrés :

D'après le (Tab 04) et selon la phénologie nous avons signalé la présence de 21 taxons faunistiques aquatique, durant la période d'échantillonnage dans les 3 stations étudiées.

Tableau 04 : La phénologie temporelle des macros invertébrés d'oued Hellia.

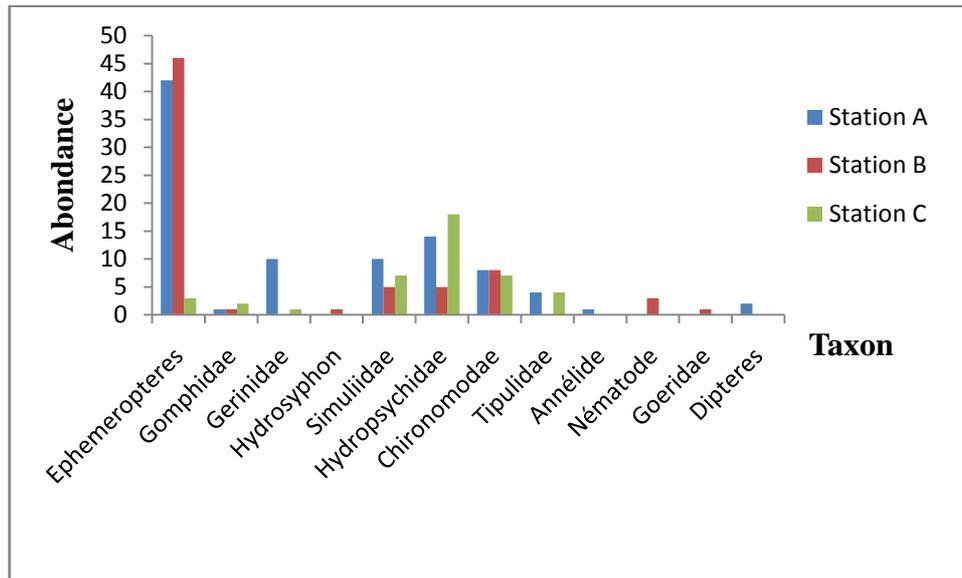
| Taxon | 20 | 10-janv | 01 fev | 20 fev | 10-mar | 30-mar | 10-avr | 20-avr |
|------------------|----|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Ephéméroptère | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Hydropsychidae | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| Gomphidae | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Gyrinidae | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Hydrocyphon | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Chironomidae | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tipulidae | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Annélide | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Nématode | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Goeridae | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Diptère | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Limoniidae | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Trichoptère | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| Tabanidae | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Cryptocephalus | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Barbus | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Crustacé | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Coléoptère | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| Larve de poisson | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| Limniphilidae | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |

1 : indique la présence

0 : indique l'absence

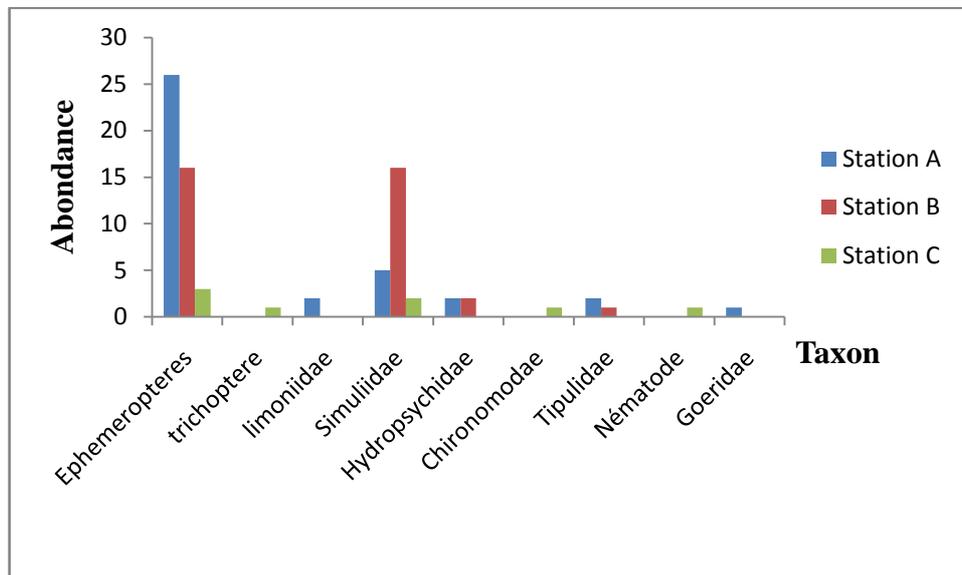
On remarque bien que les *Simuliidae* et les *Éphéméroptères* sont présents toujours au niveau de notre échantillonnage.

