



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي



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

Université Chadli Benjedid-El Tarf
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de biologie
Laboratoire d'écologie fonctionnelle et évolutive

THESE

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
Doctorat 3^{ème} cycle en Sciences Biologiques
Option : Biologie et conservation des zones humides

Thème

Contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued Seybouse et inventaire de l'Odonatofaune (Guelma, Nord-Est Algérie)

Présentée par :
Mlle RAZKALLAH Zahra

Devant le jury:

Présidente :	TADJINE Aïcha	Pr Université d'El-Tarf
Directeurs de Thèse :	HOUHAMDI Moussa	Pr Université de Guelma
Co-encadreur :	NOURI Nada	MCA Université d'El-Tarf
Examineurs :	LABAR Sofiane	Pr Université d'El-Tarf
	OUAKID Mohamed Laid	Pr Université d'Annaba
	BOUKHEROUFA-SAKRAOUI Feriel	MCA Université d'Annaba
	BOUCHEKER Abdennour	MCA Université d'El-Tarf

Année 2019

Dédicace

Je dédie fièrement cette thèse :

A l'âme de ma Très chère mère Djahida,

*Je prie Dieu Le Tout Puissant de lui
accorder Sa sainte miséricorde, de l'accueillir en Son vaste paradis.*

A Mon Très Cher Père

*Autant de phrases et d'expressions aussi éloquents soient-elles ne sauraient exprimer ma
Gratitude et ma reconnaissance envers toi
Tu as su m'inculquer le sens de la responsabilité, de l'optimisme et de la confiance en soi
face aux difficultés de la vie.*

*Tes conseils ont toujours guidé mes pas vers la réussite
Je te dois ce que je suis aujourd'hui et ce que je serai demain
Et je ferai toujours de mon mieux pour rester ta fierté
Que Dieu le tout puissant te préserve et t'accorde santé, bonheur,
Sérénité de l'esprit et te protège de tout mal.*

A Ma Très Chère Sœur SIHEM

*Pour toute la complicité et l'entente qui nous unissent,
Ce travail est un témoignage de mon attachement et de mon amour envers toi.*

A Mon Très Cher Frère NEDJM ELDINE

*Pour tout l'encouragement, l'ambiance, pour toute la spontanéité et tout l'élan chaleureux
dont tu m'as accordé, Je te dédie ce travail.
Puisse Dieu Le Tout Puissant exhausser tous tes vœux souhaités.*

*Sans oublier d'évoqué la mémoire de mes grands-parents paternels et maternels surtout
A l'âme de mon grand-père paternel 'Mouhamed'.*

Zahra RAZKALIAS

Remerciement

*Je souhaite remercier en premier lieu mon directeur de thèse, **Mr. Houhamdi Moussa** Professeur à l'Université de Guelma. Je lui suis également reconnaissante pour le temps conséquent qu'il m'a accordé, ses qualités pédagogiques et scientifiques, sa franchise et sa sympathie. J'ai beaucoup appris à ses côtés et je lui adresse ma gratitude pour tout cela. Ainsi que j'adresse de chaleureux remerciements à mon co-encadrante de thèse **Dr. Nouri Nada** maître de conférences « A » à l'Université d'El-Tarf.*

*Je voudrais également remercier les membres du jury : Madame **TADJINE Aicha**, Professeur à l'Université d'El-Tarf qui a bien voulu présider le jury et Monsieur **BOUCHEKER Abdennour** maître de conférences « A » à l'Université d'El-Tarf, Professeur à l'Université d'El-Tarf, Monsieur **LABAR Sofine** , professeur à l'Université d'El-Tarf, Monsieur **OUAKID Mouhamed Laid** Professeur à l'Université d'Annaba, et Madame **BOUKHEROUFA-SAKRAOUI Ferial** maître de conférences « A » à l'Université d'Annaba pour avoir accepté d'évaluer cette thèse ,et pour toutes leurs remarques et critiques. Et qu'ils veuillent bien trouver l'expression de ma vive gratitude et mon profond respect.*

*Je remercie également toute l'équipe du laboratoire de protection de la direction de la santé de la Wilaya de Guelma et plus précisément **Mr. Khibiach** et **Mr.Djiradi** d'avoir bien nous 'accueillir dans son laboratoire et qui nous ont fourni gracieusement du matériel d'analyse pour mener à bien nos expérimentations sur les paramètres microbiologiques.*

Je ne saurais oublier tous mes collègues, docteurs et doctorants de laboratoire Biologie, Eau et Environnement de l'Université 8 mai 1945 de Guelma qui ne se sont jamais abstenus de me prodiguer conseils, encouragements et soutien.

*Je désire grandement remercier profondément mon Collègue **Hichem Amari** et mon frère **Nedjm Eldine** pour leurs sacrifices et leurs aide dans le terrain .Sans eux je n'ai jamais capable de réaliser ce travail dans un endroit pareille*

*Je remercie toutes les personnes qui m'ont aidé dans le travail de laboratoire pour l'identification des larves je cite particulièrement : **Saida Hadjoudj** , **Nadia Bouida** et **Sana Hadjadji** .*

*Je tiens à exprimer ma vive gratitude à **Mr Khelifa Rassim** et **Mr Zebsa Rabeh** pour leurs conseils précieux dans la partie écologie.*

*Je voudrais remercier notre responsable de Laboratoire de Biologie, Eau et Environnement **Leila ABAS**, fidèle complice et compagnon mémorable pour ses soutiens multiformes et pour la bonne ambiance dans laquelle elle nous a permis de travailler.*

*Il est bon et adéquat d'évoquer l'appui moral trouvé auprès de toute **ma famille**. Je tiens à exprimer mes sentiments les plus respectueux et ma profonde reconnaissance à, mon **très cher Papa**, **mon frère** et **mes sœurs**, pour les encouragements constants qu'ils ont déployé tout au long de ces années de recherche.*

*Et enfin, je tiens à remercier tous les amis qui m'ont aidée et encouragée pour réaliser cette thèse, je cite spécialement : **Asma, Meriem, Abire, Bouchra et Yasmine.***

***MERCI** aussi à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail.*

LISTE DES FIGURES

PARTIE I

Figure 01 : La situation géographique du bassin versant de la Seybouse.....	5
Figure 02 : Le bassin versant de la Seybouse et les sous bassin étudié.....	6
Figure 03 : Profil en long de l'oued Seybouse.....	9
Figure 04 : La Carte du réseau Hydrographique du bassin-versant de la Seybouse.....	10
Figure 05 : <i>Nasturtiumofficinale</i>	11
Figure 06 : Les ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse.....	16
Figure 07 : Coupe Géologiques (exemple sur la région de Chihani à Sidi Salem.....	17
Figure 08 : Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1994-2013).....	20
Figure 09 : Courbe d'évaluation des températures de la région d'étude (années 1994-2013)	21
Figure 10 : Variation des températures moyennes mensuelles dans la station d'Annaba durant la période (2004-2013).....	22
Figure 11 : Courbe d'évaluation des températures de la région d'étude (années 2004-2013).....	22
Figure 12 : Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013).....	23
Figure 13 : Variations des précipitations annuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).....	24
Figure 14 : Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).....	24
Figure 15 : Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004-2013).....	25
Figure 16 : Variations des précipitations annuelles de la station d'Annaba (2004-2013).....	26
Figure 17 : Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station d'Annaba (1994-2013).....	26
Figure 18 : Evaluation mensuelle d'humidité relative de la station de Guelma (1994-2013)...	27
Figure 19 : Evaluation mensuelle d'humidité relative de la station d'Annaba (2004-2013)....	28
Figure 20 : Variations moyennes mensuelles des vents à la station de Guelma (Années 1994-2013).....	29
Figure 21 : Variations moyennes mensuelles des vents à la station d'Annaba (Années 2004-2013).....	29
Figure 22 : Régime pluvio-thermique de la région de Guelma (1994-2013).....	31
Figure 23 : Régime pluvio-thermique de la région d'Annaba (2004-2013).....	32
Figure 24 : Climagramme d'Emberger de la région d'étude.....	34
Figure 25 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite de Guelma (1994-2013).....	37
Figure 26 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite d'Annaba (2004-2013).....	37

PARTIE II

Figure 27: La localisation des stations de prélèvements dans le bassin de la Seybouse.....	41
Figure 28 : Multi-paramètre portatif utilisé pour les mesures <i>in situ</i>	46
Annexe 04 : Courbe d'étalonnage des ions Nitrates (NO ₃ -).	
Annexe 05 : Courbe d'étalonnage des ions Ortho phosphate (PO ₄ -).	
Annexe 06 : Courbe d'étalonnage des ions Sulfates (SO ₄ -)	
Figure 29: Variations spatio-temporelles de la turbidité.....	62
Figure 30: Variations spatio-temporelles de la température.....	63
Figure 31 : Variations spatio-temporelles du pH.....	64
Figure 32 : Variations spatio-temporelles de conductivité électrique.....	65
Figure 33: Variations spatio-temporelles de l'Oxygène dissous (OD).....	66
Figure 34 : Variations spatio-temporelles de la salinité.....	6
Figure 35 : Variations spatio-temporelles de la DBO ₅	67
Figure 36 : Variations spatio-temporelles de la DCO.....	69
Figure 37: variations spatio-temporelle du rapport DCO/DBO ₅	69
Figure 38 : Variations spatio-temporelles de MES.....	70
Figure 39 : Variations spatio-temporelles du Calcium (Ca ⁺).....	71
Figure 40: Variations spatio-temporelles de Magnésium (Mg ⁺).....	71
Figure 41: Variations spatio-temporelles du Bicarbonate HCO ₃	72
Figure 42: Variations spatio-temporelles de Potassium K ⁺	72
Figure 43 : Variations spatio-temporelles de Sodium (Na ⁺).....	73
Figure 44: Variations spatio-temporelles des Chlorure (Cl ⁻).....	74
Figure 45 : Variations spatio-temporelles des Nitrates (NO ₃ -).....	75
Figure 46: Variations spatio-temporelles des Nitrites (NO ₂ -).....	76
Figure 47 : Les variations spatio-temporelles de l'Ammonium (NH ₄ ⁺).....	77
Figures 48: Les variations spatio-temporelles de Phosphore total (PT) et les Ortho phosphates (PO ₄).	78
Figure 49 : Variations spatio-temporelles des Sulfates(SO ₄).....	80
Figure 50: Variation spatio-temporelle en Matière Organique(MO).....	81
Figure 51: le faciès chimique des eaux d'Oued Seybouse 2015-2016.....	82

PARTIE III

Figure 52 : Une carte représente la localisation des stations du prélèvement dans le bassin Seybouse (2014).....	84
Figure 53: présente la station de Sidi Salem.....	85
Figure 54 : présente la station de Deran.....	85

Figure 55: présente la station de Helia.....	86
Figure 56 : présente la station de Guelma.....	86
Figure 57: présente la station d'El fedjoudj.....	86
Figure 58: présente la station de MedjeAmar.....	86
Figure 59 : Estimation de la variation saisonnière des coliformes totaux (CT) des eaux d'oued Seybouse (2014).....	101
Figure 60: Estimation de la variation saisonnière des coliformes fécaux(CF) des eaux d'oued Seybouse(2014).....	102
Figure 61: Estimation de la variation saisonnière des streptocoques fécaux(SF) des eaux d'oued Seybouse(2014).....	103
Figure 62: Estimation de la variation saisonnière des ASR des eaux d'oued Seybouse (2014).....	106
Figure 63 : Profil biochimique de la souche <i>Pseudomonas hydrogenosa</i>	112
Figure 64 : Profil biochimique de la souche <i>Shewanella putrefaciens</i>	112
Figure 65 : Profil biochimique de la souche <i>Serratia odorifera 1</i>	112
Figure 66 : Profil biochimique de la souche <i>Aeromonas hydrophila</i>	112
Figure 67 : Profil biochimique de la souche <i>Serratia fonticola</i>	113
Figure 68 : Profil biochimique de la souche <i>Chryseomonas luteola</i>	113
Figure 69: Profil biochimique de la souche <i>Enterobacter sakazakii</i>	113
Figure 70: Profil biochimique de la souche <i>Klebsiella oxytoca</i>	113
Figure 71 : Profil biochimique de la souche <i>Citrobacter koseri/farmeri</i>	113
Figure 72 : Profil biochimique de la souche <i>Klebsiella pneumonia essppnemoniae</i>	114
Figure 73: Profil biochimique de la souche <i>Aeromona hydrophila gr.1</i>	114
Figure 74 : Profil biochimique de la souche <i>Citrobacter freundii</i>	114
Figure 75 : Profil biochimique de la souche <i>Klebsiella ornithinolytica</i>	114
Figure 76 : Profil biochimique de la souche <i>Enterobacter aerogenes</i>	114
Figure 77 : Profil biochimique de la souche <i>Vibrio metschnikovii</i>	115
Figure 78 : Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus capitis</i>	115
Figure 79: Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus xylosus</i>	115
Figure 80 : Profil biochimique de la souche <i>Staphylococcus sciuri</i>	115
Figure 81 : Profil biochimique de la souche <i>Aerococcus viridans 1</i>	115
Figure 82: Profil biochimique de la souche <i>Streptococcus sanguis</i>	116
Figure 83 : Profil biochimique de la souche <i>Citrobacer baakii</i>	116
Figure 84 : Le Taux des espèces dans chaque famille.....	118
Figure 85: Aspect macroscopiques des levures sur milieu sur sabouraud chloramphénicol.....	119
Figure 86 : Profil biochimique de la levure <i>Candida pelliculosa</i>	120
Figure 87: Profil biochimique de la levure <i>Candida albicans 1</i>	120
Figure 88: Profil biochimique de la levure <i>Cryptococcus uniguttulatus</i>	120
Figure 89: Profil biochimique de la levure <i>Rhodotorula minuta</i>	120
Figure 90 : Profil biochimique de la levure <i>Candida albicans 2</i>	120
Figure 91: Profil biochimique de la levure <i>Trichospor oncutaneum</i>	121
Figure 92 : Recto - verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de <i>Mucor sp</i> (Grossissement ×40).....	123

Figure 93: Recto- verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de <i>Penicillium sp</i> (Grossissement ×40).....	123
Figure 94: Recto- verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de <i>Aspergillus sp</i> (Grossissement ×40).	123
Figure 95 : Recto - verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de <i>Cladosporium sp</i> (Grossissement ×40).....	124

PARTIE IV

Figure 96 : <i>Trithemis annulata</i> (pris par Zahra Razkallah, 2015).....	127
Figure 97: <i>Ischnura grailsii</i> (pris par Zahra Razkallah, 2015).....	128
Figure 98: <i>Epiophly biasuprestes</i> (SELYS ,1889).....	128
Figure 99: Tête des Zygoptères (à gauche) et Anisoptère (à droite)	130
Figure 100: Morphologie d'un imago (Anisoptère).....	131
Figure 101 : Morphologie d'un imago (Zygoptère).....	131
Figure 102 : Les organes copulateurs chez mâle (à gauche) et femelle (à droite) <i>Crocothemis erythraea</i>	131
Figure 103 : Morphologie générale des larves des Odonates.(SfO).....	132
Figure 104 : Représente le cycle de vie des Odonates.....	133
Figure 105: Représente une larve au cours de la métamorphose.....	137
Figure 106: représente le cœur copulateur chez un couple d' <i>Ischnura elegans</i>	138
Figure 107: Carte représente la localisation des stations d'inventaire du peuplement Odonatologique dans l'oued Seybouse (2015-2016).....	139
Figure 108: Quelques activités exercées sur l'oued Seybouse : l'irrigations (d,e,k) ; pâturage et élevage des animaux (j,l) ; l'élimination des déchets solides(h,i,c) ; modification du lit traversé (a,f) ; la pêche(g) ;(b).....	148
Figure 109: Histogramme présente la richesse spécifique du peuplement d'Odonatologique du bassin de Seybouse (2015-2016).....	156
Figure 110 : l'abondance des espèces Odonatologique dans le bassin de Seybouse (2015-2016)	157
Figure 111 : présente les différentes familles des odonates rencontrés dans chaque station dans le bassin de Seybouse (2015-2016).....	158
Figure 112 : le taux de présence des familles odonatologique rencontré dans le bassin de Seybouse (2015-2016).....	158
Figure 113 : La fréquence du peuplement Odonatologique du bassin de Seybouse (2015-2016)	162
Figure 114: La densité du peuplement d'Odonatologique du bassin de Seybouse (2015-2016)	163
Figure 115 : Le nombre des espèces d'Odonates représentatif de chaque famille.....	163
Figure 116 : Le nombre des espèces d'Odonates représentatif de chaque famille.....	164
Figure 117: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Libellulidae.....	165
Figure 118 : L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Coenagrionidae.....	165
Figure 119 : L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Gomphidae.....	166
Figure 120: l'effectif total de chaque espèce dans la famille des Aeshnidae.....	166
Figure 121: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Calopterigidae.....	167

(Figure 122): L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Platicnimedae.....	167
Figure 123: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Lestidae.....	168
Figure 124: La diversité spécifique du peuplement d'Odonatologique dans l'Oued Seybouse (2015-2016) par l'indice de Shannon (H') et Equitabilité (E).....	169
Figure 125: la diversité du peuplement Odonatologique du bassin de Seybouse (2015-2016) Par l'indice de Simpson (D).....	169

LISTE DES TABLAUX

PARTIE I

Tableau 01: Surface des six sous-bassins de la Seybouse.....	4
Tableau 02: Coordonnées des stations météorologiques et périodes d'observation.....	19
Tableau 03: Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).....	20
Annexe 01 : Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude (Station de Guelma /Années 1994-2013).....	Annexe 01
Tableau 04: Températures moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004 – 2013).....	21
Tableau 05: Précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013).....	23
Tableau 06 : Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013)....	24
Tableau 07: Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004-2013).....	25
Tableau 08: Précipitations moyennes saisonnières de la station d'Annaba (2004-2013).....	26
Annexe 02 : Evaluation mensuelle des humidités relatives de la région d'étude (Station de Guelma/1994-2013).....	Annexe 01
Tableau 09: Variations moyennes mensuelles des vents à la station de Guelma (Années 1994-2013).....	28
Tableau 10: Variations moyennes mensuelles des vents à la station d'Annaba (Années 2004-2013).....	29
Annexe 03: Température moyenne mensuelle et précipitation moyenne mensuelle (Station Guelma/1994-2013).....	Annexe 03
Tableau 11: Bilan hydrique de Thornthwaite de la station de Guelma (1994-2013).....	36
Tableau 12 : Bilan hydrique de Thornthwaite de la station d'Annaba (2004-2013).....	36

PARTIE II

Tableau 13: Caractéristiques morpho dynamique moyenne des stations de prélèvements des analyses Physico-chimique	42
Tableau 14 : Les différents paramètres physico-chimiques mesurés et les méthodes d'analyse suivi pour chaque paramètre.....	44
Tableau15 : le classement de l'eau selon leur turbidité (NTU).....	45
Tableau16 : Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.....	46
Tableau 17 : Classifications des eaux d'après leur pH.....	47
Tableau 18: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique.....	48
Tableau 19: Le classement des eaux selon le taux d'O ₂ dissous d'après la grille de l'agence du bassin Adour Garonne.....	48
Tableau 20: Facteur de conversion de la DBO ₅ en fonction du volume de prise.....	49
Tableau 21: Classement des eaux en fonction des Nitrates selon (L'ANRH, 2001).....	55
Tableau 22: Classement des eaux en fonction des Nitrites selon (L'ANRH, 2001).....	57
Tableau 23: Classement des eaux en fonction d'Ammonium selon la grille (ANRH, 2001)...	57
Tableau 24: Qualité de l'eau en fonction des Ortho phosphate (ANRH, 2001).....	59

PARTIE III

Tableau 25: Caractéristiques morpho dynamiques moyenne des stations des prélèvements pour l'étude bactériologique.....	85
Annexe 07 : Tables de Mac Grady(Méthode d'NPP).....	
Tableau 26: présente les méthodes de recherche des germes pathogènes.....	91
Tableau 27: présente les étapes suivies pour l'identification des espèces recherchées.....	92
Tableau 28: Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF (Borrego et Romero, 1982).....	104
Tableau 29: Détermination du rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux.....	105
Tableau 30: Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude.....	106
Tableau 31: Les espèces identifiées par l'API 20 E, l'API 20 NE, l'API 20 Staph, l'API 20 Strepto.....	110
Tableau 31: Répartition des espèces bactériennes isolées durant notre étude entre les six stations.....	116
Tableau 32: présente le nombre des espèces bactériennes isolées selon les familles dans eaux d'Oued Seybouse (2014).....	118
Tableau 33: Aspects macroscopiques et identification des levures isolées dans l'eau d'Oued Seybouse (2014).....	119
Tableau 34: Aspects macroscopiques, microscopiques et identification des champignons isolés dans l'eau d'Oued Seybouse.....	122
Tableau 35: Répartition des espèces fongiques isolées dans les eaux d'oued Seybouse entre les stations des prélèvements.....	124

PARTIE IV

Tableau 36 : La Systématique des Odonates.....	127
Tableau 37: les caractères typologique des stations de prélèvement, profondeur, largeurs.....	139
Tableau 38: présente l'ensemble des espèces odonatologique inventariées dans l'Oued Seybouse et ces affluents.....	155
Tableau 39 : Présente la distribution spatiale des espèces d'odonates rencontrés dans le bassin de Seybouse (2015-2016).....	159
Tableau 40: Répartition des espèces odonatologique dans le bassin de Seybouse (1 : Présence, 0 : absence).....	160
Tableau 41: Répartition des familles odonatologique dans le bassin de Seybouse (1 : Présence, 0 : absence).....	160
Tableau 42: La fréquence des espèces odonatologique par rapport aux stations.....	161
Tableau 43: présente la phénologie de peuplement adulte d'Odonatofaune observé dans l'oued Seybouse (2015-2016).....	170

TABLE DES MATIERES

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
I. Introduction générale	1

PARTIE I : Le Cadre physique de la Seybouse

Chapitre I : Description de la zone d'étude

I. Cadre Général :.....	4
I.1. Description du bassin versant :.....	4
I.1.1. Le bassin de la Seybouse : cadre de l'étude	4
I.2. Situation géographique	5
I.3. Aperçu socio-économique	7
I.3.1. Agriculture	7
I.3.2. Industrie	7
I.3.3. Population	7
I.4. Réseau Hydrographique	8
I.5. Cadre biotique	10
I.5.1 Végétation	10
I.5.2. La faune	11
I.5.3. La vie aquatique.....	12
II. Aspect géomorphologique.....	12
II.1. Les terrasses de la Seybouse.....	12
II.2. Les montagnes	13
II.2.1. Le massif de l'Edough	13
II.2.2. Le tell Nord Guelmien	13
II.3. Le domaine des plaines	13
II.3.1. La plaine d'Annaba	13
II.3.2. la plaine d'El Hadjar	14
III. Le Cadre Géologique	14
III.1. Les grands ensembles lithologiques	14
III.1.2. Les formatons lithologiques.....	17

Chapitre II : Hydroclimatologie

IV. Cadre Hydroclimatique.....	18
IV.1. Cadre climatologique.....	18
IV.1.1. Type de climat de la zone d'étude.....	18
IV.1.2. Stations des mesures.....	19
IV.1.3. Facteurs climatiques.....	19
a. Température.....	19
a.1. Station de Guelma.....	19
a.2. Station d'Annaba.....	21
b. Précipitations	22
b.1. Station de Guelma	23
b.1.1. Pluviométries moyennes mensuelles	23
b.1.2. Pluviométries annuelles.....	23
b.1.3. Pluviométries moyennes saisonnières.....	24
b.2. Station d'Annaba.....	25
b.2.1. Pluviométries moyennes mensuelles.....	25
b.2.2. Pluviométries annuelles.....	25
b.2.3. Pluviométries moyennes saisonnières.....	26
c. L'humidité	27
c.1. Station de Guelma.....	27
c.2. Station d'Annaba.....	27
d. Le vent	28
d.1. Station de Guelma	28
d.2. Station d'Annaba.....	29
IV.1.4. Relation température et précipitation.....	30
IV.1.4.1. L'indice d'aridité	30
a. Indice de de MARTONNE.....	30
a.1. Station de Guelma.....	30
a.2. Station d'Annaba.....	30
b. Indice d'aridité de BAGNOULS GAUSSEN	31
b.1. Station de Guelma.....	31
b.2. Station d'Annaba.....	31
IV.1.4.2. Indice bioclimatique d'EMBERGER	32
a. Station de Guelma.....	33
b. Station d'Annaba.....	33
IV.2. Cadre hydrologique	34
IV.2.1. Bilan hydrique.....	34
a. Evapotranspiration selon la méthode de Thornthwaite.....	34
b. Estimation du ruissellement.....	38

b.1. Station de Guelma.....	38
b.2. Station d'Annaba.....	38
c. Estimation de l'infiltration.....	38
c.1. Station de Guelma.....	39
c.2. Station d'Annaba.....	39

PARTIE II : Etude Hydrochimique

Chapitre III: Matériel et Méthodes

I. Introduction	40
I.1. Qualité de l'eau	40
I.1.1. Echantillonnage	40
I.1.1.1. Stations et période de prélèvement	40
I.1.1.2. Matériel de Prélèvement	42
I.1.1.3. Mode de Prélèvement	43
I.1.1.4. Transport et conservation au laboratoire	43
I.1.2. Méthode d'analyse	43
I.1.2.1. Paramètres organoleptique	45
A. Turbidité.....	45
I.1.2.2. Les paramètres <i>in situ</i>	45
A. Température	46
B. pH	47
C. Conductivité électriques.....	47
D. oxygène dissous	48
E. Salinité	49
I.1.2.3. Les paramètre de pollution Organique	49
A. La demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	49
❖ Mode opératoire	49
B. La demande chimique en oxygène (DCO)	50
B.1. Le rapport DCO/DBO ₅	50
❖ Mode opératoire	50
❖ Dosage.....	51
❖ Expression des résultats	51
C. Matière en suspension(MES)	52
❖ Mode opératoire	52
I.1.2.4. Les éléments majeurs.....	52
A. Paramètres de minéralisation globale (Les cations)	52
A.1. Calcium (Ca ²⁺)	52
❖ Mode opératoire	53

❖ Expression des résultats	53
A.2. Magnésium (Mg^{2+})	53
❖ Détermination de Mg^{2+}	53
A.3. Bicarbonate (HCO_3^-)	53
A.4. Potassium (K^+) et le sodium (Na^+)	54
A.4.1.Potassium (K^+)	54
A.4.2.Sodium (Na^+)	54
❖ Dosage de (K^+) et (Na^+).....	54
B. Les éléments consternants indésirables (Les Anions).....	54
B.1. Chlorure (Cl^-).....	54
❖ Mode Opérateur	55
❖ Méthode argentimétrique	55
❖ Expression des résultats.....	55
B.2.Nitrate (NO_3).	55
❖ Dosage des nitrates	56
❖ Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045)	56
❖ Principe.....	56
❖ Etablissement de la courbe d'étalonnage.....	56
❖ Mode opératoire	56
❖ Expression des résultats.....	56
B.3.Nitrite (NO_2^-)	56
❖ Dosage de nitrite.....	57
B.4. Ammonium (NH_4^+)	57
❖ Dosage de l'ammonium	58
❖ Mode opératoire	59
B.5. Phosphore total (P) et Orthophosphates (PO_4)	59
❖ Dosage de l'ortho phosphate (PO_4^-)	59
❖ Méthode colorimétrique	59
❖ Principe.....	59
❖ Etablissement de la courbe d'étalonnage.....	59
❖ Mode opératoire	59
❖ Expression des résultats	59
B.6.Sulfate (SO_4^-)	59
❖ Dosage de sulfate.....	60
❖ Méthode néphélométrique.....	60
❖ Principe.....	60
❖ Mode opératoire	60
❖ Expression des résultats	60
B.7. Matière organique	60
❖ Détermination de la matière organique.....	60

Chapitre IV : Résultats et discussion

II. Résultats des mesures des paramètres Physico-chimiques.....	62
II.1. Evolution spatio-temporelle	62
II.1.1. Paramètres organoleptique	62
A. Turbidité	62
II.1.2. Les paramètres <i>in situ</i>	63
A. La température	63
B. Potentiel d'hydrogène	63
C. Conductivité électrique	64
D. Oxygène dissous	65
E. Salinité	66
II.1.3. La pollution organique	66
A. DBO5	66
B. DCO	67
B.1. Le rapport DCO/DBO5	68
C. MES	69
II.1.4. Les éléments majeurs.....	70
II.1.4.1. Paramètres de minéralisation globale (Les cations)	70
A. Calcium (Ca+)	70
B. Magnésium (Mg+)	71
C. Bicarbonate HCO ₃	71
D. Potassium (K+)	72
E. Sodium (Na+)	73
II.1.4.2. Les éléments consternants indésirables (Les Anions)	73
A. Chlorure (Cl-).....	73
B. Les Nutriments	74
B.1.Nitrate (NO ₃)	74
B.2.Nitrite (NO ₂ -)	75
B.3.Ammonium (NH ₄ +)	76
B.4.Phosphore total (PT) et Orthophosphate (PO ₄)	77
C. Sulfate (SO ₄)	79
D. Matière Organique	80
II.2. Faciès chimique des eaux	81

PARTIE III : Etude bactériologique

Chapitre V : Matériel et Méthodes

I. Introduction	83
I.1. Echantillonnage	83
I.1.1. Stations et période de prélèvement	83
I.1.2. Matériel de Prélèvement	86
I.1.3. Mode de Prélèvement	87
I.1.4. Transport et conservation au laboratoire	87
I.2. Méthode d'analyse	87
I.2.1. Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale	87
I.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide (Méthode de NPP).....	87
❖ Mode opératoire	88
❖ Test présomptif	88
❖ Lecture.....	88
❖ Test confirmatif	89
❖ Lecture.....	89
I.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (<i>Enterococcus</i>)	89
❖ Mode opératoire	89
❖ Test présomptif	89
❖ Lecture	90
❖ Test confirmatif	90
❖ Lecture.....	90
I.2.1.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR)	90
❖ Méthode par incorporation	90
❖ Mode opératoire	90
I.2.2. Recherche des germes pathogènes	90
I.2.2.1. Méthode d'ensemencement sur gélose.....	90
I.2.2.2. Identification	92
A. Caractères morphologiques.....	93
A.1. L'état frais.....	93
A.2. Coloration de gram.....	93
B. Examens liés aux caractères biochimiques et enzymatiques.....	94
B.1. Caractères enzymatiques	94
B.1.1. Test de catalase	94
B.1.2. Test d'oxydase	94
B.2. Caractères biochimiques	94
B.2.1. API 20 ^E	94
❖ Préparation de la galerie.....	94
B.2.2. API Strépto	95
B.2.3. API Staph	95
C. Profil biochimique pour <i>Pseudomonas</i>	96

C.1.King A et King B.....	96
C.2.API 20 NE.....	96
❖ Préparation de la galerie.....	96
I.3. Recherche des levures et des moisissures.....	97
I.3.1.Culture.....	97
I.3.1.1. Méthode d'ensemencement sur gélose	97
I.3.2. Identification.....	97
I.3.2.1. Examen macroscopique	97
I.3.2.2. Examen microscopique.....	97
I.3.2.3.Test de Bléstese pour les <i>canadida albicans</i>	98
❖ Technique.....	98
❖ Lecture.....	98
I.2.3.4. API 20 C AUX	99
❖ Inoculation de la galerie	99
❖ Lecture de la galerie.....	99

Chapitre VI: Résultats et discussions

II. Analyse microbiologique	100
II.1. Resultats de la recherche et le dénombrement coliformes totaux et coliformes fécaux	100
II.1.1. Les coliformes Totaux	100
II.1.2. Les coliformes fécaux	101
II.1.3. Streptocoque fécaux	102
II.1.4. Détermination de l'origine de la contamination fécale	103
II.1.5. Dénombrement des bactéries Anaérobies sulfito-réductrices.....	105
II.2. L'Identification des souches bactériennes	106
II.2.1. Caractère morphologique et coloration de Gram.....	106
II.2.2. Résultats de l'identification biochimique.....	110
II.2.3. La distribution taxonomique des espèces bactériennes isolées	118
II.3. Isolement et identification des levures et moisissures.....	118
II.3.1. API 20 C aux	120
II.3.2. Caractères morphologiques et coloration Bleu de Méthylène.....	123

PARTIE IV : Etude écologique

Chapitre VII : Généralité sur les odonates

I. Introduction	125
I.1. Généralité sur les Odonates	126
I.1.1. Historique	126

I.1.2. Etymologie (Odonate / libellule)	126
I.1.3. Systématique.....	127
I.2. Classification	127
I.2.1. Les Anisoptères	127
❖ Les adultes	127
❖ Les larves	127
I.2.2. Les Zygoptères.....	128
❖ Adultes.....	128
❖ Les larves	128
I.2.3. Les Anisozygoptères	128
I.3. Étudier les odonates, oui, mais pourquoi ?	129
I.4. Morphologie et anatomies des odonates.....	129
I.4.1. Adultes	129
I.4.1.1. La tête	129
I.4.1.2. Le thorax	130
I.4.1.3. L'abdomen	130
I.4.2. Larves.....	131

Chapitre VIII : La Biologie des odonates

II. Biologie des odonates	133
II.1. Le cycle biologique des Odonates.....	133
II.1.1. L'oviposition	133
II.1.2. Stade Œuf	134
II.1.3. Stade larvaire.....	134
II.1.4. Métamorphose et Emergence	135
II.1.5. Stade adulte	137
II.1.5.1. Période de maturation.....	137
II.1.5.2. Période de reproduction	137
II.5.2.3. La période post-reproductive.....	138

Chapitre IX : Matériel et Methodes

III. Description des stations d'étude	139
III.1. Haute Seybouse.....	141
1. Oued Zenati I.....	141
2. Oued Zenati II	141
3. Oued Cheniour	142
4. Oued Cherf (Amont).....	142
III.2. Moyenne Seybous.....	142

❖ Medjez Amar I.....	142
5. Oued Cherf (Aval).....	142
6. Oued Bouhmden (Aval).....	143
7. El Fedjoudj.....	143
8. Guelma.....	143
9. Boumahra.....	143
10. Oued Helia.....	143
III.3. Basse Seybouse.....	144
11. Bouchegouf.....	144
12. Boudaroua.....	145
13. Boukmouza.....	145
14. Chihani I.....	146
15. Chihani II.....	146
16. Deran I.....	147
17. Deran II.....	147
18. Sidi Salem.....	147
III.4. Exploitations des stations d'étude.....	148
III.5. Méthode d'échantillonnage	149
A. Matériel utilisé.....	149
A.1. Sur le terrain.....	149
A.2. Au laboratoire.....	149
III.5.1. Inventaire	149
III.5.1.1. Méthode d'échantillonnage	150
III.5.1.2. Analyse des données	150
III.5.2. Les indices écologiques	150
A. Mesure de biodiversité par l'indice écologique de composition.....	151
A.1. La Richesse spécifique	151
A.2. Abondance	151
A.3. Fréquence d'occurrence	152
A.4. Densité	152
B. Mesure de biodiversité par l'indice écologique de structure.....	152
B.1. Indice H' de Shannon-Wiener	153
B.2. Equitabilité de Piélou J'	153
B.3. Indice Simpson D	153

Chapitre X : Résultats et discussion

IV. Evolution spatiale du peuplement odonatologique de L'Oued Seybouse	154
IV.1. Exploitation des résultats par des indices écologiques.....	154
IV.1.1. Check-liste	154

IV.1.2. Resultats de biodiversité par l'indice écologique de composition	155
A. Richesse spécifique	155
B. L'abondance	156
C. La Fréquence d'Occurrence	162
D. Densité	162
IV.1.3. Analyse de la composition odonatologique	163
IV.1.4. Resultats de biodiversité par l'indice écologique de structure	168
A. Indice de Shannon (H')	168
B. Equitabilité	168
C. Indice de Simpson D	169
IV.2. Phénologie des adultes observé dans l'Oued Seybouse	169
IV .3. Discussion Générale	170
Conclusion Générale.....	174
Références bibliographiques.....	179
Résumé	
Abstract	
ملخص	
Annexes	

Introduction

Introduction Générale

L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines. En effet, c'est la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide et anarchique qui cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels (Mc Kinney, 2002). L'industrialisation, l'utilisation non-rationnelle des engrais et pesticides et l'absence de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent tendancieusement à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs (Mullis et *al.*, 1997) mais aussi altèrent les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade,...etc)(Burton & Pitt, 2001). Il est donc nécessaire d'avoir une meilleure connaissance sur les ressources en eau déjà existantes surtout à propos des informations concernant la vulnérabilité de ces ressources à un éventuel facteur polluant et les mesures nécessaires pour les développer, les gérer et les protéger (Belghiti et *al.*,2013). Plusieurs cas de pollution furent déjà l'objet de nombreuses études et publications dans des journaux internationaux: Chaffai & Mourdi, (2011) ; Remili & Kerfouf, (2013) ; Keumean et *al.*, (2013).

Le dosage et la quantification des paramètres physico-chimiques de l'eau sont dès lors considérés comme les principes les plus importants dans l'identification de la nature, de la qualité de l'eau pour des écosystèmes aquatiques (Abdo, 2005). Ainsi que la pollution de l'eau due à des micro-organismes d'origine fécale est apparue très tôt dès que celle-ci fût utilisée comme vecteur de l'élimination des déchets (George & Seravis, 2002). Par conséquent une analyse bactériologique serait de mise. Tandis que les paramètres biologiques jouent aussi un rôle essentiel dans le diagnostic écologique des masses d'eau. Considérés séparément, ils donnent une indication de la qualité des milieux aquatiques à différents niveaux de la pyramide alimentaire combiné, ils sont réputés de traduire le fonctionnement global de l'écosystème aquatique. Autrement dit il nous permet de donner une vision de synthèse de la qualité des milieux aquatiques. En effet, ces organismes vivants réagissent aux conditions des milieux (physiques, habitats, qualités des eaux ...etc) et intègrent l'ensemble des perturbations du système. On fait allusion, tout simplement, aux bio-indicateurs.

L'influence anthropique sur l'un des grands Oueds de l'Algérie Orientale en l'occurrence l'Oued Seybouse, se manifeste par des activités très diverses liées souvent à celles des agglomérations installées, çà et là, le long du cours d'eau (trois wilayas : Guelma, El-Tarf et Annaba) et aux activités agricoles qui sont pratiquées sur l'ensemble du bassin versant ou directement dans les petites parcelles aux bordures de cet écosystème (Djabri *et al.*, 2012). Selon Chaoui (2007) les différents polluants organiques et chimiques affectants les eaux de surface du bassin versant vont s'infiltrer directement pour infecter et polluer les eaux de la nappe alluviale ce qui présente une véritable menace sur la santé publique. A la lumière de ces résultats et en vue de l'immense importance socio-économique de ce plan d'eau dans la région d'étude, on a choisi de contribuer à travers notre étude d'évaluer sa qualité.

Pour juguler ces pollutions il devient impératif d'évaluer la qualité des eaux de l'oued Seybouse et de ses affluents, ce qui permet de chercher les sources des apports pouvant dégrader la qualité de ces eaux (Khadri, 2009). Plusieurs études ont déjà été réalisées sur les eaux de surfaces dont des mémoires de magister et des thèses de Doctorat, ces dernières indiquant les différents effets de rejets industriels et urbains sur l'évolution de la qualité des eaux de surface et la pollution des écosystèmes aquatiques continentaux (Djabri, 1996 ; Bennasser *et al.*, 1997; Teixeira *et al.*, 1999; Walling *et al.*, 2001 ; Debieche, 2002 ; Chaib *et al.*, 2011 ; Reggam, 2015 ; Guettaf, 2015 ; Yales *et al.*, 2017).