4.2.1 L'abondance des macros invertébrées en fonction du temps :



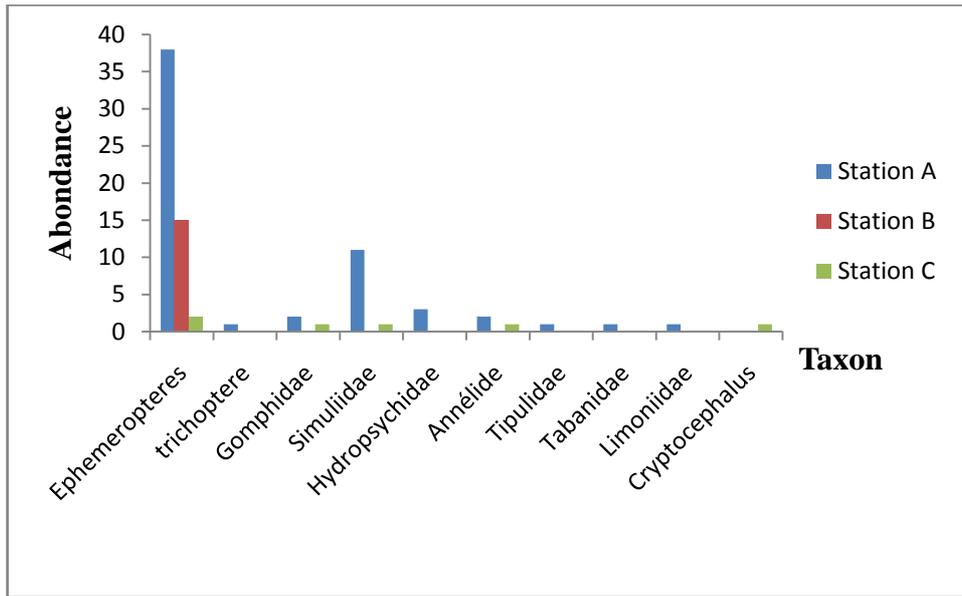
20/12/2014

Figure 22



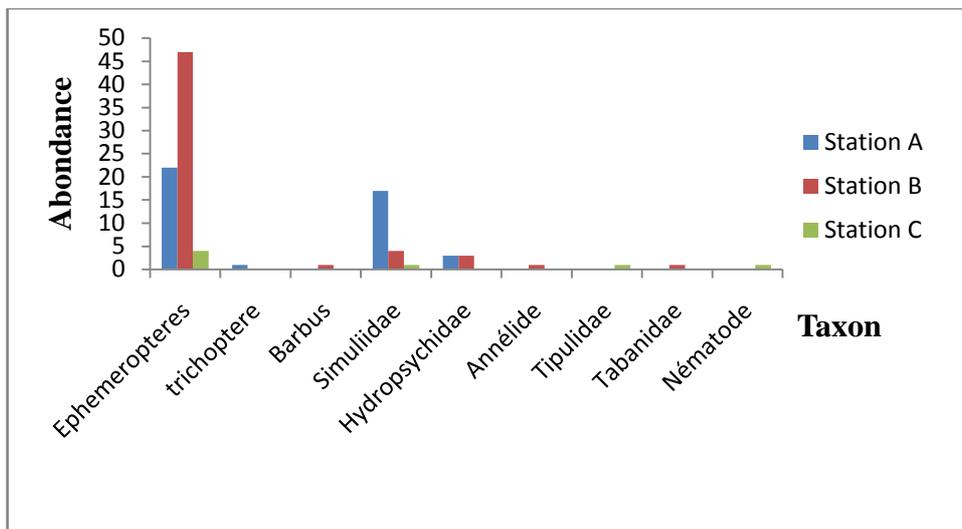
10/01/2015

Figure 23



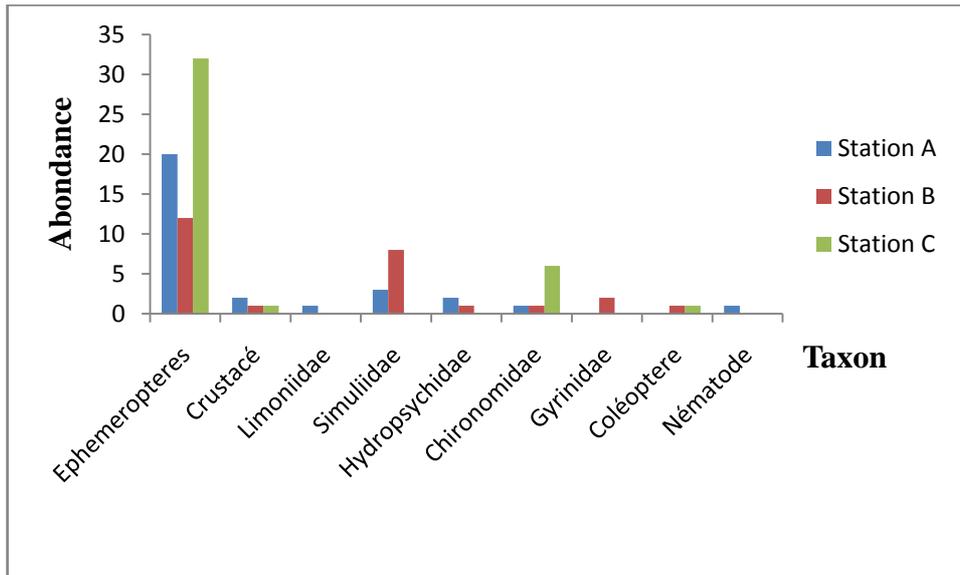
01/02/2015

Figure 24



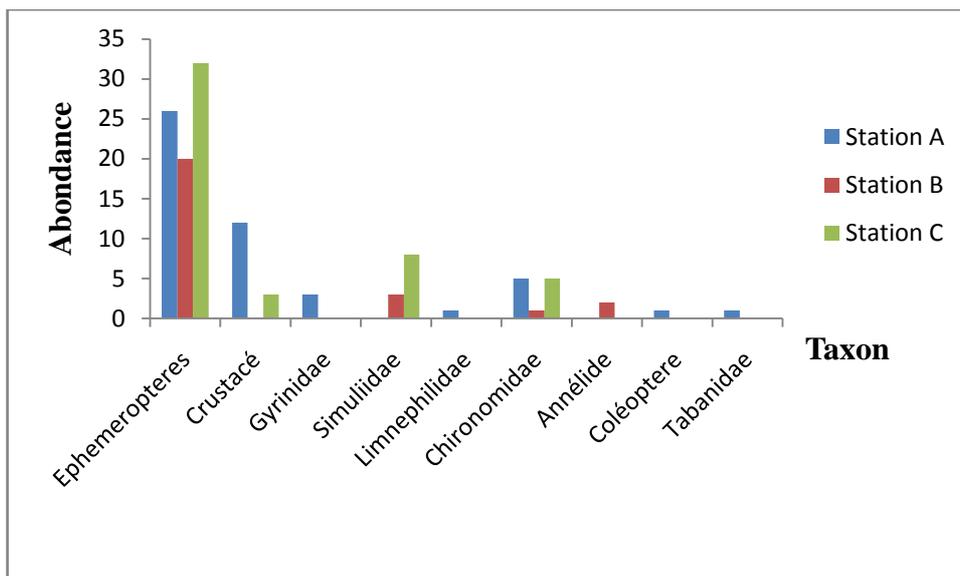
20/02/2015

Figure 25



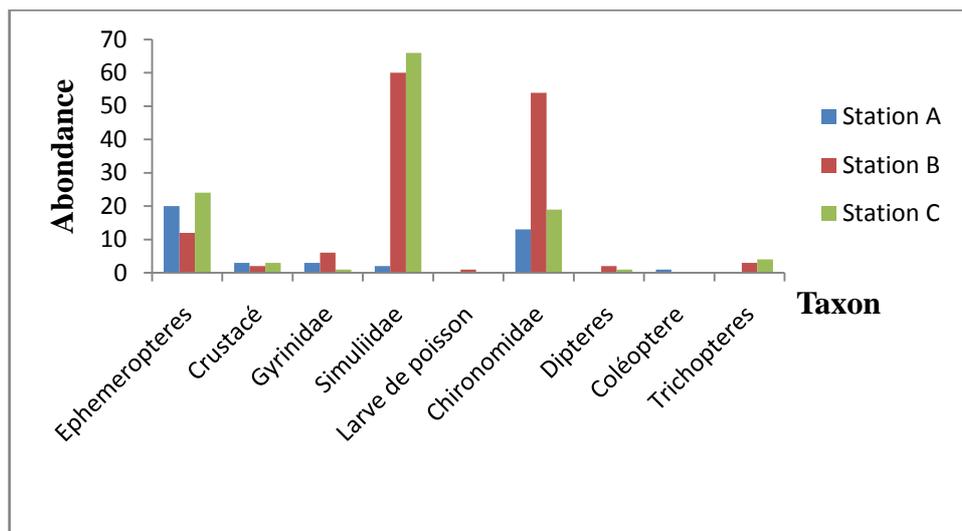
10/03/2015

Figure 26



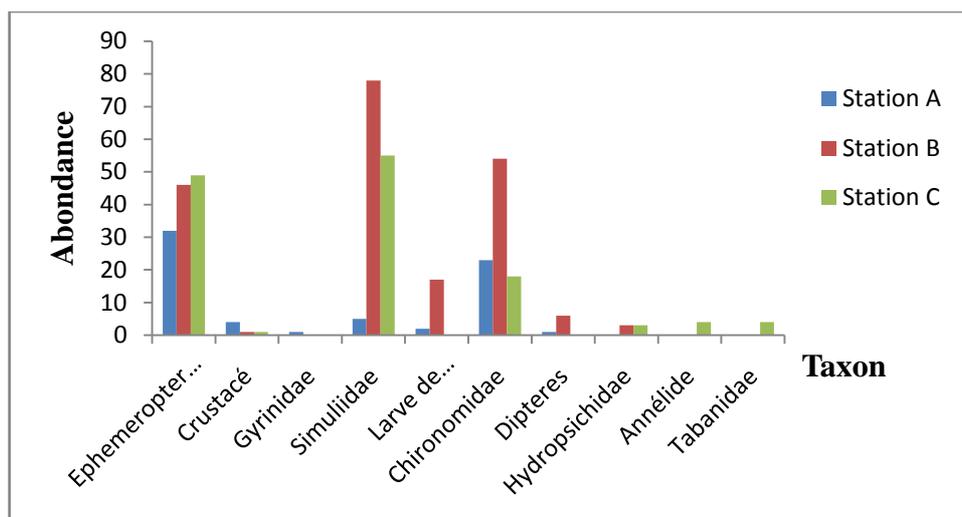
30/03/2015

Figure 27



10/04/2015

Figure 28



20/04/2015

Figure 29

Figure : (22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) L'abondance des macros invertébrées en fonction du temps

Au cours de notre étude nous avons 21 taxons faunistiques sur un ensemble de 3 stations échantillonnées. L'abondance des macros invertébrées en fonction de temps est atteinte un maximale de 12 taxons au mois de Décembre.