- **L'objectif de l'étude**

Ce travail consiste en une contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de l'oued Seybouse ainsi que la détermination de la diversité taxonomique du peuplement d'odonatofaune considéré essentiellement comme des bio-indicateurs de la qualité des zones humides.

Plusieurs études furent déjà réalisées sur l'oued Seybouse. Dans la présente contribution on va essayer de répondre à quelques questions :

- Quel est l'état actuel de la qualité chimique et bactériologique des eaux de cet oued?
- Quelles sont les différents polluants chimiques et bactériologiques existants dans l'eau ainsi que leurs origines ?
- Quelles sont les différentes espèces d'odonates hébergeant le bassin de la Seybouse ?

Le présent mémoire comprend quatre grandes parties, au cours desquelles nous avons essayé de mettre en esquisse l'état de santé de l'oued Seybouse. Ces premières sont complémentaires dont chacune est composée d'un nombre différent de chapitres :

PARTIE I: Le cadre physique de la Seybouse: Elle nous donne un aperçu du cadre général de la région d'étude suivi par une description des caractéristiques hydro-climatiques, l'identification de la nature de son réseau hydrographique et hydrogéologique.

PARTIE II: Concernant l'étude hydro-chimique, elle est réservée pour déterminer les différents paramètres physico-chimiques utilisés permettant l'évaluation de la qualité des eaux superficielles. Ainsi qu'une interprétation des résultats obtenus sous forme d'histogrammes suivis par une discussion claire et exhaustive.

PARTIE III: L'étude bactériologique: Elle démontre toutes les analyses bactériologiques déjà suivies pour l'évaluation de la qualité bactériologique des eaux ainsi que les différents tests d'identification des champignons et de moisissures afin d'avoir une idée complète visant la qualité microbiologique. Elle est finie explicitement par une éventuelle discussion cohérente selon les résultats obtenus.

PARTIE IV: L'étude écologique: elle nous permet d'avoir une idée sur la taxonomie du peuplement d'odonates dans le bassin de la Seybouse et déterminer s'il y a une relation fonctionnelle entre la nature d'habitat et la richesse spécifique. Les résultats sont présentés sous forme d'histogrammes des tableaux et des analyses statistiques (ACP) ainsi qu'une discussion interprétative.

Enfin, ce mémoire est finalisé par une conclusion concrète sur ce travail et les perspectives que nous pouvons éventuellement envisager.

Partie I

*(Le cadre physique de la
Seybouse)*

Chapitre I :

Description de la zone d'étude

I. Cadre Général :**I.1 Description du bassin versant :****I.1.1. Le bassin de la Seybouse : cadre de l'étude :**

Le bassin versant de la Seybouse constitue l'un des principaux collecteurs des eaux de pluie tombées sur les régions de l'extrême N.E Algérien (Figure 01). Il englobe 14 wilayas (départements) qui hébergent environ 5.458.700 d'habitants. Parmi ces wilaya 9 sont englobées en totalité (Annaba, El Tarf, Skikda, Jijel, Constantine, Guelma, Souk-Ahras, Oum-El Bouaghi, Mila) et sont 5 englobées que partiellement (Batna, Béjaïa, Khenchela, Sétif et Tébessa) (ABHCSM, 2012).

Il chevauche trois grands domaines physiques et bioclimatiques : -le domaine des Hautes Plaines au Sud ; -le domaine sud-Tellien ; -le domaine Tellien du Nord qui comprend la Seybouse maritime : bassin de l'oued Ressoul, oued Dardar et la zone des plaines littorales. Ces grands ensembles physiques présentent des caractéristiques topographiques qui les différencient nettement (Louamri, 2013). L'hydropériode est caractérisée par une saison humide s'étendant d'Octobre à Mai et une saison sèche de Juin à Septembre. La pluviométrie annuelle varie de 350 mm en amont à 608 mm en aval (ABHCSM, 2009). Le bassin versant est généralement subdivisé en six sous-bassins (Tableau 01, Figure 02).

Tableau 01: Surface des six sous-bassins de la Seybouse (A.B.H, 1999).

Partie du bassin versant	Sous-bassin	Surface (km ²)
Seybouse amont	14-01	1739
	14-02	1166
	14-03	1136
Moyenne Seybouse Seybouse Aval	14-04	818
	14-05	555
	14-06	1057
Total		6471

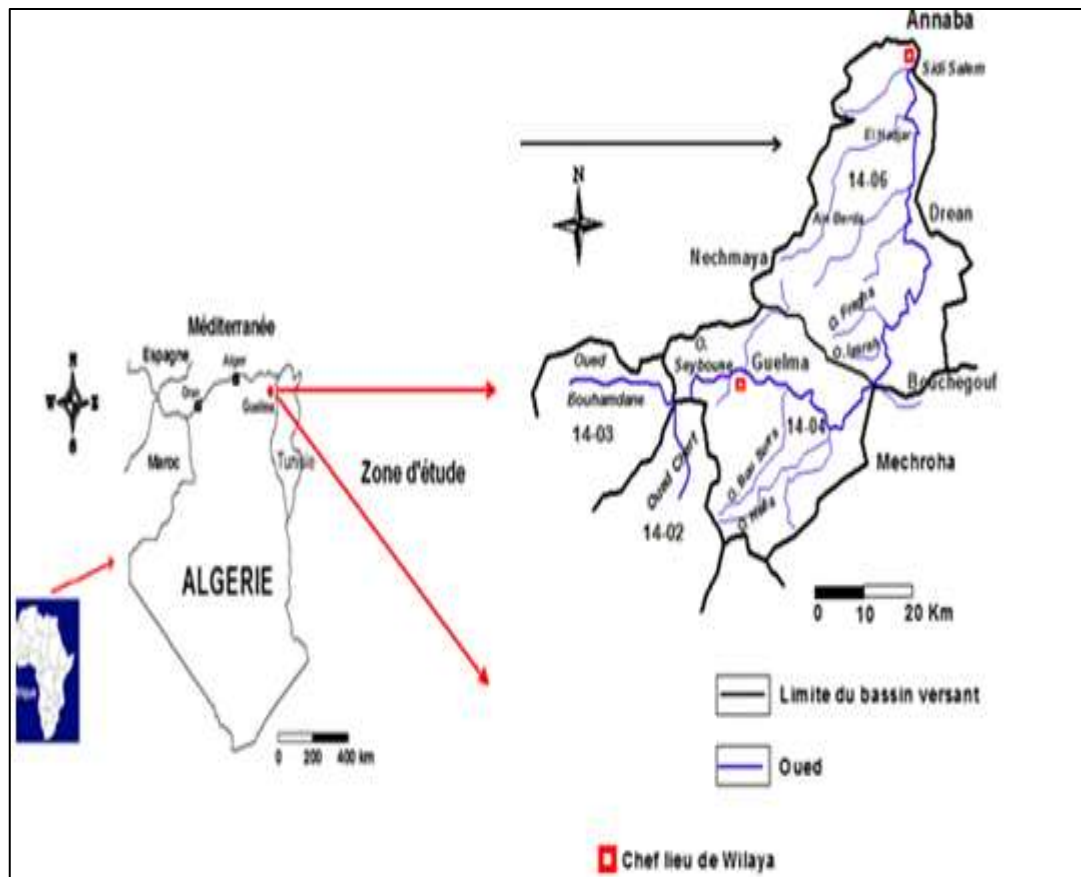


Figure 01 : La situation géographique du bassin versant de la Seybouse.

I.2. Situation géographique :

La région d'étude est située dans les territoires des wilayas de Guelma, El Tarf et Annaba. Elle est limitée au Nord par la mer méditerranée ; à l'ouest, par le massif de l'Edough (1008m) et le bassin fermé du lac Fetzara dont il est séparé par les croupes septentrionales du Djebel Haouara (981m). Plus au Sud-Ouest par les crêtes de la forêt de Béni Mezzeline. À l'Est, le prolongement oriental du système aquifère Annaba – Bouteldja, et au Sud Est par le Djbel.Bni Salah. Enfin au Sud la chaîne numidique (1411 m) (**Khadri, 2009**).

La Seybouse est l'un des oueds les plus importants d'Algérie par la longueur de son parcours, le nombre de ses affluents et la superficie de son bassin (**Khellou, 2012**). Il s'étalant sur plus de 150 km, avec des ramifications atteignant les 3000 km, à l'exemple l'oued Bouhamdane (37,49 km) et l'oued Cherf (88,61 km), principaux constituant de la Seybouse. L'oued Cherf prend naissance dans les Hautes plaines et rencontre l'oued Bouhamdane, à l'ouest de Guelma au niveau de la commune de Medjez Amar. Ces deux cours d'eau donnent naissance à l'oued Seybouse qui coule d'ouest en est jusqu'à sa confluence avec l'oued Melah, affluent issu du versant nord-ouest des monts arrosés de la Medjerda. Puis, la Seybouse

change de direction pour rejoindre, plus au nord, la mer Méditerranée par l'embouchure de Sidi Salam, après avoir traversé la plaine côtière comprise entre Dérán et Annaba (Mebarki, 2000).

La Seybouse traverse principalement le territoire de trois wilayas. Elle occupe la partie centrale de la wilaya de Guelma, la majorité de la wilaya d'Annaba et la partie Ouest de la wilaya d'El Tarf. Qui sont constituées pour la plupart des territoires à vocation agricole et industrielle (Figure 02) (SWIM, 2013).

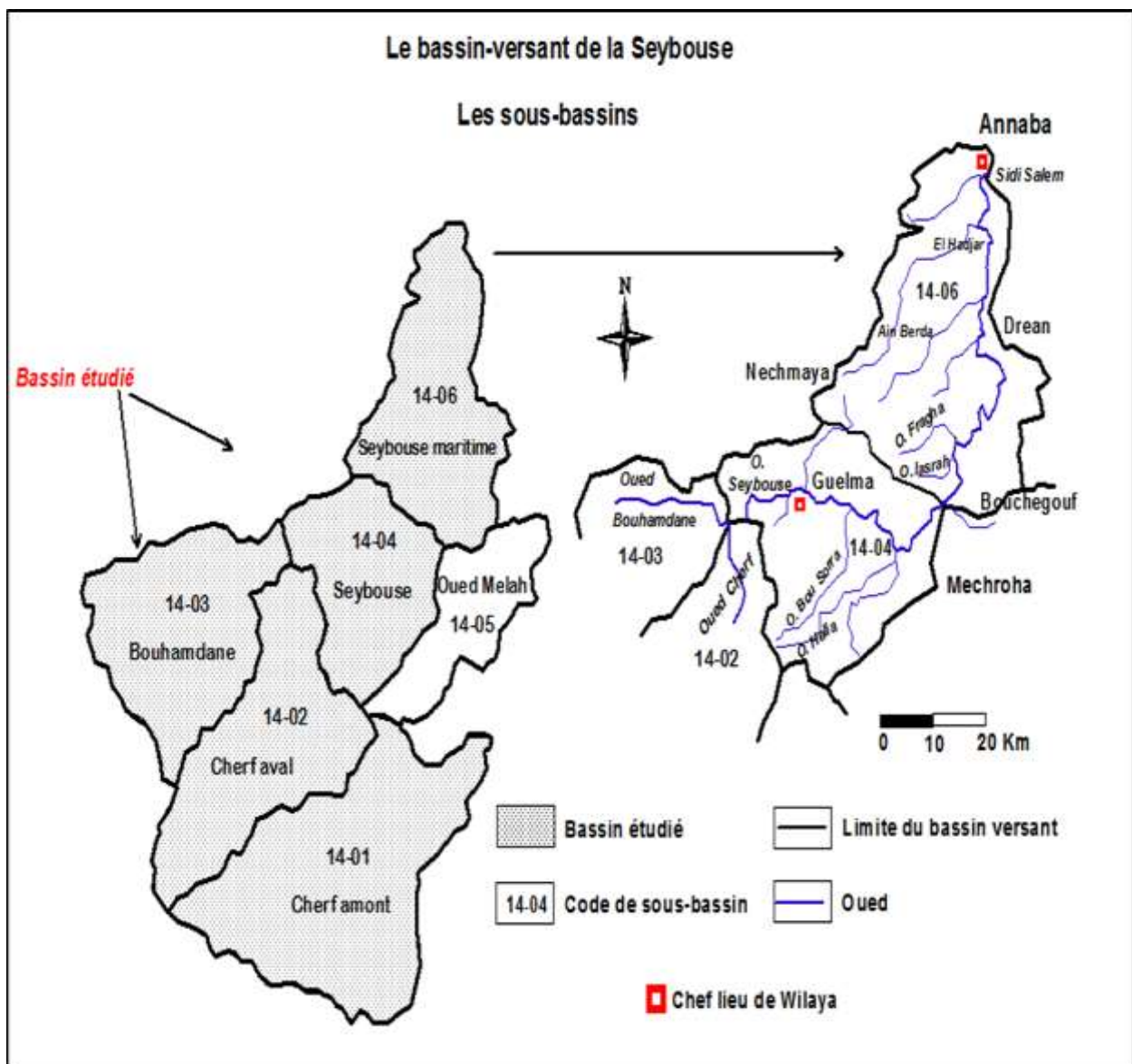


Figure 02 : Le bassin versant de la Seybouse et les sous bassin étudiier qui sont :14-01 cherf amont ;14-02 :Cherf aval ;14-03 :Bouhmden ;14-04 :Seybouse moyenne ;14-06 :Seybouse maritime.

I.3. Aperçu socio-économique :

Notre région d'étude est une région à vocation agricole et industrielle.

I.3.1. Agriculture :

Notre région d'étude est caractérisée par des sols très fertiles dont l'agriculture est observée sur l'ensemble de la zone qui contribue à la production de denrées alimentaires du pays (céréales, fruits, tomates, vignes, olives...etc). Dont la surface agricole utile de Annaba est de 48.177 ha celle de Guelma est estimée à 187.338 ha. Ce qui concernant le volume d'eau exploité par l'agriculture est environ 60% de l'eau disponible, tandis que les secteurs domestique et industriel en utilisent environ 40%. Près des deux tiers (2/3) des eaux souterraines sont utilisées pour l'irrigation et un tiers pour l'eau potable et industrielle (ABHCSM, 2012). Aussi on distingue des activités d'élevage de volailles et des bétails, ainsi que la pêche avec 9.430 tonnes/an (SWIM, 2013).

L'irrigation dans le bassin de la Seybouse occupe une superficie de 13976 hectares. Irrigation traditionnelle (gravitaire) dans le bassin du Haut Cherf, et irrigation moderne (par aspersion) dans la basse Seybouse (Khadri, 2009).

I.3.2. Industrie :

Comme la Haute et la moyenne Seybouse sont caractérisés par ces activités agricoles aussi la partie nord de la zone étudiée (Basse Seybouse) est caractérisée par ces activités industrielles. On y rencontre différentes branches de l'industrie: les industries agroalimentaires (production laitière, conserves de tomates, sucre, etc.); l'industrie manufacturière (ABHCSM, 2012) ; et l'industrie lourde à Annaba pour la production d'acier d'environ 1,0 millions de tonnes/an, de 115.000 tonnes/an de bobines d'acier et tôles laminées à chaud et à froid par Arcelor Mittal, ainsi que industrie chimique des engrais phosphatés et azotés par Fertiberia/Asmidal (SWIM, 2013).

I.3.3. Population :

La population qui se trouve sur la zone d'étude atteinte plus 1.8 million habitants en 2017, répartis sur 72 communes, dont 33 sont entièrement incluses dans le bassin et 7 wilayas (Constantine, Skikda, Oum El-Bouaghi, Annaba, El-Tarf, Guelma et Souk Ahras).

I.4. Réseau Hydrographique :

Le réseau hydrographique peut prendre une multitude de formes. La différenciation du réseau hydrographique d'un bassin est due à quatre facteurs principaux (la géologie, le climat, la pente du terrain, la présence humaine et le couvert végétal).

L'étude du réseau hydrographique permet de donner une idée sur le développement de son chevelu (ramification lâche ou dense), sa forme, sa hiérarchisation, sa densité de drainage, son rapport de longueur (**Brahmia, 2016**).

La zone d'étude est caractérisée par un réseau hydrographique (Figure 04) constitué par un oued principal : la Seybouse qui parcourt la plaine. Il draine un bassin versant de 469.26 km², il prend naissance dans les hautes plaines de Heracta et de Sellaoua et finit dans la plaine littorale d'Annaba pour se jeter en méditerranée. Il est formé par la confluence des oueds Bouhamdane et Cherf au niveau de Madjez Amar, dont ils drainent respectivement des sous bassins de 1105 km² et 1710 km² à la station de Medjez Amar. Il reçoit deux autres affluents d'importance inégale : l'oued Mellah et l'oued Ressoul, sur une longueur de 38 km. Le réseau hydrographique est composé de l'oued Seybouse et de ses affluents (oueds : Bouzitoune, El maiz, Zimba, Bradaa, Berdia et Halia) auxquels s'ajoute de nombreux ruisseaux (**Brahmia, 2009**).

Il se caractérise par des reliefs assez simples avec des écoulements très lents, puis elle continue dans l'Atlas tellien fortement accidenté et de structure très complexe où le réseau hydrographique est rarement adapté à la structure: les oueds sont torrentiels, le profil en long est irrégulier et tendu, assurant l'évacuation rapide des eaux. Cependant l'existence de dépressions renfermant des nappes alluviales aquifères traversées par la Seybouse permettent de régulariser l'écoulement de cet oued, du fait de la quantité importante des précipitations d'hiver reçues par cette chaîne montagneuse (**Ghachi, 1982**). A la sortie de cette dernière, la Seybouse pénètre dans la basse plaine d'Annaba perdant sa torrencialité et abandonnant une grande partie de sa charge solide. Les faibles pentes, le cordon dunaire et les vastes zones d'inondation, favorisent largement la stagnation des eaux et rendent difficile l'écoulement fluvial vers la mer (**Zerrouki, 2007**).

L'oued Cherf qui constitue le bassin amont de l'oued Seybouse résulte de la rencontre des oueds Cherf et Settara qui drainent respectivement 1099.4 km² et 668.4 km². Les oueds Lahmimime et oued Crab prennent leurs sources sur le piémont Sud des monts de la

Medjerdah et forment l'oued Cherf après leur rencontre. Celui-ci reçoit des affluents issus des Hautes Plaines: oued Radran, oued Trouch et oued Ain Senoub.

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

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

La Basse Seybouse se caractérise par des pentes faibles et par un faible développement du chevelu hydrographique. Mais les affluents de rive gauche issus de la chaîne numidique sont assez importants (oued Ressoul et oued Dardar). Les grandes artères de l'oued Seybouse, présentent une organisation orthogonale liée à la tectonique (Figure 03) (Louamri, 2013).

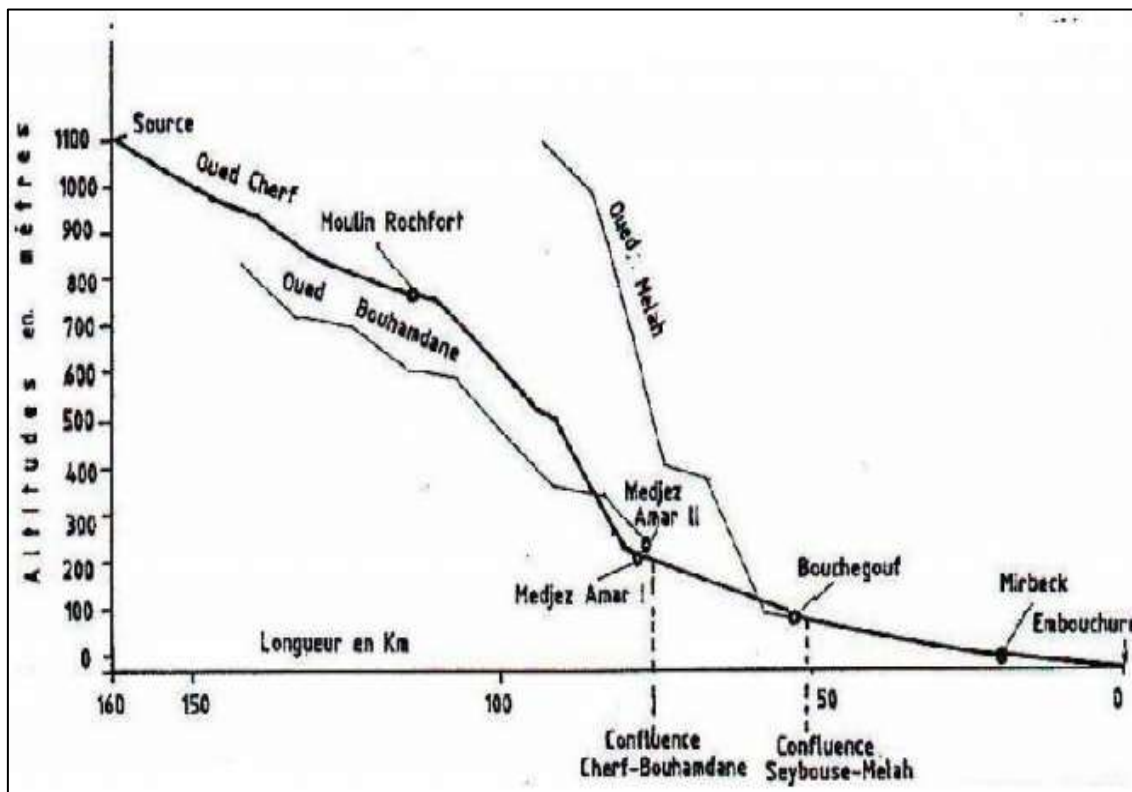


Figure 03 : Profil en long de l'Oued Seybouse (in Ghachi, 1986).

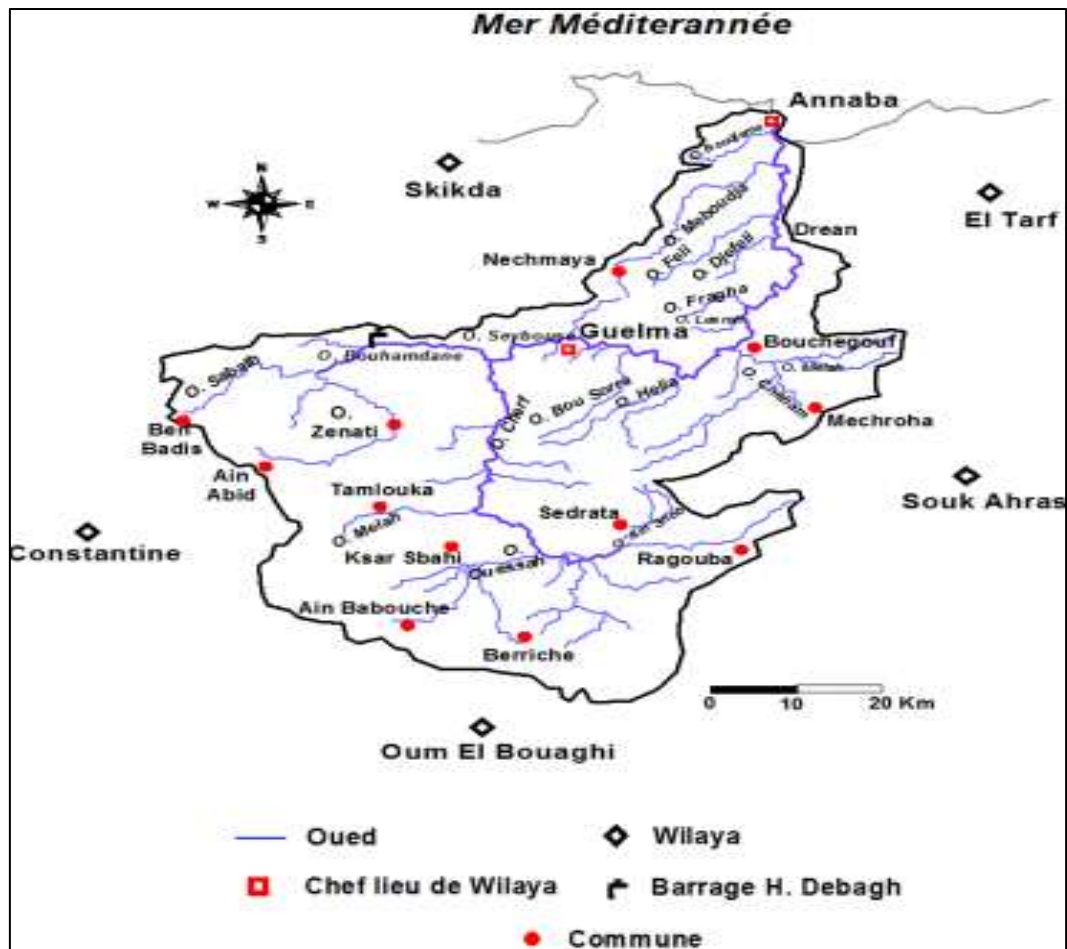


Figure 04: La Carte du réseau Hydrographique du bassin-versant de la Seybouse (Reggam, 2015).

I.5. Cadre biotique :

I.5.1 Végétation :

Le couvert végétal a une influence directe sur l'écoulement fluvial car les plantes favorisent l'infiltration, aussi les facteurs orographiques et climatiques ont un impact. Donc jouent un rôle dans la recharge des nappes et il intervient dans l'apport moyen annuel et saisonnier (Khellou, 2012).

La résistance à l'écoulement est d'autant plus grande que le couvert végétal est plus dense. Dans la région d'étude, les aires agricoles sont localisées essentiellement dans la plaine alluviale (Bicherie, 2011). L'essentiel de la couverture végétale est représenté par des cultures diverses. On distingue deux catégories :

-Le domaine agricole : est représenté par les grandes cultures et parcours, les oliviers, quelques vergers d'agrumes et d'arbres fruitiers.

-la végétation naturelle : regroupe toute la végétation naturelle; les forêts, les maquis, et les broussailles (**Kadri, 2009**).



Figure 05 : *Nasturtium officinale*.

Selon des études antérieures sur la flore caractéristique du bassin de Seybouse ont montré qu'il y a près de 140 espèces appartenant à 41 familles et 107 genres (**Mellal, 2013**). Dont deux espèces sont endémiques au Nord d'Afrique. Les hydrophytes dominantes sont *Typha Angustifolia*, *Nasturtium officinale*, *Alisma plantago aquatica michaletti*, *Apium nodiflorum*, *Phragmites australis australis*, *Veronica anagallis-aquatica* et *Alisma plantago-aquatica michaletti*. Cependant, la flore dominante de ripisylve se compose de *Calendula arvensis*, *Centaurea napifolia*, *Galactites tomentosa*, *Taraxacum officinale*, *Brassica napus* et *Diplotaxis eruroides*.

1.5.2. La faune :

Plusieurs groupes zoologiques sont représentés dans ce biotope, comme les mammifères domestiques (caprins: *Capra hircus*, ovins: *Ovis aries*). La faune sauvage regroupe un certain nombre d'espèces ornithologiques (moineau: *Passer domesticus*, pigeon: *Columba livia*, etc.), de reptiles (fouette-queue: *Uromastyx alfredschmidti*, de rongeurs (gerboises: *Gerbillus campestris*, rats, etc.), de batraciens, d'arachnides (scorpions et araignées), d'insectes (orthoptères, hyménoptères, coléoptères, diptères, lépidoptères,etc) (**Leberre, 1989**).

Parmi les espèces de mammifères rares qui évoluent dans la zone d'étude nous citons: le chat sauvage ou lynx caracal (*Felis caracal*), le porc-épic (*Hystrix cristata*), le hérisson d'Algérie (*Athechinus algerius*), la Genette (*Genetta genetta* Linné, 1758), la hyène rayée (*Hyaena hyaena*), la loutre(*Lutra lutra*), la belette de Numidie (*Mustela nivalis*), le renard

roux (*Vulpes vulpes*), le chacal commun (*Canis aureus*), le lièvre du Cap (*Lepus capensis*), la gerbille champêtre (*Gerbillus campestris*) et la mangouste ichneumon (*Herpestes ichneumon*), qui existent en nombre restreint à Béni Salah. (*in Bouchelaghem, 2017*).

I.5.3. La vie aquatique :

Les eaux de l'oued Seybouse se caractérisent par une grande diversité biologique où on distingue un nombre important des poissons d'eau douce tels que le mérou brun: *Epinephelus marginatus*, le corb : *Sciaena umbra*, les sars *Diplodus puntazzo* et *D. cervinus cervinus*) (**Derbal, 2007**) ainsi que des invertébrés aquatiques. Entre eux, il y a ceux qui jouent un rôle d'indicateurs de pollution de l'eau et d'autres qui sont considérés comme des indicateurs de la bonne qualité à l'instar des insectes. On distingue des invertébrés qui se déplacent à la surface de l'oued telle que l'araignée d'eau et comme d'autres rampants lentement les bords ou les plantes aquatiques comme *Hydrometra stagnorum*, aussi le scorpion d'eau...etc. aussi des larves aquatiques vivant dans le fond comme les larves des odonates, et de quelque coléoptère aquatiques, des éphémères et des diptères tels que les chironomides, des plécoptères comme *leuctra*. Plus certains crustacés tels que le gammare ou crevette d'eau. Ainsi que des mollusques d'eau douce comme les bivalves ; et des vers dulçaquicoles c'est le cas des sangsues médicinales...etc.

II. Aspect géomorphologique :

Notre région d'étude présente des différentes formes géomorphologiques qui dépendent à leurs tours des conditions géologiques et de la tectonique. Leur orographie est formée en ligne générale des reliefs montagneux et collinaires constituant l'extrémité orientale de la chaîne des monts de Constantine et des contreforts occidentaux de la chaîne de la Medjerda. Ces deux contreforts sont traversés par des vallées profondes où courent les affluents droits et gauches de la Seybouse. Tous les cours d'eau ont un caractère torrentiel (**Bechrie, 2011**).

Dans le large espace drainé par cet important cours d'eau plusieurs milieux naturels apparaissent ce qui laisse entrevoir les formes géomorphologiques suivantes :

II.1. Les terrasses de la Seybouse :

La Seybouse présente le long de son cours des terrasses alluviales étagées à des cotes diverses. Les principales unités géomorphologiques que l'on pouvait remarquer sont:

- Hautes terrasses (située à de altitudes allant de 100 à 150 m): Ce sont des formations argileuses pratiquement imperméables qui ne présentent aucun intérêt hydrogéologique. Elles sont localisées surtout entre Drean et Ain Berda.

-Moyennes terrasses (située à des altitudes variant entre 20 et 50 m): Ce sont des formations constituées de cailloutis à la base, assez fines au sommet, formées de graviers, de galets et spécialement d'argiles sableuses. Elles présentent un intérêt hydrogéologique peu important.

- Basses terrasses (situées à une altitude moyenne de 15 m): Elles sont formées par des dépôts alluvionnaires constitués d'un matériel argilo-limoneux avec des galets, graviers et sables. Ce sont des formations accumulatives d'eaux souterraines.

II.2. Les montagnes :

II.2.1. Le massif de l'Edough :

C'est le massif principal qui caractérise la région d'Annaba. De plus de 1008 m, il s'élève brusquement au-dessus des autres reliefs qui l'entourent. Sa masse principale de direction NE-SW, présente une ligne de crête longue de 26 km qui débute depuis le lac de Fetzara au Sud et s'élève progressivement jusqu'au point culminant (1008 m) à Kef Sebaa pour redescendre ensuite depuis Seraidi vers Cap de Garde au Nord.

II.2.2. Le tell Nord Guelmien :

Le tell Nord-Guelmien présente une allure nettement dissymétrique. Le versant sud domine, par les fortes pentes, les vallées de l'oued Bouhamdane et le bassin de Guelma drainé par l'oued Seybouse. En revanche, le versant nord descend plus lentement vers le lac Fetzara. Le Djebel Haouara culminant à 981 m, domine fièrement toute cette région. Plus au nord, un massif gréseux affleure en allant de Bouati Mahmoud à Ain Berda. Il est relayé à l'Est d'Ain Berda par les Djebels Hadjar Nahal et Oust.

II.3. Le domaine des plaines :

II.3.1. La plaine d'Annaba :

C'est la plaine drainée par les deux oueds : Seybouse au Sud et Bounamoussa au Nord. Elle se situe au centre d'un synclinaurium limitée par le massif de l'Edough au Nord et la chaîne numidienne au Sud.

II.3.2. la plaine d'El Hadjar :

Elle présente une forme inclinée vers la mer et occupe la partie Est du fond de la cuvette du lac Fetzara et se prolonge vers la plaine de Annaba. La liaison entre le lac et la plaine d'El Hadjar se fait par l'oued Meboudja (**Khadri, 2009**).

III. Le Cadre Géologique :**III.1. Les grands ensembles lithologiques :**

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

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

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

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

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

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

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

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

-l'Oligocène de l'amont jusqu'à Mondovi (Drean).

-du Quaternaire à l'aval.

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

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

A l'extrême Nord-ouest, formant la ligne de partage des eaux entre le bassin de la Seybouse et celui des Côtiers Constantinois (sous-bassin de Chétaibi), le djebel Edough est un massif ancien composé essentiellement de roches métamorphiques (micaschistes et gneiss) (Figure 06) (**Louamrie, 2013**).

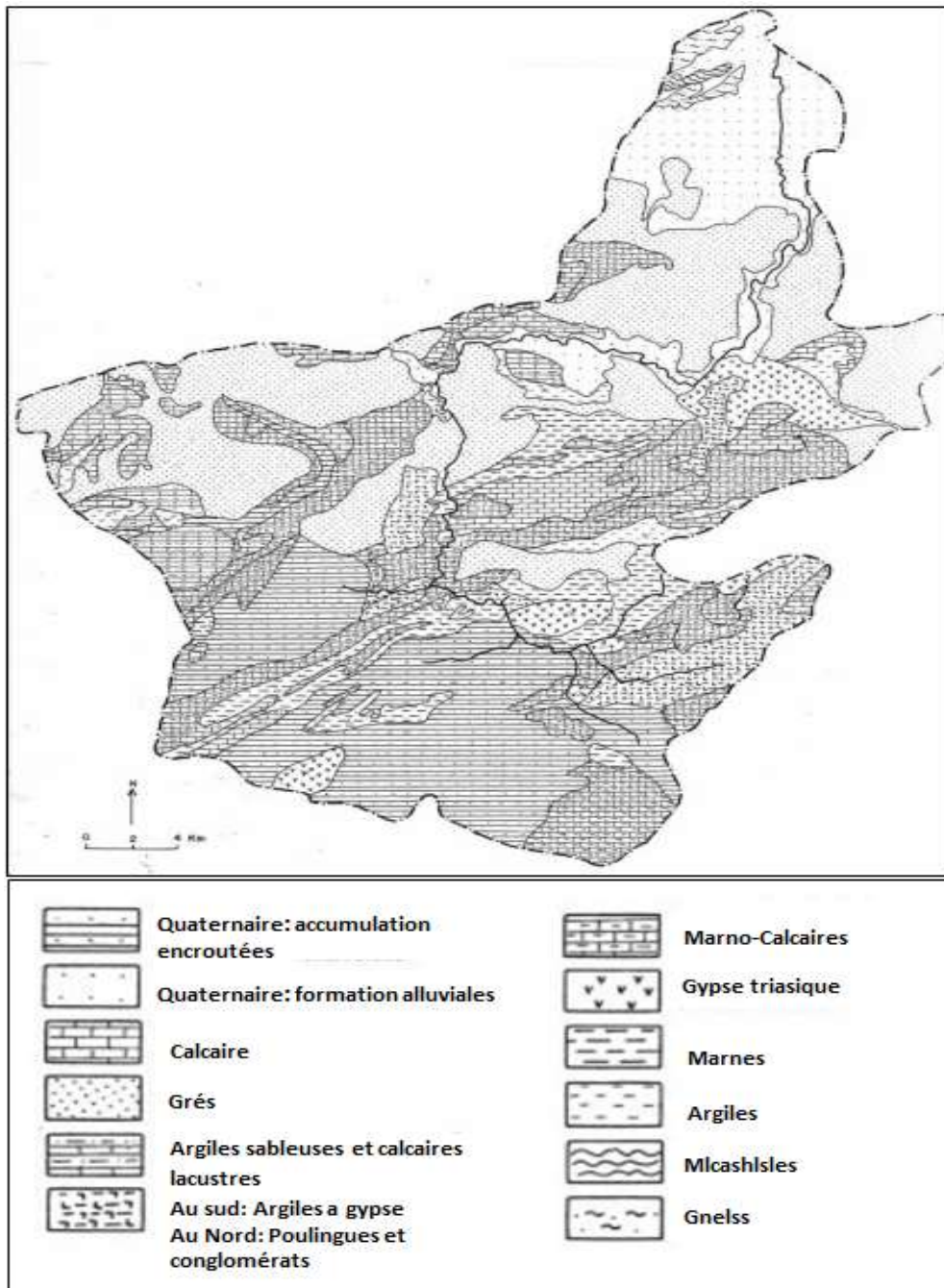


Figure 06 : Les ensembles lithologiques du bassin versant de la Seybouse (Sources: cartes géologiques 1/200 000, cartes géologiques 1/50 000) (Laoumri, 2013).

III.1.2. Les formations lithologiques:

La géologie de la région est caractérisée par des formations allant du Quaternaire au Trias, présentant ainsi une lithologie très variée qui comprend essentiellement : Les **roches résistantes** : dolomies noires jurassique ; calcaires et grès. Les roches moyennement résistantes : marno-calcaire, conglomérat et marne. Les roches meubles: marne et argile. Les principales formations superficielles observées dans cette région : éluvions, colluvions, alluvions, la haute terrasse, la moyenne terrasse et la basse terrasse (**Bouchiheb, 2001**).