4.3. Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes :

Notre étude est basée sur 08 facteurs abiotiques très important « Conductivité, Température, Profondeur, PH, Vitesse, Largeur, O₂, turbidité » voire les tableaux dans l'annexe.

4.3.1. Influence de la conductivité sur le Site d'étude :

La conductivité est un paramètre très important pour la dynamique des peuplements.

La conductivité nous indique le degré de minéralisation des eaux (Touati, L., 2008).

La courbe de la variation de la conductivité au niveau des Stations échantillonnées en fonction du temps qui s'étend de Décembre 2014 à Avril 2015 montre qu'il y a une diminution dans la valeur de la conductivité au mois de Janvier jusqu'à 573 (mS/cm), et après il y a une augmentation jusqu'à 761 (mS/cm) au mois d'Avril (Figure 30).

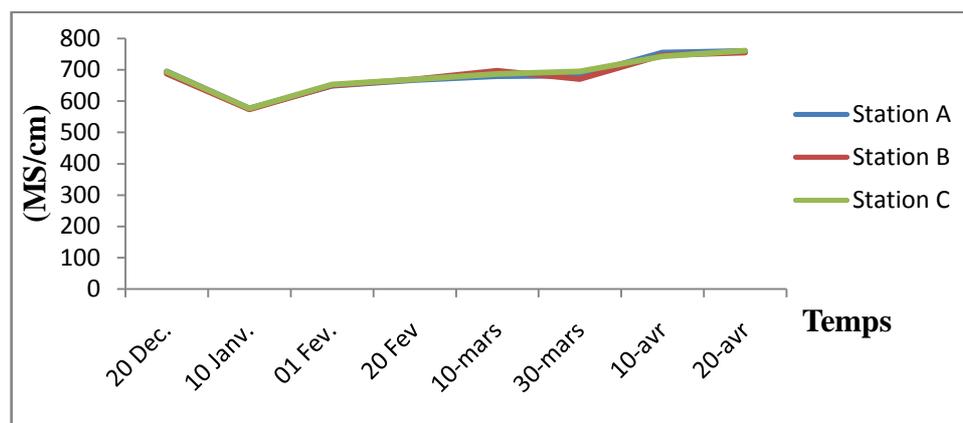


Figure 30 : La conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) des stations échantillonnées en fonction du temps

4.3.2. Influence de la température sur le Site d'étude :

La température joue un rôle important dans le développement, la croissance et le cycle biologique de la majorité des insectes aquatiques .Elle peut agir également sur la distribution des espèces et la densité des populations (Bouhala.Z ,2009).

Les eaux de surface sont sujettes à des variations de température, elle dépend :

- du degré d'exposition au soleil.
- Débit de l'eau.
- Dimension du cours d'eau (profondeur et largeur).

La courbe de la variation de la température de l'eau (Figure 31), montre au cours de la période d'étude une approche semblable entre la station (A) avec une moyenne de (13.1°C) et la station (B) avec une moyenne de (12.85°C) par contre la température la plus élevée est signaler dans la station (C) avec (14.61°C) en moyenne, due au temps tardif d'échantillonnage.

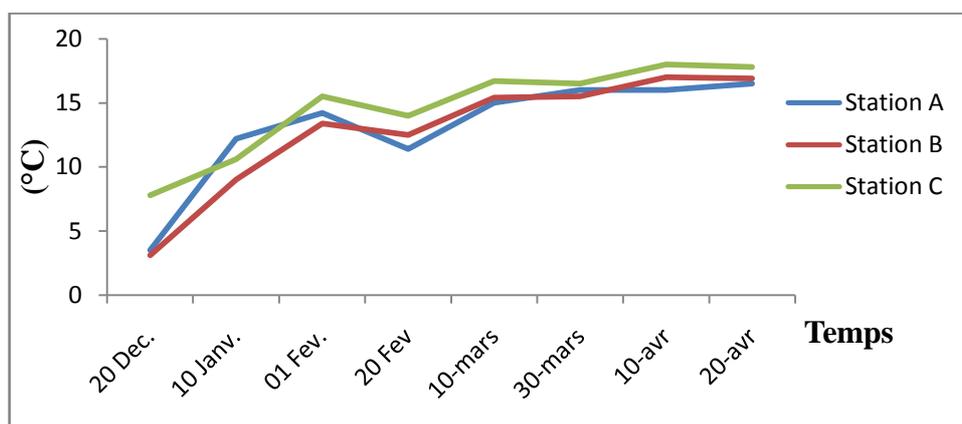


Figure 31 : la température (°C) de chaque station échantillonnée en fonction du temps

4. 3.3. Influence du PH sur le Site d'étude :

Le taux du PH est un indicateur déterminant pour la qualité de l'eau. Le PH, c'est-à dire l'acidité de l'eau, varie en fonction de divers éléments et cette variation influe sur la distribution des différents taxa faunistique et floristique d'un milieu aquatique. (Soualmia, et al., 2013).

La courbe de la variation du PH de l'eau montre au cours de la période d'étude que la station (C) est le milieu le plus basique avec une moyenne de PH de 8,73 (Figure 32).

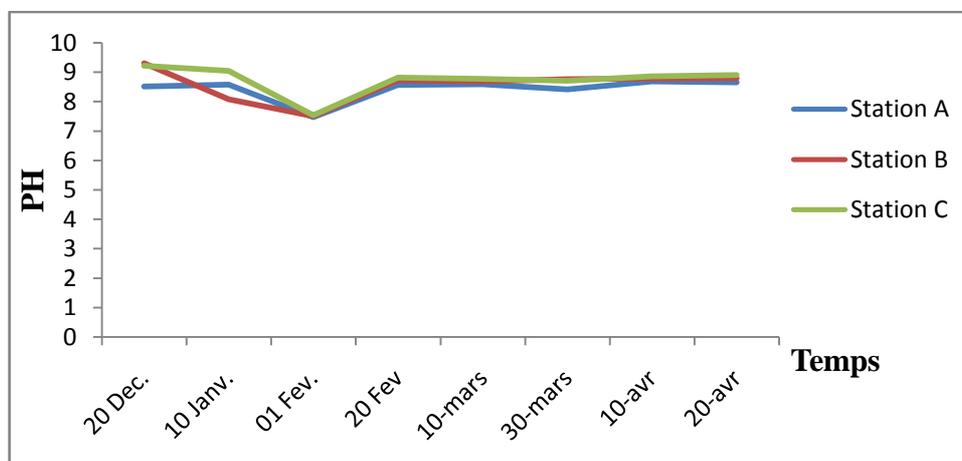


Figure 32 : PH de chaque station échantillonnée en fonction du temps

4.3.4. Influence de la Profondeur sur le Site d'étude :

La profondeur de l'eau joue un rôle important pour l'installation des différents taxa faunistique aquatiques.

La courbe de la variation montre bien que la profondeur de l'eau pendant la période d'étude atteint en hiver sa valeur maximale de 61,4 cm au niveau de la station C, et des valeurs moins importantes 47 et 41,5 au niveau des stations A et B successivement. (Figure 33).

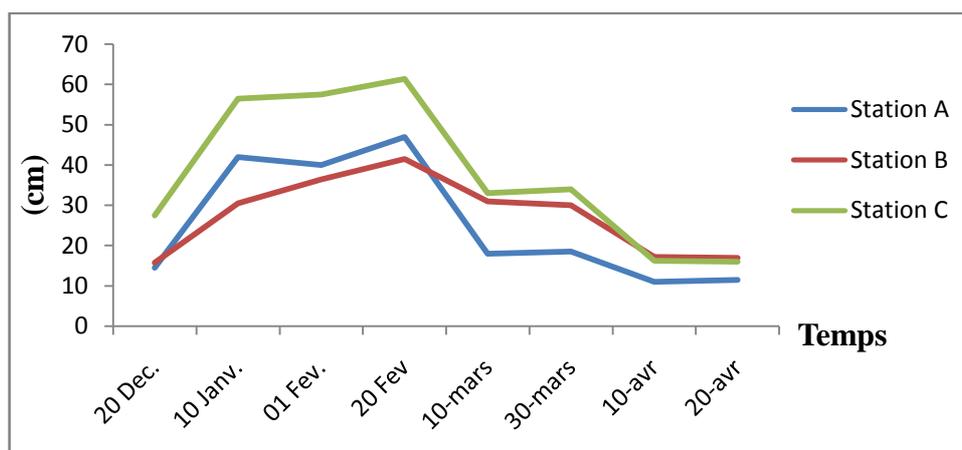


Figure 33 : Profondeur (cm) de chaque station échantillonnée en fonction du temps

4.3.5. Influence de la Largeur sur le Site d'étude :

Le bon fonctionnement d'un cours d'eau dépend totalement de l'hydro morphologie de cet cours d'eau." la morphologie": la largeur du lit, sa profondeur, sa pente, la nature des berges, leur pente, la forme des méandres. (Soualmia, et al., 2013).

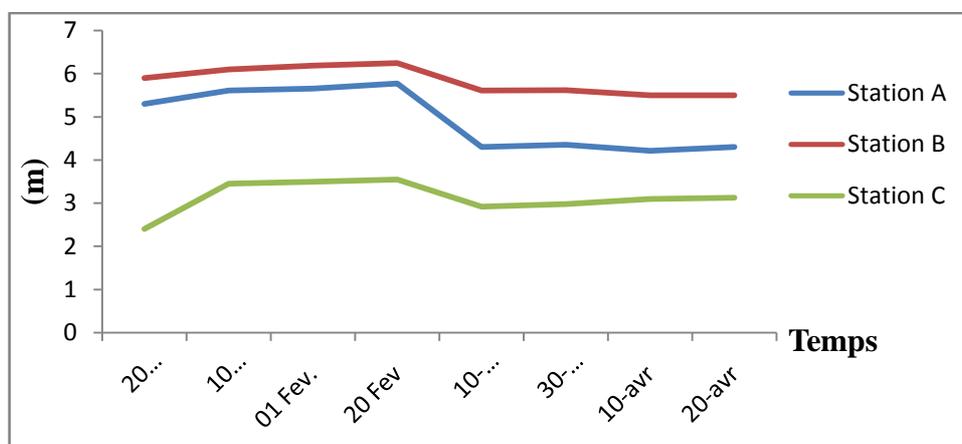


Figure 34 : la largeur (m) de chaque station échantillonnée en fonction du temps

La courbe de la variation de la largeur d'Oued Hellia explique au cours de la période d'étude que la largeur de lit de la station (B) est plus importante par rapport à les autres stations (Figure 34).

4. 3.6. Influence de la vitesse sur le Site d'étude :

Dans les cours d'eau, la vitesse de 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 les larves de trichoptères sont recouvertes de petits cailloux et de bouts de bois, ceci leur permet de se protéger et de s'orienter face au courant. 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. (Soualmia, et al., 2013).

La courbe de la variation de la vitesse de l'eau montre au cours de la période d'étude que la valeur la plus élevée et enregistré dans le mois de janvier pour la station (C), par contre elle est maximale dans le mois de février pour les deux autres stations (A) et (B). (Figure 35).

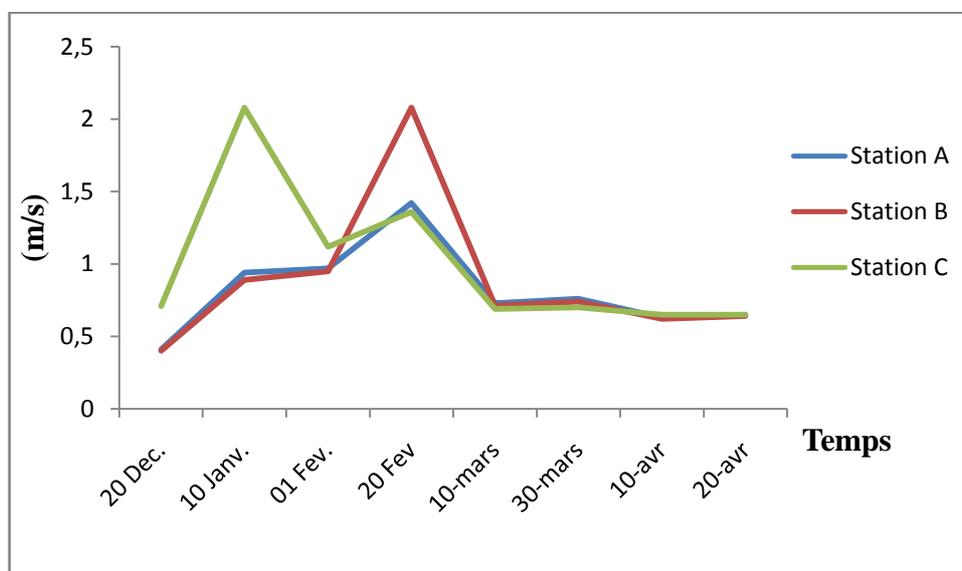


Figure 35: la vitesse (m/s) de chaque station échantillonnée en fonction du temps

4.3.7. Influence du taux de saturation d'oxygène :

La concentration en oxygène existant dans les eaux est le résultat de processus de la demande et de la production d'oxygène est donc soumise à de fortes fluctuations (Chaib, 2002).

On notant bien que l'eau de la station (B) est plus renouvelable vu sa largeur la plus importante par rapport aux autres stations, ce qui est confirmé par une valeur maximale de pourcentage d'oxygène (figure 36).

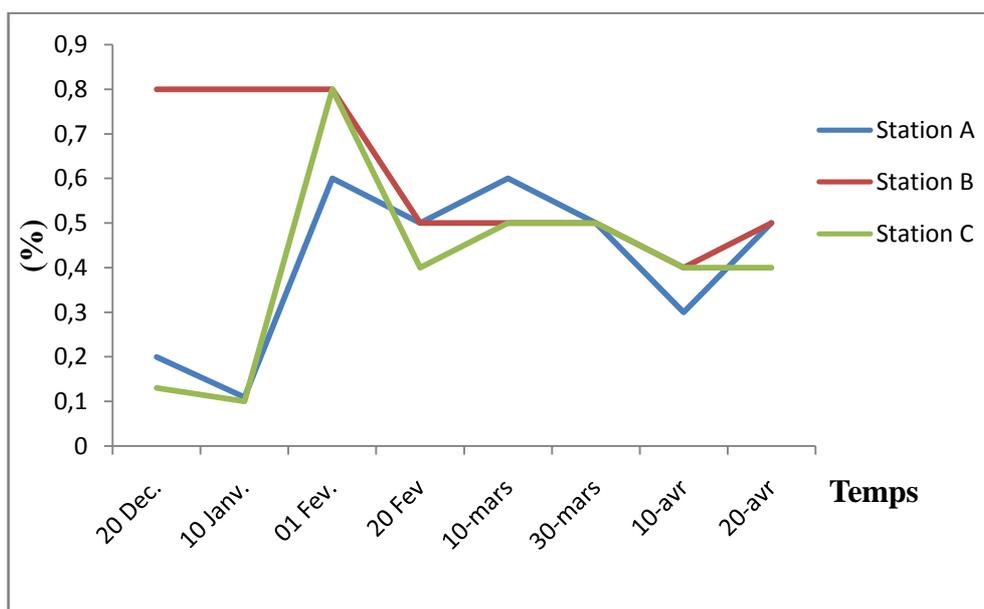


Figure 36 : L'Oxygène dissous (%) de chaque station échantillonnée en fonction du temps.

4. 3.8. Influence de la turbidité sur le Site d'étude :

La turbidité est une caractéristique optique de l'eau, à savoir sa capacité à diffuser ou absorber la lumière incidente. La turbidité est donc un des facteurs de la couleur de l'eau.