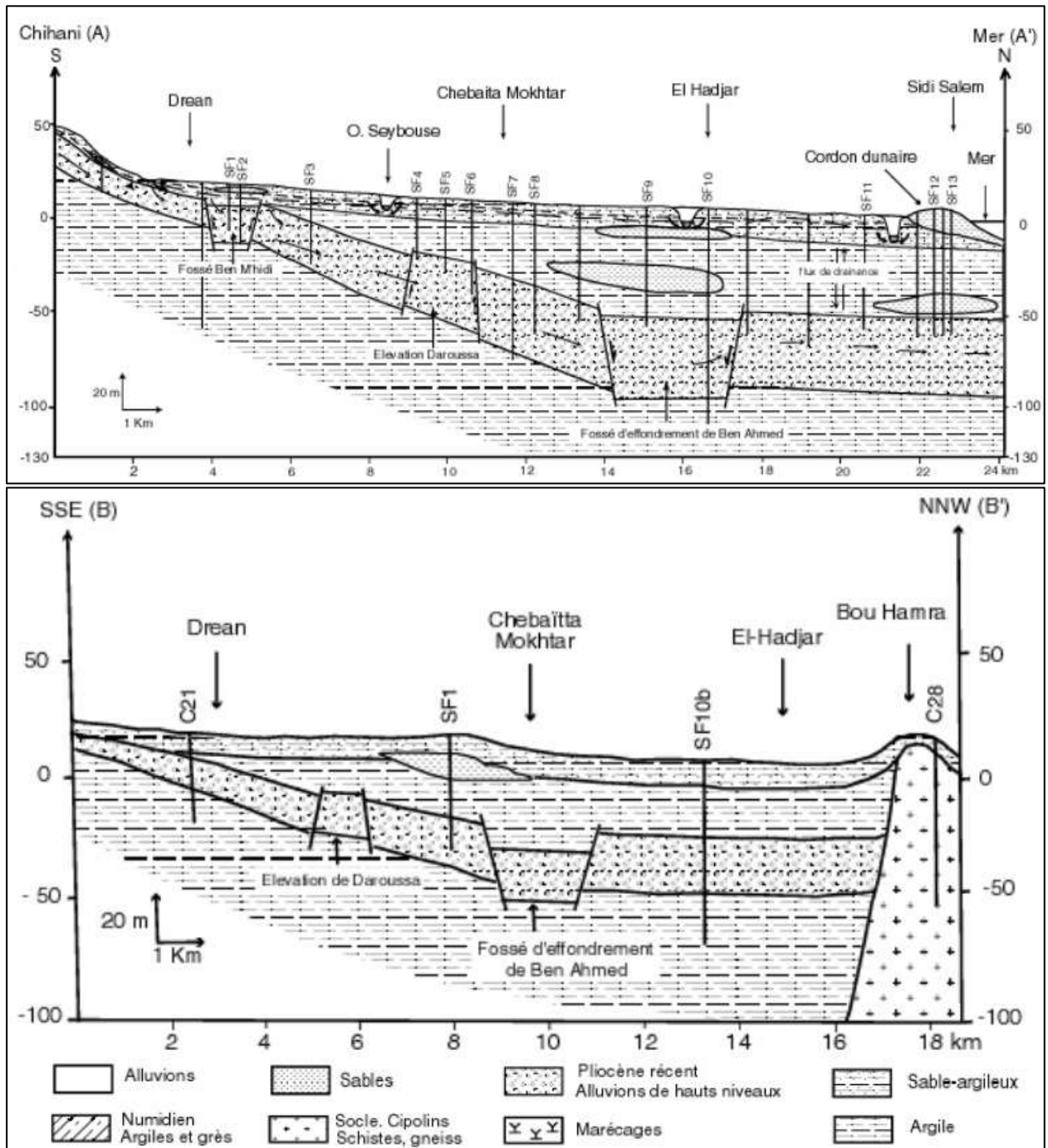


Figure 07 : Coupe Géologiques (exemple sur la région de Chihani à Sidi Salem).

Chapitre II

Hydro climatologie

IV. Cadre Hydroclimatique :

Dans ce chapitre nous allons s'intéresser à l'étude de la climatologie de la zone d'étude et à l'hydrologie des eaux de surface (Aichouri, 2009). L'étude des caractéristiques hydroclimatologiques joue un rôle primordial dans la connaissance des comportements des cours d'eaux, les variations des réserves, la compréhension des mécanismes d'alimentation et de circulation des eaux naturelles, aussi pour la compréhension de l'évolution des éléments chimiques, la protection et la résolution des problèmes de pollution au niveau de la nappe. Pour cela, l'élaboration du bilan hydrique est indispensable pour mieux comprendre le fonctionnement et les influences d'un système hydraulique de surface d'une région donnée (Bechrie, 2011). Il est nécessaire d'établir un bilan hydrique. L'évaluation de ce bilan exige la connaissance des paramètres suivants:

Les températures, Les précipitations, l'évapotranspiration, le ruissellement et l'infiltration.

IV.1. Cadre climatologique:

Le climat est le facteur le plus déterminant des ressources en eau d'une région. Il est certainement un facteur du milieu très important, il a une influence directe sur la faune et la flore (Touati, 2008) comme il joue un rôle déterminant dans le régime des cours d'eau, et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines (Solter, 1999).

IV.1.1.Type de climat de la zone d'étude:

La description du climat tient principalement compte de certains paramètres, tels que la température, les précipitations, le régime des vents et l'humidité. Le climat de la Seybouse est méditerranéen, caractérisé par une sécheresse pendant l'été (Juin à Septembre) et une période de pluie pendant la saison humide (Octobre à Mai) (Cherairia et al., 2014).

A rappeler que pour définir les climats on devra s'appuyer constamment sur les données moyennes et extrêmes. D'où peuvent se mesurer les amplitudes moyennes des températures annuelles entre le mois le plus chaud et le mois le plus froid, et amplitude des extrêmes absolues de températures quotidiennes (entre le maximum diurne et minimum nocturne) (Estienne & Godard, 1970).

IV.1.2. Stations des mesures:

Les caractéristiques climatiques (température, précipitation, humidité relative,...etc) de la zone d'étude sont obtenues à partir des données des stations météorologiques de Guelma période de (1994-2013) et d'Annaba période de (2004-2013)

Tableau 02: Coordonnées des stations météorologiques et périodes d'observation.

	Longitude	Latitude	Altitude(m)	Période d'observation
Guelma	07°28'E	36°28'N	227	1994-2013
Annaba	07°45' E	37°	50	2004-2013

IV.1.3. Facteurs climatiques:

Les facteurs climatiques dans leur ensemble permettent d'expliquer quantitativement l'intensité et la variabilité des composantes du régime hydrologique, dans le temps et dans l'espace, en interaction avec les conditions physico-géographiques de l'écoulement (**Guidoum, 2017**).

a. Température:

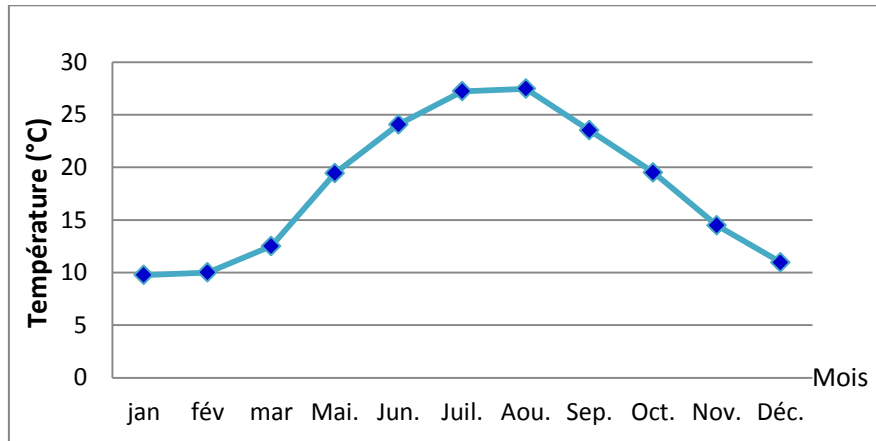
La température est l'un des facteurs les plus importants dans l'étude climatique, car elle agit directement sur le phénomène d'évapotranspiration et par conséquent le déficit d'écoulement annuel et saisonnier (**Emsalem, 1986**). Elle dépend de l'obscurité, de l'altitude, de l'exposition, de la présence d'une grande masse d'eau (l'influence des mers et des lacs sur la régulation des températures), du sol, des formations végétales en place (les végétaux amortissant les variations de températures). 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 (**Ramade, 2003**).

a.1 .Station de Guelma:

Les données des températures disponibles sont des valeurs moyennes mensuelles mesurées au niveau de la station de Guelma sur une période de 19 ans. Ces valeurs sont consignées dans le tableau, leur répartition est illustrée sur la (Figure 08).

Tableau 03: Températures moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).

Mois	Jan	Fév	Mar.	Ave.	Mai.	Jun.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T(°C)	9,76	10,00	12.52	15.00	19.46	24.07	27.22	27.47	23.52	19.51	14.48	10.97

**Figure 08:** Variation des températures moyennes mensuelles dans la station de Guelma durant la période (1994-2013).

Les températures sont variables d'une saison à l'autre avec des amplitudes parfois très importantes. Les moyennes des semestres froids (nov. – avr.) et chauds (mai.- oct.) sont respectivement 12,12 et 23,56°C (Tableau 03).

D'après la Figure 08 les plus faibles valeurs sont mesurées aux mois de janvier et février tandis que les plus fortes caractérisent les mois de juillet et août.

Les données statistiques dont nous avons fait état sont consignées dans **Annexe 01**, donne pour chaque mois de l'année les températures suivantes :

T_m moyenne de tous les maxima du mois.

T_o moyenne de tous les minima du mois.

M moyennes annuelles des températures.

Et donne les valeurs pour le mois le plus chaud et le mois le plus froid. Les résultats d'observations faites pendant 19 ans (1994-2013).

La Figure 08 donne l'évolution de la température en 1994 à 2013 selon les différents mois de l'année. Cette figure montre que :

La température moyenne annuelle est de 17,84 °C. On note que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'août (27,54°C) alors que la température la plus basse est celle du mois de janvier (9,76 °C).

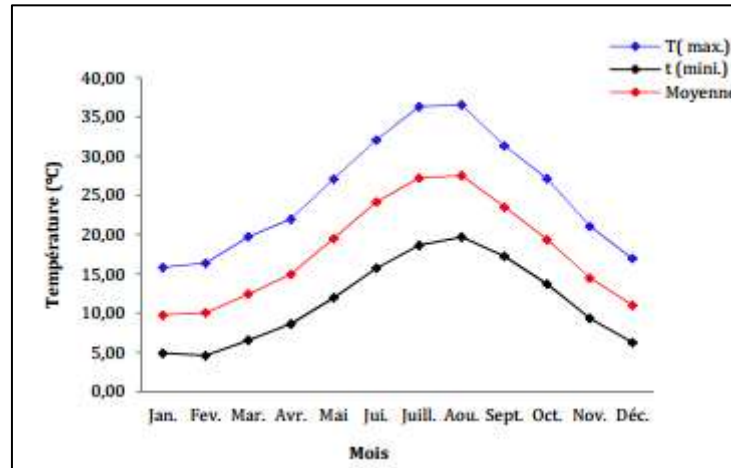


Figure 09: Courbe d'évaluation des températures de la région d'étude (années 1994-2013).

a.2. Station d'Annaba :

La température moyenne annuelle est de 17,70 °C. Le tableau 04 donne les températures moyennes mensuelles pour une période de 9 ans (2004-2013).

Tableau 04: Températures moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004 – 2013).

Mois	Jan	Fév	Mar.	Ave.	Mai.	Jun.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
T (°C)	9,76	10,00	12,52	15,00	19,46	24,07	27,22	27,47	23,52	19,51	14,48	10,97

Les températures moyennes mensuelles les plus élevées sont observées pendant la période allant de mai à octobre, avec des températures variantes de 19,46 à 27,47°C. Par contre les températures les plus basses (9,76 à 14,48°C) sont observées pendant la période hivernale (novembre à avril) avec un minimum enregistré pendant le mois de janvier 9,76°C (Figure 09).

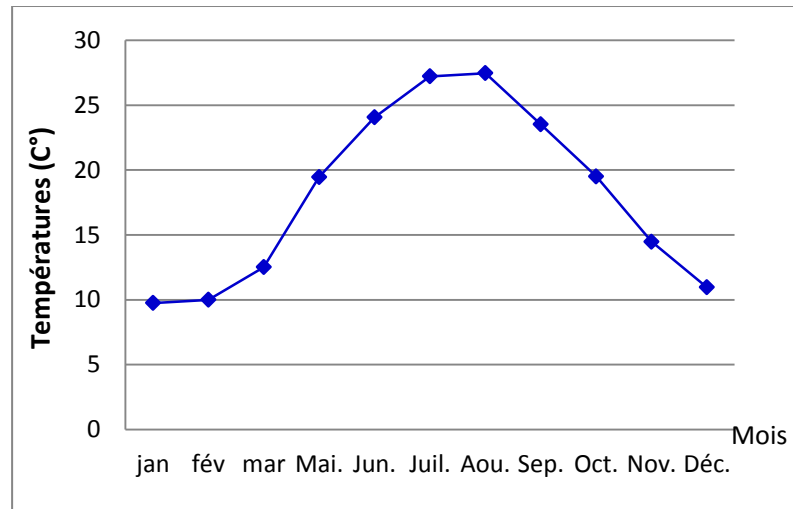


Figure 10: Variation des températures moyennes mensuelles dans la station d'Annaba durant la période (2004-2013)

D'après la Figure 10 on note que la température moyenne mensuelle la plus élevée est celle du mois d'août (25,53°C) alors que la température la plus basse est celle du mois de février (10,84 °C).

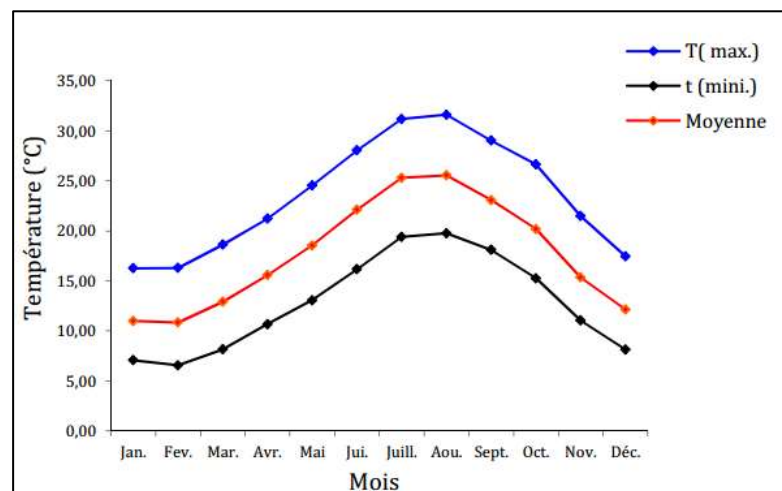


Figure 11: Courbe d'évaluation des températures de la région d'étude (années 2004-2013).

b. Précipitations:

La pluviométrie est l'une des variables climatiques fondamentales à prendre en compte pour toute étude traitant de la gestion des ressources en eau, et demeure le facteur le plus important dans la détermination de l'abondance fluviale. Elle conditionne le maintien de la répartition du tapis végétal d'une part, et la dégradation du milieu naturel par le phénomène d'érosion d'autre part (Guidoum, 2017). Nous intéresserons dans cette étude uniquement aux

précipitations liquides (pluies), qui constituent le facteur primordial dans le comportement hydrologique de la région car elles conditionnent l'écoulement saisonnier et par conséquent le régime des cours d'eau ainsi que celui des nappes aquifères (Chibani, 2009).

b.1. Station de Guelma:

b.1.1. Pluviométries moyennes mensuelles :

Les précipitations mensuelles recueillies à la station météorologique de Guelma sur une période de 19 ans (1994 - 2013) sont récapitulées dans le Tableau 05. Leur répartition est illustrée par la Figure 12. La plus forte valeur des précipitations est marquée au mois de janvier avec 98,85 mm, tandis que la plus faible caractérise le mois de juillet avec 3,09 mm.

Tableau 05: Précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Ave.	Mai.	Jun	Juil	Aou
P(mm)	49,89	41,21	71,91	74,50	98,85	71,68	64,65	66,59	44,97	15,29	3,09	16,02

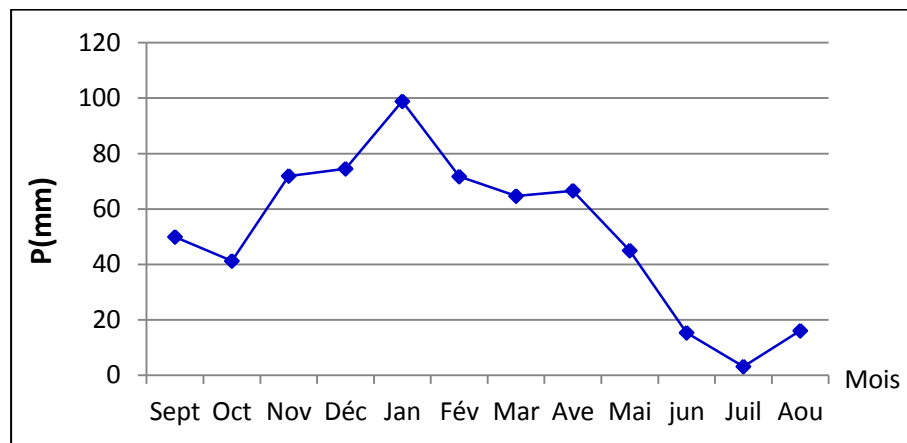


Figure 12: Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station de Guelma (1994-2013).

b.1.2. Pluviométries annuelles:

Cependant, l'analyse des variations interannuelles des précipitations montre une évolution en dents de scie dont les pics sont notés pendant les années 2002 - 2003 et 2008-2009 (938,5 mm et 894 mm respectivement) (Figure 13).

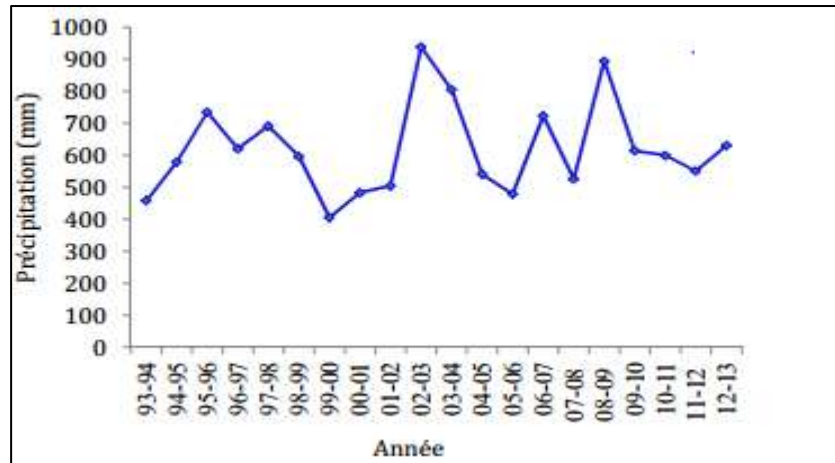


Figure 13: Variations des précipitations annuelles de la station de Guelma (1994 - 2013).

b.1.3. Pluviométries moyennes saisonnières:

Le Tableau 06 et la Figure 14 montrent que la saison hivernale est la plus pluvieuse avec une moyenne de 81,68 mm/mois, ce qui produit une dilution des éléments chimiques, tandis que l'été est sec avec une faible recharge de 11,47 mm/mois, ce qui produit une évaporation et une concentration des éléments chimiques (augmentation de la conductivité électrique).

Tableau 06: Précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Moy(mm)	54,34	81,68	58,74	11,47

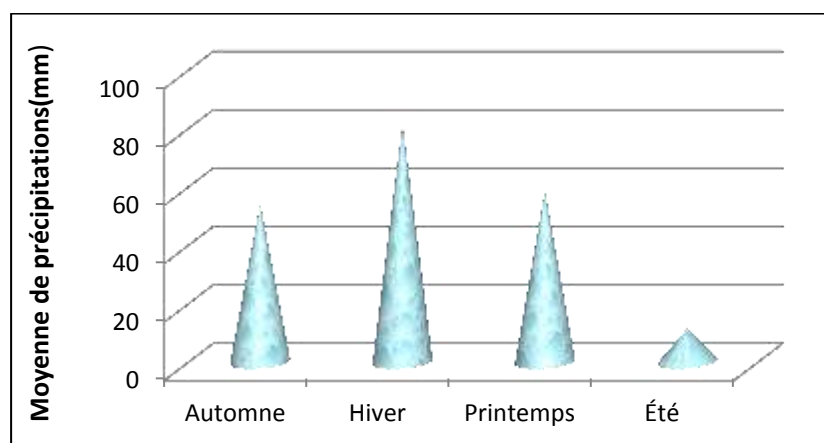


Figure 14: Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station de Guelma (1994-2013).

b.2. Station d'Annaba:**b.2.1.Pluviométries moyennes mensuelles:**

Les précipitations atteignent le maximum au mois de décembre avec une valeur de 112,46 mm et le minimum au mois de juillet avec 1,85 mm (Tableau 07, Figure 15).

Tableau 07: Précipitations moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004-2013).

Mois	Sept	Oct.	Nov.	Déc.	Jan.	Fév.	Mar.	Ave.	Mai.	Jui	Juill	Aou
P(mm)	47,65	67,44	83,40	112,46	93,43	88,89	81,94	59,14	35,92	12,50	1,85	9.37

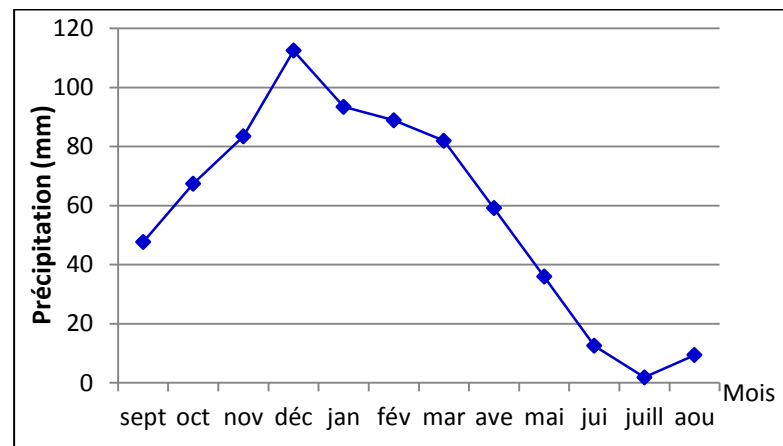


Figure 15: Variations des précipitations moyennes mensuelles de la station d'Annaba (2004-2013).

b.2.2.Pluviométries annuelles :

La pluviométrie moyenne annuelle enregistrée sur cette période est de 685,65 mm. Toutefois, la pluviométrie annuelle est très variable d'une année à l'autre. Cette variabilité interannuelle des précipitations est également caractéristique du climat méditerranéen (Figure 16). Le fort pic est noté pendant l'année 2008-2009 (1031,1 mm).

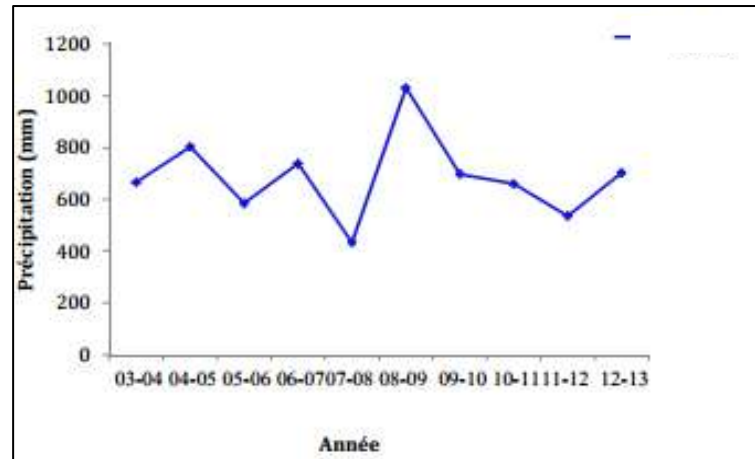


Figure 16: Variations des précipitations annuelles de la station d'Annaba (2004-2013).

b.2.3. Pluviométries moyennes saisonnières:

La pluviométrie moyenne saisonnière la plus élevée enregistrée sur la période hivernale est de 98,26 mm/mois, tandis que l'été enregistré la plus faible pluviométrie avec une moyenne de 7,91 mm/mois (Tableau 08, Figure 17).

Tableau 08: Précipitations moyennes saisonnières de la station d'Annaba (2004-2013).

Saison	Automne	Hiver	Printemps	Été
Moy (mm)	66.16	98.26	59,00	7,91

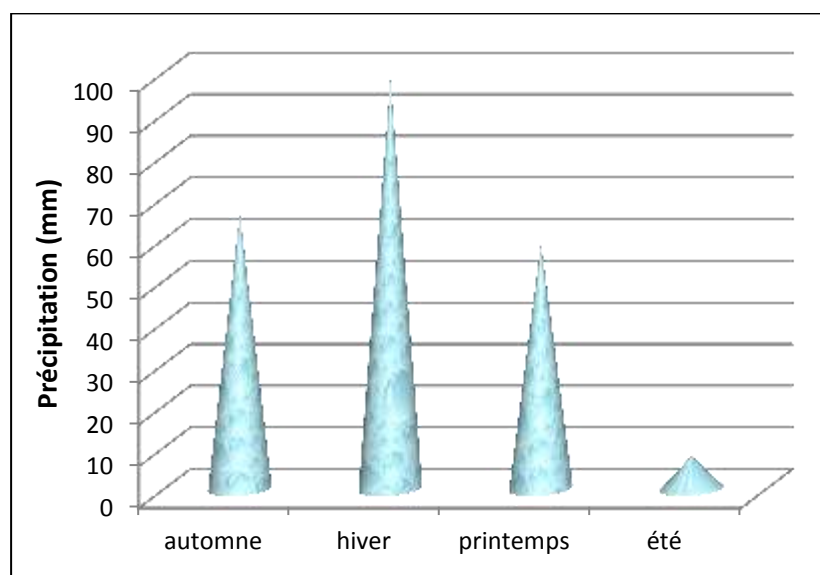


Figure 17: Variations des précipitations moyennes saisonnières de la station d'Annaba (1994-2013).

c) L'humidité :

L'humidité relative de l'air correspond au rapport de la tension de vapeur réelle observée à la tension de valeur saturante à la même température. Ce paramètre intervient comme coefficient de correction de l'évapotranspiration lorsqu'il est inférieur à 50 % (Aichour, 2009). Ce paramètre est fonction de la distance à la mer et de la présence d'une surface importante de forêt (Redaounia, 1999).

c.1. Station de Guelma :

Les données récoltées sont enregistrées dans l'Annexe 02. La moyenne de l'humidité relative dans la période allant de l'année 1994 jusqu'à l'année 2013 est de l'ordre de 68,79%. Le maximum est enregistré au mois le plus froid (janvier 76,91%) et le minimum au mois le plus chaud (juillet 55,53%). (Figure 18).

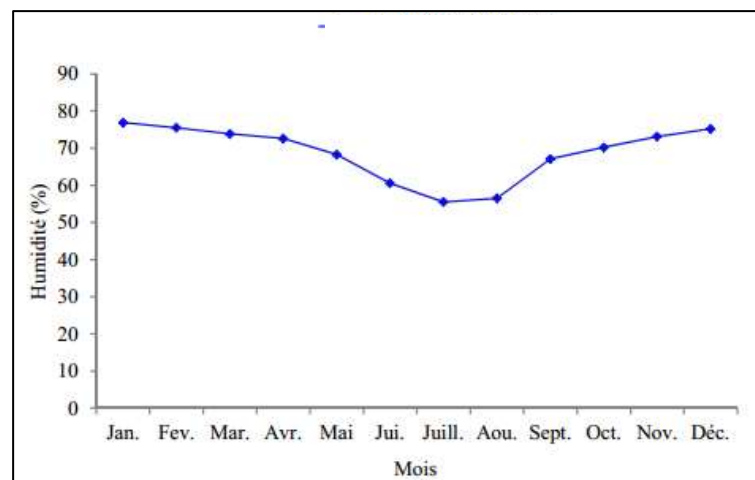


Figure 18: Evaluation mensuelle d'humidité relative de la station de Guelma (1994-2013).

c.2. Station d'Annaba :

L'humidité relative moyenne mensuelle est schématisée sur la Figure 19, d'après cette figure on remarque que le mois le plus humide est celui de janvier avec une humidité de 81,14%, par contre le mois le moins humide est celui d'août avec une valeur de 74,46%.

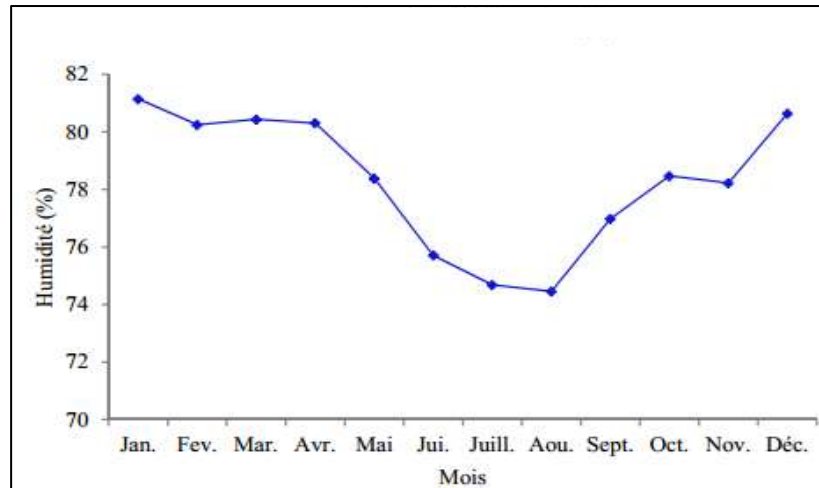


Figure 19: Evaluation mensuelle d'humidité relative de la station d'Annaba (2004-2013).

d) Le vent :

Le vent est un élément important dans la détermination du régime pluvieux, de l'évaporation et par conséquent du climat. Il joue un rôle déterminant de l'érosion, de transport et d'accumulation, ainsi que l'ensablement ; et à un degré moindre sur les températures (Aichour, 2009).

d.1.Station de Guelma :

L'analyse de la vitesse de vent a été effectuée en utilisant toutes les données encodées manuellement pour la période disponible de 19 ans (1994-2013), des observations synoptiques archivées à la Direction de la Station Météorologique de Guelma (Tableau 09)

Tableau 09: Variations moyennes mensuelles des vents à la station de Guelma (Années 1994-2013).

Mois	Jan	Fév	Mar.	Ave.	Mai.	Jun.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
V (m/s)	1.78	1.95	1.83	1.91	1.78	1.90	1.88	2.71	1.63	1.41	1.74	1.81

La vitesse moyenne annuelle est de 1,81m/s, la vitesse maximale est enregistrée en mois d'août (2,71m/s) et la vitesse minimale est notée en mois d'octobre (1,41m/s), (Figure 20).

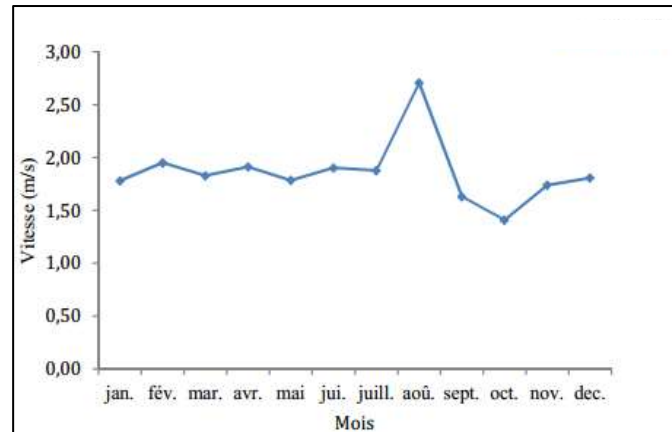


Figure 20: Variations moyennes mensuelles des vents à la station de Guelma (Années 1994-2013).

d.2. Station d'Annaba :

Les résultats des calculs de la vitesse des vents sont récapitulés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 10: Variations moyennes mensuelles des vents à la station d'Annaba (Années 2004-2013).

Mois	Jan.	Fév.	Mar.	Ave.	Mai.	Jui.	Juil.	Aou.	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
V (m/s)	3.86	4.13	3.88	3.71	3.70	3.82	4.03	3.90	3.66	3.39	3.56	3.71

D'après la figure 21 la vitesse moyenne annuelle est de 3,8 m/s, la vitesse maximale est enregistrée en février (4,13m/s) et la vitesse minimale est notée en octobre (3,39m/s).

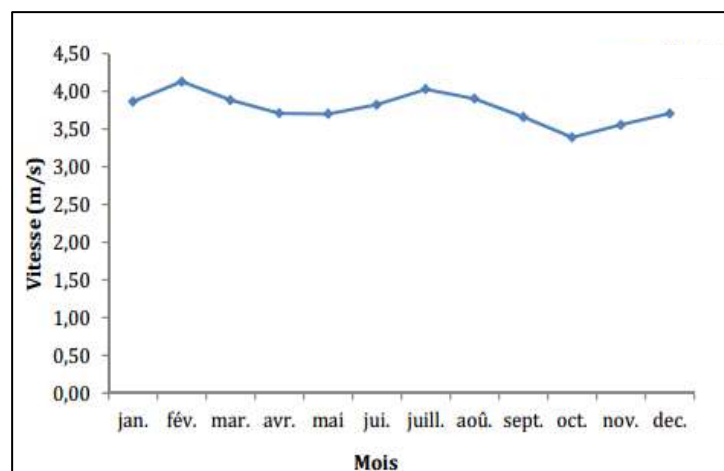


Figure 21: Variations moyennes mensuelles des vents à la station d'Annaba (Années 2004-2013).

IV.1.4.Relation température et précipitation:**IV.1.4.1.L'indice d'aridité:**

L'indice d'aridité (IA) est un indicateur quantitatif du manque d'eau à un endroit donné, la plupart sont de simples rapports hydro-thermiques fondés sur les hauteurs moyennes des précipitations et de la température (Mokhtari et al ., 2014).

a) Indice de De Martonne:

Appelé parfois indice de sécheresse de De Martonne, peut être calculé aussi mensuellement et donne une indication sur le degré de sécheresse par rapport à la demande évaporative moyenne de l'atmosphère approché par la température.

L'aridité augmente quand la valeur de l'indice diminue. Au niveau mondial, De Martonne a proposé six grands types de macroclimats allant des zones désertiques ou hyperarides ($I < 5$) aux zones humides à forêt prépondérante ($I > 40$). Les zones hyperarides sont caractérisées par des précipitations exceptionnelles (Mokhtari et al., 2014).

On va calculer cet indice (A) par la formule de De Martonne(1923).

Indice d'aridité : $I = P/T+10$

P : précipitation moyenne annuelle (mm).

T : température moyenne annuelle (C°).

Si : I est compris entre :

- 5-10 : milieu très sec.
- 10-20 : milieu semi-aride.
- 20-30 : milieu tempéré.

a.1.Station de Guelma:

P= 618,64 mm, T= 17,83°C, I= 22,23 Le résultat du calcul de l'indice de De Martonne, est conforme aux valeurs attendues pour la zone de climat tempéré.

a.2.Station d'Annaba:

P= 693,99 mm, T= 17,70°C, I= 25,05 Le résultat du calcul de l'indice de De Martonne, est conforme aux valeurs attendues pour la zone de climat tempéré

b) Indice d'aridité de BAGNOULS GAUSSEN:

Un diagramme pluvio-thermique est un type particulier de diagramme climatique représentant les variations mensuelles sur une année des températures et des précipitations selon des gradations standardisées : une gradation de l'échelle des précipitations correspond à deux gradations de l'échelle des températures ($P = 2T$). Pour mettre en évidence les périodes de sécheresses définies par une courbe des précipitations. Ces diagrammes permettent de comparer facilement les climats de différents endroits (principalement en climats méditerranéens ou tempérés) d'un coup d'œil du point de vue pluviosité. Les températures sont indiquées à gauche et les précipitations sont indiquées à droite (**De Martonne, 1950**).

b.1. Station de Guelma :

A partir des valeurs de la température moyenne mensuelle et de la précipitation moyenne mensuelle pour la période (1994-2013) (**Annexe 03**), le diagramme pluvio-thermique a été établi.

Grâce à ce diagramme (Figure 22), on peut distinguer deux saisons :

- Une saison humide s'étend depuis le mois d'octobre jusqu'à la fin d'avril.
- Une saison sèche et chaude, s'étend du mois de mai jusqu'à de mois d'août.

Nous notons que la saison sèche nous indique un déficit de précipitation, par contre la saison humide présente un excédent.

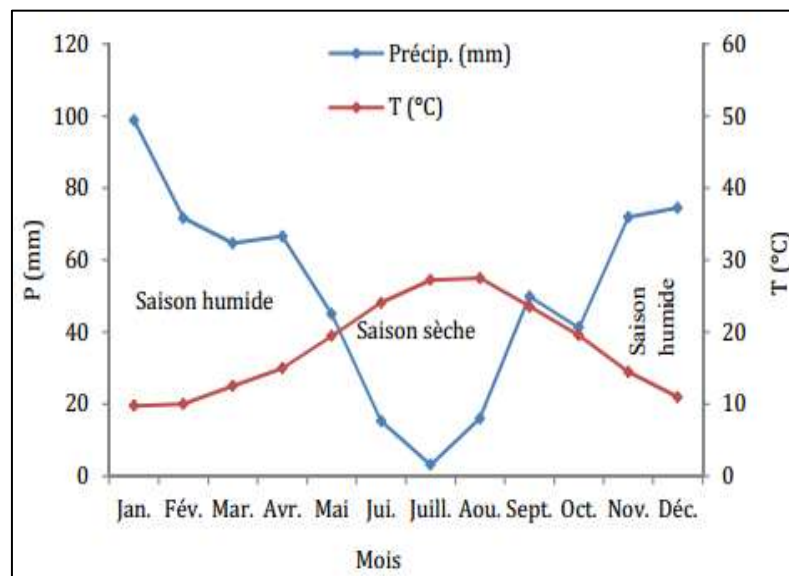


Figure 22: Régime pluvio-thermique de la région de Guelma (1994-2013).

b.2.Station d'Annaba :

Le diagramme pluviométrique (Figure 23) montre l'existence de deux saisons bien distinctes :

- Une saison sèche et chaude qui s'étale du mois de mai jusqu'au mois de septembre, marquée par une forte évaporation provoquée par l'augmentation de la température.
- Une saison humide plus longue qui s'étend du mois d'octobre jusqu'au mois de mai, caractérisée par une précipitation importante qui atteint un maximum au mois de décembre (112,46 mm).

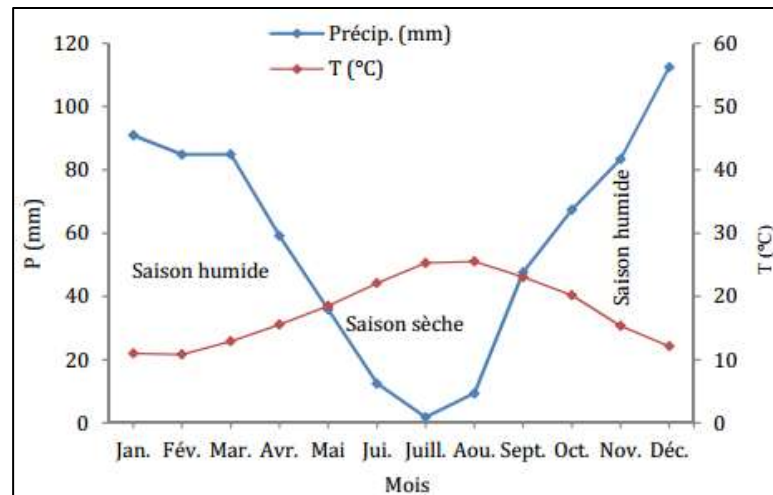


Figure 23: Régime pluvio-thermique de la région d'Annaba (2004-2013).

IV.1.4.2.Indice bioclimatique d'EMBERGER :

Parmi les indices bioclimatiques utilisés de façon traditionnelle en Afrique du Nord et ailleurs en Méditerranée, on distingue l'indice bioclimatique d'Emberger. Celui-ci prend en compte les précipitations annuelles, la moyenne des Maxima de température du mois le plus chaud (M en °C) et la moyenne des minima de température du mois le plus froid (m en °C) (Emberger, 1955). Cet indice est donné par la formule (Mokhtari et al., 2014).

$$Q2 = [2000 P / M2 - m2]$$

Où

P : Précipitation moyenne annuelle

M : moyenne des maxima du mois le plus chaud.

m : moyenne des minimum du mois le plus froid.

M et m sont exprimés dans l'expression de Stewart en ° Celsius.

M et m s'expriment en degré Celsius, Emberger a mentionné qu'un climat ne peut être caractérisé si à la valeur de Q2 ne vient pas s'ajouter celle de « m ». Les stations météorologiques de même Q2 peuvent être différenciées par leurs valeurs de « m ». Le Q2 nous a permis de localiser nos stations météorologiques sur le Climagramme d'Emberger. Cet auteur a mis au point un zonage du bioclimat méditerranéen du plus sec vers le plus humide en combinant les données climatologiques et celles de la végétation. On distingue le plus souvent les étages bioclimatiques saharien, aride, semi-aride, sub-humide et humide (**Reggam, 2015**)

Le Climagramme d'Emberger permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude.

En abscisse la moyenne des minima du mois le plus froid.

En cordonnées le quotient pluviométrique (**Q2**) d'Emberger.

a. Station de Guelma :

P= 618,64 mm

M= 37,06°C Q2= 64.40

m=4,11 °C

b. Station d'Annaba :

P= 693,99 mm

M= 31,93°C Q2= 92.91

m=6,31 °C

L'emplacement de ces indices sur le Climagramme d'Emberger, a permis de situer la région de Guelma dans l'étage bioclimatique semi-aride à hivers frais et la région d'Annaba dans l'étage bioclimatique sub-humide à hivers chaud (Figure 24).

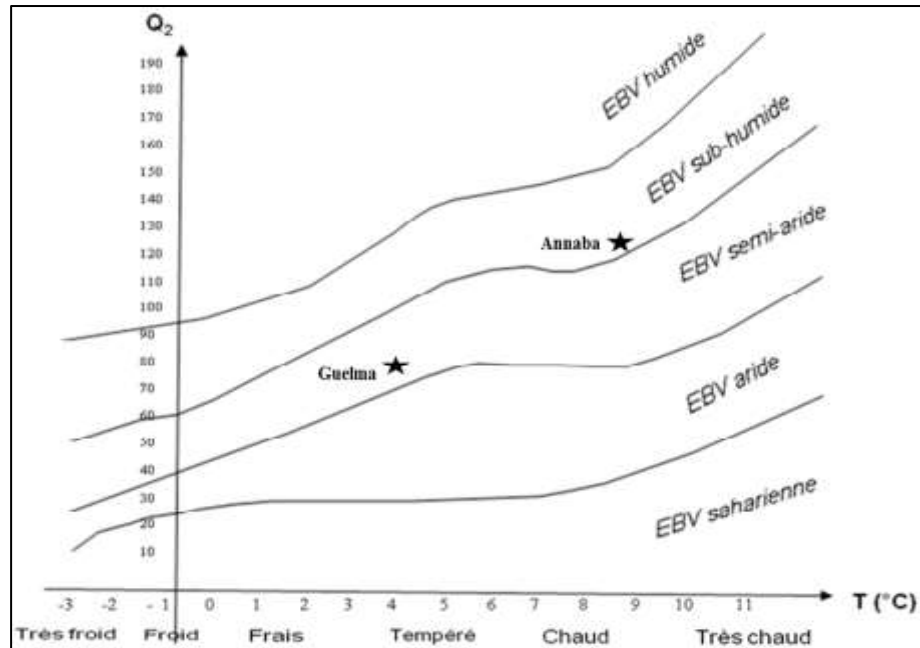


Figure 24: Climagramme d'Emberger de la région d'étude.

IV.2.Cadre hydrologique :

IV.2.1.Bilan hydrique :

Le cycle de l'eau peut être analysé thématiquement selon les trois éléments suivants :

- Les précipitations,
- le ruissellement ou écoulement de surface et l'écoulement souterrain,
- l'évaporation

L'équation du bilan hydrique se fonde sur l'équation de continuité et peut s'exprimer comme suit, pour une période et un espace donnés :

$$P = ETR + R + I$$

P : précipitations moyennes annuelles (mm).

ETR : évapotranspiration réelle moyenne annuelle (mm).

R : ruissellement moyen annuel (mm).

I : infiltration moyenne annuelle (mm).

a.Évapotranspiration selon la méthode de Thornthwaite :

L'évaporation constitue l'élément le plus important du bilan hydrologique après les précipitations. Représenté par une quantité d'eau est restituée à l'atmosphère sous forme de vapeur, l'évapotranspiration englobe l'ensemble de 02 phénomènes:

- o **L'évaporation:** c'est un phénomène physique de la transformation d'eau en vapeur d'eau, à partir d'une surface d'eau libre (mer, lac, marécage, cours d'eau,.....) et du sol.
- o **La transpiration:** la transpiration est un phénomène biologique lié à la couverture végétale, à son stade de développement et à sa nature (**Mouchara, 2009**).

On appelle évapotranspiration potentielle (ETP), exprimé en hauteur de lame ou tranche d'eau évaporée, la somme des quantités d'eau pouvant s'évaporer et transpirer sur une surface donnée et pendant une période bien définie, en considérant des apports d'eau suffisants. Pour l'estimation de l'évapotranspiration potentielle nous avons utilisé la formule de Thornthwaite qui a établi une correction entre la température moyenne mensuelle et l'évapotranspiration mensuelle, cet auteur définit d'abord un indice thermique mensuel (i), :

(**Mouchara, 2009**)

$$ETP = 16 (10T/I)^a K$$

ETP: Evapotranspiration potentielle

T: Température moyenne mensuelle

i: Indice thermique mensuel, $i = (T/5)$

I: Somme des indices thermique mensuelle,

$l = \sum i$

a : coefficient calculé par la formule ; $a = 1.6 (I/100) + 0.5$.

K : coefficient d'ajustement

Le principe de calcul du bilan hydrologique de Thornthwaite est le suivant :

- si pour un mois $P \geq ETP$ on pose que l'ETP = ETR, la quantité d'eau qui reste (P-ETR) va alimenter la RFU jusqu'à son maximum (100 m) et si elle dépasse cette valeur il y aura un excès (WS) qui va partir soit sous forme d'infiltration efficace vers la nappe, soit sous la forme de ruissellement.

- si $P < ETP$, la valeur de ETR = P + RFU, jusqu'à égalisation avec ETP. Si la RFU est nulle, il va se produire un déficit agricole $Da = ETP - ETR$, ce dernier paramètre représente alors le besoin des cultures à l'irrigation (**Reggam, 2015**).

Les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux suivants :

Tableau 11: Bilan hydrique de Thornthwaite de la station de Guelma (1994-2013).

Mois	P (mm)	T(C)	I	K	ETP (mm)	ETR (mm)	RFU (mm)	Exc	Da	BH
Sept.	49,89	23,525	10.2	1.03	109.45	49.89	0	0	59.56	-59,61
Oct.	41,21	19,511	7.7	0.97	72.94	41,21	0	0	31.73	-31,28
Nov.	71,91	14,484	4.92	0.86	37.25	37.25	34,66	0	0	34,64
Déc.	74,495	10,967	3.24	0.81	20.96	20.96	100	53.53	0	53.53
Jan.	98,85	9,761	2.72	0.87	18.16	18.16	100	80.69	0	80.69
Fév.	71,68	10,001	2.82	0.85	18.56	18.56	100	53.12	0	53.12
Mar.	64,65	12,516	3.95	1.03	34.04	34.04	100	30.61	0	30.61
Avr.	66,59	14,997	5.19	1.1	50.8	50.8	100	15.79	0	15.79
Mai	44,965	19,458	7.67	1.21	90.47	44.96	0	0	45.51	-45.51
Jui.	15,29	24,066	10.55	1.22	135.2	15.29	0	0	119.91	-119.9
Juill.	3,09	27,218	12.69	1.24	172.55	3.09	0	0	169.46	-169.5
Aou.	16,02	27,471	12.87	1.16	164.28	16.02	0	0	148.26	-148.3
Total	618,64	17,83	84.52	12.35	924.66	350.24	534.66	233.74	574.43	-305.7

Tableau 12 : Bilan hydrique de Thornthwaite de la station d'Annaba (2004-2013).

Mois	P (mm)	T(C)	i	K	ETP (mm)	ETR (mm)	RFU (mm)	Exc	Da	BH
Sept.	47.65	29.02	8.7	1.03	161,21	47,65	0	0	113,56	-113,6
Oct.	67.44	26.61	7.98	0.97	129,32	67,44	0	0	61,88	-61,88
Nov.	83.4	21.46	6.43	0.86	77,01	77,01	0	0	0	6,39
Déc.	112.46	17.45	5.23	0.81	49,47	49,47	62,99	62,99	0	62,99
Jan.	93.43	16.25	4.87	0.87	46,57	46,57	100	46.86	0	46,86
Fév.	88.89	16.28	4.88	0.85	45,66	45,66	100	43.23	0	43,23
Mar.	81.94	18.60	5.58	1.03	70,8	70,8	100	11.14	0	11.14
Avr.	59.14	21.20	6.36	1.1	96,31	96,31	100	0	0	-37,17
Mai	35.92	24.52	7.35	1.21	138,66	35,92	0	0	102,74	-102,7
Jui.	12.5	28.02	8.4	1.22	178,96	12,5	0	0	166,46	-166,5
Juill.	1.85	31.16	9.34	1.24	221,39	1,85	0	0	219,54	-219,5
Aou.	9.37	31.58	9.47	1.16	212,3	9,37	0	0	202,93	8.21
Total	693.99	282.21	84.59	12.35	1427,7	560,55	462.99	164.22	867,11	-522,5

Afin de visualiser les résultats obtenus du bilan d'eau à la station de Guelma, et d'Annaba, les représentations graphiques suivantes des données sur les Figures (25 et 26) illustrent bien la situation.

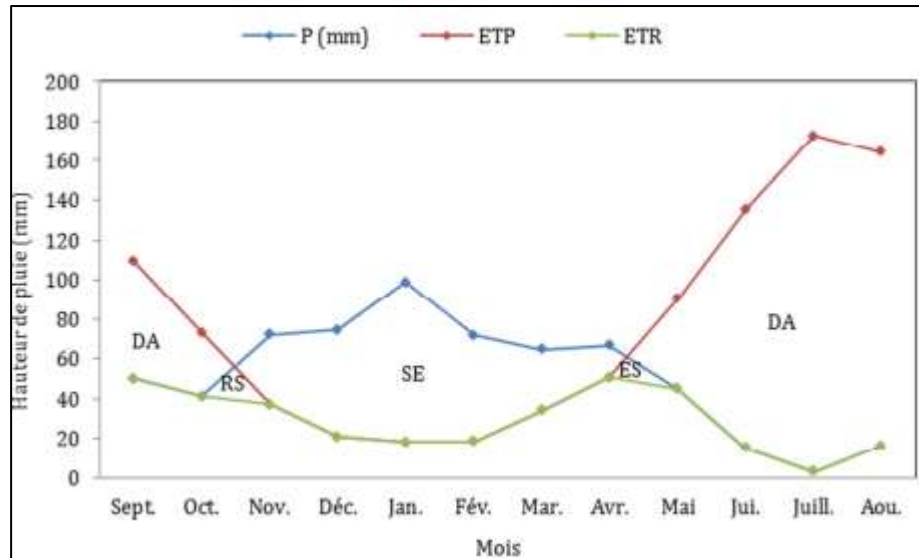


Figure 25: Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite de Guelma (1994-2013).

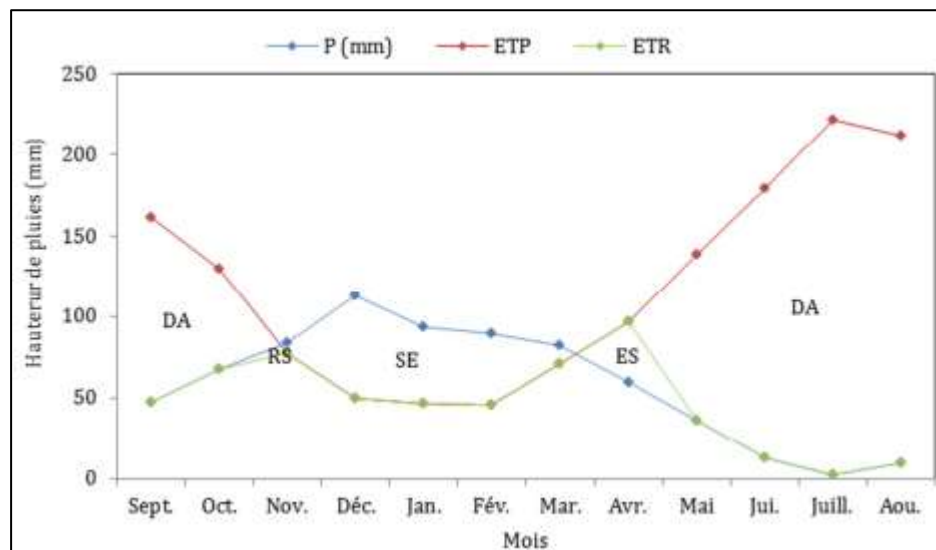


Figure 26 : Représentation graphique du bilan hydrique de Thornthwaite d'Annaba (2004-2013).

La représentation graphique du bilan d'eau selon la méthode de Thornthwaite de la station de Guelma montre que la recharge des nappes se fait en période hivernale. Un épuisement des réserves est apparent durant les mois d'avril et mai. La période déficitaire débute au mois de juin et se prolonge jusqu'en octobre, avec un maximum d'évapotranspiration de 172,55 mm au mois de juillet. Des valeurs de déficit agricole plus ou moins importantes durant cette période déficitaire, nécessitant le recours aux eaux souterraines pour satisfaire les besoins d'irrigation.

D'après le graphe du bilan d'eau de la station d'Annaba, l'évapotranspiration maximale a été observée pendant le mois de juillet avec une valeur de 221,39 mm, ce qui produit un déficit agricole de 219,54 mm, nécessitant une irrigation pour les zones de culture. Cependant, durant les mois de novembre jusqu'au mois de mars, on remarque une recharge de la nappe. Lorsque celle-ci dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir vers le ruissellement superficiel.

b. Estimation du ruissellement:

On entend par ruissellement, l'écoulement par gravité à la surface du sol, suivant la pente du terrain et dans le réseau hydrographique des eaux météoriques. Une infime partie de cette eau sera soumise à l'infiltration qui alimentera les nappes souterraines.

Pour matérialiser la valeur du ruissellement nous allons appliquer la méthode approchée de Tixeront-Berkaloff qui s'écrit ;

$$\mathbf{R = P_3/3(ETP)_2, \text{ Si } P < 600 \text{ mm/an.}}$$

Avec:

R : Ruissellement (mm)

P : Précipitations moyennes annuelles (mm).

ETP : Evapotranspiration potentielle (mm/an) (Selon Thornthwaite).

$$\mathbf{R = P_3/ 3, \text{ Si } P > 600 \text{ mm/an.}}$$

Avec:

R : Ruissellement (m).

P : Précipitations moyennes annuelles (m)

b.1.Station de Guelma:

$$P= 618,64 \text{ (mm)} \quad \mathbf{R= 78,92 \text{ (mm)}}$$

b.2.Station d'Annaba:

$$P= 693,66 \text{ (mm)} \quad \mathbf{R= 112,54 \text{ (mm)}}$$

c.Estimation de l'infiltration:

La formule générale du bilan hydrique donne l'égalité des apports et des pertes évaluées sur les grandes périodes.

On a le bilan global:

$$P = R + I + ETR$$

Donc:

$$I = P - R - ETR$$

Où :

P : Précipitation moyennes mensuelles (mm/an)

R : Ruissellement (mm/an)

I : Infiltration (mm/an)

Si $I > 0$: Les entrée sont supérieures aux sorties.

Si $I < 0$: Les entrée sont inférieures aux sorties.

c.1.Station de Guelma:

P= 618, 64 (mm), ETR= 350,24 mm , R= 78,92 (mm) **I= 189,48 mm**

c.2.Station d'Annaba:

P= 693,66 (mm), ETR= 560,55 mm, R= 112,54 (mm) **I= 20,57 mm.**

Partie II

Etude hydro-chimique

Chapitre III :

Matériel et Méthodes

I. Introduction:

La composition chimique d'une eau est indispensable pour la détermination de sa qualité et du domaine de son utilisation. Au cours des dernières décennies, suite au développement urbain anarchique, les activités industrielles et agricoles, les eaux des bassins de la plupart des cours d'eau et aquifères du monde y compris ceux de l'Algérie ont vu leur qualité se dégrader (**Gueroui, 2015**). Différents contaminants (chimique, organique ainsi que des éléments de trace) atteignent ces milieux aquatiques constituant un problème majeur sur la santé publique de même sur l'environnement. En vue de l'importance socio-économique de l'oued Seybouse la qualité de ces eaux peut être influencée par l'apport continu des différents rejets domestiques, agricole et industrielle provenant des activités anthropiques installées tous le long de ces rives.

Cette étude est basée sur des analyses effectuées le long de L'oued Seybouse et ses affluents. L'interprétation des résultats a pour but de la connaissance de base de la qualité de ses eaux, effectuées des comparaisons spatio-temporelle des éléments chimiques et mettre en évidence les sources de pollution.

I.1. Qualité de l'eau:

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur une étude expérimentale consiste à effectuer des analyses physicochimiques (mesure de température, pH, les éléments majeures et mineures..) ainsi que des analyses bactériologiques : population bactérienne totale, les germes de tests de contamination fécale, la présence ou l'absence des germes pathogènes (**Rejsek, 2002**).

La chaine Prélèvement-échantillonnage-conservation-analyses doit être cohérente afin de maintenir l'intégrité de l'eau à étudier (**Alain & Roger, 2004**).

I.1.1.Echantillonnage:

I.1.1.1.Stations et période de prélèvement:

Le choix des stations de prélèvements se réaliserait en fonction de certains nombres de facteurs : La présence ou l'absence des activités industrielles, agricoles, ou bien des rejets domestiques autour des stations d'étude. Aussi elles sont différentes sur le plan morphométrique (largeur, profondeur et longueur), de la nature du substrat (argileux, sableux...), leur équidistance par rapport aux habitats (densité démographique forte, moyenne

ou faible). Pour les analyses physico-chimiques neuf stations (S1 à S9) qui ont été choisies de l'amont vers l'aval selon la carte (Figure 27, Tableau 13) ci-dessous.

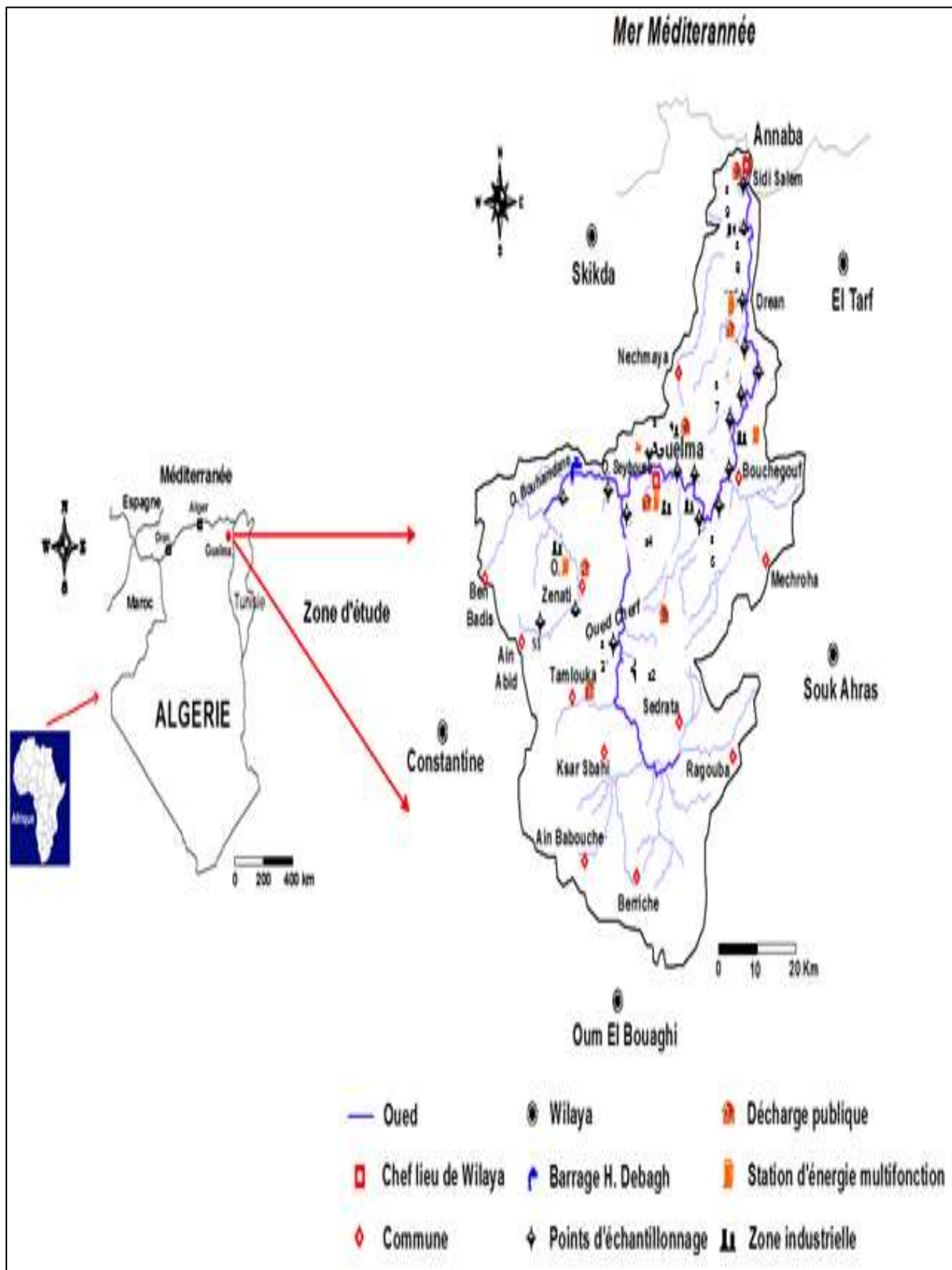


Figure 27: La localisation des stations de prélèvements dans le bassin de la Seybouse. (Travail personnelle).

Tableau 13: Caractéristiques morpho dynamique moyenne des stations de prélèvements des analyses Physico-chimique.

Stations	Code	Coordonnées GPS	Altitude(m)	Types de cours d'eau	Nombre des échantillons	profondeur (cm)	Largeur de l'eau (cm)
Oued zenati 1	S1	36°17.320'N 007°09.099'E	643	affluent	12	70 cm	552 cm
Oued Chenior	S2	36°14.878' N 007°20.615' E	607	affluent	12	60 cm	305 cm
Oued cherf(amont)	S3	36°.14.389' N 007°18.673'E	596	affluent	12	45cm	2135 cm
Oued bouhmden(aval)	S4	36°26,604 N 007°18,630 E	256	Axe de drainage	12	60 cm	815 cm
Guelma	S5	36°29,095 N 007°26,320 E	192	Axe de drainage	12	100 cm	746 cm
Bouchgouf	S6	36°28,778 N 007°42,836 E	90	Axe de drainage	12	45 cm	2964 cm
Chihani 1	S7	36°37,503 N 007°47,395 E	34	Axe de drainage	12	130 cm	2425 cm
Deran 2	S8	36°40,996 N 007°45,514 E	28	Axe de drainage	12	90 cm	1815 cm
Sidi Salem	S9	36°51,684 N 007°46,069 E	5	Axe de drainage	12	190 cm ou 200 cm	6125 cm

Pour atteindre notre Objectif nous avons effectué 12 campagnes de prélèvements sur une période de 12 mois entre Mars 2015- Février 2016 ; les prélèvements ont été effectués sur neuf stations (Tableau 13) le long d Oued Seybouse et ses principaux affluents. Les analyses ont été portées sur 21 paramètres chimiques sont : températures, pH, conductivité, oxygène dissous, salinité, les éléments majeurs, les éléments nutritifs et les indices de pollution organique (**Rodier, 1984 ;Rejsek, 2002**) ; ils ont été effectués dans le laboratoire de DRA/SIDER.

I.1.1.2.Matériel de Prélèvement:

Le prélèvement correspondant à la prise d'un certain volume représentatif du milieu, et l'échantillonnage qui consiste à soutirer des fractions du prélèvement sont des étapes importantes (**Rodier, 2009**) ; car la qualité du rapport final rédigé par un laboratoire et l'interprétation sera influencée par la qualité de l'échantillon prélevé (**Lightfoot, 2002**). En fonction de la nature des eaux analysées et celle des paramètres mesurés, les normes fixent

des conditions à respecter. L'objectif est d'obtenir un échantillon aussi représentatif que possible de l'eau à examiner, sans contaminer ni modifier l'échantillon. Des précautions doivent être prises (**Rejsek, 2002**). Les échantillons d'eau pour les analyses physico-chimique ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique, préalablement rincées par l'eau de la station.

I.1.1.3. Mode de Prélèvement:

Le mode de prélèvement se varie suivant l'origine de l'eau. Dans le cas d'une rivière, la bouteille est plongée à une certaine distance du fond (50 cm) et de la surface, assez loin des rives ainsi que des obstacles naturels ou artificiels, en dehors des zones mortes ou des remous, et en évitant la remise en suspension des dépôts (**Rodier, 2009**).

Durant les prélèvements destinés aux analyses physico-chimique, les flacons sont rincés trois fois avec de l'eau à analyser puis remplis jusqu'au bord. Le bouchant est placé de telle manière à ce qu'il n'y ait aucune bulle d'air et qu'il ne soit pas éjecté au cours du transport.

I.1.1.4. Transport et conservation au laboratoire:

Afin de faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant l'erreur, il est essentiel que chaque échantillon soit clairement étiqueté immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables et accompagnées d'informations suffisantes concernant l'échantillon (date, numéro de station...etc.).

Les prélèvements sont transportés dans des glaciers dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions (**Rejsek, 2002**). Pour des analyses physico-chimique les échantillons peuvent être conservés de 8 jours à 1 mois après le prélèvement on était congelé à - 20° C (**Ranchetj et al ., 1980**).

I.1.2 Méthode d'analyse:

L'étude de la qualité physico-chimique des eaux de surface est basée sur la mesure de certains paramètres considérés comme des paramètres de base qui nous permettent de classer ces eaux en eau polluée ou non. Chaque paramètre est déterminé une limite de qualité, qui fixe une valeur dans un intervalle à ne pas dépasser.

Avant d'entamer l'interprétation des résultats, nous essayons à travers un aperçu de donner les méthodes analytiques utilisées lors de la partie expérimentale de notre travail qui sont résumées dans le Tableau 14.

Tableau 14 : Les différents paramètres physico-chimiques mesurés et les méthodes d'analyse suivi pour chaque paramètre.

Paramètres	Unité	Méthodes d'analyse
Turbidité	NTU	Turbidimètre du type : HACH 2100N
Paramètres in situ : <ul style="list-style-type: none"> • Température • Concentration en ions hydrogène • Conductivité électrique • Oxygène dissous • Salinité 	°C Unité pH μS/cm à 20 °C mg O ₂ /l -	<ul style="list-style-type: none"> • Multi paramètre portatif du type WTW
Les paramètres de pollution : <ul style="list-style-type: none"> • Demande chimique en oxygène (DCO) • Demande Biologique en Oxygène (DBO₅) • Matière en suspension (MES) 	mg/l mg/l dans 5 jrs mg/l	<ul style="list-style-type: none"> • méthode d'oxydation au bichromate de potassium • Méthode Manométrique • Par Filtration (AFNOR N° 90-105-2)
Les éléments majeurs : A. Les cations : <ul style="list-style-type: none"> • Calcium • Magnésium • Sodium • Potassium • Bicarbonate 	mg/l en CaCO ₃ mg/l de Mg ²⁺ mg/l mg/l mg/l	<ul style="list-style-type: none"> • La Titrimétrie : HCO₃⁻ Ca⁺. • Par calcule : Mg⁺ • spectrophotométrie d'émission de flamme : Na⁺, K⁺ .
B. Les Anions <ul style="list-style-type: none"> ❖ Chlorure ❖ Nitrate ❖ Nitrite ❖ Ammonium ❖ Phosphore ❖ Orthophosphate ❖ Sulfate 	mg/l mg/l de NO ₃ mg/l NO ₂ ⁻ mg/l mg/l mg/l	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Méthode Colorimétrique. Pour: NO₃⁻, NO₄⁻, NH₄⁺, P, PO₄⁻. ❖ Method Néphélométrique: SO₄⁻ ❖ Method Argentrimétrique: Cl⁻

	mg/l mg/l	
Matière Organique	mg/l en O2	<ul style="list-style-type: none"> Méthode d'oxydabilité au KMnO_4 « méthode à chaud »

I.1.2.1. Paramètres organoleptique:

A. Turbidité:

C'est un paramètre, qui varie en fonction des composés colloïdaux (argiles) ou aux acides humiques (dégradation des végétaux) mais aussi des pollutions qui troublent l'eau. On mesure la résistance qu'elle oppose par l'eau au passage de la lumière pour lui donner une valeur. La mesure est effectuée avec un turbidimètre appelé aussi néphélomètre du type: 2100N. Cette méthode est basée sur la mesure de l'absorption de la lumière par l'eau (SEQ-EAU, 2003). Une importante turbidité de l'eau entraîne une réduction de sa transparence qui réduit la pénétration du rayonnement solaire utile à la vie aquatique (photosynthèse). Elle est exprimée en: NTU (Nephelométrique Turbidity Unit) (Rodier, 2009).

Tableau 15 : le classement de l'eau selon leur turbidité (NTU).

Valeur de turbidité	Aspect d'eau
NTU < 5	eau claire
NTU < 30	eau légèrement trouble
NTU > 50	Eau trouble

I.1.2.2 . Les paramètres *in situ*:

Il s'agit des paramètres mesurés sur site sont des paramètres physiques (Température, pH, Conductivité électrique, salinité...) pouvant donner des premières indications sur la qualité de l'eau. Ils ont été effectués à l'aide d'un multi-paramètre du type WTW.



Figure 28 : Multi-paramètre portable utilisé pour les mesures *in situ*.

A. Température:

C'est une caractéristique physique importante, elle joue un rôle dans la solubilité des sels et surtout des gaz, dans la détermination du pH pour la connaissance de l'origine de l'eau des mélanges éventuels. Sa mesure est nécessaire pour accéder à la détermination du champ de densité et des courants. D'une façon générale, la température des eaux superficielles est influencée par la température de l'air et ceci d'autant plus que leur origine est moins profond (**Hamed *et al.*, 2012**). Leur élévation s'accompagne d'une diminution de la densité, d'une réduction de la viscosité et une diminution de la solubilité des gaz, comme elle favorise l'autoépuration (**Loup, 1974**).

La mesure de la température a été effectuée sur le terrain à l'aide d'un multi paramètres portable du type WTW, nous lisons directement la température exprimée en degré Celsius (C°). Le Tableau 16 ci-dessous présente la grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température.

Tableau 16: Grille d'appréciation de la qualité de l'eau en fonction de la température (**Monod, 1989**).

Température	Qualité
< 20 °C	Normale
20 °C à 22 °C	Bonne
22 °C à 25 °C	Moyenne
25 °C à 30 °C	Médiocre
> 30 °C	Mauvaise

B. pH:

Le potentiel d'hydrogène, est une mesure de l'acidité de l'eau c'est -à-dire de la concentration en ions d'hydrogène (H⁺). L'échelle des pH s'étend en pratique de 0 (très acide) à 14 (très alcalin). Plusieurs paramètres peuvent influencer le pH tels que la température et les phénomènes biologiques (photosynthèse et dégradation de la matière organique). Le pH des eaux liées à la nature des terrains traversés. Habituellement il varie entre 7,2 et 7,6 (**Bremond & Vuichard, 1973**). A son Toure il peut influencer d'autre composant chimique dans l'eau et les rendre plus ou moins toxique comme le cas des pH faibles (eaux acides) augmente notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Des pH élevés augmentent les concentrations d'ammoniac toxique pour les poissons (**De Villers et al ., 2005**).

Nous avons mesuré le pH par un multi-paramètre du type WTW qui affiche directement la valeur du pH.

Tableau 17 : Classifications des eaux d'après leur pH.

pH	Nature de l'eau
pH < 5	Acidité forte : présence d'acides minéraux ou organiques dans les eaux naturelles
pH = 7	pH neutre
7 < pH < 8	Neutralité approchée: majorité des eaux de surface
5.5 < pH < 8	Majorité des eaux souterraines
pH > 8	Alcalinité forte, évaporation intense

C. Conductivité électriques:

La conductivité électrique de l'eau donne une indication sur la minéralisation globale de cette eau. Autrement dite: la conductivité est liée à la présence d'ions en solution, elle dépend de la nature des ions dissous et leurs concentration (**De Villers et al., 2005**). Ainsi qu'elle dépend avant tout de la nature géochimique des formations aquifères en particulier les substances rendues solubles par l'altération des roches. D'après Rejsek (2002), la température et la viscosité influent également sur la conductivité car la mobilité des ions augmente avec l'augmentation de la température et diminue avec celle de la viscosité. La conductivité des eaux s'exprime en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S/cm}$) (**Detay, 1993**).

La mesure est effectuée sur le terrain par un multi-paramètre portatif du type WTW, nous plongeons la sonde de l'appareil dans l'eau à analyser. Le tableau 18 au-dessous présente la relation entre la conductivité électrique et la minéralisation globale.

Tableau 18: Relation entre la minéralisation et la conductivité électrique (**Rodier et al**., 1984).

Conductivité électrique	Taux de minéralisation
CE < 100 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation très faible
100 < C.E < 200 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation faible
200 < C.E < 333 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne
333 < C.E < 666 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation moyenne accentuée
666 < C.E < 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation importante
C.E > 1000 $\mu\text{s/cm}$	Minéralisation élevée

D. oxygène dissous:

La présence de l'oxygène dans l'eau résulte d'une diffusion à partir de l'air au niveau de la surface et surtout de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques, notamment des algues du phytoplancton. Il est présent dans l'eau sous forme dissoute ou gazeuse. A une température et une pression données, il existe une quantité maximale d'oxygène sous forme dissoute. C'est la teneur en oxygène pour laquelle l'eau est saturée à 100% (**Mouchara, 2009**). L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques, mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène (**SEQ-EAU, 2003**). La mesure est effectuée sur le terrain par un multi-paramètre WTW portatif, nous plongeons la sonde de l'appareil dans l'eau à analyser.

Tableau 19: Le classement des eaux selon le taux d'oxygène dissous d'après la grille de l'agence du bassin Adour Garonne (**ANRH, 2001**).

Classe	Oxygène dissous (mg/l)	Qualité des eaux
1A	>7mg/l	Normal
1B	5-7	Bonne
2	3-5	Moyenne
3	<3 mg/l	Médiocre

E. Salinité:

Dans la plupart des rivières, le risque d'une salinité excessive due à la présence de chlorure de sodium et en particulier lorsque l'irrigation est pratiquée à grande échelle, il y a un réel danger que la salinité soit trop forte et l'eau pourrait devenir impropre à l'irrigation. La mesure est effectuée *in situ* par le même multi paramètre (Reggam, 2015).

I.1.2.3. Les paramètres de pollution Organique:

Parmi les analyses utilisées pour mesurer la pollution organique des eaux ou d'effluents, 3 sont très couramment effectuées:

A. La demande biochimique en oxygène (DBO₅):

Les phénomènes d'auto-épuration dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO₅, donc elle exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation de la matière organique biodégradable d'une eau par le développement de micro-organisme. En effet, à 20° C et dans l'obscurité la dégradation des matières organiques commence immédiatement. Elle est exprimée en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C (Chaoui, 2007).

❖ Mode opératoire :

Mesurer 97 ml d'eau à analyser et verser le dans les flacons propre (OxiTop®IS 1); puis introduire l'agitateur magnétique dans chaque bouteille. Ajouter une pincée de l'allyle thio-urée et mettre 2 pastilles d'hydroxyde de potassium (NaOH) dans chaque bouchon intérieur (noir) avec deux pincettes, visser sans fermer hermétiquement le bouchon, mettre sur le système d'agitation à 20 °C laisser s'établir l'équilibre pendant 30 mn et fermer hermétiquement le bouchon, relever les valeurs après 5 jours (CREPA, 2007).

La valeur réelle est calculée comme suit

$$\text{DBO}_5 \text{ (mgO}_2\text{/l)} = \text{Valeur lue} * \text{facteur}$$

Tableau 20: Facteur de conversion de la DBO₅ en fonction du volume de prise.

Portée de mesure	Quantité	Facteur
0 – 40	432 ml	1
0 – 80	365 ml	2

0 – 200	250 ml	5
0 – 400	164 ml	10
0 – 800	97 ml	20
0 – 2000	43.5 ml	50
0 – 4000	22.7 ml	100

B .La demande chimique en oxygène (DCO):

La demande chimique en oxygène (DCO) est la quantité d'oxygène consommée par les matières oxydantes présentes dans l'eau quelles que soit leur origine organique ou minérale. Elle s'exprime en milligramme par litre (mg/l) d'oxygène (SEQ-EAU, 2003). L'oxydation est réalisée ici par un réactif ayant un pouvoir d'oxydation puissant (le permanganate de potassium à chaud en milieu acide). La quantité de réactif consommé pour l'oxydation des matières organiques présentes, rapportée en mg/l d'oxygène, correspond à la DCO.

❖ Mode opératoire:

Homogénéiser l'échantillon si besoin est et introduire dans l'ordre, dans un ballon de 250 ml

- 10 ml d'échantillon à l'aide de l'éprouvette; rincer l'éprouvette d'un jet de pissette d'eau distillée, transvaser les eaux de lavage dans le ballon;
- Quelques billes de verre ou équivalent ;
- Une pincée de sulfate mercurique, environ 0.4 g;
- 5 ml de dichromate à la pipette;
- 15 ml d'acide sulfurique concentré (dangereux), à l'aide d'une éprouvette ; procéder à cette opération avec précaution et en agitant doucement le vase d'un mouvement circulaire.

Il est souhaitable de poser au cours de toute l'opération le ballon sur un lit de glace afin d'éviter que le dégagement de chaleur n'entraîne la disparition des matières volatiles. (On peut éventuellement refroidir le ballon sous l'eau du robinet) (CREPA, 2007).

- Relier le réfrigérant au ballon et l'alimenter avec l'eau du robinet ;
- Porter à ébullition sous reflux pendant 2 h ; l'ébullition doit être régulière, sans soubresauts ni excès ;
- Laisser refroidir le ballon ;
- Entraîner au fond du ballon, par un jet de pissette, les dépôts qui se sont formés sur la paroi interne ;

- Retirer le ballon du dispositif de chauffage et du réfrigérant ;
- Compléter à environ 75 ml avec de l'eau distillée et laisser refroidir à la température ambiante (**CREPA, 2007**).

❖ **Dosage :**

- Transvaser le contenu du ballon dans un erlenmeyer de 250 ml;
- Rincer le ballon avec le minimum d'eau distillée et joindre les eaux de lavage au mélange ;
- Introduire quelques gouttes de ferroïne dans l'erlenmeyer ;
- Titrer par la solution ferreuse jusqu'à ce que la coloration bleu vert passe au brun rouge.

Soit V_e le volume de solution ferreuse utilisée. (**CREPA, 2007**).

❖ **Expression des résultats :**

La DCO exprimée en mg/l est donnée par la formule :

$$\text{DCO mg/l} = \frac{800 \cdot N1 \cdot (VB - Ve)}{V0}$$

Avec : VB = volume de solution ferreuse utilisé pour l'essai à blanc.

V_e = volume de solution ferreuse utilisé pour l'échantillon.

V_0 = volume de la prise d'essai.

N_1 = normalité de la solution ferreuse (**CREPA, 2007**).