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau, elle traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopiques). Une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. (Benseddik, 2010)

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

La courbe de la variation de la turbidité d'Oued Hellia explique au cours de la période d'étude que la turbidité moyenne enregistrée au niveau des trois stations montre une oscillation des valeurs de 4.1 NTU à 753 NTU ce qui nous amène à conclure que nos eaux de surface sont turbides à moyennement turbides. (Figure 37)

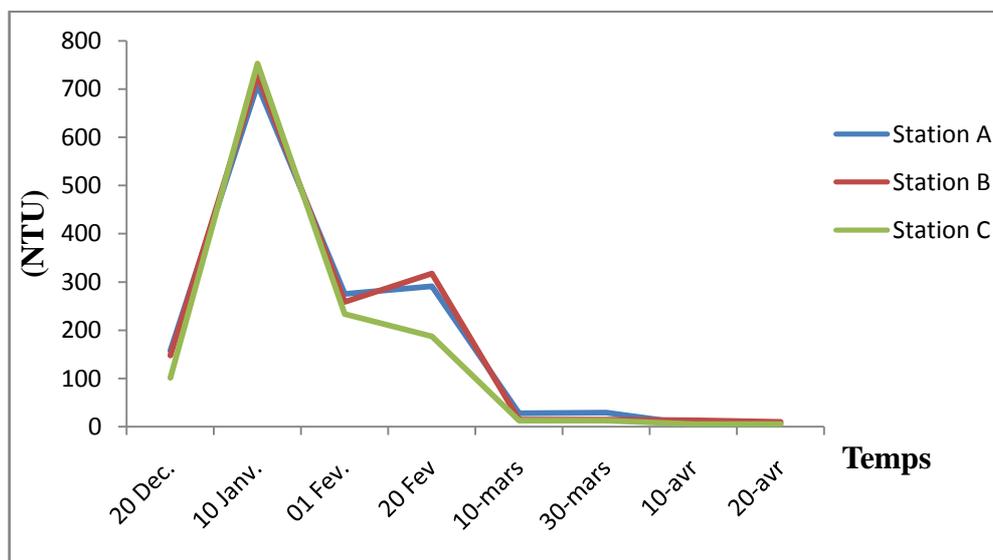


Figure 37 : la turbidité(NTU) de chaque station échantillonnée en fonction du temps

4.4. Etude des indices de diversité :

Pour quantifier simultanément la richesse taxonomique d'une communauté on utilise fréquemment des indices dont l'indice de Shannon est le plus utilisés (Barbault, 2000). D'où un indice d'Equitabilité (E) compris entre 0 et 1. Dans la nature, cet indice est communément de l'ordre de 0,8 ou 0,9. (Sueur, J. *et al.*, 2008) (Tableau 5).

Tableau 5 : les indices de diversité des stations explorées.

| Station | Indice de Shannon (H) | Indice d'Equitabilité (E) |
|-------------|-----------------------|---------------------------|
| Station (A) | 2,38 | 0,57 ou 57% |
| Station (B) | 2,4 | 0,57 ou 57% |
| Station (C) | 2,28 | 0,60 ou 60% |

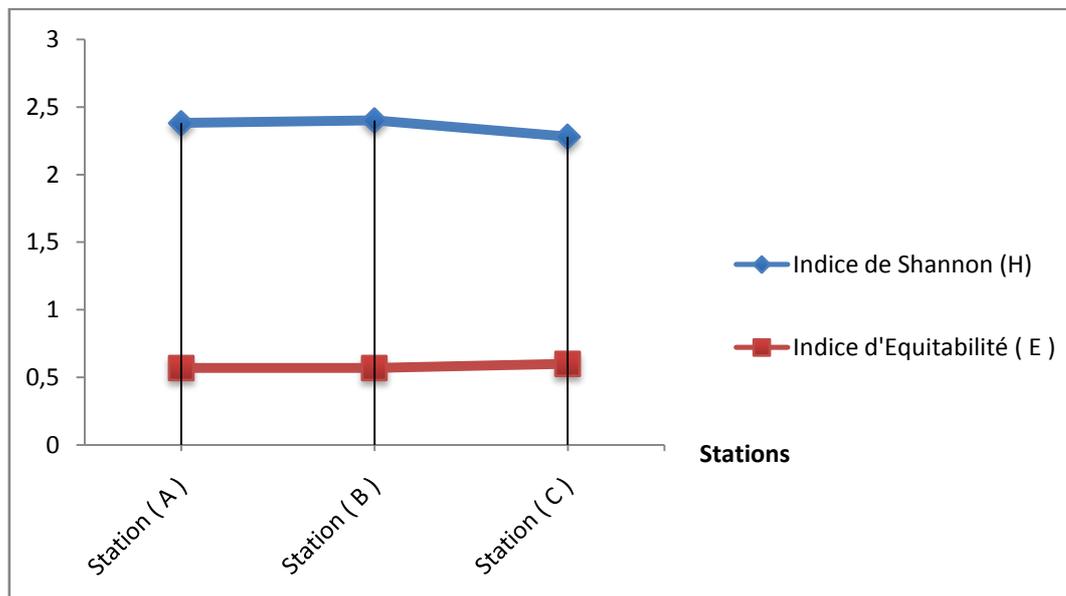


Figure 38: Variation des indices de Shannon et d'Equitabilité.

L'indice de Shannon a été calculé dans chaque station, Les résultats de la diversité montrent qu'il existe presque une stabilité entre les trois stations.

L'Equitabilité calculée pour chaque station dans les sites d'étude est presque toujours élevée. (Figure 38).

Conclusion

Conclusion

Cette étude préliminaire sur la distribution spatio-temporelle des macros invertébrées réalisées en fin de Décembre 2014 à Avril 2015 à l'oued Hellia apporte quelques informations nouvelles sur l'écologie des taxons faunistiques aquatiques et leurs distributions spatiotemporelles.

D'après cette étude nous avons obtenu les résultats suivants :

- Parmi les facteurs qui permettent de comprendre la répartition des macros invertébrées c'est l'hydro morphologie des cours d'eau." la morphologie":
- Le calcul de l'abondance, la fréquence, la répartition de la faune aquatique montre que oued Seybouse regroupe une faune très varié.
- La liste taxinomique des espèces animales inventoriées dans les 03 stations échantillonnées renferme un total de 1397 individus, répartis entre 21 taxons. Il est à signaler que l'ordre des *Éphéméroptères* est le mieux représenté avec 589 individus.
- Des données originales sur la répartition des macros invertébrées selon les différentes stations étudiées.
- Une réalisation du recensement maximal des macros invertébrées présentes sur les stations échantillonnées en fonction de l'espace et de temps.

Donc il est possible que la richesse spécifique durant notre travail soit plus importante si l'échantillonnage avait été plus dense et plus étalé dans le temps.

Les résultats de notre étude malgré la courte durée confirment que :

- Il existe une richesse limno-faunistique très importante et très diversifiées dans les stations choisies.
- la distribution des taxons trouvés dans les stations sont distribués de manière différente.
- L'eau des stations échantillonnées est de qualité moyenne.

Références bibliographiques

Références bibliographiques :

(A)

- ❖ Abdaoui, 2007. Les macroinvertébrés de l'Assif Ait Mizane (Haut Atlas - Maroc).
- ❖ Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois- Seybouse – Mellegue. 1999. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).
- ❖ Agence des Bassins hydrographiques –Constantinois- Seybouse – Mellegue. 2002. Cahiers de l'agence (ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire).
- ❖ Aguesse, P., 1968. Les Odonates de l'Europe occidentale, du Nord de l'Afrique et des Iles Atlantiques. Faune de l'Europe - Bassin Méditerranéen, vol. 4, 258 p.