B.1.Le rapport DCO/DBO5:

Permet d'évaluer la biodégradabilité d'une eau usée, c'est à dire la faculté de la transformation de la matière organique en matière minérale, admissible par le milieu naturel. Selon la valeur de ce rapport les eaux peuvent être classées en trois catégories (**Jowett, 1980**).

- Pour les eaux originaires d'un effluent à dominante domestique, ce rapport est généralement compris entre 2 et 3;
- Pour les effluents originaires des industries agroalimentaires, il varie entre 1,5 et 2, ce qui traduit une meilleure biodégradabilité;
- Enfin, lorsqu'il est supérieur à 3 cela traduit l'apport d'un effluent industriel plus ou moins difficilement biodégradable.

C .Matière en suspension(MES):

La teneur et la composition minérale et organique des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eaux sable, boues, particules organiques, planctons (**Ferkech, 2009**). A ces composés s'ajoutent les microorganismes tels que les bactéries, les virus, les algues ; ces substances sont responsables en particulier de la turbidité et de la couleur de l'eau. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés, de la saison, de la pluviométrie (**Hamdi et al., 2012**)

❖ Mode opératoire:

La détermination des matières en suspension dans les eaux se fait par la filtration selon les étapes suivantes:

1re étape: sécher la membrane de filtration dans un étuve à 105°C et peser après le passage au dessiccateur(P0).

2e étape: mètre la membrane sur la rampe à filtration sous vide et ajouter 200ml d'eau à analyser.

3e étape : après la filtration, sécher la membrane à 105°C pendant 20 minutes, laisser refroidir au dessiccateur puis peser une 2eme fois(P1) (AFNOR N° 90-105-2)(*in* **Reggam, 2015**).

$$\text{MES} = (P1 - P0) \times 100 / V$$

I.1.2.4.Les éléments majeurs:

A. Paramètres de minéralisation globale (Les cations):

A.1. Calcium (Ca²⁺):

Le calcium est un métal alcalino-terreux extrêmement répandu dans la nature et en particulier dans les roches sous forme des carbonates, composant majeurs de la dureté de l'eau. Sa teneur est liée directement à la nature géologique des terrains traversés(Les terrains calcaires donneront une eau riche en calcium). Il existe surtout à l'état d'hydrogénocarbonates et en quantité moindre, sous forme de sulfates, de chlorures, etc... (**Rodier, 1996**). La présence des ions de calcium dans l'eau est liée principalement à deux origines naturelles, soit la dissolution de formations gypseuses CaSO₄ et la dissolution des formations carbonatées CaCO₃ (**Saadali, 2007**).

❖ **Mode opératoire:**

Méthode titrimétrie à l'EDTA:

A l'aide d'une pipette, introduire 50 ml d'eau à analyser dans une fiole conique de 250ml. Ajouter 3 ml de la solution d'hydroxyde de sodium et 2 à 3 gouttes de la solution de bleu d'ériochrome. La solution doit se colorer en rouge foncé ou violet. Titrer immédiatement avec l'EDTA jusqu'au virage du violet au bleu.

❖ **Expression des résultats:**

La concentration de calcium, en mg/l est donnée par la formule suivante :

$$[Ca^{2+}] = V \text{ EDTA} \times N \times 20/E \times 1000.$$

$$N = 1/50.$$

E= volume en ml de la prise d'essai.

A.2. Magnésium (Mg²⁺):

Le magnésium est l'un des éléments les plus répondu dans la nature, il constituer environs 2.1% de l'écorce terrestre. La plus part de ses sels sont solubles dans l'eau (**Rodier, 1996**). Il constituer un élément significatif de la dureté de l'eau.

❖ **Détermination de Mg²⁺:**

Le Magnésium est estimé par la différence entre le calcium et la dureté exprimés en CaCO₃ mg /l (**Rodier, 2005**).

$$[TH] = [Mg^{2+}] + [Ca^{2+}]$$

$$[Mg^{2+}] = [TH] - [Ca^{2+}]$$

A.3. Bicarbonate (HCO₃⁻) :

La présence des bicarbonates dans l'eau est due à la dissolution des formations carbonatées (cipolin, calcaire) par des eaux chargées en gaz carbonique. La concentration des bicarbonates est calculée selon la relation suivante (**Rodier, 1996**):

$$[HCO_3^-] = TAC (F^\circ) \times 12.2$$

$$1F^\circ = 10 \text{ mg /l}$$

A.4. Potassium (K⁺) et le sodium (Na⁺):

A.4.1. Potassium (K⁺):

Le potassium peut provenir soit de l'altération des formations silicatées (gneiss, schiste), soit des argiles potassiques et de la dissolution des engrais chimiques (NPK), sa présence à peu près constante dans les eaux naturelles ne dépasse pas habituellement 10 à 15 mg/l (Rodier, 2005).

A.4.2. Sodium (Na⁺):

Le sodium est un élément constant de l'eau, toutefois, les concentrations peuvent être extrêmement variables allant de quelques dizaines de milligrammes à 500 mg/l et même au-delà (Rodier, 2005). Pour des doses admissibles de sodium dans l'eau, il faut qu'il ne dépasse pas les 200mg/l ; ce pendant les eaux trop chargées en sodium deviennent saumâtres et prennent un goût désagréable (Hamed et al., 2012).

❖ Dosage de (K⁺) et (Na⁺):

Le sodium et le potassium sont dosés par spectrophotométrie d'émission de flamme. Lorsque les atomes d'un élément sont excités par une flamme, ils émettent des photons de longueur d'onde déterminée dont l'intensité peut être mesurée par spectrophotométrie (Rodier, 1984).

❖ $(V' - 0,5) \times 10$ Exprime le titre alcalimétrique complet en mg/l.

B. Les éléments consternants indésirables (Les Anions):

B.1. Chlorure (Cl⁻):

Le chlorure est un sel mobile, non toxique, très répandu dans la nature sous forme de sels de sodium (NaCl), de potassium (KCl), et de calcium (CaCl₂). La présence de chlorures dans les eaux naturelles peut être attribuée à la nature des terrains traversés, à la pénétration de l'eau de mer dans les régions côtières, de manière naturelle ou par intervention humaine par pompage excessif, à la pollution provenant des rejets urbains et industriels (Chaoui, 2007). Il faut également prendre en compte les teneurs en chlorures lorsqu'on évalue la toxicité des nitrites à l'égard de la faune piscicole. À fortes concentrations (>200 mg/l Cl⁻), les chlorures sont toxiques pour les plantes, en particulier pour les algues (OFEV, 2010).

- ❖ **Mode Opérateur:**
- ❖ **Méthode argentrimétrique:**

Les ions chlorure sont précipités à l'état de chlorure d'argent par une solution titrée de nitrate d'argent (AgNO_3). L'indicateur de fin de réaction est le chromate de potassium (K_2CrO_4) qui, en présence d'un excès d'ions d'argent, forme un précipité rouge. A l'aide d'une pipette jaugée, introduire 100 ml d'eau à analyser dans un Erlene Meyer de 250 ml. Vérifier à la phénolphthaléine, autrement dit l'absence de coloration rose après ajout de 2 à 3 gouttes de cet indicateur. Ajouter 1 ml de chromate de potassium et doser par l' AgNO_3 jusqu'au virage à la teinte brunâtre. Noter le volume versé V_{AgNO_3} ml (**Rejsek , 2002**).

- ❖ **Expression des résultats:**

La concentration de chlorure, en mg/l est donnée par la formule suivante:

$$C_{\text{Cl}^-} = V_{\text{AgNO}_3} \times N \times 35,5 \times 1000/E.$$

$N = 1/50$.

$E =$ volume en ml de la prise d'essai.

- **Les Nutriments:**

B.2.Nitrate (NO_3^-):

Les nitrates, sont des ions minéraux nutritifs solubles dans l'eau, qui sont directement assimilables par les plantes (**Hamli, 2015**). Proviennent principalement d'origine agricole en raison du recours aux engrais azotés. En second lieu des rejets des stations d'épurations (transformation de la matière organique en nitrates). Certaines installations sont complétées par des traitements de dénitrification avant rejet. Du milieu naturel, pour 3 et 7 mg/l seulement, une quantité suffisante pour nourrir la vie aquatique des cours d'eau, au-delà c'est l'indigestion, le développement des algues, l'eutrophisation (**SEQ-EAU, 2003**).

Tableau 21: Classement des eaux en fonction des Nitrates selon (L'ANRH, 2001).

Qualité des eaux	Teneur en Nitrate (NO_3^- mg/l)
Bonne	< 10
Moyenne avec des signes de pollution	$10 < \text{NO}_3^- < 20$

Pollué avec une pollution nette	$20 < \text{NO}_3^- < 40$
Pollution excessive	> 40

❖ **Dosage des nitrates:**

Méthode spectrophotométrique à l'acide sulfosalicylique (norme ISO 7890-3 et NF T90-045):

❖ **Principe:**

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

❖ **Etablissement de la courbe d'étalonnage:**

Le mode opératoire est donné en **Annexe 04**.

❖ **Mode opératoire:**

Introduire 10 ml d'eau à analyser dans une capsule de 60 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'Hydroxyde de sodium, ajouter 1 ml de solution de Salicylate de sodium. Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm.

❖ **Expression des résultats:**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en nitrate (NO_3^-) exprimée en mg/l d'eau (**Aouissi, 2010**).

B.3. Nitrite (NO_2^-):

Les nitrites constituent une étape importante dans la métabolisation des composés azotés. Ils s'insèrent dans le cycle de l'azote entre l'ammoniaque et les nitrates. Leur présence est due, soit à l'oxydation bactérienne de l'ammoniaque, soit à la réduction des nitrates. Ils ne représentent qu'un stade intermédiaire et sont facilement oxydés en nitrates, leur présence dans les eaux naturelles est faible. Une eau contenant des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (**Rejesk, 2002**).

Tableau 22: Classement des eaux en fonction des Nitrites selon (L'ANRH, 2001).

Classement	Qualité des eaux	Teneur en Nitrite (NO ₂ -mg/l)
1A	Excellente	<0.1
2A	Bonne	0.1<NO ₂ -<0.3
2	Passable	0.3<NO ₂ -<1
3	Médiocre	1<NO ₂ -<2
4	Excessive	>2

❖ **Dosage de nitrite:**

Prendre 50 ml d'eau à analyser, ajouter 1 ml de solution de Sulfanilamide (réactif I) et mélanger. Laisser reposer 2 à 8 min, puis ajouter 1 ml de la solution N- Naphtyl-Ethylène Diamine (Réactif II) et mélanger à nouveau. Attendre 10 min et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 543 nm en cuve de 10 cm (**Aminot *et al.* , 1982**).

B.4. Ammonium (NH₄⁺):

L'ion ammonium représente la forme ionisée de l'azote ammoniacal (**Detay, 1993**). Leur présence dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplète de la matière organique. Il résulte de la première étape de la dégradation de matière organique azotée par les bactéries ammonifiantes: on parle d'ammonisation. En dehors de la pollution organique, l'ammoniac peut provenir des rejets industriels, des engrais, des eaux des pluies. Il est étroitement lié avec le taux de pH de l'eau, plus que le milieu est basique révéle toxique. Plus que le milieu est basique plus qu'il devient toxique sur la faune aquatique (**Hamli, 2015**).

Tableau 23: Classement des eaux en fonction d'Ammonium selon la grille (ANRH, 2001)

Classe	Qualité des eaux	Teneur en Azote ammoniacal (NH ₄ ⁺) mg/l
1A	Normale	<0.07
1B	Bonne avec des signes de pollution	0.07<NH ₄ <0.38
2	Passable avec une pollution nette	0.38<NH ₄ <1.54
3	Médiocre, la pollution est importante	1.54<NH ₄ <6.2

4	Mauvaise, la pollution est excessive	6.2 > NH ₄
---	--------------------------------------	-----------------------

❖ **Dosage de l'ammonium:**

❖ **Mode opératoire :**

Prendre 50 ml d'eau à analyser directement dans le flacon à réaction, ajouter 3 ml du réactif I (solution de Phénol-Nitroprussiate), boucher et agiter pour bien homogénéiser, puis ajouter 1,5 ml du réactif II (solution alcaline d'hypochlorite), boucher et agiter à nouveau. Placer immédiatement à l'abri de la lumière pendant 6 à 8 h à températures ambiantes. Mesurer l'absorbance à 630 nm (**Aminot et al., 1982**).

B.5.Phosphore total (P) et Orthophosphates(PO₄):

Dans les eaux naturelles et les eaux usées, le phosphore se trouve principalement sous les deux formes: Le phosphore organique, résidu de matière vivante. • Le phosphore minéral, essentiellement constitués de phosphates (PO₄), qui représentent 50 à 90% de la totalité du phosphore dans les eaux usées urbain (**SEQ-EAU, 2003**). Différentes formes de phosphates existent dans l'environnement comme les orthophosphates ou «phosphore réactif», les phosphates hydrolysables et les phosphates organiques. Le phosphore (P) est naturellement présent dans certaines roches (ignées ou sédimentaires). Le lessivage de celles-ci par les processus naturels d'érosion conduit à sa solubilisation dans les milieux aquatiques. En absence d'intervention humaine, les eaux de surfaces contiennent cependant très peu de phosphates. Le phosphore est un élément minéral nutritif essentiel pour les végétaux (**Banas & Lata, 2008**).

Les orthophosphates (PO₄) c'est la forme inorganique du phosphore, ils sont dissous dans l'eau, sont utilisables pour la croissance des végétaux, ils sont « biodisponibles ». Lors de la décomposition de la matière organique phosphorée, les bactéries présentes dans les eaux, les sédiments et les sols la transforment en phosphates minéraux dissous selon le processus de minéralisation (**CEAEQ, 2007**).

Les critères de qualité de l'eau des rivières et des lacs pour la vie aquatique peuvent être aussi faibles que 0,03 et 0,02 mg/l P.

Des teneurs dans l'eau supérieure à 0,5 mg.L⁻¹ doivent constituer un indice de pollution (**Rodier, 1996**).

Tableau 24: Qualité de l'eau en fonction des Ortho phosphate (ANRH, 2001).

Teneur en Phosphate PO ₄ ⁻ (mg/l)	Qualité des eaux
<0.01	Bonne
0.01<PO ₄ <0.1	Moyenne avec signes de pollution
0.1 <PO ₄ <3	Pollué
3>	Pollution importante

❖ **Dosage de l'ortho phosphate (PO₄⁻):**❖ **Méthode colorimétrique:**❖ **Principe:**

Les ions orthophosphates en solution acide (H₂SO₄) et en présence de molybdate d'ammonium forment un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, donne un complexe de molybdène fortement coloré en bleu. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur le tartrate double d'antimoine et de potassium (**Rodier, 1996**).

❖ **Etablissement de la courbe d'étalonnage:**

Le mode opératoire est donné en **annexe 05**.

❖ **Mode opératoire:**

Introduire à l'aide d'une pipette, 20 ml d'eau à analyser préalablement filtrée dans une fiole jaugée de 25 ml. Ajouter 1 ml de la solution d'acide ascorbique et 4 ml de réactif molybdique. Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm.

❖ **Expression des résultats:**

La courbe donne la teneur en phosphate, exprimée en milligrammes pour la prise d'essai (**Aouissi, 2010**).

B.6.Sulfate (SO₄⁻) :

Mise en solution de roches sédimentaires évaporitiques, notamment le gypse (CaSO₄), mais également de la pyrite (FeS) et plus rarement de roches magmatiques (galène, blende, pyrite); les origines anthropiques sont la combustion de charbon et de pétrole qui entraîne une production importante de sulfures, et l'utilisation d'engrais chimique et lessive (**SEQ-EAU, 2003**). La concentration en ions de sulfates des eaux naturelles est très variable. Dans les terrains ne contenant pas une proportion importante de sulfates minéraux, elle peut atteindre 30 à 50 mg/l, mais ce chiffre être largement dépassé et

peut atteindre jusqu'à 300 mg/l dans les zones contenant du gypse ou lorsque le temps de contact avec la roche est très élevé (**Ramade, 1982**).

❖ **Dosage de sulfate:**

❖ **Méthode néphélobimétrique:**

❖ **Principe:**

Les sulfates sont précipités en milieu chlorhydrique à l'état de sulfate de baryum. Le précipité ainsi stabilisé à l'aide d'une solution de "Tween 20" ou de polyvinyl-pyrrolidone. Les suspensions homogènes sont mesurées au spectromètre.

❖ **Etablissement de la courbe d'étalonnage:**

Le mode opératoire est donné en **Annexe 06**.

❖ **Mode opératoire:**

Introduire 39 ml d'eau à analyser dans un tube à essai, ajouter 1 ml d'acide chlorhydrique au 1/10 et 5 ml de la solution de chlorure de baryum. Agiter énergiquement et laisser reposer 15 minutes. Agiter de nouveau et faire les lectures au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm.

❖ **Expression des résultats:**

Pour une prise d'essai de 39 ml, la courbe donne directement la teneur de sulfates exprimée en milligramme de SO_4^- par litre d'eau (**Aouissi, 2010**).

B.7. Matière organique:

La matière organique contenue dans les eaux est la partie non encore décomposée de la pollution organique (matières vivantes mortes ou déjections d'organismes vivants). Elles sont donc naturellement présentes dans l'eau, mais à faible concentration. S'il y en a plus, il y a pollution provenant de rejets d'eaux usées domestiques mal épurés, d'effluents agricoles... etc. Elle peut se rencontrer dans l'eau soit dissoute soit sous forme particulaire visible (**SEQ-EAU, 2003**).

❖ **Détermination de la matière organique:**

Cette mesure renseigne sur la quantité d'oxygène utilisée pour la réduction du permanganate de potassium par matières organiques présentes dans une eau. Le dosage doit

être réalisé en milieu alcalin à Chaud. La détermination de la matière organique peut se décomposer en plusieurs étapes :

1re étape: chauffage à ébullition douce d'un 100 ml d'eau à analyser en présence de 10 ml d'acide sulfurique à 50% et 10 ml de solution de permanganate de potassium pendant 10 minutes. Il se produit la réduction d'une partie du KMnO_4 par la matière oxydable de l'échantillon selon l'équation suivant :



2e étape: La réduction de l'excès de permanganate de potassium par l'acide oxalique selon l'équation suivant:



3e étape: le titrage en retour de l'excès d'acide oxalique par le permanganate de potassium. La fin de la réaction est visualisée par le virage du couleur rose clair. Faire un essai à blanc pour déterminer la consommation de permanganate de potassium en absence de matière oxydable en opérant dans les mêmes conditions (**Rodier, 1996 ; Aminot *et al.*, 1982**).

Chapitre IV

Résultats et discussion

II. Résultats des mesures des paramètres Physico-chimiques:

Les analyses des paramètres physico-chimiques des eaux de l'oued Seybouse ont montrés des grandes concentrations en composant chimique dépassent les normes algérienne et les valeurs maximales des eaux de surface ainsi que des eaux destiné à l'irrigation dans la pluparts des stations. Pour mieux comprendre ces variations, les données seront représentées sous des variations spatio-temporelles.

Une discussion sur l'origine, l'évolution et le rôle des éléments chimiques sera traitée ultérieurement.

II.1.Evolution spatio-temporelle:

II.1.1.Paramètres organoleptique:

A.Turbidité:

La turbidité caractérise le degré de non transparence de l'eau. Elle contribue à réduire la photosynthèse et à abaisser la teneur en oxygène. On note que cette dernière a des variations spatio-temporelles (Figure 29) qui montrent des teneurs très élevées et très variables, dont elles dépassent largement les normes algériennes des eaux de surface fixées 5 NTU. Globalement, elles atteignent des valeurs de pic dans la saison pluvieuse, comme elles se caractérisent par une évolution proportionnelle avec celle de MES (voir Figure 38), et dans un ordre croissant de l'amont vers l'aval. Un taux maximal de 296 NTU a été enregistré dans la S9 durant la période froide, tandis que la teneur la plus faible de 48.3 NTU a été observée au niveau de la S1 pendant la saison canuculaire.

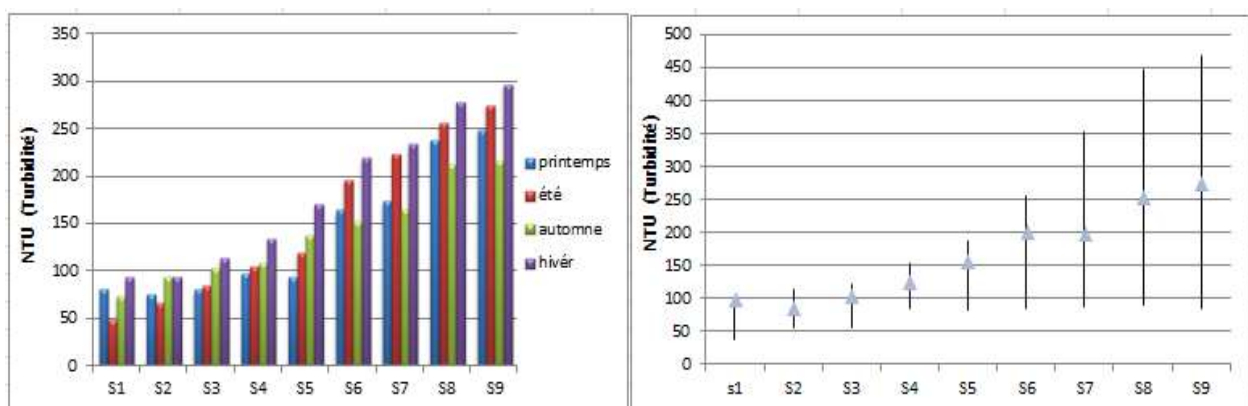


Figure 29: Variations spatio-temporelles de la turbidité.

II.1.2. Les paramètres *in situ*:

A. La température:

La température de l'eau a une influence directe sur les différentes activités des éléments chimiques, les microorganismes ainsi que l'évaporation. La température va à l'encontre de son état. Plus elle est élevée plus l'activité augmente ; comme elle influence aussi sur les activités enzymatiques des organismes vivants du milieu. Elle varie en fonction de nombreux facteurs environnementaux telle que la température extérieure (l'air) et la saison, géographique telle que la localité et l'altitude, la géologie des terrains traversés, l'hydrologie de l'écosystème et la profondeur du plan d'eau. Les valeurs de la température enregistrée sont résumées dans le graphe ci-dessous (Figure 30). Elle varie de 7.3°C (S1) à 28.5 °C (S9) comme valeur maximale. La variation temporelle montre que la variation de la température est en fonction de la saison dont les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant la saison estivale ou la température ambiante est d'origine élevée. Les températures les plus faibles ont été enregistrées au cours de la saison pluviale. Ces variations sont aussi en relation avec le jour et l'heure de prélèvement des échantillons (entre 6 h du matin et 17hPM).

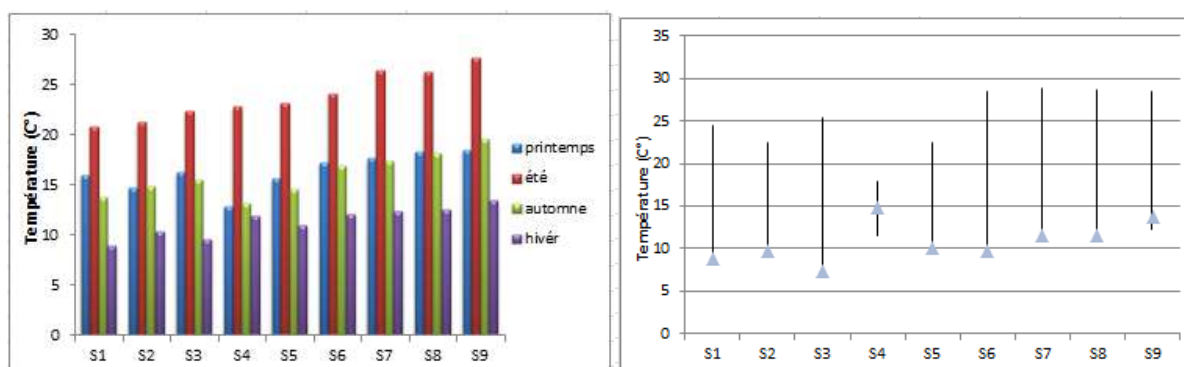


Figure 30: Variations spatio-temporelles de la température.

B. Potentiel d'hydrogène:

Le pH dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du substrat et du bassin versant traversé (Dussart, 1996). Il est sensible à la température, la salinité, et aux gaz dissous dans l'eau (O₂, CO₂, SO₂, NO, ...). Si la nature du sol traversé est calcaire le pH est probablement >7 (supérieur à 7) ce qui est concédé comme un milieu plus diversifié (diversité faunistique et floristique) que les milieux acides dont le pH < 5. Le pH a une influence directe sur la toxicité de nombreux éléments chimiques tels que NH₃. Ce qui le rend plus toxique sur la vie aquatique, car il affecte la structure des protéines enzymatiques des organismes

vivants dans le plan d'eau. En générale les valeurs du pH enregistrées (Figure 31) montrent des variations notables, avec un minimum de 5.81 au niveau de la S6 et un maximum de 9.26 à celui de la S8. Les variations saisonnières montrent que la saison printanière présente les valeurs les plus faibles du pH (de 6 à 7) mais durant la saison pluviale on marque une augmentation très importante du pH au niveau de toutes les stations et dans un ordre croissant qui va de l'amont vers l'aval. A la lumière de ces valeurs on peut classer les eaux de la Seybouse comme des eaux alcalines favorables à la vie aquatique. Cet alcalinité est fortement probable liée aux rejets industriels et aux abaissements des précipitations durant cette période de l'année comparée aux années précédente.

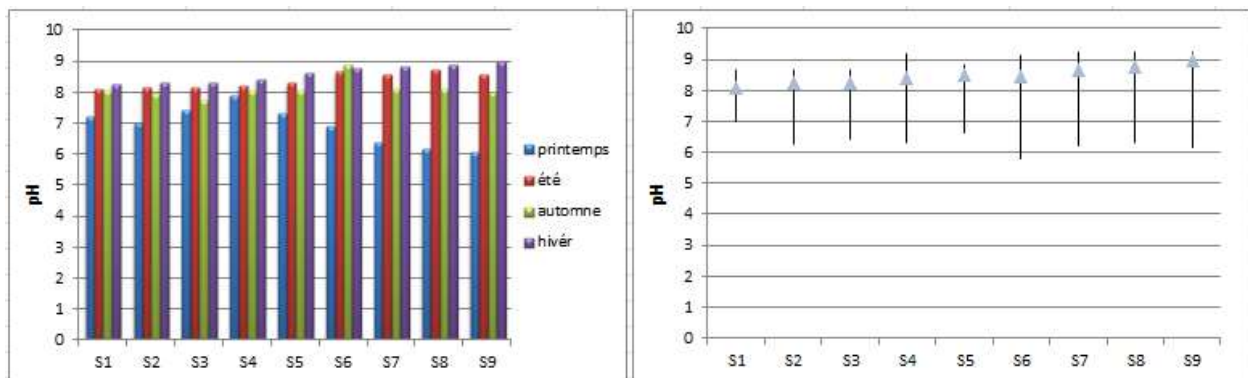


Figure 31 : Variations spatio-temporelles du pH.

C. Conductivité électrique:

La conductivité électrique de l'eau est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, dans la mesure où la plupart des matières dissoutes dans l'eau se trouvent sous forme d'ions chargés électriquement (**Derwich et al., 2010**).

Les résultats obtenus sont illustrés dans la Figure 32. On note que les valeurs de La conductivité électrique enregistrées sont variables entre 200 $\mu\text{s/cm}$ et 2867 $\mu\text{s/cm}$ au maximum. Elle dépasse la norme des eaux de surface (2000 $\mu\text{s/cm}$) dans la partie aval du bassin (S7, S8 et S9), cette importante élévation remarquée dans cette partie de l'oued est fortement liée aux activités humaines intensives (industriels, sablage des routes...etc) ; ainsi qu'elle indique la présence probable d'une forte pollution organique à la région. En effet, les variations temporelles montrent que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées au cours de la période chaude, cela a été observé au niveau de toutes les stations. Cette forte conductivité traduit une forte minéralisation qui pourrait être attribuée à la diminution de la quantité des eaux dans l'oued en rapport à l'évaporation intense au cours de cette saison. La dilution assurée par les précipitations et le ruissellement des eaux pluviales au cours de la

saison humide traduit par un abaissement considérable dans les valeurs CE enregistrées lors de cette période.

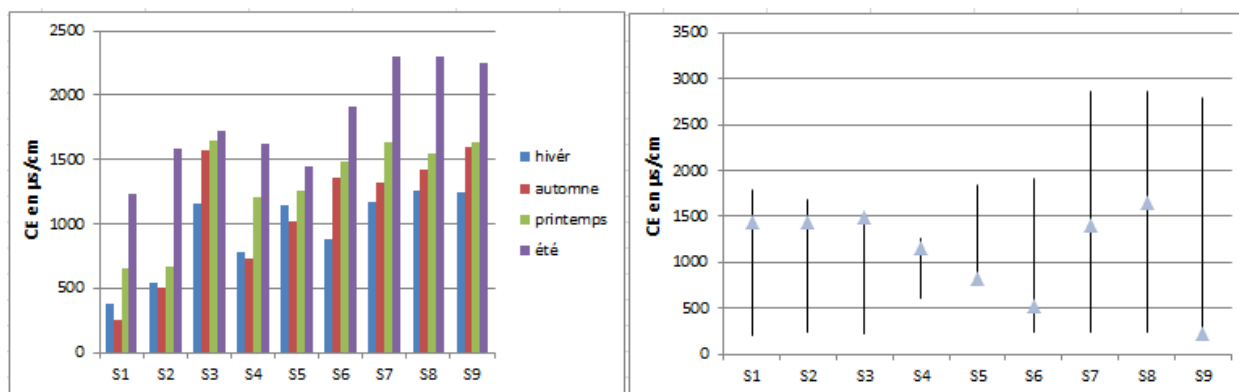


Figure 32 : Variations spatio-temporelles de conductivité électrique.

D.Oxygène dissous:

Le taux d'oxygène est parmi les bons indicateurs pour la présence de la vie aquatique (**Rodier, 1996**). Il participe à la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique et sa teneur moyenne dans les eaux de surface non-polluées est de l'ordre de 8 mg/l (**Abboudi et al., 2014**). Quand la température s'élève, la valeur en oxygène diminue en raison de sa plus faible solubilité et à cause de la consommation par les êtres vivants et les bactéries qui se multiplient tendancieusement. Celle-ci favorise la réduction des nitrates en nitrites et des sulfates en sulfures (**Rodier, 1996**)

La Figure 33 reflète la variabilité spatio-temporelle de l'oxygène dissous (OD) dans les eaux de l'Oued Seybouse ; l'analyse de ces résultats montre que les eaux de ce milieu aquatique souffrent d'une véritable insuffisance en oxygène de l'amont vers l'aval. Les valeurs maximales ont été enregistrées durant la période froide, avec un maximum ne dépassant pas 1.82 mg/l au niveau de la station S1, et minimum 0.63 mg/l durant la saison chaude au niveau de la station S4. Mais en générale, la teneur en oxygène continue de diminuer de l'amont vers l'aval. Mais en revanche la station S4 présente toujours les basses concentrations en OD. Ce manque palpable en OD remarqué dans les eaux de l'oued Seybouse est probablement lié à la présence des fortes concentrations en matières organiques générées par les effluents liquides ainsi que les rejets industriels essentiellement dans sa partie aval.

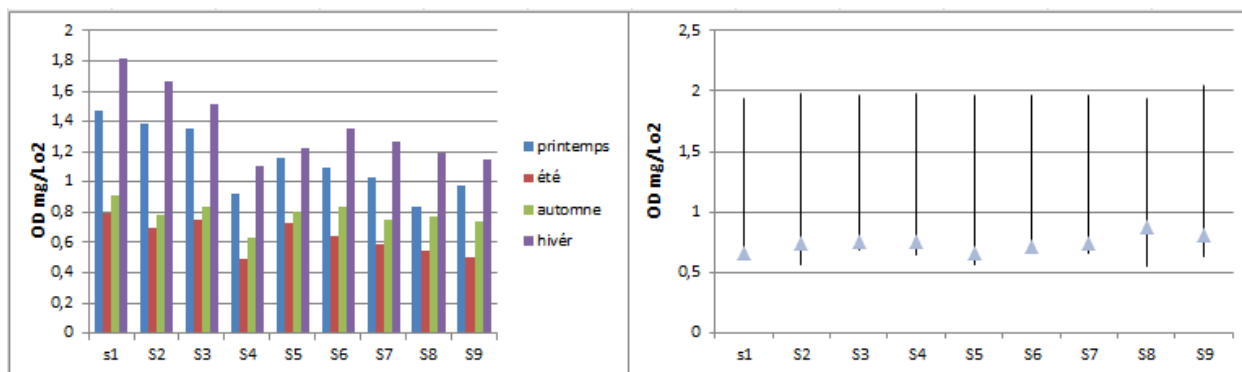


Figure 33: Variations spatio-temporelles de l'Oxygène dissous (OD).

E. Salinité:

Les résultats des variations de salinité des eaux de l'oued Seybouse sont représentés dans la Figure 34. Les eaux de l'oued Seybouse présentent des salinités fluctuées dans l'intervalle 0 en minimum 1.5 au maximum et variant entre 0.43 à 1.13 en hiver et 0 à 0.9 en printemps (Figure 34). Les valeurs élevées dans la partie avale de l'oued (au niveau de la station S9) sont en effet le résultat des intrusions marines dans l'oued lorsque le débit s'affaiblit. Par contre la forte concentration en sels dans les stations S3 et S4 traduit une pollution modérée à forte, cette dernière est probablement liée aux apports continuels des eaux urbaines éliminées dans ces deux sites.

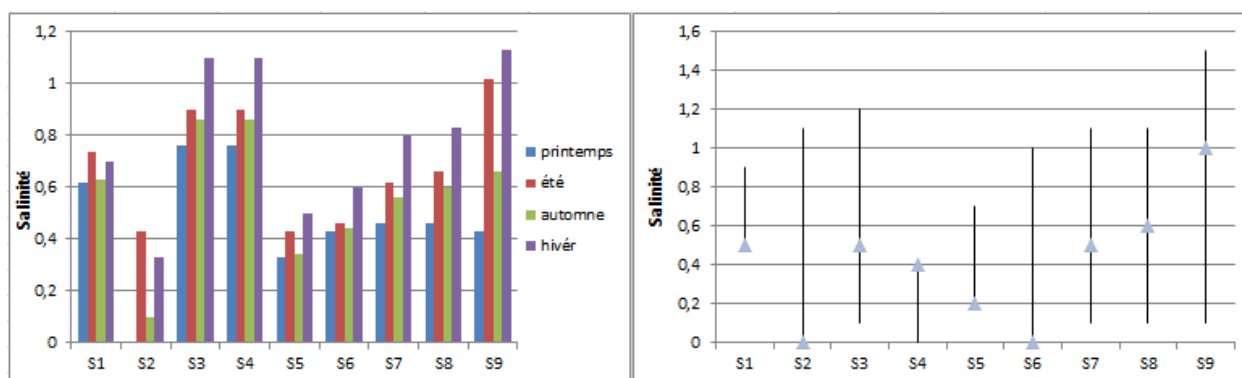


Figure 34 : Variations spatio-temporelles de la salinité.

II.1.3. La pollution organique:

A. DBO₅:

La demande biologique en oxygène sur cinq jours (DBO₅) est un test qui vise à déterminer la quantité de matières organiques biodégradables (**Rodier, 2009**) par la mesure de la quantité d'oxygène consommé par les divers microorganismes responsables de la métabolisation des substances organiques présentes dans cet effluent.

Les teneurs en DBO₅ des eaux de l'oued Seybouse sont représentées dans la Figure 35. Elles sont comprises entre 46 mg/L et 115 mg/l. Globalement, toutes les valeurs enregistrées dans toutes les stations et durant toutes les saisons ne répondent pas aux normes algériennes (25 mg/l) admissibles pour les eaux de surface. La station S4 et les stations avales du bassin (S7, S8 et S9) présentent les valeurs maximales obtenues. Les variations saisonnières montrent que la saison sèche est la saison qui inclut les plus grandes valeurs en DBO₅ atteintes jusqu'à 98.3 mg/l dans la station S9. Ces taux élevés sont probablement liés à la présence intensive de la matière organique biodégradable présente dans les eaux de la Seybouse, provient essentiellement des volumes importants d'eaux usées domestiques déversées par chaque commune ainsi qu'aux effluents des établissements industriels. Ainsi que du fait de lessivage des terres agricoles périphériques en particulier près des stations S1, S3 et S7. Ces valeurs traduisent exactement la pauvreté des eaux de ce milieu aquatique en O₂ dissous, car la DBO₅ est considérée comme une mesure indirecte de l'oxygène dissous dans l'eau.

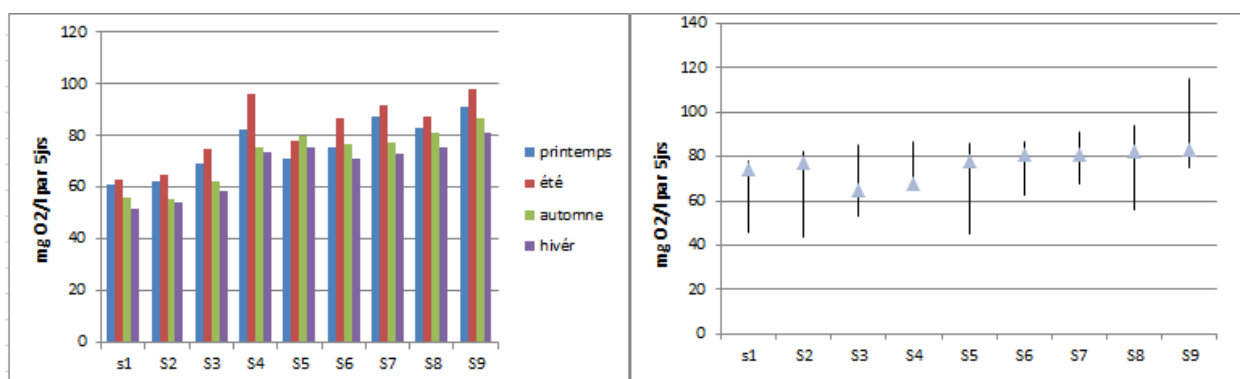


Figure 35 : Variations spatio-temporelles de la DBO₅.

B.DCO:

La DCO est une mesure de toutes les matières organiques contenues dans l'eau naturelle ou usée qu'elles soient ou non biodégradables. Le but est de rechercher la quantité correspondante à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables.

L'examen de l'évolution de la teneur de la DCO dans les eaux de l'oued Seybouse Figure 36. Il montre que les valeurs de ce dernier sont fluctuées entre 14 mg/l et 403 mg/l comme une valeur maximale. 78% des stations présentent des teneurs dépassant largement la norme algérienne en DCO des eaux de surface (l'ABH, 2009) 120 mg/l. Ces stations sont situées dans la partie aval de l'oued Seybouse, ce qui indique que la DCO présente une évolution dans l'ordre croissant de l'amont vers l'aval, tandis que les variations saisonnières

montrent que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant la saison chaude ainsi que la saison froide. Ces concentrations très élevées correspondent à la teneur de l'ensemble des matières organiques oxydables qui pourraient être imputées à la charge élevée en matières organiques des eaux usées domestiques et aux effluents des unités industrielles, dont le volume varie en fonction de la densité de la population.

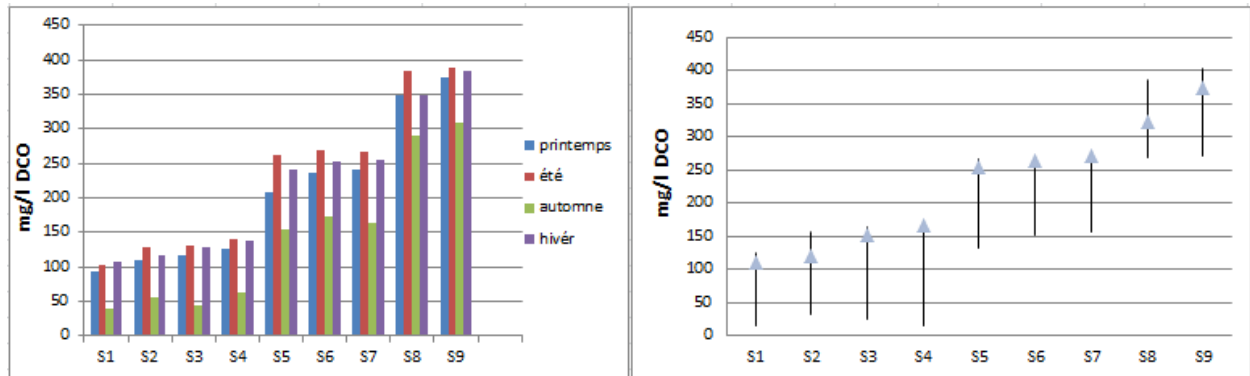


Figure 36 : Variations spatio-temporelles de la DCO.

B.1.Le rapport DCO/DBO₅:

Le rapport DCO/ DBO₅ détermine la possibilité et le rendement de dégradation que l'on peut espérer par un traitement d'oxydation biologique. Soit d'évaluer la biodégradabilité de l'effluent. Plus ce rapport est faible, moins l'effluent sera biodégradable.

Les variations spatio-temporelles du rapport DCO/DBO₅ des eaux de l'oued Seybouse Figure 37, montrent que 45% des stations présentes des effluent est facilement biodégradable dont DCO/DBO₅ <2. Une seule station se caractérise par une pollution biodégradable mais avec des souches sélectionnées. En effet, le reste des stations occupent la partie Aval de l'oued Seybouse qui se caractérisent par un effluent non-biodégradable donc un traitement biologique seul ne peut réduire la pollution de ces eaux. Car le rapport dépassant la norme 3 est atteint parfois 4.71 ce qui indique et affirme une pollution inorganique (minérale). Cette pollution est provenue essentiellement des rejets industriels qui caractérisent la basse Seybouse.



Figure 37: Variations spatio-temporelle du rapport DCO/DBO₅.

C.MES:

La teneur et la composition organo-minérale des matières en suspension dans les eaux sont très variables selon les cours d'eau. Elles sont en fonction de la nature des terrains traversés et de la saison des rejets. Cependant des teneurs élevées peuvent empêcher la pénétration des rayons solaires, diminuer l'oxygène dissous et limiter alors le développement de la vie aquatique. D'une façon générale, les matières en suspension interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'absorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes (**Sayad, 2015**).

D'après les résultats obtenus durant notre étude ; illustrés dans la Figure 38, les teneurs de MES oscillent entre une valeur minimale 36 mg/l et maximale 98 mg/l. On note que les variations spatio-temporelles montrent que les eaux de l'oued Seybouse sont caractérisées par des teneurs dépassant généralement la norme Algérienne requise (40 mg/l) et au niveau de toute les stations de l'amont vers l'aval. La saison pluvieuse est la plus chargée en MES comparant à la saison sèche, cela est probablement liée aux taux des précipitations enregistrées durant cette période, peut être attribuée à une intense érosion du bassin versant suite à des pluies orageuses brutales, qui ont occasionné une augmentation de ces teneurs. Les valeurs élevées en MES enregistrées dans la saison sèche sont en relation par l'apport des rejets domestiques et urbains.

Les teneurs élevées en matières en suspension peuvent être considérées comme une forme de pollution. Une telle hausse peut aussi entraîner un réchauffement de l'eau lequel aura pour effet de réduire la qualité de l'habitat pour les organismes d'eau froide (**Hébert &**

Légare, 2000). En fonction de ce paramètre on peut classer les eaux de l'oued Seybouse comme des eaux polluée.

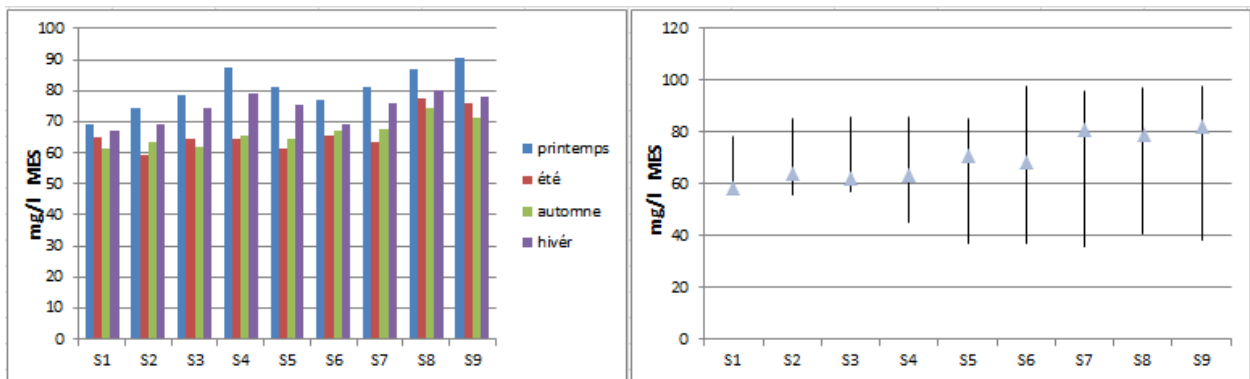


Figure 38 : Variations spatio-temporelles de MES.

II.1.4. Les éléments majeurs:

II.1.4.1. Paramètres de minéralisation globale (Les cations):

A. Calcium (Ca+):

Les teneurs en Ca+ dans les eaux de l'oued Seybouse sont très variables d'une station à une autre dont les concentrations de celui-ci, en saison pluvieuse, s'inscrivent dans la gamme de 42 mg/l (S1) à 57.66 mg/l(S7). En saison sèche, les concentrations en calcium varient de 98.66 mg/l (S1) à 128 mg/l(S9) (Figure 39). La présence de ces ions est liée principalement par la nature des roches traversées, soit par la dissolution des formations carbonatées (CaCo3), soit par la dissolution des formations gypseuses (CaSO4).

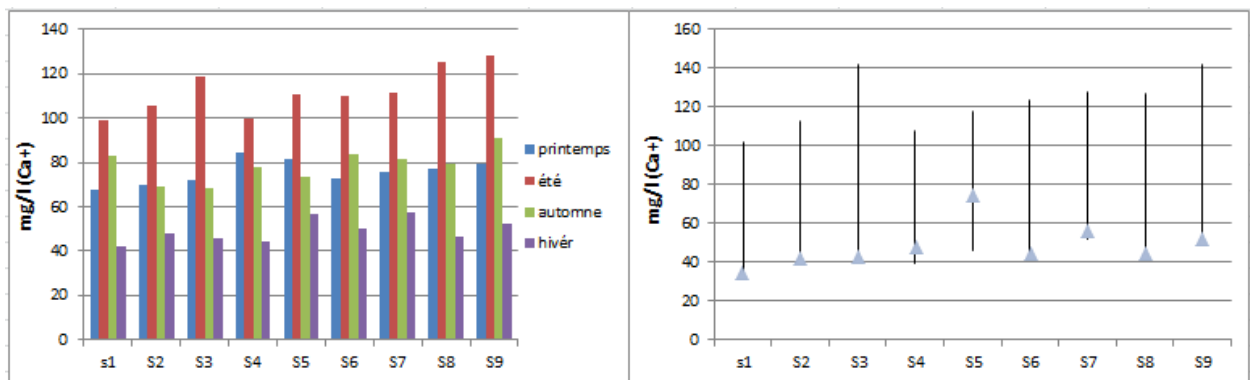


Figure 39 : Variations spatio-temporelles du Calcium (Ca+).

B.Magnésium (Mg⁺):

Comme celles des Ca⁺ les teneurs en Mg⁺ de la Seybouse montrent des variations très considérables d'une station à une autre et par rapport aux saisons (chaude et froide) (Figure 40). Elles fluctuent entre 57.33 mg/l (S1) et 79 mg/l (S5) durant la saison froide. Et entre 98 mg/l (S1) comme une valeur minimale et 237.66 mg/l (S8) comme une valeur maximale au cours de la période chaude. Les concentrations les plus élevées ont été observées durant cette dernière. La source du magnésium semble être liée au contact des eaux avec les roches calcaires et dolomitiques, autrement-dit, ils dépendent de la composition des roches sédimentaires rencontrées (calcaires dolomitiques, dolomies du Jurassique ou du Trias moyen) (Rodier *et al.*, 2009).

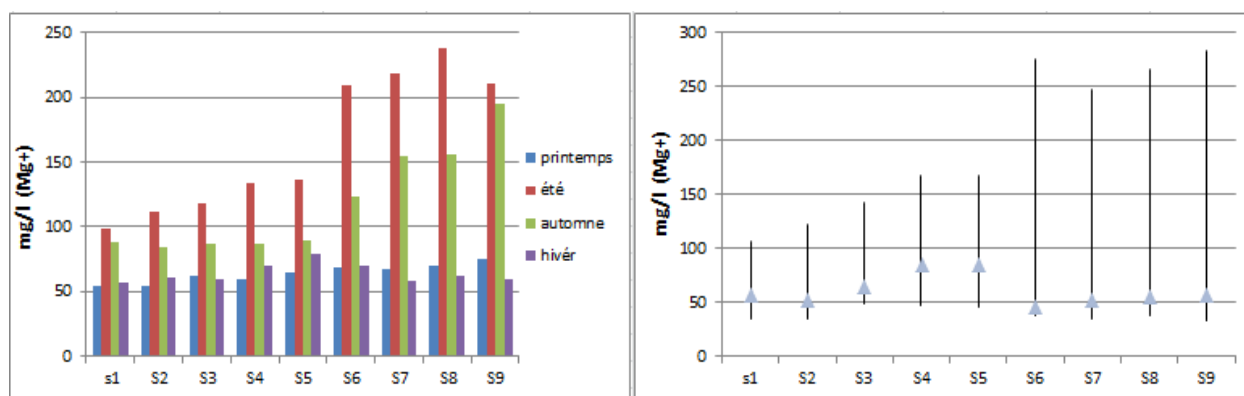


Figure 40: Variations spatio-temporelles de Magnésium (Mg⁺).

C.Bicarbonate HCO₃:

La plupart des teneurs en bicarbonate des eaux naturelles proviennent de la dissolution du gaz carbonique (CO₂) dans l'eau. Ils proviennent également de la dissolution des carbonates de calcium ou de magnésium en présence de gaz carbonique dans l'eau.

Les variations des concentrations en HCO₃ des eaux de la Seybouse subissent des variations régulières, presque négligentes et dans un ordre croissant de l'amont vers l'aval ainsi que pour la saison sèche à la saison pluvieuse (Figure 41). Les fortes teneurs ont été observées essentiellement au cours de l'été et dans les stations de la basse Seybouse dont elles oscillent entre 72.44 mg/l au minimum (S1) et 76.28 mg/l au maximum (S9), tandis qu'elles varient de 71.38 mg/l (S4) et 74.68 mg/l comme valeur maximale (S9) durant la saison hivernale. Globalement les eaux de l'oued ne dépassent pas la norme admise des eaux de surface en HCO₃ (150 mg/l). La présence de cet élément dans les eaux de la Seybouse est liée à la dissolution des formations calcaires existantes dans la région d'étude.

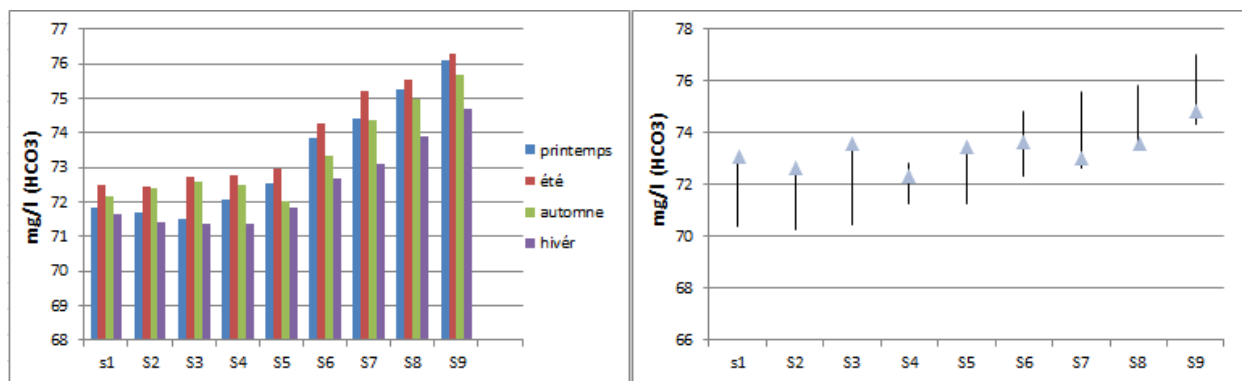


Figure 41: Variations spatio-temporelles du Bicarbonate HCO₃.

D.Potassium (K⁺):

Le potassium (K) Élément naturel indispensable à la croissance du vivant. Cependant sa présence en excès dans une eau (> 10 à 15 mg/l) est un indice de pollution par des effluents agricoles (lisier, ..) ou d'industries agro-alimentaires qui en contiennent beaucoup. A moindre proportion, son origine peut être également l'utilisation d'engrais (et de lisier) dans le bassin versant en amont. L'excès de K a peu d'impact sur la vie aquatique. Les variations spatio-temporelles en K⁺ dans les eaux de la Seybouse esquissées dans la Figure 42 montre une variation anarchique et irrégulière dans les taux de potassium K⁺ de l'amont vers l'aval dont les plus grandes teneurs ont été observées durant la saison sèche et au niveau de la S6 avec une valeur maximale 79.78 mg/l et une valeur minimale 49.85 mg/l dans la S2. Selon cet élément on pourrait classer les eaux de la Seybouse comme polluées car l'ensemble des concentrations obtenus dépassent la norme ce qui indique une pollution d'origine anthropique.

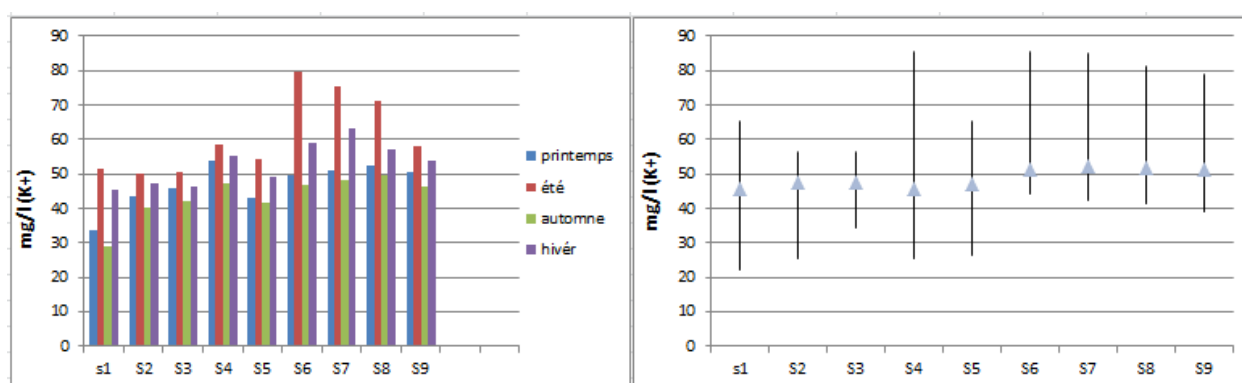


Figure 42: Variations spatio-temporelles de Potassium K⁺.

E.Sodium (Na⁺) :

Les teneurs en Sodium (Na⁺) des eaux de la Seybouse montrent une variation assez importante entre les stations au cours de toute l'année (Figure 43). En outre, elles se caractérisent par des taux élevés et presque constants dans les quatre saisons, elles oscillent entre 10.11 mg/l dans S1 et 12.01mg/l dans la S9 au cours de l'automne, par contre les teneurs les plus élevées ont été obtenues dans la saison pluvieuse où elles se varient de 10.37 mg/l dans la S1 et 12.57 mg/l au niveau de la S9. En général, ces concentrations n'atteignent guère les normes de potabilité des eaux. La présence de cet élément dans les eaux de l'oued indique l'existence des apports salifères à partir des formations géologiques triasiques.

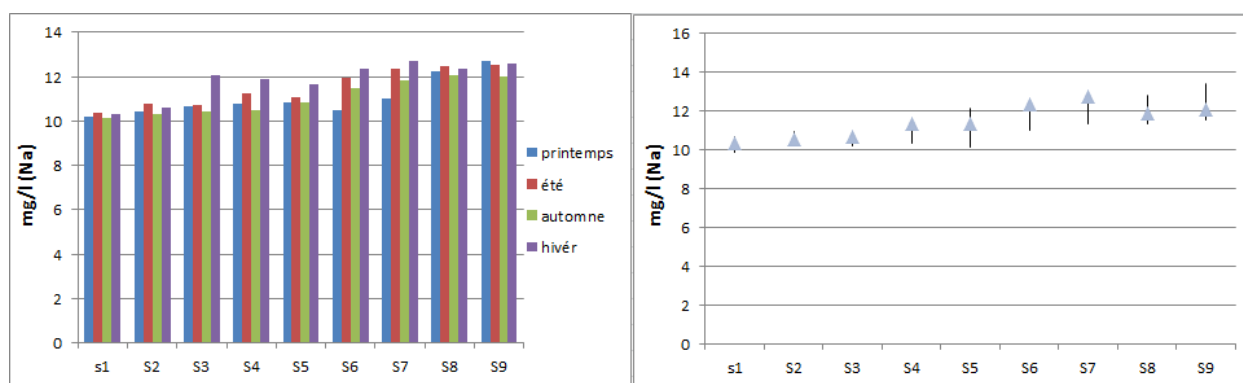


Figure 43 : Variations spatio-temporelles de Sodium (Na⁺).

II.1.4.2. Les éléments consternants indésirables (Les Anions):

A. Chlorure (Cl⁻):

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentration variables dans les eaux. Ils ont une influence sur la faune et la flore aquatiques ainsi que sur la croissance des végétaux (**Lakhili et al., 2015**).

Les concentrations en ions de chlorure relevés dans les eaux de l'oued Seybouse (Figure 44) s'échelonnent entre 278 mg/l (S1) et 587 mg/l (S9) en période sèche et entre 131mg/l (S5) et 184 mg/l (S9) en période humide. Les valeurs minimales sont enregistrées dans la partie amont de l'oued et les valeurs maximales sont observées au niveau des stations S7, S8 et S9 localisées respectivement en aval du bassin. Cette évolution indique la contribution d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine aussi bien qu'industrielle. L'évolution temporelle est marquée par un léger abaissement des teneurs en chlorures pendant la saison humide par rapport à la saison sèche résultants de la dilution par les précipitations. Ces teneurs dépassants largement la grille algérienne des eaux de surface 150 mg/l (l'ABH,

1999), en particulier dans les stations S7, S8 et S9 dans la période sèche et on peut les classer selon ce paramètre comme des eaux fortement polluées. Cette pollution est favorisée par l'étiage, contrairement à la saison pluvieuse dont les valeurs connaissent un abaissement remarquable qui est sûrement en relation par les crues qui assurent la dilution des eaux de l'oued. Leur présence est liée principalement à la nature des terrains traversés, ce qui indiquent l'existence des forts apports salifères à partir des formations évaporitiques.

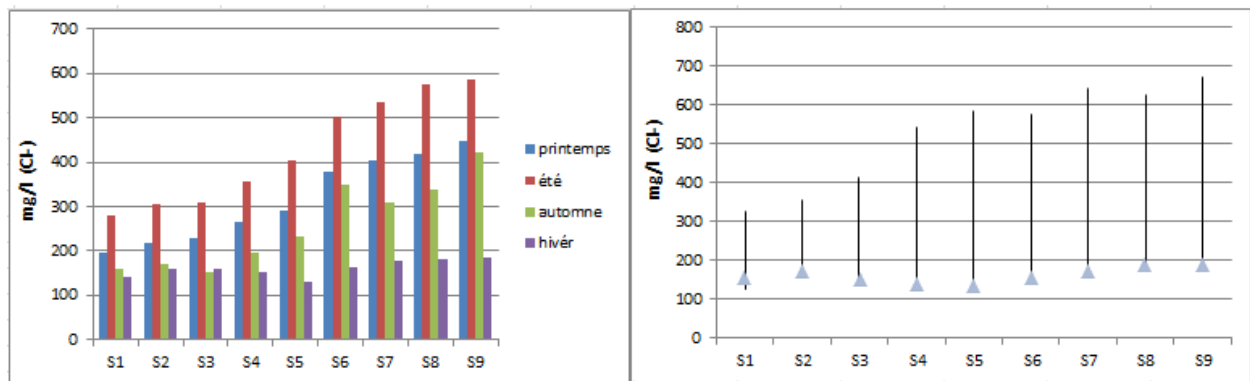


Figure 44: Variations spatio-temporelles des Chlorure (Cl-).

B .Les Nutriments:

B.1.Nitrate (NO₃⁻):

Les nitrates constituent la forme oxydée finale de l'azote. Leur présence dans une eau polluée atteste que le processus d'autoépuration a déjà joué. En général, les eaux de surface ne sont pas chargées en nitrates à plus de 10 mg/l NO₃⁻.

Le suivi des teneurs en nitrates a permis d'obtenir les résultats mentionnés dans la Figure 45, et qui oscillent entre une teneur maximale de 106 mg/l et minimal 24.22 mg/l. Les variations spatio-temporelles montrent que les teneurs les plus élevées en NO₃⁻ ont été enregistrées durant la saison sèche ainsi que la saison automnale. Cependant les valeurs faibles relevées pendant la saison sèche pourraient être attribuées aux rejets d'eaux usées qui n'ont pas fait l'objet d'aucun traitement préalable particulièrement dans les stations S4, S5 et S9 et qui sont devenues un réceptacle de rejets provenant respectivement des communes de Medjez Ammar, Guelma et Sidi Salem. Ainsi qu'aux faibles taux d'oxygène dissous puisque les nitrates représentent la forme la plus oxygénée de l'azote pouvant jouer un rôle de donneur d'oxygène en période de faible oxygénation, évitant ainsi l'anaérobiose. Par contre, les concentrations observées durant la période pluvieuse considérée comme faible en comparaison à celle de la saison sèche pouvant être due au lessivage des fertilisants utilisés

dans les sols agricoles situés sur les bords de l'oued. En générale les eaux de l'oued Seybouse représentent des teneurs en NO_3^- supérieur à la norme algérienne requise des eaux de surface 10mg/l ou on peut les considérer comme une pollution excessive. En effet, les nitrates sont des polluants facilement lixiviables et atteignent la nappe aquifère sans subir des modifications (Idrissi *et al.*, 2007) .

L'activité nitrifiante ne pourra se développer que lorsque la concentration en demande biochimique en oxygène DBO_5 est inférieure à 50 mg/l (Grosclaude, 1999).

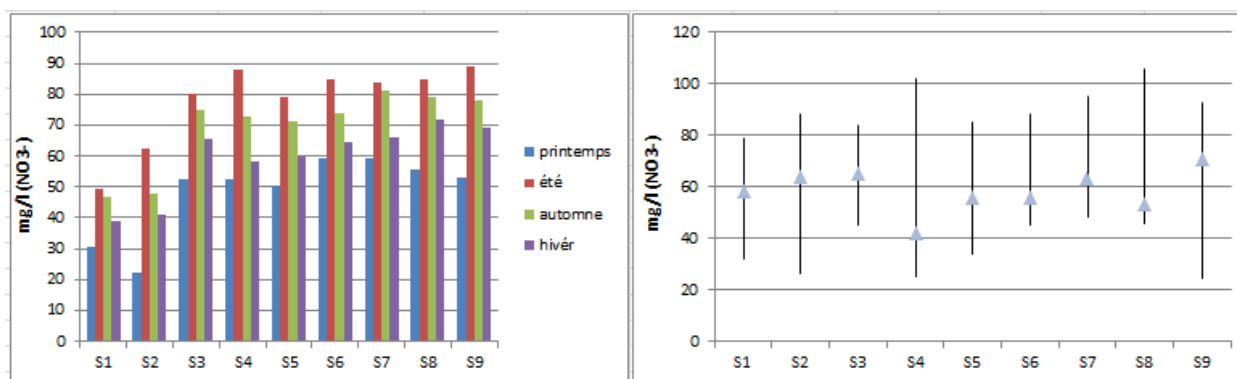


Figure 45 : Variations spatio-temporelles des Nitrates (NO_3^-).

B.2.Nitrite (NO_2^-):

Les ions nitrites constituent une forme transitoire de l'azote minéral dissous, passant en grande partie sous forme d'ammonium dans les conditions d'hypoxie et se transforment inversement en nitrate lorsque le milieu s'enrichit en oxygène. Il s'agit donc d'un stock convertible ou réserve potentielle (Ferkeche, 2009). Il s'agit d'une forme purement toxique.

Les teneurs en nitrite (NO_2^-) au cours de notre étude sont relativement moyennes (Figure 46). Dont les concentrations les plus élevées ont été enregistrées en particulier en hiver et au printemps, la valeur la plus élevée est observée au niveau de la station S9 par contre la valeur la plus faible est observée dans la S7. En effet, la teneur maximale annuelle est de 1.68 mg/l et la valeur minimale annuelle serait de 0.09 mg/l. Ces valeurs sont remarquées respectivement dans les mêmes stations précédentes. Ces concentrations peuvent être dues à l'effet de l'oxydation de l'ammonium. La présence des nitrites dans les eaux de l'oued Seybouse qui peut être un élément toxique pour la faune aquatique et en particulier pour les poissons, s'il n'était pas converti en nitrate dont leur toxicité est en corrélation avec

les teneurs des Chlorures dans l'eau ainsi que le taux de salinité (ne devant pas dépasser les 25 ppt dans l'eau douce).

On peut conclure que les teneurs en nitrites enregistrées dans les eaux de surface de la Seybouse sont supérieures à la teneur suggérée par les normes algériennes et internationales (<0.1mg/l) dont on peut les classer comme des eaux à une qualité passable. Ce qui indique que les eaux étudiées présentent un risque de pollution par les nitrites.

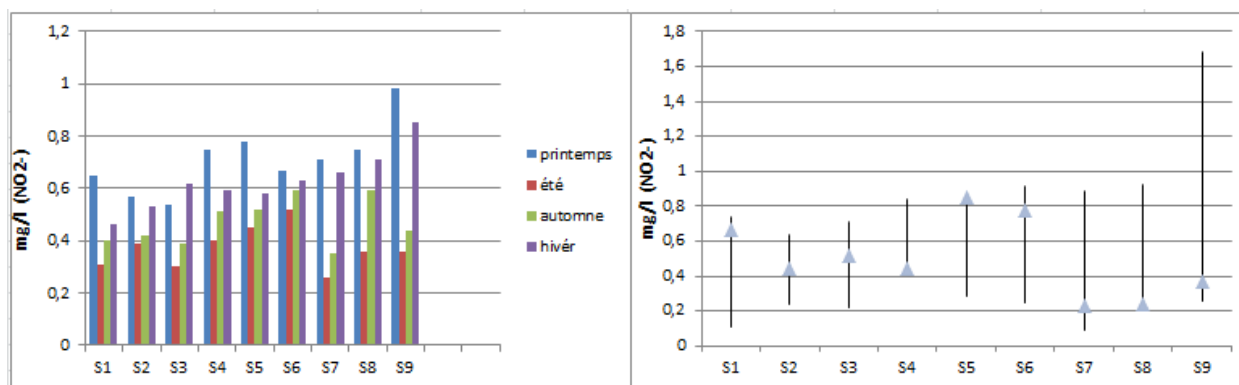


Figure 46: Variations spatio-temporelles des Nitrites (NO₂-).

B.3. Ammonium (NH₄⁺):

Il est considéré comme la forme d'azote la plus toxique. Cet élément existe en faible proportion inférieure à 0.1mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée, et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Chapman et al., 1996). Il constitue ainsi un bon indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains (Derwich et al., 2010). Les teneurs en azote ammoniacal fluctuent tout au long des saisons. C'est en été que l'oued Seybouse apparaît plus chargé en ammonium comme il évolue selon un gradient croissant. L'analyse du profil (Figure 47) montre que les teneurs varient entre 0.39 mg/l (S3) et 1.33 mg/l dans la saison humide ainsi qu'entre 0.62 mg/l (S1) et 2.06 mg/l (S8) durant la période sèche. Les valeurs d'ammonium trouvées en période humide sont nettement très inférieures à celles de la période sèche notamment en aval de la zone d'étude traduisant ainsi l'effet de la dilution et témoigne d'une bonne oxygénation des eaux entraînant ainsi l'oxydation de l'azote en période hivernale. Les teneurs relativement élevées enregistrées de la station S6 à S9 en période sèche traduisent le processus de dégradation incomplète de la matière organique.

Les valeurs relevées en ions ammonium dans les eaux de l'oued Seybouse permettent de les classer en deux catégories **i**: Des eaux passables avec une nette pollution (S1 à S5) **ii**:

Et de qualité médiocre avec une pollution importante (S6 à S9) selon la grille de qualité des eaux de surface algérienne.

A noter que les teneurs en Ammonium au niveau de la Seybouse évoluent de façon proportionnelle à celle des nitrates, ce qui pourrait se traduire par le processus de dénitrification des nitrites en nitrates par les bactéries autotrophes nitrosomonas et nitrobacters réalisant respectivement l'oxydation de l'ammonium en nitrite et l'oxydation des nitrites en nitrates et qui justifient la consommation de l'oxygène dissous de l'amont vers l'aval (**Pauwels, 1996**).

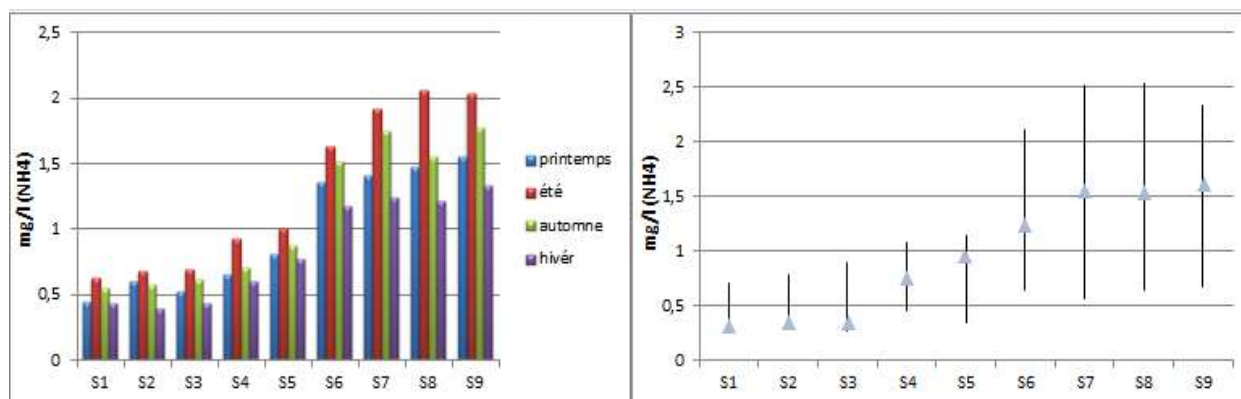


Figure 47 : Variations spatio-temporelles de l'Ammonium (NH_4^+).

B.4. Phosphore total (PT) et Orthophosphate (PO_4):

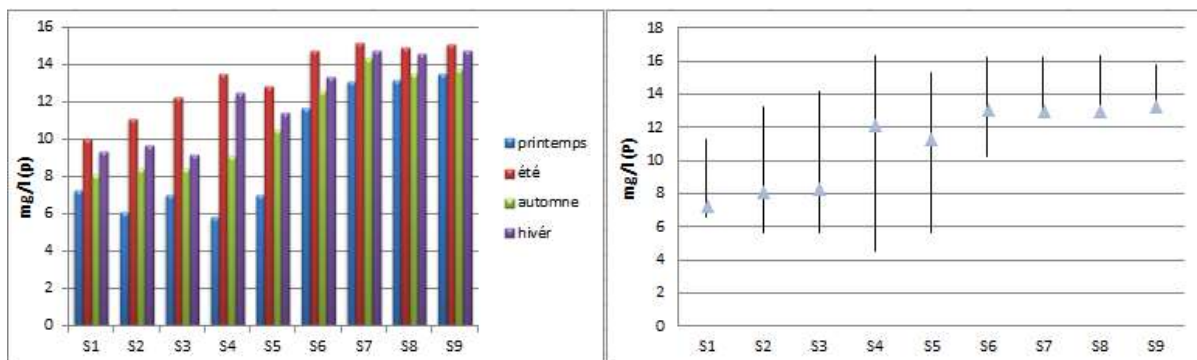
Le phosphate est naturellement présent dans les eaux superficielles en faible quantité, et son absence peut être expliquée par le fait que les ions phosphates sont susceptibles d'être absorbés par les sédiments dans le cas de désoxygénations importantes. Cet élément joue un rôle très important dans le développement des algues, il est susceptible de favoriser leur multiplication dans les eaux où il contribue à l'eutrophisation. Cependant, ils ont un effet bénéfique en jouant un rôle régulateur: ils favorisent tous les phénomènes de fécondation, la mise à fruit et la maturité des organes végétatifs (**Vilain, 1989**). Les phosphates font partie des anions facilement fixés par le sol.

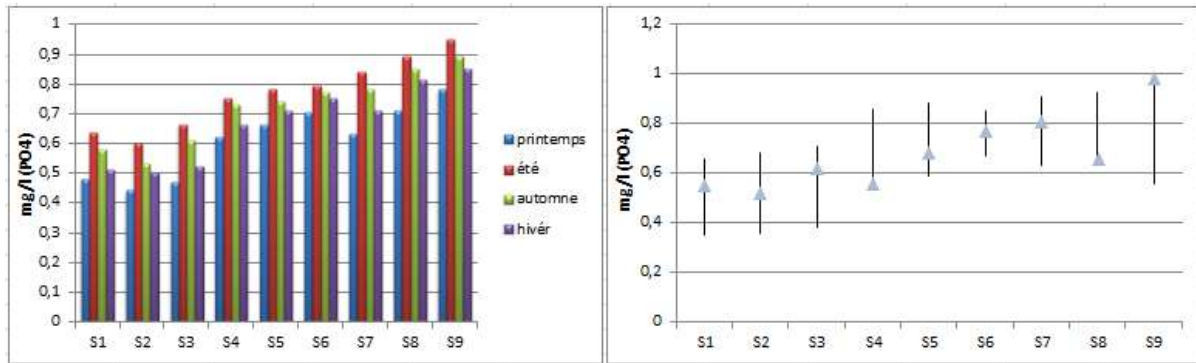
Les analyses des résultats des variations de PT et PO_4 . Figure 48 montrent que l'évolution des orthophosphates est semblable à celle des nitrates et du phosphore total, ce qui laisse penser que leurs origines sont anthropiques traduisant ainsi l'effet auto-épuratoire dans ce hydro-système. Les valeurs les plus élevées en PT ont été observées pendant la saison sèche. Idem pour les PO_4 . Ils évoluent selon un gradient croissant dont les fortes concentrations furent enregistrées dans la basse Seybouse de S6 à S9 ou elles varient entre

10.02 mg/l (S1) et 15.19 mg/l (S7) pour le phosphore total et de 0.6 mg/l (S2) et 0.96 mg/l (S9) pour les orthophosphates.

Leur présence naturelle dans l'eau est liée aux caractéristiques des terrains traversés et à la décomposition de la matière organique. Dans les eaux superficielles, la teneur naturelle en orthophosphates est de l'ordre de 0.1 à 0.2 mg de PO_4/l . Pour moins de 0.1 mg de P/l en phosphore total. Des teneurs supérieures à 0.5 mg/l doivent constituer un indice de pollution (Pierre *et al.*, 2004). Ces derniers proviennent essentiellement des déversements urbains (polyphosphates des lessives, excréments, dégradation de la matière organique) et des pratiques agricoles (engrais, épandages, écoulements de purin, etc..). La présence des phosphates dans les eaux de surface à l'origine d'un dysfonctionnement des écosystèmes. Il entraîne un développement massif d'algues, ou même en cas de pollution du milieu par l'azote (NO_3^- , NO_2^- et NH_4^+), et si aucun apport de P n'est réalisé, les algues ne pourront pas se développer. Donc la pollution des eaux par le phosphore est très souvent à l'origine de développements des algues importants et conduit à la dystrophisation (eutrophisation accélérée) des lacs et des rivières.

Selon les teneurs en phosphore total et orthophosphate enregistrées durant la période d'étude dans les eaux de la Seybouse, nous permettent de placer ces eaux dans la classe de celles des polluées. Car ces valeurs dépassent les grilles algériennes fixées pour ces éléments aux eaux de surfaces





Figures 48 : Les variations spatio-temporelles de Phosphore total (PT) et les Ortho phosphates (PO₄).

C.Sulfate (SO₄):

Le soufre se combine à l'oxygène pour donner l'ion sulfate, présent dans certains minéraux : gypse, baryte... La transformation réversible des sulfates en sulfures se fait grâce au cycle du soufre (**Peck, 1970; Smith, 1974**). Les eaux de surface contiennent des teneurs très variables de sulfates. Leur concentration est généralement comprise entre 2.2 et 58 mg/l (**Meybeck et al., 1996**). Leurs présences résultent de la dissolution des formations gypseuses et de l'oxydation des sulfures répandus dans les couches géologiques.

Les valeurs de ce paramètre dans les eaux de la Seybouse sont très variables (Figure 49) et oscillent entre 178 mg/l (S1) et 376 mg/l (S9) dans la saison estivale qui représente la période la plus chargée en ions de SO₄ durant toute l'année, et varient entre 105 mg/l (S1) et 275 mg/l (S9) au cours de la saison pluvieuse. Ces variations sont évoluées dans un ordre croissant de l'amont vers l'aval bien-entendu. Ces fortes teneurs en sulfates pourraient s'expliquer par la géologie des terrains de la région, comme elles peuvent être combinées également aux activités agricoles, à travers l'emploi de manière excessive des insecticides et des fongicides à base de sulfates ou d'acide sulfurique ainsi que des engrais au sulfate d'ammonium ou bien alors par une contamination directe de l'eau de l'oued par des rejets domestiques surtout riches en détergents. Selon les normes SEQ-Eau(1999), on peut classer les eaux de la Seybouse en trois catégories **i**: de S1 à S4 des eaux de bonne qualité, **ii**: de S5 à S6 des eaux de qualité passable, **iii**: de S7 à S9 à des eaux de mauvaise qualité.