(B)

- ❖ Blayac J., 1912, "Esquisse géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines".
- ❖ Barbour et al., 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates, and Fish - Second Edition Benthic Macroinvertebrates in Fresh Waters.
- ❖ Barbault R., 2000. Ecologie générale - Structure et fonctionnement de la biosphère. Dunod, Paris.
- ❖ Benseddik, M., 2010. Détermination de la teneur des métaux lourds (Fe, Cu) dans l'eau par Spectrométrie d'Absorption Atomique.

- ❖ Blot, J., 1993. Le monde animal. l'édition de l'école. Paris.
- ❖ Bouchelaghem, E., 2008. caractérisation du peuplement odonotologique du bassin versant des oueds : cherr-seybouse-mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma. 144p.
- ❖ Bouhala, Z. et Hadjoudj, S., 2009. Contribution à l'étude typologique des mares temporaires du la Numidie orientale (cycle 6 : 2006-2007). Mémoire d'ingénieur. Université 08 Mai, Guelma.

(C)

- ❖ Chaib, 2002. contribution a l'étude écologique et hydro chimique de quelque hydro système de la Numidie. Mémoire de magistère-Université Badji Mokhtar Annaba

(D)

- ❖ D'Aguilar, J., Dommanget, J.L. et Prechac, R., 1985. Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord., Paris: Delachaux & Niestlé. 341 p.
- ❖ Daphné Touzin., 2008. Utilisation des macros invertébrées benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec.
- ❖ Djabri, L., 1996. Pollution des eaux de la vallée de la Seybouse. Régions Guelma, Bouchegouf, Annaba. Ses origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Thèse de Doctorat, Université d'Annaba.
- ❖ Donald, J., et Klemm., 1999. Freshwater leeches (Annelida: Hirudinea) of North America.

(G)

- ❖ Gagnon, É. et Pedneau, J. 2006. Survol Benthos, guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Québec. Canada.

(H)

- ❖ HELLAWELL, J. M., 1986. Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management, Londres, Elsevier.

(L)

- ❖ Lee, S. J., Park, J. H. et Ro, T. H. 2006. Ephemeropteran community structure and spatial stability of local populations of the major species group in the Keumho River. Entomological.
- ❖ Leraut, P. et Blanchot, P., 2003. Guide entomologique. Delachaux & Niestlé coll. le guide du naturaliste, 528p

(M)

- ❖ Moisan, J., 2010 .Guide d'identification des principales macros invertébrées benthiques d'eau douce du Québec, surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds.

Références bibliographiques

- ❖ Moisan, J., et Pelletier, L., 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macros- invertébrées benthiques d'eau douce du Québec – Cours d'eau peu profonds à substrat.
- ❖ Mouassa , S., (2006). Impact du périmètre d'irrigation sur la qualité des eaux souterraines de la nappe alluviale de Guelma et sur les sols. Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar, 158p. Annaba. Algérie.
- ❖ Musy, A., et Higy C, 2004. Hydrologie : une science de la nature. Presses Polytechniques et Universitaires romandes. Italie. 314 p.

(O)

- ❖ Ouchtati, 1993. Inventaires et écologie des Cinindelidae, Carabidae, Branchinidae (ordre : Coleoptera) du Parc National d'EL-KALA. Thèse de magister. Université Badji Mokhtar. Annaba. 145 p.

(R)

- ❖ Rosenberg et Resh., 1993. Protocols For Measuring Biodiversity.
- ❖ Rosine, 1955 in Lalonde, S., and J. A. Downing, 1992. Phytofauna of eleven macrophyte beds of differing trophic status, depth, and composition. Can. J. Fish. Aquat.

(S)

- ❖ Samraoui, B. et DeBélair., 1997. The Guerbes-Senhadja wetlands (N.E. Algeria).PartI: an overview.Ecology 28:233-250.

- ❖ Samraoui, B. et de Bélair., 1998. Les zones humides de la Numidie orientale (bilan des connaissances et des perspectives de gestion). Synthèse N° 4. 1-98.
- ❖ Soualmia, I. et Kebebsa, H., 2013. L'étude des macros invertébrées d'oued Seybouse.
- ❖ Sueur , J., Pavoine S., Hamerlynck O., Duvail S., 2008. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. PloS One. 2008;3(12):e4065. Epub 2008 Dec 30.

(T)

- ❖ Tachet, H., Rochoux P., Bournaud M., et Ussegloi P, 2000. Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie. CNRS, Paris. 588 p.
- ❖ Touati, L., 2008. Distribution spatio-temporelle des Genres Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie. Mémoire de Magister. Université 08 Mai Guelma.

Webographie :

- (1)
 - http://www.mddelcc.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/guide.pdf
- (2)
 - <http://fr.wikipedia.org/wiki/Hirudinea>
- (3)
 - http://fr.wikipedia.org/wiki/Macroinvert%C3%A9br%C3%A9s_benthiques_dulcicols
- (4)
 - <http://moineaudepartis.com/insectes/ephemeropteres/>
- (5)
 - http://www.grr.ulaval.ca/gae_3005/Documents/Notes/CH_01_Def.pdf

Résumé

Résumé

Notre étude a porté sur l'étude écologique des macros invertébrées d'Oued Hellia, pour cet objectif, nous avons effectué une analyse physico-chimique et faunistique pendant quatre mois, sur trois stations au niveau d'oued Hellia: Station (A), Station (B) et Station (C), pour connaitre le suivi et la détermination de la qualité de l'eau. Nous avons trouvé 21 espèces.

Les résultats de notre analyse, ont permis d'estimer la qualité de l'eau d'Oued Hellia.

Mots clés: Etude écologique, Macros invertébrées, Oued Hellia.

Abstract

Our study related to ecological study of the macro invertebrates of Wadi Hellia. This study realized in three stations of Wadi Hellia: Station (A), Station (B) and Station (C), during four months.

The results obtained confirmed the relation between animal's population and water quality. We found 21 species.

Key words: Ecological study, Macro invertebrates, Wadi Hellia.

الملخص

يعد هذا البحث دراسة أولية نموذجية, تهدف إلى الدراسة البيئية لللافقاريات الكبيرة لوادي حليا. قمنا بهذه الدراسة على ثلاثة محطات موزعات كما يلي: محطة (أ), محطة (ب), محطة (ج). على فترة امتدت لأربعة أشهر, لمعرفة وضعية هذه الأوساط. بينت النتائج المتحصل عليها اختلاف في بنية و توزيع الممالك الحيوانية من محطة إلى أخرى وذلك تماشيا مع نوعية المياه والعناصر المؤثرة فيها. لقد تحصلنا على 21 نوع.

كلمات مفتاحية: دراسة بيئية, اللافقاريات الكبيرة, وادي حليا.

Annexe

Annexe 01 : Température moyenne mensuelle de la station de Guelma (2002/2014) :

| Mois | Jan | Fév | Mar | Avr | Ma | Jui | Jui | Out | Sép | Oct | No | Déc |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | s | | i | n | | | | | v | |
| T °C mini | 4,7 | 4,5 | 6,2 | 8,8 | 11,4 | 15,5 | 18,6 | 19,1 | 17,1 | 13,9 | 9,5 | 6,1 |
| T °C maxi | 15,9 | 16,4 | 19,5 | 22,9 | 27,3 | 32,9 | 36,6 | 36,5 | 31,5 | 28,0 | 21,2 | 16,8 |
| T °C moy | 9,6 | 10,0 | 12,4 | 15,5 | 19,0 | 24,1 | 27,4 | 27,2 | 23,6 | 20,2 | 14,7 | 10,9 |

Annexe 02 : Précipitations annuelles moyennes des sous-bassins :

| Mois | JAN | FEV | MAR | AVR | MAI | JUIN | JUI | AOU | SEP | OCT | NOV | DEC |
|--------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Pré mm | 90 | 90 | 56 | 57 | 47 | 20 | 07 | 13 | 115 | 63 | 75 | 99 |