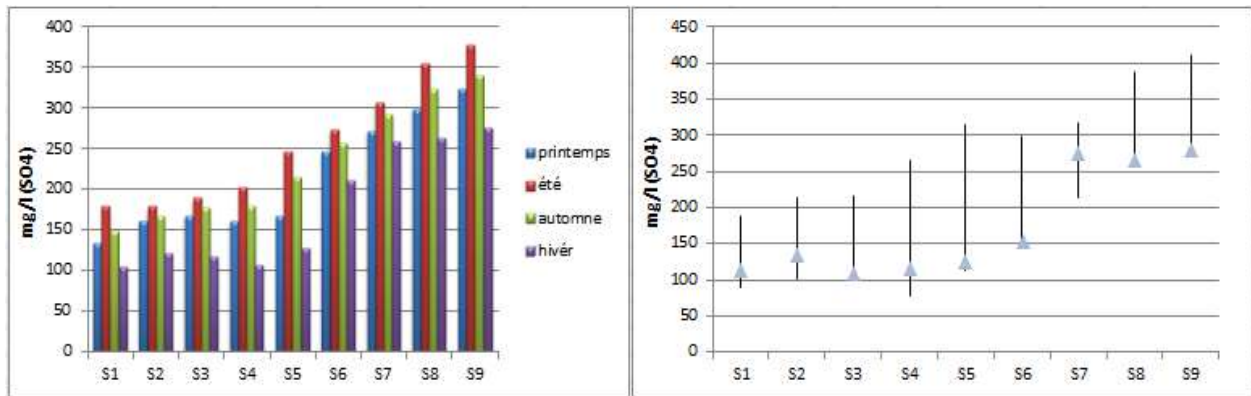


Figure 49 : Variations spatio-temporelles des Sulfates (SO_4).

D. Matière Organique:

La matière organique des eaux naturelles constitue un milieu très hétérogène comprenant des molécules à structures très complexes, de masses moléculaires élevées mais aussi des composés organiques simples généralement présents à l'état de traces (**Lefebvre & Croue, 1995**). Peuvent être présentes sous forme dissoute (carbohydrates, acides humiques, pigments et composés d'origine artificielle comme les hydrocarbures, les solvants chlorés, ou les pesticides), ou en suspension (déchets végétaux, plancton ...).

Les variations spatio-temporelles en matière organique Figure 50 montrent que les teneurs de cette dernière dans l'eau de l'oued Seybouse fluctuent entre 1.1 mg/ O₂ par l dans (S1) et 2.4 mg/d'O₂ par l dans S9 au cours de la saison hivernale. En l'occurrence, les concentrations les plus élevées ont été enregistrées durant la saison printanière et elles varient entre 1.68 mg/ O₂ par l dans (S1) et 4.94 mg/ O₂ par l dans (S8 et S9). Toutes les teneurs observées en MO sont inférieures aux teneurs maximales admissibles de la qualité des eaux de surface estimées à 5 mg/l (**Rejsek, 2002**).

Cette matière organique provient essentiellement de la dégradation de celle-ci présente dans le milieu ou dans les sols lessivés par les pluies (décomposition des plantes et des animaux), mais aussi de composés issus de l'activité humaine.

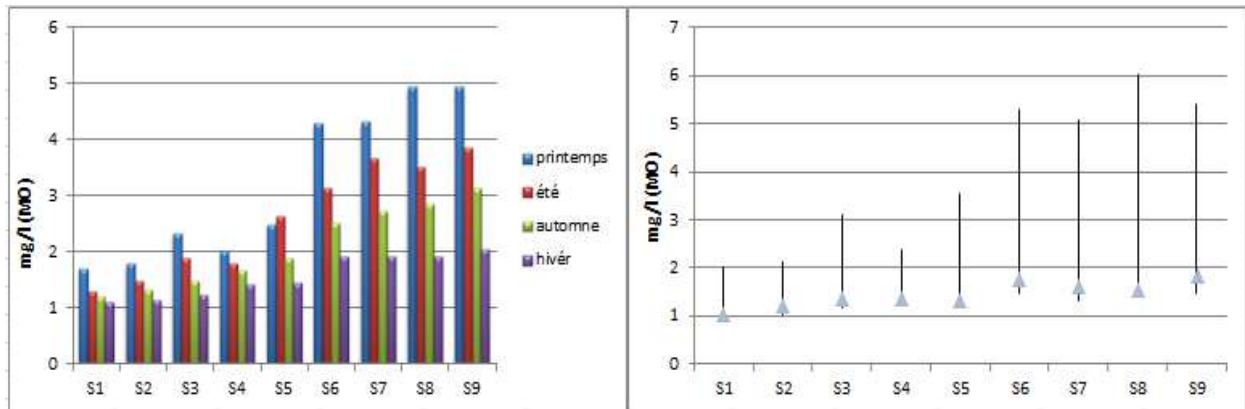
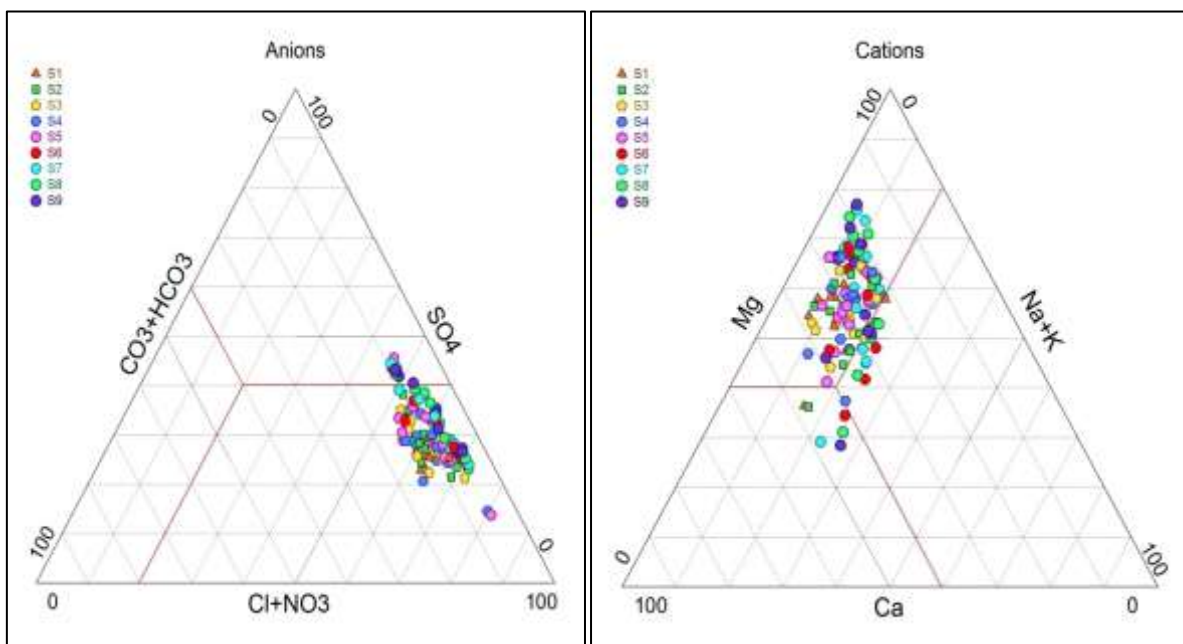


Figure 50: Variation spatio-temporelle en Matière Organique(MO).

II.2.Faciès chimique des eaux:

La classification hydrochimique des eaux de surface: Le faciès chimique des eaux de surface de l'oued Seybouse est donné par le diagramme de Piper (Figure 51), appelle les commentaires suivants :

- ✓ Le triangle des anions, les eaux se répartissent entre le pôle sulfaté caractérisé par des eaux de nature chloruré-sodique.
- ✓ Le triangle des cations montre que toutes les eaux se rapprochent du pôle magnésien.
- ✓ Dans le losange, les eaux font partie des eaux de types chlorurés sulfatés calciques. Ce faciès est lié aux interactions marneuses dans leur lithologie, comme il indique une dissolution évaporatrice riche surtout en gypse et avec un degré moindre de sels.



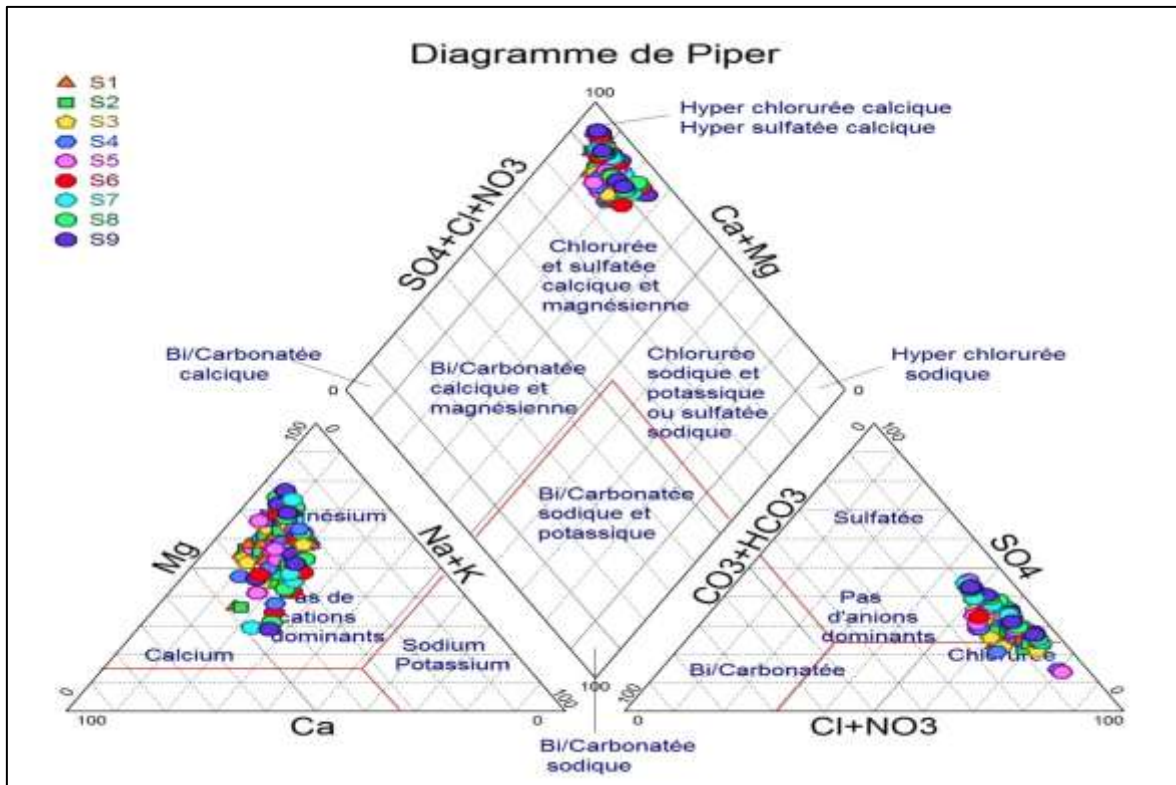


Figure 51 : Le faciès chimique des eaux d'oued Seybouse 2015-2016.

Partie III

Etude bactériologique

Chapitre V :

Matériel et Méthodes

I. Introduction:

L'étude de la qualité bactériologique d'une eau n'est pas d'effectuer un inventaire de toutes les espèces présentes, mais de rechercher soit celle qui sont susceptibles d'être pathogènes (les salmonelles, les Pseudomonas,...), soit celles qui sont indicatrices de contamination fécales (coliformes totaux, coliformes fécaux..).

On trouve naturellement dans les eaux de surface une grande variété de microorganismes, dont certains peuvent notamment favoriser la décomposition de la matière organique et le recyclage des éléments nutritifs essentiels au maintien des organismes aquatiques et de la chaîne trophique (**Hébert & Légaré, 2000**). Par contre, d'autres microorganismes proviennent des déjections d'origine animale et humaine et peuvent causer des maladies importantes chez les humains. Des bactéries indicatrices de contamination fécale présentes en grand nombre dans le tube digestif des animaux à sang chaud, comme les coliformes fécaux et streptocoque fécaux, sont utilisées pour évaluer le niveau de contamination bactériologique des eaux. Aussi la présence d'autres bactéries dites pathogène tel que les salmonelles, les Pseudomonas...etc.

Oued Seybouse présente un système hydrographique d'une grande importance dont il constitue le principal axe de drainage de l'un des bassins versant les plus importants de l'Est du pays. Vus à l'immense importance socio-économique de ce plan d'eau, on a choisie de contribuer à travers notre étude dans l'évaluation de sa qualité microbiologique, car il présente pour nombreux citoyens une source principale d'alimentation en eau à fin d'assurer ces activités agricoles ou industriel. Cela pour déterminer le niveau du danger peuvent être causé ce milieu aquatique vis-à-vis la santé publique.

A travers cette partie on a essayé d'évaluer la qualité bactériologique des eaux de l'oued Seybouse par réalisation des analyses suivantes: La recherche et le dénombrement des bactéries indicatrices de contamination fécale, et la recherches des bactéries pathogènes ainsi que la recherche des levures et des moisissures.

I.1.Echantillonnage:

I.1.1.Stations et période de prélèvement:

Pour les analyses bactériologiques en nombres de six stations (S1 à S6) choisies dans la partie moyenne et basse Seybouse (Tableau 25 ; Figure 52). Elles ont été retenues pour

leurs accessibilité aussi sont bien choisis en tenant compte des diverses recensées aux prés (eaux usées domestiques, industrielles et agricole). Pour atteindre notre objectif les campagnes d'échantillonnages ont été effectuées le plus souvent à des dates fixes tout au long de la période d'étude de (Avril 2014 à Mars 2015). La fréquence de mesure est mensuelle.

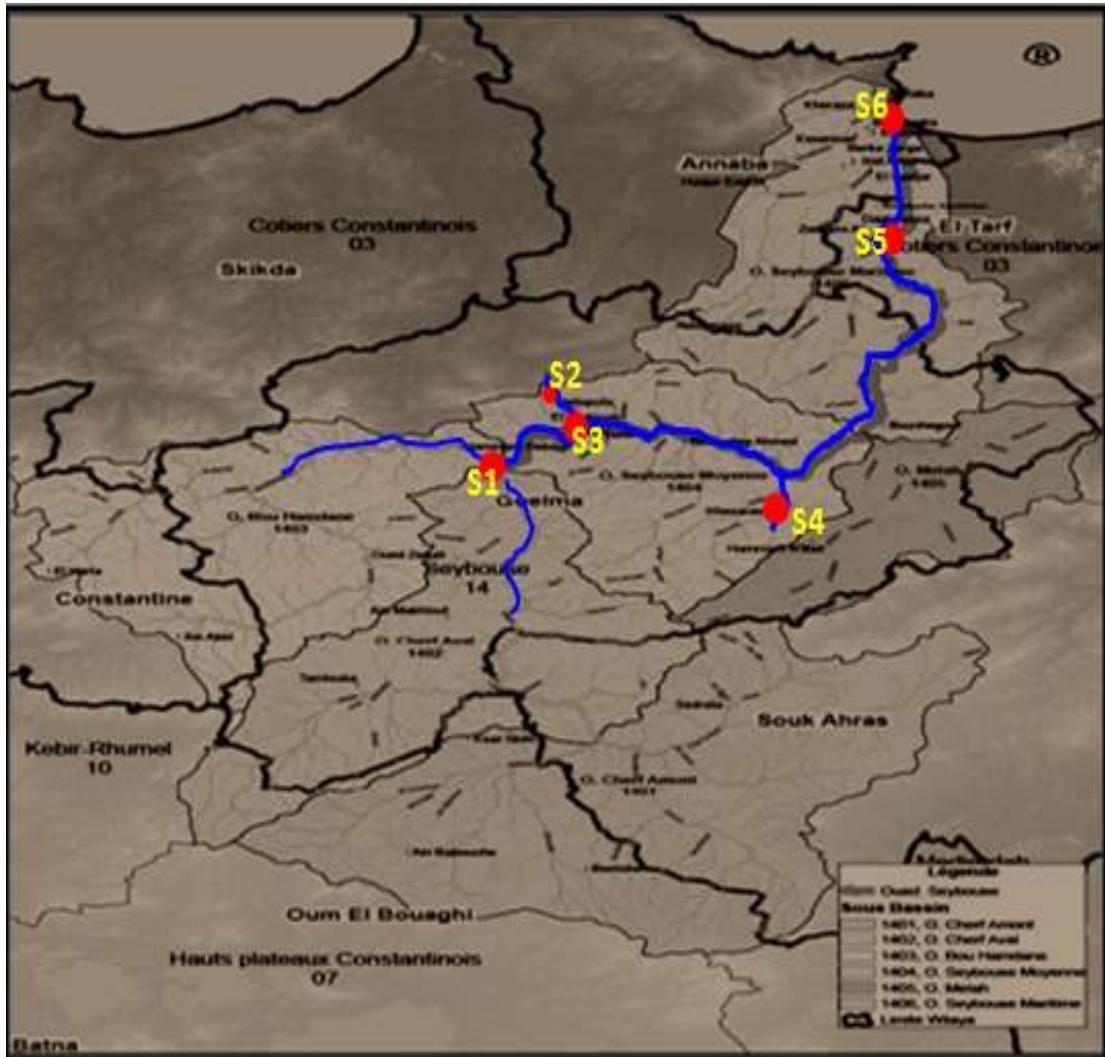


Figure 52 : Une carte représente la localisation des stations du prélèvement dans le bassin Seybouse(2014).

Tableau 25: Caractéristiques morpho dynamiques moyenne des stations des prélèvements pour l'étude bactériologique.

Stations	code	Altitudes (m)	Coordonnées Géographiques	Largeur (cm)	Profondeur (cm)	Type des Rejets
Medjez Amar	S1	256	36°26.604'N 007°18.630'E	60	815	-Rejets Domestique
El Fedjoudj	S2	191	36°26.529'N 007°18.637'E	220	3506	-Rejets Agricole et industriel
Guelma	S3	192	36°28.106'N 007°30.998'E	100	746	-Rejets domestique et agricole
Helia	S4	146	36°25.169'N 007°36.903'E	50	405	-Rejets agricole
Deran	S5	29	36°40.996'N 007°45.514'E	100	1558	-Rejets agricole et domestique
Sidi Salem	S6	5	36°51.684'N 007°46.069'E	190	6125	-Rejets industriel et urbain

Dans notre étude ont a basé sur la recherches et le dénombrement des germes de contamination fécale (les coliformes, les ASR,) aussi la recherches des germes pathogènes tel que les salmonelles, les vibrions...etc. Ainsi que la recherche des champignons et des levures contaminant les eaux d'oued Seybouse. Suivant des méthodes standardisées Rodier (1984) et Rejsek (2002). Les analyses ont été effectuées au niveau du laboratoire de protection de la direction de la santé (DDS) de Guelma.



Figure 53: La station de Sidi Salem



Figure 54 : La station de Drear



Figure 55: La station de Helia



Figure 56 : La station de Guelma



Figure 57: La station d'El Fedjoudj



Figure 58: La station de Medjez Ammar

I.1.2. Matériel de Prélèvement:

Pour les prélèvements destinés à l'analyse bactériologiques de l'eau, ils doivent s'effectuer dans des conditions d'asepsie rigoureuse (**Guiraud, 1998**). Les échantillons sont prélevés à l'aide de flacons en verre pyrex munis d'un bouchons à vis métallique, d'une contenance de 250 ml, stériles pour éviter tout type de contamination (**Derwich et al., 2008**). Avant l'usage, les flacons doivent être soigneusement lavés, puis rincés à l'eau distillée, car il ne doit rester aucune trace d'un éventuel détergent ou antiseptique. Les flacons en verre ont stérilisés par la chaleur, soit à l'autoclave à 120°C pendant 15 minutes, soit au four Pasteur à 170-180°C durant 1 heure (**Rodier, 2009**).

I.1.3. Mode de Prélèvement:

Pour les prélèvements destinés aux analyses bactériologiques, les flacons stériles sont plongés dans l'eau, nous les ouvrons à une profondeur de 25 à 30 cm, fermés hermétiquement dans l'eau sans laisser des bulles d'air. Les flacons ne doivent pas être remplis entièrement, en effet, laisser un petit volume d'air à la surface pour faciliter l'agitation de l'eau avant son analyse (**Rodier, 2005**).

I.1.4. Transport et conservation au laboratoire:

Afin de faciliter le travail et l'exploitation des résultats tout en évitant l'erreur, il est essentiel que chaque échantillon soit clairement étiqueté immédiatement avant les prélèvements et que les étiquettes soient lisibles et non détachables et accompagnées d'informations suffisantes concernant l'échantillon (date, numéro de station...etc.).

Les prélèvements sont transportés dans des glacières dont la température doit être comprise entre 4 à 6 °C. Même dans de telles conditions, l'analyse bactériologique doit débuter dans un délai maximal de 8 heures après le recueil de l'échantillon. Si exceptionnellement l'analyse doit être reportée, il faut entreposer les échantillons à 4 °C (**Rejsek, 2002**).

I.2 Méthode d'analyse:

I.2.1. Recherche et dénombrement des germes de contamination fécale :

I.2.1.1. Recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux en milieu liquide (Méthode de NPP):

Les coliformes sont des bacilles à Gram négatifs, aérobies ou anaérobies facultatifs, capables de fermenter le lactose avec production d'acides et de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37 °C (**Carbonnelle, 1998; Camille, 2003**). Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont un sous-groupe des coliformes totaux capable de fermenter le lactose et de produire l'indole à partir du tryptophane présent dans le milieu à une température de 44°C ; L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est *Escherichia coli* (*E. coli*) (**Roux, 2003 ; Lebres et al., 2008**).

La recherche et le dénombrement des coliformes et l'identification d'*E. coli* ont été effectués par la méthode de nombre le plus probable (NPP) appelée aussi la colimétrie.

Le principe de cette méthode se divise en deux étapes:

❖ Mode opératoire:**❖ Test présomptif:**

Après avoir bien homogénéisé l'échantillon afin d'obtenir une répartition homogène des microorganismes, nous avons réalisé cinq dilutions décimales successives (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) avec trois répétitions par dilution. Les dilutions sont toujours effectuées dans des conditions aseptiques (**Rejsek, 2002**).

- Nous prenons les tubes de BCPL (bouillon lactose au pourpre de bromocrésol, simple concentration) munis d'une cloche de Durham.

- Prélever 1 ml d'eau à analyser à l'aide d'une pipette Pasteur stérile et la porter dans le premier tube de la série contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-1} .

- Nous prélevons 1 ml de la dilution 1/10 précédente et l'ajouter à un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-2} .

- Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de BCPL, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

- Refaire la technique pour 2 autres tubes de BCPL afin d'obtenir 5 tubes de BCPL, et refaire pour 2 autres séries (**Délaras, 2008**).

❖ Lecture:

Après incubation seront considérés comme positifs, les tubes présentant à la fois :

- Un dégagement de gaz (supérieur au 1/10^{ème} de la hauteur de la cloche) ;
- Un trouble microbien accompagné d'un virage du milieu au jaune (ce qui constitue le témoin de la fermentation du lactose présent dans le milieu) (**Labres et al., 2008**).

On retient le nombre caractéristique constitué par les trois chiffres écrit dans l'ordre des dilutions croissantes en commençant par le nombre correspondant à la plus grande dilution pour laquelle tous les tubes sont positifs (**Bourgeois, 1980**)

Ce nombre caractéristique obtenu correspond d'après la table de Mac Grady au nombre de bactéries présentes (NPP) dans le prélèvement correspondant à la plus faible dilution prise en compte. Le calcul de concentration cellulaire dans la suspension initiale se fait en tenant compte des dilutions effectuées (**Bourgeois, 1980 ; Leclerc, 1983**).

❖ Test confirmatif:

Le test de confirmation est basé sur la recherche de coliformes thermotolérants parmi lesquels on redoute surtout la présence d'*Escherichia coli*.

Repiquer chaque tube de BCPL trouvé positif avec une anse bouclée ou une pipette Pasteur dans le (ou les) milieu(x) de confirmation (**Rodier et al., 2009**). Comme milieu de confirmation, on a utilisé le milieu eau peptonée exempte d'indole.

Chasser l'air éventuellement présent dans les cloches de Durham et bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait cette fois-ci à 44 °C pendant 24 heures (**Labres et al., 2008**).

❖ Lecture:

Seront considérés comme positifs, les tubes présentant :

Un anneau rouge en surface, témoin de la production d'indole par *Escherichia coli* après adjonction de 2 à 3 gouttes du réactif de Kovacs (**Rejsek, 2002**). La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady (**Annexe 07**)

I.2.1.2. Recherche et dénombrement des streptocoques fécaux (*Enterococcus*):

Cette méthode consiste à la recherche des streptocoques fécaux ou streptocoques du groupe D ; sont des coques à Gram (+), formant quand ils sont cultivés en milieu liquide des diplocoques et/ou des chainettes, possédant de l'antigène de groupe D immobile, anaérobie facultative. La recherche et le dénombrement des streptocoques du groupe D dans les eaux se fait aussi par la technique du NPP qui se fait en deux étapes consécutives (**Rejsek, 2002**).

❖ Mode opératoire:**❖ Test présomptif:**

• A partir de l'eau à analyser, après homogénéisation ; porter aseptiquement 1ml dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C pour obtenir la dilution 10^{-1} .

• Prélevé 1ml de tube précédent 10^{-1} et mettre dans le seconde tube Rothe pour avoir la dilution 10^{-2} .

• Transférer 1 ml de la dilution 10^{-2} dans un tube contenant 9 ml de milieu Rothe S/C, pour obtenir la dilution 10^{-3} .

• Refaire la technique 5 fois pour avoir 5 tubes de Rothe, et refaire 2 autres séries. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 heures (**Rejsek, 2002; Délarras, 2008**).

❖ **Lecture:**

Après incubation, considérer comme positifs les tubes pour lesquels on observe un trouble dû à une croissance microbienne.

❖ **Test confirmatif:**

Les tubes de Rothe trouvés positifs feront l'objet d'un repiquage à l'aide d'une pipette pasteur ou une-anse bouclée dans un tube contenant le milieu Eva Litsky. Bien mélanger le milieu et l'inoculum. L'incubation se fait à 37°C ; pendant 24 heures.

❖ **Lecture:**

Sur le milieu de Eva Litsky, la présence de streptocoque du groupe D se caractérise par l'apparition d'un trouble dû au développement bactérien, avec ou sans dépôt violet (**Rejsek, 2002**). La lecture finale s'effectue également selon les prescriptions de la table du NPP de Mac Grady (**Annexe 07**)

I.2.1.3. Recherche et dénombrement des spores des bactéries anaérobies sulfito-réductrices (ASR):

❖ **Méthode par incorporation:**

Les anaérobies sulfito-réducteurs (ASR) se présentent sous forme de bactéries Gram +, se développant en 24 à 48 heures sur une gélose Viande Foie en donnant des colonies typiques réduisant le sulfite de sodium (Na_2SO_3) qui se trouve dans le milieu, en sulfure qui en présence de Fe_2^+ donne FeS (sulfure de fer) de couleur noire. Les spores des ASR constituent généralement des indices de contamination fécale ancienne (**Rejsek, 2002**). À partir de l'eau à analyser:

❖ **Mode opératoire:**

• Prendre environ 20 ml dans un tube stérile, qui sera par la suite soumis à un chauffage de l'ordre de 80°C pendant 8 à 10 minutes, dans le but de détruire toutes les formes végétatives des ASR éventuellement présentes.

• Après chauffage, refroidir immédiatement le tube en question, sous l'eau de robinet. Répartir ensuite le contenu de ce tube, dans 4 tubes différents et stériles, à raison de 5 ml par tube.

- Ajouter environ 18 à 20 ml de gélose Viande Foie, fondue puis refroidie à 44°C, additionnée d'une ampoule d'Alun de fer et d'une ampoule de Sulfite de sodium. Mélanger doucement le milieu et l'inoculum en évitant les bulles d'air et en évitant l'introduction d'oxygène.

- Laisser solidifier sur paillasse pendant 30 minutes environ, puis incuber à 37°C, pendant 24 à 48 heures.

- La première lecture doit absolument être faite à 16 heures car très souvent les colonies des ASR sont envahissantes auquel cas on se trouverait en face d'un tube complètement noir rendant ainsi l'interprétation difficile voire impossible et l'analyse sera à refaire en utilisant des dilutions décimales de 10^{-1} voire 10^{-2} , la deuxième lecture se fera à 24 heures et la troisième et dernière à 48 heures.

- Dénombrer toute colonie noire de 0,5 mm de diamètre, poussant en masse.

I.2.2. Recherche des germes pathogènes:

Il existe une grande variété des bactéries pathogènes ou potentiellement pathogènes (opportunistes) pour l'homme dans tous les types d'eaux. Celles-ci vivent ou survivent dans l'environnement, soit provenant des rejets humains, éliminées par des sujets malades ou des porteurs sains, soit étant autochtones et pouvant s'adapter à l'homme (**Rodier et al., 2009**).

I.2.2.1.Méthode d'ensemencement sur gélose:

La méthode utilisée est la méthode l'ensemencement sur un milieu solide (méthode des quadrants), les milieux utilisés sont présenté dans le Tableau 26 ci-dessous :

Tableau 26: présente les méthodes de recherche des germes pathogènes (Selon **Rodier, 2009**).

Bactérie	Milieu utilisé		Méthode
	Isolement sur milieu solide	enrichissement	
Staphylocoques	Chapman		Ensemencement sur la

Shigelles	Hecktohen/ Milieu Salmonelles Shigelles	Pas d'enrichissement	surface sous forme des quadrants. incubation a $36\pm 2C^{\circ}$, durant 24 à 48 h.
Pseudomoas	Cétrimide		
Salmonelle	Hecktohen/ Milieu Salmonelles Shigelles	Nécessite un 1 ^{er} et un 2 ^{eme} enrichissement dans un milieu SFB S/C	Ensemencement sur la surface sous forme des quadrants. incubation a $36\pm 2C^{\circ}$, durant 24 à 48 h. • A partir de la solution mère • A partir du milieu d'enrichissement
Vibron	GNAB	Nécessite un 1 ^{er} et un 2 ^{eme} enrichissement dans un milieu EPA S/C	

I.2.2.2. Identification:

L'identification permet au cours de l'isolement ou non de mettre en évidence une ou plusieurs propriétés biochimiques d'une bactérie pour commencer à l'identifier. Elle repose sur la morphologie, les caractères enzymatiques et biochimiques (Tableau 27).

Tableau 27: présente les étapes suivies pour l'identification des espèces recherchés.

Bactérie	Méthodes d'identification		
	Caractères morphologique		Caractères biochimique
	Examen microscopique	Examen macroscopique	
Staphylocoques	<ul style="list-style-type: none"> Coloration de Gram 		Galerie API 20 Staph

Shigelles	• Etat frais	A l'œil nu	Galerie API 20 E	• Catalase
Salmonelle	• Coloration de Gram		Galerie API 20 NE	• Oxydase
Pseudomonas				
Vibron				

A. Caractères morphologiques:

A.1.L'état frais:

L'état frais permet d'observer des bactéries vivantes et apporte des renseignements sur la morphologie, le mode de groupement, la mobilité et la quantité approximative de bactéries (**Delarras *et al.*, 2003**). A partir d'une culture en milieu liquide, déposer sur une lame propre bien dégraissée une goutte de la culture à étudier à l'aide d'une anse de platine préalablement stérilisée. A partir d'une culture sur milieu solide, déposer tout d'abord sur une lame une goutte d'eau distillée stérile. Puis apporter et dissocier dans l'eau un inoculum bactérien. Recouvrir d'une lamelle, puis luter la préparation avec de la paraffine ou de la vaseline.

A.2.Coloration de gram:

L'examen microscopique après coloration de gram nécessite au départ une préparation d'un frotti au l'objectif fois 100. Cette examen permet de détecté la forme des microorganismes. Faire agir successivement:

- 1) **Violet de gentiane:** quelques gouttes à verser sur la lame. Colorer 1 minute.
- 2) **Lugol:** entraîner le violet avec un excès de Lugol. Laisser agir 30 secondes, puis laver à l'eau.
- 3) Différenciation: décolorer à l'alcool/acétone (qui va décolorer les Gram -) et laver à l'eau.
- 4) Recolorer à la **fuchine** 30 secondes, puis laver à l'eau distillée et sécher.
- 5) Observation au microscope optique (bactéries violettes = Gram +, roses = Gram -).

B.Examens liés aux caractères biochimiques et enzymatiques:

B.1. Caractères enzymatiques:

B.1.1. Test de catalase:

La catalase est une enzyme présente chez la pluparts des bactéries aérobies strictes et anaérobies facultatives. Elle décompose l'eau oxygénée formée en eau et en oxygène qui se dégage (**Dellaras, 2007**).

La méthode consiste à prélever une colonie du germe à étudier sur l'extrémité d'une pipette Pasteur fermée que l'on introduit ensuite dans un millilitre d'eau oxygénée. Le dégagement de bulles gazeuses signe la présence de l'enzyme catalase (**Carbonnelle, 1988**).

B.1.2. Test d'oxydase:

La recherche de l'oxydase s'effectue avec des disques prêts à l'emploi du commerce. Déposer le disque sur une lame porte-objet, l'humidifier avec deux gouttes d'eau distillée stérile et écraser la colonie testée sur le disque. Une réaction positive se traduit par un virage rapide du réactif de l'incolore au violet (**Lebres, 2006**).

B.2. Caractères biochimiques:**B.2.1. API 20E:**

On réalise 20 tests pour avoir le plus de caractères possibles de manière à identifier de façon plus certaine les différentes Entérobactéries. Les tests sont réalisés dans l'ordre du tableau d'identification API des entérobactéries. Le tableau est d'ailleurs appelé "API 20E" à cause du nombre de tests à effectuer. La galerie Api 20E comporte 20 micro-tubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne qui reconstitue les milieux.

❖ Préparation de la galerie:

-Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au-dessus de l'évier.

-Introduire la suspension bactérienne dans chaque tube à l'aide d'une pipette Pasteur stérile, pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles. Pour certains caractères:

1. Remplir de suspension le tube et la cupule (CIT, VP, GEL)

2. Remplir le tube de suspension et recouvrir d'huile de paraffine (ADH, LDC, ODC, H₂S, URE).

-Placer la galerie sur le fond de la boîte elle doit être manipulée avec la pince.

-Recouvrir la boîte avec son couvercle.

- Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

- La lecture: les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par additions de réactifs.

-Identification de la souche se fait à l'aide du tableau de lecture d'identification qui est obtenu avec le catalogue analytique ou d'un logiciel d'identification (**bioMérieux, 2007**).

B.2.2.API Strépto:

La galerie API 20 Strep comporte 20 microtubes contenant les substrats déshydratés pour la mise en évidence d'activités enzymatiques ou de fermentation de sucres. Les tests enzymatiques sont inoculés avec une suspension dense (API GP Medium, 2 ml), réalisée à partir d'une culture pure, qui reconstitue les milieux. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification.

B.2.3.API Staph:

La galerie API Staph comporte 20 microtubes contenant des substrats déshydratés. Les microtubes sont inoculés avec une suspension bactérienne réalisée en API Staph Medium qui reconstitue les tests. Les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par l'addition de réactifs. La lecture de ces réactions se fait à l'aide du Tableau de lecture et l'identification est obtenue à l'aide du tableau d'identification (**bioMérieux, 2009**).

C. Profil biochimique pour *Pseudomonas*:

C.1. King A et King B:

Recherche de la pyocyanine: pigment bleu caractéristique de *Pseudomonas aeruginosa* responsable de la teinte bleue intense des milieux de culture : sa production est favorisée sur milieu de King A. Recherche de la pyoverdine: présente une teinte vert fluorescent (*P. fluorescens*) est souvent masquée par la pyocyanine, sa production est maximale sur milieu de King B.

C.2. API 20 NE:

API 20 NE est un système standardisé pour l'identification des bacilles à gram négatif non entérobactéries et non fastidieux (ex. *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Moraxella*, *Vibrio*, *Aeromonas*, etc.), combinant 8 tests conventionnels, 12 tests d'assimilation.

❖ Préparation de la galerie:

Mettre de l'eau distillée sur le fond de la boîte (partie alvéolée), toutes les alvéoles doivent être remplies, éliminer l'excès d'eau en renversant la boîte au-dessus de l'évier.

Inscrire nom, référence souche, date et température d'incubation sur la languette latérale de la boîte.

Ouvrir une ampoule d'API NaCl 0.85% Medium, à l'aide d'une pipette pasteur, prélever une colonie et réaliser une suspension.

Introduire la suspension bactérienne (une colonie + 5 ml d'eau distillée) dans les tubes (et non les cupules) des tests NO₃ à PNPG, pointe appuyée à l'intérieur et sur le côté pour éviter la formation de bulles, et recouvrir d'huile de paraffine (GLU, ADH, URE).

Remplir tubes et cupules des tests GLU à PAC par la suspension bactérienne (une colonie + NaCl 0.85% Medium).

Renfermer la boîte d'incubation et incuber à 30°C pendant 24 heures à 48 heures.

La lecture : les réactions produites pendant la période d'incubation se traduisent par des virages colorés spontanés ou révélés par additions de réactifs.

Identification de la souche se fait à l'aide du tableau de lecture d'identification qui est obtenu avec le catalogue analytique ou d'un logiciel d'identification (**bioMérieux, 2006**).

I.3. Recherche des levures et des moisissures:

On compte actuellement plusieurs dizaines de milliers d'espèces connues de moisissures et de levures, les deux groupes appartenant au règne des champignons qui constituent un groupe d'organismes extrêmement vaste (de l'ordre d'1.5 millions d'espèces dont 69 000 identifiées) et très diversifié, omniprésents dans l'environnement (**Aouissi, 2009**). Les levures sont des champignons unicellulaires, leur reproduction est principalement asexuée et se reproduisent par scissiparité ou par bourgeonnement.

Les moisissures sont des organismes eucaryotes et la plupart sont pluricellulaires, qui se propagent par leurs spores. Ces éléments se développent en filaments appelés hyphes, lesquels, en s'agglomérant, forment le mycélium (**Raven et al., 2011**).

I.3.1. Culture:

I.3.1.1. Méthode d'ensemencement sur gélose:

La gélose employée est : Sabouraud + chloramphénicol. L'ensemencement par rotation sur boîtes de Pétri est pratiqué le plus souvent dans un but d'isolement. Les boîtes sont codées puis incubées à 30°C pendant 48-72 heures (**Reggam, 2015**).

I.3.2. Identification:

I.3.2.1. Examen macroscopique:

Colonies souvent blanches crémeuses, lisses et brillantes ou colonies orangées crémeuses, lisses et brillantes.

I.3.2.2. Examen microscopique:

A partir d'un bouillon, ou d'une colonie on réalise deux examens: état frais et coloration au bleu de méthylène.

I.3.2.3. Test de Bléstese pour les *Candida albicans*:

La technique d'identification classique repose sur la blastèse : filamentation en sérum, exclusive à l'espèce *Candida albicans*.

❖ **Technique:**

Répartir 0,5 ml de sérum dans un tube à hémolyse. Ensemencer la souche à tester prélevée sur milieu solide à l'anse de platine pour obtenir une suspension d'opacité légère.

Incuber le tube à l'étuve à 37 °C pendant 2 à 3 heures. Déposer une goutte de la suspension entre lame et lamelle. Examiner au microscope.

❖ **Lecture:**

Le tube germinatif ne présente pas d'étranglement à sa base contrairement au bourgeon habituel ou au pseudomycélium. Si un certain nombre de cellules présentent un tube germinatif, la souche étudiée est *Candida albicans*.

Après incubation, on peut rencontrer deux aspects différents:

- Les levures présentent un aspect mucoïde (comparable aux bactéries). Elles sont identifiées par l'étude simultanée de leurs caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques et biochimiques par l'API 20 C AUX (**Bouchet et al., 1999**).
- Alors que les moisissures présentent un aspect duveteux, laineux, cotonneux, velouté, poudreux ou granuleux souvent sec. Elles sont exclusivement identifiées par leurs caractères morphologiques macroscopiques et microscopiques par le scotch test (test de drapeau) (**Chabasse et al., 2002**).