Annexe 03 : Humidité annuelles moyennes des sous-bassins :

| Moi | JAN | FEV | MARS | AVR | MAI | JUIN | JUI | OUT | SEP | OCT | NOUV | DEC |
|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| MOY | 77.8 | 75.4 | 75.1 | 73.0 | 68.8 | 60.2 | 56.0 | 57.9 | 62.5 | 69.9 | 73.0 | 77.0 |

Annexe 04 : la fréquence des macros invertébrés en pourcentage (%) :

| Taxon | Nombre | Fréquence |
|------------------|-------------|------------|
| Ephéméroptère | 547 | 39,15 |
| Hydropsychidae | 58 | 4,15 |
| Gomphidae | 7 | 0,5 |
| Gyrinidae | 27 | 1,93 |
| Hydrocyphon | 1 | 0,07 |
| Simuliidae | 367 | 26,27 |
| Chironomidae | 224 | 16,03 |
| Tipulidae | 13 | 0,93 |
| Annélide | 11 | 0,78 |
| Nématode | 6 | 0,42 |
| Goeridae | 2 | 0,14 |
| Diptère | 12 | 0,85 |
| Limoniidae | 4 | 0,28 |
| Trichoptère | 10 | 0,71 |
| Tabanidae | 7 | 0,5 |
| Cryptocephalus | 1 | 0,07 |
| Barbus | 1 | 0,07 |
| Crustacé | 33 | 2,36 |
| Coleoptère | 4 | 0,28 |
| Larve de poisson | 20 | 1,43 |
| Limniphilidae | 1 | 0,07 |
| Totale | 1397 | 100 |

Annexe 05 : Le détail du calcul de l'indice de Shannon des stations (A, B et C) :

Station (A)

| Taxon | nombre (ni) | $pi=ni/N$ | $log_2(pi)$ | $pi*log_2(pi)$ |
|------------------|-------------|------------|-------------|----------------|
| Ephéméroptère | 226 | 0,53554502 | - | - |
| | | | 0,90092023 | 0,48248334 |
| Hydropsychidae | 24 | 0,05687204 | - | - |
| | | | 4,13613669 | 0,23523052 |
| Gomphidae | 3 | 0,007109 | - | - |
| | | | 7,13613669 | 0,05073083 |
| Gyrinidae | 17 | 0,04028436 | - | - |
| | | | 4,63363635 | 0,18666308 |
| Simuliidae | 53 | 0,12559242 | - | - |
| | | | 2,99317873 | 0,37592055 |
| Diptères | 3 | 0,007109 | - | - |
| | | | 7,13613669 | 0,05073083 |
| Coléoptères | 2 | 0,00473934 | - | - |
| | | | 7,72109919 | 0,03659289 |
| Tipulidae | 7 | 0,01658768 | - | - |
| | | | 5,91374427 | 0,09809528 |
| Chironomidae | 50 | 0,11848341 | -3,077243 | - |
| | | | | 0,36460225 |
| Annélides | 3 | 0,007109 | - | - |
| | | | 7,13613669 | 0,05073083 |
| Nématodes | 1 | 0,00236967 | - | - |
| | | | 8,72109919 | 0,02066611 |
| Goeridae | 1 | 0,00236967 | - | - |
| | | | 8,72109919 | 0,02066611 |
| Crustacés | 21 | 0,04976303 | - | - |
| | | | 4,32878177 | 0,21541331 |
| Trichoptère | 2 | 0,00473934 | - | - |
| | | | 7,72109919 | 0,03659289 |
| Tabanidae | 2 | 0,00473934 | - | - |
| | | | 7,72109919 | 0,03659289 |
| Larve de poisson | 2 | 0,00473934 | - | - |
| | | | 7,72109919 | 0,03659289 |
| Limnephilidae | 1 | 0,00236967 | - | - |
| | | | 8,72109919 | 0,02066611 |
| Limonidae | 4 | 0,00947867 | - | -0,0637071 |
| | | | 6,72109919 | |
| | 422 | | H= | - |
| | | | | 2,38267781 |
| H max | | 4,169925 | | |
| E | | 0,57075367 | | |

Station(B)

| Taxon | nombre
(ni) | $pi=ni/N$ | $\log_2(pi)$ | $pi*\log_2(pi)$ |
|------------------|----------------|------------|--------------|-----------------|
| Ephéméroptère | 214 | 0,3608769 | - | - |
| | | | 1,47042131 | 0,53064108 |
| Hydropsychidae | 14 | 0,02360877 | - | - |
| | | | 5,40453337 | 0,12759438 |
| Gomphidae | 13 | 0,02192243 | - | - |
| | | | 5,51144858 | 0,12082434 |
| Gyrinidae | 8 | 0,01349073 | - | - |
| | | | 6,21188829 | 0,08380288 |
| Simuliidae | 174 | 0,29342327 | -1,7689448 | - |
| | | | | 0,51904957 |
| Diptères | 8 | 0,01349073 | - | - |
| | | | 6,21188829 | 0,08380288 |
| Coléoptères | 1 | 0,00168634 | - | - |
| | | | 9,21188829 | 0,01553438 |
| Tipulidae | 1 | 0,00168634 | - | - |
| | | | 9,21188829 | 0,01553438 |
| Chironomidae | 118 | 0,1989882 | - | - |
| | | | 2,32924525 | 0,46349231 |
| Annélides | 3 | 0,00505902 | - | - |
| | | | 7,62692579 | 0,03858478 |
| Nématodes | 3 | 0,00505902 | - | - |
| | | | 7,62692579 | 0,03858478 |
| Goeridae | 1 | 0,00168634 | - | - |
| | | | 9,21188829 | 0,01553438 |
| Crustacés | 4 | 0,00674536 | - | -0,0486468 |
| | | | 7,21188829 | |
| Trichoptère | 3 | 0,00505902 | - | - |
| | | | 7,62692579 | 0,03858478 |
| Tabanidae | 1 | 0,00168634 | - | - |
| | | | 9,21188829 | 0,01553438 |
| Larve de poisson | 18 | 0,03035413 | - | - |
| | | | 5,04196329 | 0,15304442 |
| Barbus | 1 | 0,00168634 | - | - |
| | | | 9,21188829 | 0,01553438 |
| Gyrinidae | 8 | 0,01349073 | - | - |
| | | | 6,21188829 | 0,08380288 |
| Totale | 593 | | H= | - |
| | | | | 2,40812779 |
| H max | | 4,169925 | | |
| E | | 0,57554992 | | |

Station (C)

| Taxon | nombre
(ni) | $pi=ni/N$ | $\log_2(pi)$ | $pi*\log_2(pi)$ |
|-----------------------|----------------|------------|--------------|-----------------|
| Ephéméroptère | 149 | 0,37064677 | - | - |
| | | | 1,43188317 | 0,53072287 |
| Hydropsychidae | 20 | 0,04975124 | -4,3291236 | - |
| | | | | 0,21537928 |
| Gomphidae | 3 | 0,00746269 | - | - |
| | | | 7,06608919 | 0,05273201 |
| Gyrinidae | 2 | 0,00497512 | - | - |
| | | | 7,65105169 | 0,03806493 |
| Simuliidae | 140 | 0,34825871 | - | - |
| | | | 1,52176867 | 0,52996919 |
| Diptères | 1 | 0,00248756 | - | - |
| | | | 8,65105169 | 0,02152003 |
| Coléoptères | 1 | 0,00248756 | - | - |
| | | | 8,65105169 | 0,02152003 |
| Tipulidae | 5 | 0,01243781 | -6,3291236 | - |
| | | | | 0,07872044 |
| Chironomidae | 56 | 0,13930348 | - | - |
| | | | 2,84369677 | 0,39613686 |
| Annélides | 5 | 0,01243781 | -6,3291236 | - |
| | | | | 0,07872044 |
| Nématodes | 2 | 0,00497512 | - | - |
| | | | 7,65105169 | 0,03806493 |
| Crustacés | 8 | 0,0199005 | - | - |
| | | | 5,65105169 | 0,11245874 |
| Trichoptère | 5 | 0,01243781 | -6,3291236 | - |
| | | | | 0,07872044 |
| Tabanidae | 4 | 0,00995025 | - | - |
| | | | 6,65105169 | 0,06617962 |
| Cryptocephalus | 1 | 0,00248756 | - | - |
| | | | 8,65105169 | 0,02152003 |
| | 402 | | H= | - |
| | | | | 2,28042985 |
| H max | | 3,9068906 | | |
| E | | 0,6091801 | | |

✚ Annexe 06 : L'abondance des macros invertébrées en fonction des stations et du temps :

Sortie 1 : 20-12-2014

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 42 | 46 | 3 |
| Gomphidae | 1 | 1 | 2 |
| Gerinidae | 10 | 0 | 1 |
| Hydrosyphon | 0 | 1 | 0 |
| Simuliidae | 10 | 5 | 7 |
| Hydropsychidae | 14 | 5 | 18 |
| Chironomoda | 8 | 8 | 7 |
| Tipulidae | 4 | 0 | 4 |
| Annélide | 1 | 0 | 0 |
| Nématode | 0 | 3 | 0 |
| Goeridae | 0 | 1 | 0 |
| Dipteres | 2 | 0 | 0 |

Sortie 2 : 10-01-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 26 | 16 | 3 |
| trichoptere | 0 | 0 | 1 |
| limoniidae | 2 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 5 | 16 | 2 |
| Hydropsychidae | 2 | 2 | 0 |
| Chironomoda | 0 | 0 | 1 |
| Tipulidae | 2 | 1 | 0 |
| Nématode | 0 | 0 | 1 |
| Goeridae | 1 | 0 | 0 |

Sortie 3 : 01-02-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 38 | 15 | 2 |
| trichoptere | 1 | 0 | 0 |
| Gomphidae | 2 | 0 | 1 |
| Simuliidae | 11 | 0 | 1 |
| Hydropsychidae | 3 | 0 | 0 |
| Annélide | 2 | 0 | 1 |
| Tipulidae | 1 | 0 | 0 |
| Tabanidae | 1 | 0 | 0 |
| Limoniidae | 1 | 0 | 0 |
| Cryptocephalus | 0 | 0 | 1 |

Sortie 4 : 20-02-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 22 | 47 | 4 |
| trichoptere | 1 | 0 | 0 |
| Barbus | 0 | 1 | 0 |
| Simuliidae | 17 | 4 | 1 |
| Hydropsychidae | 3 | 3 | 0 |
| Annélide | 0 | 1 | 0 |
| Tipulidae | 0 | 0 | 1 |
| Tabanidae | 0 | 1 | 0 |
| Nématode | 0 | 0 | 1 |

Sortie 5 : 10-03-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 20 | 12 | 32 |
| Crustacé | 2 | 1 | 1 |
| Limoniidae | 1 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 3 | 8 | 0 |
| Hydropsychidae | 2 | 1 | 0 |
| Chironomidae | 1 | 1 | 6 |
| Gyrinidae | 0 | 2 | 0 |
| Coléoptere | 0 | 1 | 1 |
| Nématode | 1 | 0 | 0 |

Sortie 6 : 30-03-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|----------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 26 | 20 | 32 |
| Crustacé | 12 | 0 | 3 |
| Gyrinidae | 3 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 0 | 3 | 8 |
| Limnephilidae | 1 | 0 | 0 |
| Chironomidae | 5 | 1 | 5 |
| Annélide | 0 | 2 | 0 |
| Coléoptere | 1 | 0 | 0 |
| Tabanidae | 1 | 0 | 0 |

Sortie 7 : 10-04-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 20 | 12 | 24 |
| Crustacé | 3 | 2 | 3 |
| Gyrinidae | 3 | 6 | 1 |
| Simuliidae | 2 | 60 | 66 |
| Larve de poisson | 0 | 1 | 0 |
| Chironomidae | 13 | 54 | 19 |
| Dipteres | 0 | 2 | 1 |
| Coléoptere | 1 | 0 | 0 |
| Trichopteres | 0 | 3 | 4 |

Sortie 8 : 20-04-2015

| Taxon | Station A | Station B | Station C |
|------------------|-----------|-----------|-----------|
| Ephemeropteres | 32 | 46 | 49 |
| Crustacé | 4 | 1 | 1 |
| Gyrinidae | 1 | 0 | 0 |
| Simuliidae | 5 | 78 | 55 |
| Larve de poisson | 2 | 17 | 0 |
| Chironomidae | 23 | 54 | 18 |
| Dipteres | 1 | 6 | 0 |
| Hydropsichidae | 0 | 3 | 3 |
| Annélide | 0 | 0 | 4 |
| Tabanidae | 0 | 0 | 4 |

Annexe 07 : Influence des variables abiotiques sur les écosystèmes :

| T (°C) | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|-----------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 3,5 | 12,2 | 14,2 | 11,4 | 15 | 16 | 16 | 16,5 |
| Station B | 3,1 | 9 | 13,4 | 12,5 | 15,4 | 15,5 | 17 | 16,9 |
| Station C | 7,8 | 10,6 | 15,5 | 14 | 16,7 | 16,5 | 18 | 17,8 |

| PH | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|-----------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 8,51 | 8,57 | 7,47 | 8,56 | 8,58 | 8,41 | 8,68 | 8,65 |
| Station B | 9,3 | 8,08 | 7,5 | 8,72 | 8,68 | 8,76 | 8,78 | 8,79 |
| Station C | 9,22 | 9,05 | 7,53 | 8,82 | 8,77 | 8,71 | 8,86 | 8,9 |

| Vitesse | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|-----------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 0,41 | 0,94 | 0,97 | 1,42 | 0,73 | 0,76 | 0,63 | 0,65 |
| Station B | 0,4 | 0,89 | 0,95 | 2,08 | 0,71 | 0,74 | 0,62 | 0,64 |
| Station C | 0,71 | 2,08 | 1,12 | 1,36 | 0,69 | 0,7 | 0,65 | 0,65 |

| Profondeur | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|------------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 14,5 | 42 | 40 | 47 | 18 | 18,5 | 11 | 11,5 |
| Station B | 15,8 | 30,5 | 36,4 | 41,5 | 31 | 30 | 17,2 | 17 |
| Station C | 27,5 | 56,5 | 57,5 | 61,4 | 33 | 34 | 16,2 | 16 |

| Largeur | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|-----------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 5,3 | 5,61 | 5,65 | 5,77 | 4,3 | 4,35 | 4,21 | 4,3 |
| Station B | 5,9 | 6,1 | 6,19 | 6,25 | 5,61 | 5,62 | 5,5 | 5,5 |
| Station C | 2,4 | 3,45 | 3,5 | 3,55 | 2,92 | 2,98 | 3,1 | 3,13 |

| O ₂ | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|----------------|---------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|--------|
| Station A | 0,2 | 0,11 | 0,6 | 0,5 | 0,6 | 0,5 | 0,3 | 0,5 |
| Station B | 0,8 | 0,8 | 0,8 | 0,5 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,5 |
| Station C | 0,13 | 0,1 | 0,8 | 0,4 | 0,5 | 0,5 | 0,4 | 0,4 |

| Turbidité | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Station A | 157 | 709 | 275 | 291 | 27,4 | 28,6 | 4,1 | 5,2 |
| Station B | 147 | 729 | 258 | 317 | 13,8 | 14,02 | 12,4 | 9,4 |
| Station C | 101 | 753 | 233 | 187 | 11,9 | 12,1 | 4,87 | 4,95 |

| Conductivité | 20 Dec. | 10 Janv. | 01 Fev. | 20 Fev | 10-mars | 30-mars | 10-avr | 20-avr |
|---------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|
| Station A | 695 | 577 | 649 | 667 | 680 | 682 | 755 | 760 |
| Station B | 688 | 573 | 650 | 669 | 697 | 670 | 747 | 755 |
| Station C | 694 | 577 | 653 | 670 | 687 | 695 | 743 | 761 |