I.2.3.4. API 20 C AUX:

API 20 C AUX est un système d'identification précise des levures les plus couramment rencontrées. Il est constitué de 20 cupules contenant des substrats déshydratés qui permettent d'effectuer 19 tests d'assimilation. Les cupules sont inoculées avec un milieu minimum semi-gélosé et les levures poussent seulement si elles sont capables d'utiliser le substrat correspondant. La lecture de ces réactions se fait par

comparaison aux témoins de croissance et l'identification est obtenue à l'aide du Catalogue Analytique ou d'un logiciel d'identification.

❖ **Inoculation de la galerie:**

-Remplir les cupules avec la suspension obtenue dans API C Medium. Eviter la formation de bulles en posant la pointe de la pipette sur le côté de la cupule. Veiller à créer un niveau horizontal ou légèrement convexe, mais jamais concave. Des cupules incomplètement remplies ou trop remplies peuvent entraîner des résultats incorrects. Refermer la boîte d'incubation et incuber 48-72 heures (± 6 heures) à $29^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

❖ **Lecture de la galerie:**

Après 48 heures d'incubation, ou 72 heures (si les tests, en particulier le glucose, ne sont pas très nets après 48 heures), observer la croissance des levures comparativement à la cupule 0, témoin négatif. Une cupule plus trouble que le témoin indique une réaction positive à noter sur la fiche de résultats. Afin d'éviter toute contamination lors d'une ré-incubation, ôter le couvercle uniquement pendant la période de lecture.

Chapitre VI

Résultats et discussion

II. Analyse microbiologique:

II.1. Résultats de la recherche et le dénombrement coliformes totaux et coliformes fécaux:

Les résultats des dénombrements coliformes totaux (CT), coliformes fécaux (CF), streptocoques fécaux (SF) et les anaérobies sulfitoréducteurs (ASR) sont représentés graphiquement dans les Figures 59, 60, 61 et 62.

II.1.1. Les coliformes Totaux:

Les coliformes constituent avec les Streptocoques fécaux le groupe de bactéries le plus fréquemment utilisé pour l'examen bactériologique de l'eau. Ils sont recherchés dans l'eau comme témoins de contamination fécale (Poole & Hoberson, 1979 ; Gaujous, 1995).

Les coliformes totaux constituent un groupe de bactéries présentes naturellement sur les végétaux, dans les sols ainsi que dans les intestins des humains et des animaux à sang chaud (Leclerc, 1982; Drapeau & Jankovic, 1987). Existant à l'état naturel dans des environnements contaminés ou non par des matières fécales, les coliformes totaux sont largement répandus dans les eaux de surface et les eaux souterraines sous l'influence directe d'eaux de surface (Santé Canada, 2013).

La variation temporelle des coliformes totaux (CT) illustré dans la Figure 59 ci-dessous montre que la charge en CT des eaux d'oued Seybouse atteint son maximum durant la saison estivale 8500 UFC/ml au niveau de la station S3 par contre la valeur la plus basse a été enregistrée au niveau de la station S2 au cours de la saison hivernal où elle atteint jusqu'à 666 UFC/ml. Cette variation est en relation avec la saison des précipitations dont le niveau des eaux est élevé (Hiver), car les pluies peuvent intervenir comme des agents de dilution de la contamination bactérienne. Contrairement à la saison sèche (Eté). La variation spatiale des CT dans les eaux de la Seybouse montre que le taux de la pollution fécale est augmenté de l'amont vers l'aval .S6 et S3 sont les plus contaminé en matière fécale ; la S3 se caractérise par l'existence possible du rejet des eaux usées juste en amont (les eaux urbaine de la commune de Guelma) ce qui expliqué sa charge élevé constante en CT.

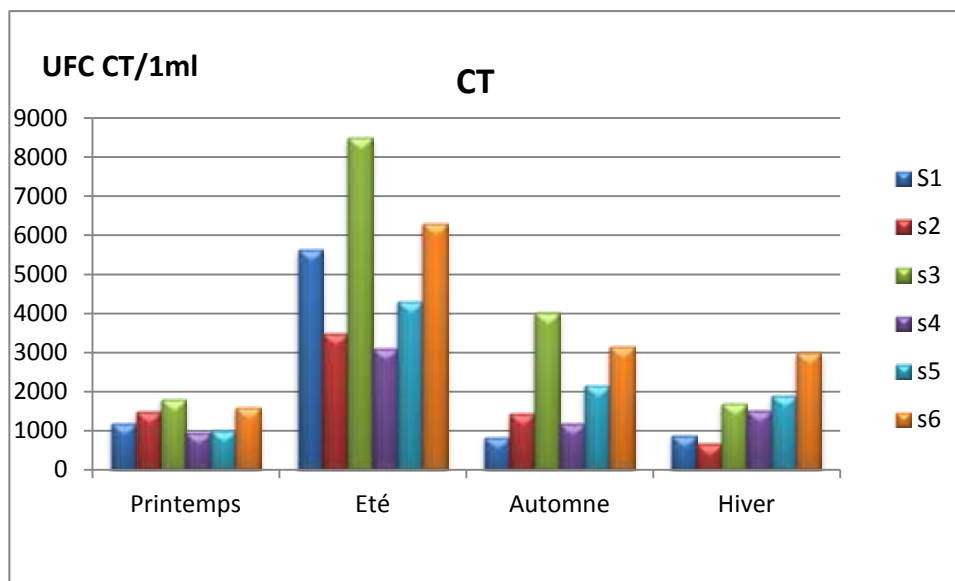


Figure 59 : Estimation de la variation saisonnière des coliformes totaux (CT) des eaux de l'oued Seybouse(2014).

II.1.2.Les coliformes fécaux:

Représenté essentiellement par *E. coli*, le type des coliformes d'habitats fécal exclusif. Les résultats obtenus illustré dans la Figure 60 ci-dessous montrent que la saison sèche (été) qui représente la charge maximal en CF au niveau de S5 avec un taux de 6330 UFC/ml. Par contre la charge minimale en CF a été enregistrée durant la période hivernal avec une valeur de 720 UFC/ml dans S2. Cela est dû aux fréquences élevé des précipitations durant la période humide ainsi que la haute température enregistré durant la saison sèche qui joue comme d'un facteur favorisant la multiplication rapide des différentes bactéries en générales et de germes fécaux en particulier. Ainsi que la vitesse d'écoulement considéré comme assez importante caractérise la station 2 par a port aux autres stations ce qui assure la diminution de la charge bactérien au fur et à mesure avec le temps.

Ces valeurs obtenues sont supérieures à celles citées pour les eaux d'irrigation (1000 CF/ 100 ml).

La présence des CF dans les eaux d'oued Seybouse indique une contamination récente en matière fécal, plus probablement d'origine humaine ou animale provienne essentiellement des à effluents d'élevage et/ou au pâturage des terres agricoles avoisinantes a la majorité des stations. Ainsi que aux rejets domestiques éliminer dans ce hydro-système.

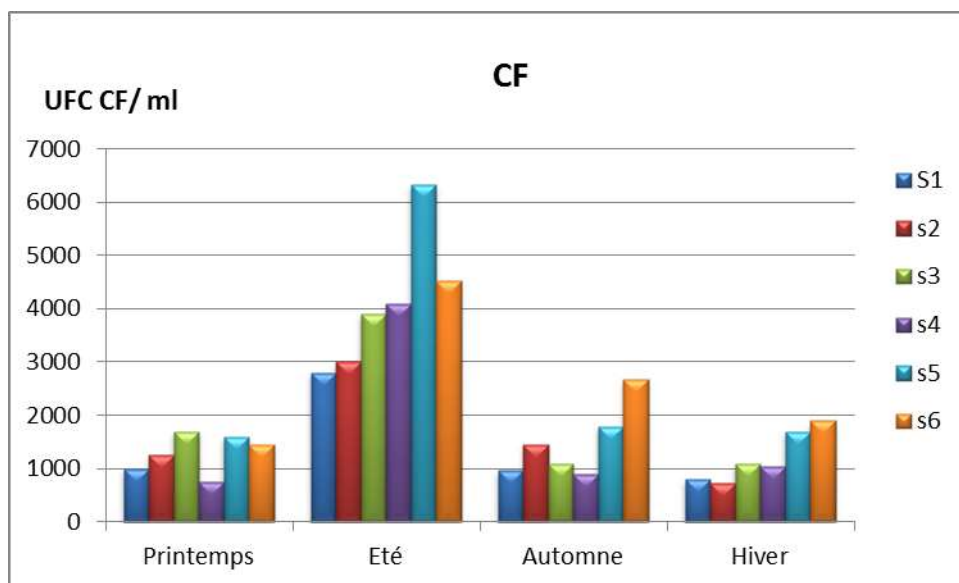


Figure 60: Estimation de la variation saisonnière des coliformes fécaux(CF) des eaux de l'oued Seybouse(2014).

II.1.3.Streptocoque fécaux:

Les Streptocoques fécaux, sont toujours présents dans la matière fécale, en grande partie d'origine humaine. Leur nombre est variable ; généralement ; beaucoup plus faible par rapport aux autres germes dont leur présence dans l'eau indique une contamination fécale est directement lié à la quantité de matière fécale qui- y-se trouve.

La variation saisonnière des SF (Figure 61) montre que les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant les deux périodes : automnal et estivale dont elles atteignent un taux maximal de 3480 UFC/ml dans la saison sèche et au niveau de la station S6, cette charge bactérienne est en ordre croissant de l'amont vers l'aval. La charge en SF est très élevée et dépassant les normes durant toute l'année, mais on doit noter que les plus basses valeurs ont été enregistrées durant la saison humide. Cela peut être expliqué par l'augmentation du niveau des eaux ainsi que l'augmentation du débit durant cette période, ce qui leur permet d'intervenir comme des agents de dilution et d'élimination continues des contaminations bactériennes.

La présence des SF dans les eaux d'oued Seybouse indique la présence d'une contamination d'origine fécale très récente, car ce sont des germes très sensibles au changement des milieux externes. Cette présence est probablement à cause de l'utilisation des matières fécales des animaux utilisées comme engrais dans les aires cultivées au bord de la rivière et à l'apport des streptocoques à partir des zones supérieures. Le rejet des

eaux usées de plusieurs unités d'habitation dans la rivière peut également être une source importante de streptocoques dans l'eau qui participent à la contamination de ce plan d'eau.

Les valeurs enregistrées sont supérieures à celles citées pour les eaux d'irrigation (1000 SF/ 100 ml).

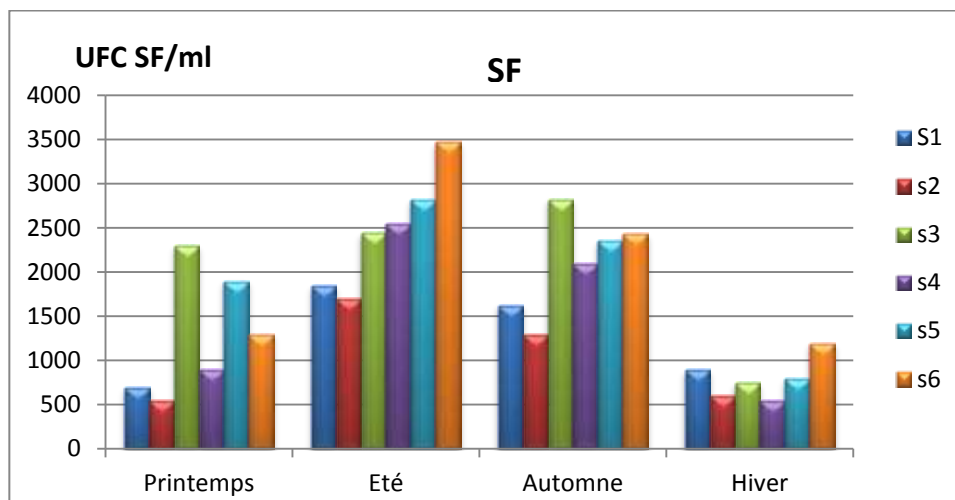


Figure 61: Estimation de la variation saisonnière des streptocoques fécaux(SF) des eaux de l'oued Seybouse(2014).

II.1.4.Détermination de l'origine de la contamination fécale:

L'origine de la contamination fécale est déterminée par le rapport quantitatif R: CF/SF. Selon les critères définis par Borrego & Romero (1982) la contamination est d'origine animale si le rapport R est inférieur à 0,7, elle est d'origine humaine si R est supérieur à 4. L'origine de la contamination est mixte à prédominance animale si R est compris entre 0,7 et 1. Cette origine est incertaine si R est compris entre 1 et 2 et l'origine est dite mixte à prédominance humaine si R se situe entre 2 et 4 (**Fouad et al. , 2013**).

$$R = \text{CF/SF}$$

Tableau 28 : Origine de la pollution fécale selon le rapport CF/SF (Borrego & Romero, 1982)

Rapport CF/SF	Source de Contamination
$R < 0.7$	Principalement ou entièrement d'origine animale
$0.7 < R < 1$	Mixte à prédominance animale
$1 < R < 2$	Origine incertaine
$2 < R < 4$	Mixte à prédominance humaine
$R > 4$	Source exclusivement humaine

L'analyse du tableau montre que 54% des échantillons analysés ont un rapport CF/SF entre 1 et 2. Ceci explique que l'origine de la contamination des eaux de l'Oued Seybouse est incertaine. D'autre part, 20,83% des échantillons montrent une contamination mixte à prédominance animale, 12,5% à une origine principalement ou entièrement d'origine animale et 12,5% une origine mixte à prédominance humaine.

*Au Printemps les stations S3, S4 et S5, R étant compris ($0.7 < R < 1$) ceci peut être expliqué par la présence d'engrais phytosanitaires d'origine animale qu'utilisent les agriculteurs sans compter le phénomène de lessivage des sols apporté par les fortes précipitations pendant le mois de mars. Pour S2, ($4 > R > 2$) on a l'urbanisation de la commune, ce qui fait qu'il y a des rejets domestiques. La pollution pour S1 et S6 ($2 > R > 1$) est incertaine.

*En été pour la station S1, S2, S3, S4 et S6, (R étant compris $2 > R > 1$) la contamination est incertaine. Pour S5 (R étant compris $4 > R > 2$) donc la contamination est exclusivement humaine due aux rejets domestiques par la présence d'habitation dans les environs.

*En automne pour les stations S1, S3 et S4 R étant inférieur à 0,7 la pollution est d'origine animale et la pollution dans S5 présente R étant compris ($1 > R > 0,7$) est mixte à prédominance animale, on pourrait l'expliquer par présence de bovins dans les pâturages à proximité de l'oued. Tandis que les stations S2 et S6 présentent une pollution incertaine.

*Durant la saison hivernale, les stations S2, S3, S4 et S6 dont R étant compris ($2 > R > 1$) cela signifie une pollution d'origine incertaine. Par contre S1 se caractérise par une pollution mixte à prédominance animale cela peut être expliqué par l'activité de pâturage exercée près des rives de cette station. Et une pollution mixte à prédominance humaine au

niveau de la station S5, cette pollution est probablement en relation aux activités agricole à proximité ainsi que des rejets domestiques.

Selon Rodier (2009), les origines de la contamination des eaux ne proviennent pas d'une part exclusivement de l'origine humaine ou animale, mais il y a aussi d'autre part les paramètres physico-chimiques qui contribuent à l'activité bactérienne comme la température et le pH (Chigbu *et al.*, 2004).

Tableau 29: Détermination du rapport coliformes fécaux/streptocoques fécaux.

R=CF/SF	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Printemps	1,42	2,27	0,73	0,8	0,84	1,11
Eté	1,51	1,76	1,59	1,6	2,23	1,3
Automne	0,34	1,11	0,38	0,42	0,75	1,09
Hiver	0,9	1,26	1,46	1,9	2,12	1,58

II.1.5. Dénombrement des bactéries Anaérobies sulfito-réductrices:

Les Anaérobies Sulfito- Réducteurs (ASR) sont des germes telluriques (présents dans le milieu extérieur: sol, eau, air, etc...Et capables d'y résister très longtemps sous forme de spore), présents également dans la flore intestinale de l'homme et des animaux. Ils se développent dans des conditions d'anaérobiose (absence d'oxygène). Les spores de ces germes sont très résistantes à la chaleur.

Les résultats obtenus sur les ASR (Figure 62) montrent leurs présence en nombre très élevé durant les quatre saisons et au niveau des six stations. La présence des spores d'anaérobies sulfito-réducteurs dans une eau naturelle, permettrait de prétendre que la pollution fécale est ancienne ou intermittente (OMS, 2000).

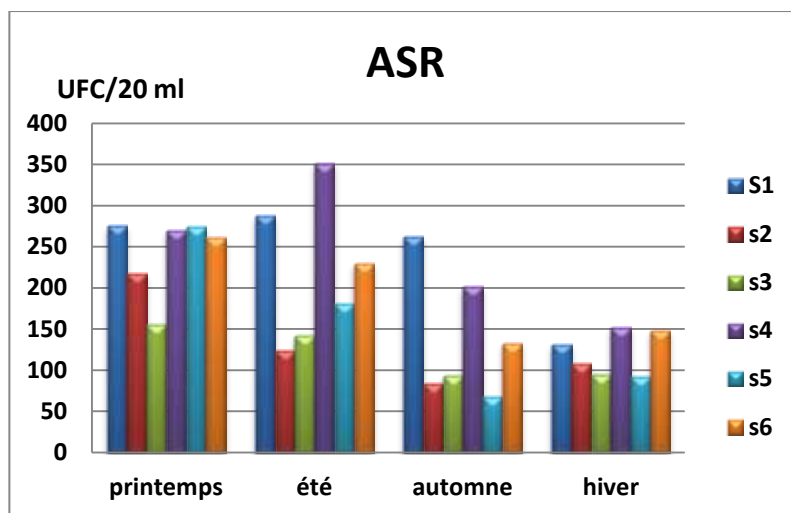


Figure 62: Estimation de la variation saisonnière des ASR des eaux de l'oued Seybouse(2014).

II.2.L'Identification des souches bactériennes:

Les germes d'origine fécale peuvent être recherchés pour confirmer le danger mis en évidence par leur présence, ainsi que d'autres germes d'origine non fécale dont leur risque ne peut être mis en évidence que par la recherche des germes pathogènes tels que: *Staphylococcus aureus*, *Salmonella*, *Shigella*, *Vibrion*...etc.

Ces germes sont souvent présentés en faible concentration dans l'eau et peuvent se développer en culture ; l'identification des colonies isolées est basée essentiellement sur l'observation macroscopique et microscopique des colonies ; l'identification biochimique par les API systèmes et d'autres tests. Les résultats sont résumés sous forme de tableaux et des figures ci-dessous:

II.2.1.Caractère morphologique et coloration de Gram:

Tableau 30: Aspects macroscopiques et microscopiques des colonies bactériennes isolées durant notre étude.

Milieux de culture	Observation macroscopique	Observation microscopique
Chapman	-Colonies grandes, jaunes, rondes, bombées à contours réguliers. -Colonies petites, jaune, ronde, bombée, lisse à contours réguliers.	-Cocci, Gram positif, isolés ou regroupés en diplocoques ou en tétrades. -Cocci, Gram positif, isolés ou

	-Colonies petites, blanches, bombées, lisses à contours réguliers.	regroupés en diplocoques et en amas non réguliers. - Bacilles Gram positif, longs, isolé.
Hektoen	<p>-Colonies de taille petite à moyenne, vertes, bombées, ronde, lisses à contours réguliers.</p> <p>-Colonies petites, vertes foncées, ronde, bombées, opaques, lisse à contours réguliers.</p> <p>-Colonies petites, vertes avec centre noir, lisses, bombées, opaques à contours réguliers.</p> <p>-Colonies de taille moyenne, vertes avec centre noir, lisses, bombées, opaques à contours réguliers.</p> <p>-Colonies petites, rouge saumon, de contours réguliers, plate, opaque, lisse</p> <p>-Colonies petites, marrons, bombées, lisses, opaques.</p> <p>- Colonies grandes, rouges saumon, à contours réguliers, bombées, lisses, opaques.</p> <p>- Colonies de taille petite à moyenne, rouges saumon, rondes, bombées, lisses, opaques.</p> <p>-colonies transparentes à centre noire, rondes, bombées.</p> <p>-colonies blanchâtres à centre orangé, moyenne bombées, lisses à contours réguliers.</p> <p>-colonies blanches, de taille petite à moyenne, bombées, lisses à contours réguliers.</p>	<p>-Bacilles, Gram négatif, isolés, ou regroupés.</p> <p>-Bacilles, Gram positif, isolés, ou regroupés.</p> <p>-Cocci, Gram positif, diplocoque ou en amas.</p> <p>-Cocci, Gram négatif, en amas.</p>

GNAB	<p>-Colonies petites, rondes, bombées, lisses à contours réguliers, transparentes.</p> <p>-Colonies très petites (moins de 1 mm de diamètres), incolores, bombées, lisses, translucides.</p>	<p>-Bacilles, Gram négatif, isolés.</p> <p>-Cocci, Gram négatif, isolés ou en amas.</p>
Hektoen	<p>-Une nappe des colonies entre des colonies vertes et vertes à centre noire.</p> <p>-Colonies petites, rouges saumon, lisses, bombées à contours réguliers.</p> <p>-Colonies petites, verts foncées, rondes, lisses à contours réguliers, bombées.</p>	<p>-Bacilles, Gram négatif, isolées.</p> <p>-Cocci, Gram négatif, isolées ou regroupés.</p>
Cétrimide	<p>-Colonies de grande taille, blanchâtres, lisses, plates à contours réguliers.</p>	<p>-Bacilles, Gram négatif, isolés.</p>
Selmonelle-Shiguell (SS)	<p>-colonies transparente à centre noir, contour irrégulière. lisse et bombé.</p> <p>-colonies verte de taille grande, contour irrégulier, lisse, bombé</p> <p>-colonies grandes couleur marron claires, contours réguliers, lisses, plates.</p> <p>-colonies de taille moyenne couleur rose, incurvé et de contour régulier. (lac+)</p> <p>-colonies plate blanchâtre, grande et lisse, bombé.</p>	<p>- Bacilles isolés, Gram négatif</p>
Gélose nutritive (GN)		<p>- Bacilles isolés ou en chaînettes, Gram négatif.</p> <p>- Bacilles isolés, Gram négatif.</p> <p>- Bacilles isolés, regroupés, Gram Négatif</p>

II.2.2. Résultats de l'identification biochimique:

L'étude biochimique nous a permis d'identifier 30 espèces bactériennes appartenant à 09 familles différentes dont la majorité des espèces font partie de la famille des Enterobacteriaceae présenté par 17 espèces, les espèces représentative *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Citrobacter freundii*, *E.coli*, aussi la famille Aeromonadaceae présenté par des *Aeromonas hydrophila* dans toute les stations, 5 espèces bactériennes de la famille Staphylococcaceae, présenté majoritairement par *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus capitis*. Les espèces bactériennes identifiées par les API systèmes sont résumées dans le Tableau 31 et les Figures ci-dessous:

Tableau 31: Les espèces identifiées par l'API 20 E, l'API 20 NE, l'API 20 Staph, l'API 20 Strepto.

API système	Milieux de culture	Espèces identifiées
API 20 E	Hektoen	<i>Pseudomonas hydrogenosa</i> (Figure.63)
	Hektoen	<i>Shewanella putrefaciens</i> (Figure.64)
	Cétrimide	<i>Pseudomonas hydrogenosa</i>
	Hektoen	<i>Serratia odorifera 1</i> (Figure.65)
	Hektoen	<i>Aeromonas hydrophila</i> (Figure.66)
	Hektoen	<i>Serratia fonticola</i> (Figure.67)
	Hektoen	<i>Chryseomonas luteola</i> (Figure.68)
	Hektoen	<i>Enterobacter sakazakii</i> (Figure.69)
	Hektoen	<i>Serratia odorifera 1</i>
	Hektoen	<i>Klebsiella oxytoca</i> (Figure.70)
	Hektoen	<i>Citrobacter koseri/farmeri</i> (Figure.71)
	Hektoen	<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i> (Figure.72)

	Hektoen	<i>Aeromonas hydrophila</i> gr.1 (Figure.73)
	Cétrimide	<i>Citrobacter freundii</i> (Figure.74)
	Cétrimide	<i>Enterobacter sakazakii</i>
	Hektoen	<i>Klebsiella ornithinolytica</i> (Figure.75)
	Hektoen	<i>Enterobacter aerogenes</i> (Figure.76)
	Hektoen	<i>Salmonella arizonae</i>
	Hektoen	<i>Citrobacter baakii</i> (Figure.83)
	SS	<i>Vibrio fluvialis</i>
	Hektoen	<i>Shigella</i> ssp
	Gélose Nutritive	<i>Cedecea lager</i>
	Hektoen ,GN,SS	<i>Proteus vulgaris</i>
	GNAB	<i>Aeromonas hydrophila</i>
	GNAB	<i>Chryseomonas luteola</i>
API 20 NE	GNAB	<i>Vibrio metschnikovii</i> (Figure.77)
	Chapman	<i>Staphylococcus aureus</i>
	Chapman	<i>Staphylococcus capitis</i> (Figure.78)
API 20 Staph	Chapman	<i>Staphylococcus xylosus</i> (Figure.79)
		<i>Staphylococcus carnosus</i>
	Chapman	<i>Staphylococcus sciuri</i> (Figure.80)
API 20 Strep	Gélose Nutritive	<i>Aerococcus viridans</i> 1 (Figure.81)

	Gélose Nutritive	<i>Streptococcus sanguis</i> (Fig.82)
--	------------------	---------------------------------------



Figure 63 : Profil biochimique de la souche *Pseudomonas hydrogenosa*.



Figure 64 : Profil biochimique de la souche *Shewanella putrefaciens*.



Figure 65 : Profil biochimique de la souche *Serratia odorifera 1*.



Figure 66 : Profil biochimique de la souche *Aeromonas hydrophila*.



Figure 67 : Profil biochimique de la souche *Serratia fonticola*.



Figure 68 : Profil biochimique de la souche *Chryseomonas luteola*.



Figure 69: Profil biochimique de la souche *Enterobacter sakazakii*.



Figure 70: Profil biochimique de la souche *Klebsiella oxytoca*.



Figure 71 : Profil biochimique de la souche *Citrobacter koseri/farmeri*.



Figure 72 : Profil biochimique de la souche *Klebsiella pneumoniae* ssp pneumoniae.

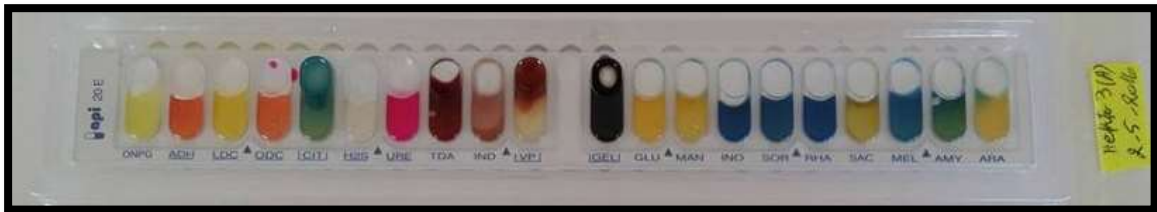


Figure 73: Profil biochimique de la souche *Aeromonas hydrophila* gr.1.



Figure 74 : Profil biochimique de la souche *Citrobacter freundii*.



Figure 75 : Profil biochimique de la souche *Klebsiella ornithinolytica*.



Figure 76 : Profil biochimique de la souche *Enterobacter aerogenes*.



Figure 77 : Profil biochimique de la souche *Vibrio metschnikovii*.



Figure 78 : Profil biochimique de la souche *Staphylococcus capitis*.



Figure 79: Profil biochimique de la souche *Staphylococcus xylosum*.



Figure 80 : Profil biochimique de la souche *Staphylococcus sciuri*.



Figure 81 : Profil biochimique de la souche *Aerococcus viridans 1*.



Figure 82: Profil biochimique de la souche *Streptococcus sanguis*.



Figure 83 : Profil biochimique de la souche *Citrobacter baakii*.

Tableau 31: Répartition des espèces bactériennes isolées durant notre étude entre les six stations.

Espèces bactériennes	S1	S 2	S 3	S 4	S 5	S6
<i>Pseudomonas hydrogenosa</i>	×	×			×	×
<i>Shewanella putrefaciens</i>	×					
<i>Enterobacter aerogenes</i>			×			
<i>Serratia fonticola</i>				×		
<i>Enterobacter sakazakii</i>	×		×		×	
<i>Klebsiella oxytoca</i>	×					×
<i>Aeromonas hydrophila gr .1</i>			×			×
<i>Chryseomonas luteola</i>		×		×		
<i>Klebsiella pneumoniae ssp pneumoniae</i>			×			
<i>Citrobacter freundii</i>			×			×
<i>Klebsiella ornithinolytica</i>	×					
<i>Staphylococcus xylosus</i>			×			

<i>Escherichia.coli</i>	×	×	×	×	×	×
<i>Vibrio metschnikovii</i>			×			
<i>Staphylococcus carnosus</i>			×			×
<i>Aerococcus viridans 1</i>		×		×		
<i>Staphylococcus sciuri</i>	×					
<i>Staphylococcus capitis</i>	×					×
<i>Citrobacter koseri/farmeri</i>		×	×			×
<i>Serratia odorifera 1</i>	×		×	×		
<i>Aeromonas hydrophila</i>	×	×		×	×	×
<i>Streptococcus sanguis</i>			×			
<i>Salmonella arizonae</i>	×		×			×
<i>Citrobacer baakii</i>	×				×	
<i>Vibrio fluvialis</i>			×			
<i>Shigella spp</i>			×			
<i>Cedecea lager</i>	×				×	
<i>Proteus vulgaris</i>	×	×	×	×		×
<i>Micrococcus spp</i>				×		
<i>Staphylococcus aurieus</i>	×		×			×

II.2.3. La distribution taxonomique des espèces bactériennes isolées:

Tableau 32: présente le nombre des espèces bactériennes isolées selon les familles dans eaux de l'Oued Seybouse(2014).

Famille	Nombres d'espèces
Enterobacteriaceae	15
Staphilocaccaeae	6
Aearomonodaceae	2
Vbrionacceae	2
Aerococcaceae	1
Streptococaceae	1
Pseudomonaceae	2
Shewanellaceae	1

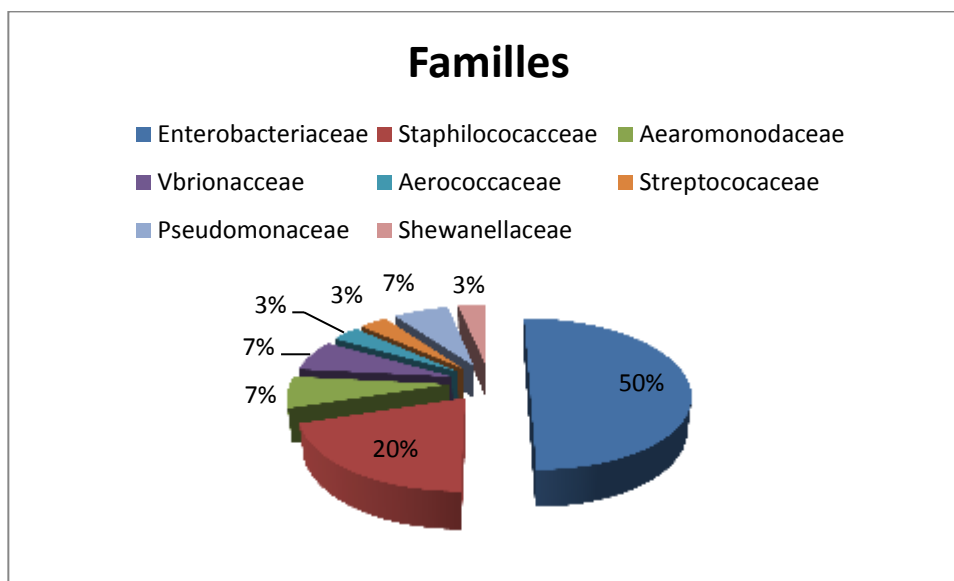


Figure 84 : Le Taux des espèces dans chaque famille.

II.3. Isolement et identification des levures et moisissures:

L'identification des levures isolées a été faite sur la base de l'aspect macroscopique et microscopique des colonies. Cette identification reste approximative, vu la nécessité d'un examen biochimique (API 20 C AUX).

Les résultats des analyses fongiques et les caractères macroscopiques et microscopiques des espèces isolées sont résumés dans les tableaux et les figures ci-dessous.

Tableau 33: Aspects macroscopiques et identification des levures isolées dans l'eau de l'oued Seybouse(2014).

Milieux de culture	Observation macroscopique	Identification
Sabouraud chloramphénicol	<ul style="list-style-type: none"> -Levures de pousse rapide, de taille grandes, crémeuses, bombées, à contours irréguliers, blanches. -Colonies de pousse rapide, blanches, de tailles petites, crémeuses, lisses. -Colonies de pousse très rapide, blanches, rondes, de tailles Moyennes, lisses. 	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Candida pelliculosa</i>. (Figure.86) - <i>Candida albicans 1</i>. (Figur 87) - <i>Cryptococcus uniguttulatus</i>. (Figure 88) - <i>Rhodotorula glutinis</i>. - <i>Rhodotorula minuta</i>. (Figure 89) - <i>Candida albicans 2</i>. (Figure 90) - <i>Trichosporon cutaneum</i>. (Figure 91)



Figure 85: Aspect macroscopique des levures sur milieu sur sabouraud chloramphénicol.

II.3.1.API 20 C Aux:



Figure 86 : Profil biochimique de la levure *Candida pelliculosa*.



Figure 87: Profil biochimique de la levure *Candida albicans 1*.



Figure 88: Profil biochimique de la levure *Cryptococcus uniguttulatus*.



Figure 89: Profil biochimique de la levure *Rhodotorula minuta*.



Figure 90 : Profil biochimique de la levure *Candida albicans 2*.



Figure 91: Profil biochimique de la levure *Trichosporon cutaneum*.

Tableau 34: Aspects macroscopiques, microscopiques et identification des champignons isolés dans l'eau d'oued Seybouse.

Milieux de culture	Recto - verso de la boîte	Identification
Sabouraud chloramphénicol	<p>-Croissance rapide, colonies cotonneuses, de couleur blanc beige à brun. Le revers est de couleur pale jaune (Figure 92).</p> <p>-Croissance rapide, colonies poudreuses, il y'a des colonies de couleur verts foncées, des colonies blanches et des colonies bleues. Le revers est de couleur jaune (Figure 93).</p> <p>-Croissance rapide, colonies poudreuses, il y'a des colonies de couleur blanches au début et jaunes à la sporulation, des colonies vertes foncées. Le revers est de couleur marron. (Figure 94)</p> <p>-Croissance rapide, colonies glabre, de couleur blanches. Le revers est de couleur pale jaune.</p> <p>-Croissance rapide, colonies laineuses, de couleur marron et blanche. Le revers est de couleur noir, jaune et pale jaune.</p> <p>-Croissance rapide, colonies poudreuses, de couleur vert. Le revers est de couleur noir.</p> <p>-Croissance rapide, colonies laineuses, de couleur blanche. Le revers est de couleur jaune.</p> <p>-Croissance rapide, colonies poudreuses, de couleur jaune au début après blanche après vert après gris. Le revers est de couleur jaune (Figure 95)</p> <p>-Croissance rapide, colonies poudreuses, de couleur blanche avec un centre vert. Le revers est de couleur blanche avec centre noir.</p>	<p>-<i>Mucor sp.</i></p> <p>- <i>Penicillium sp.</i></p> <p>- <i>Aspergillus sp</i></p> <p>- <i>Cladosporium sp.</i></p>

II.3.2. Caractères morphologiques et coloration Bleu de Méthylène:

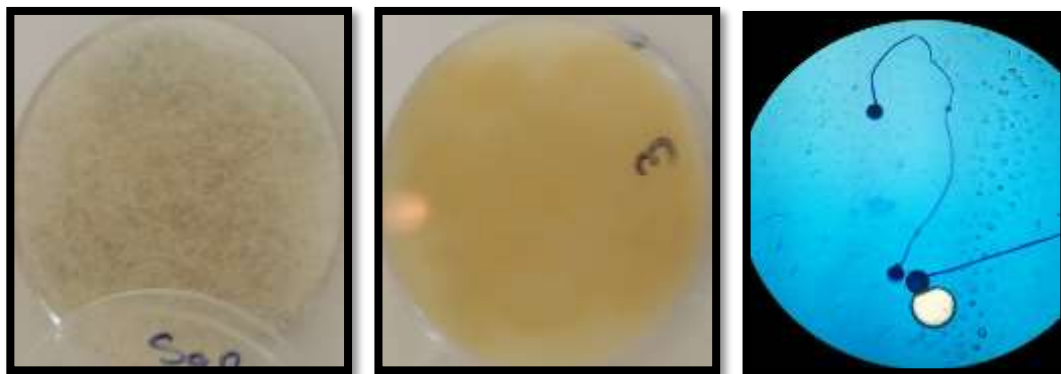


Figure 92 : Recto - verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de *Mucor sp* (Grossissement $\times 40$).



Figure 93: Recto- verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de *Penicillium sp* (Grossissement $\times 40$).



Figure 94: Recto- verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de *Aspergillus sp* (Grossissement $\times 40$).

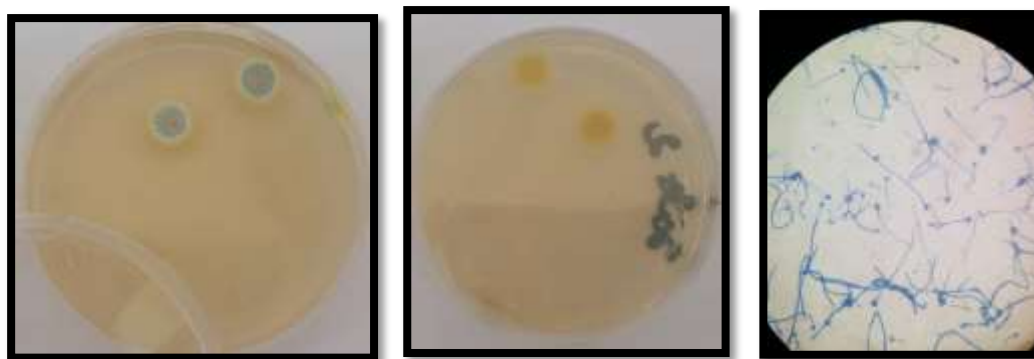


Figure 95 : Recto - verso de la boîte de Sabouraud chloramphénicol et observation microscopique de *Cladosporium sp* (Grossissement $\times 40$).

Dans le totale et selon les résultats présentés dans les tableaux et les figures ci-dessus nous avons inventoriés environ 11 espèces fongiques au niveau des eaux de l'oued Seybouse, la répartition de ces espèces sur les différentes stations est bien représentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 35: Répartition des espèces fongiques isolées dans les eaux d'oued Seybouse entre les stations des prélèvements.

Espèces fongiques	S 1	S 2	S 3	S 4	S 5	S6
<i>Rhodotorula glutinis</i>	×		×	×		×
<i>Candida pelliculosa</i>	×			×		
<i>Candida albicans 1</i>				×		
<i>Cryptococcus uniguttulatus</i>		×	×			×
<i>Rhodotorula minuta</i>			×	×		
<i>Candida albicans 2</i>	×					×
<i>Trichosporon cutaneum</i>					×	
<i>Cladosporium sp.</i>		×	×			×
<i>Penicillium sp.</i>				×	×	
<i>Mucor sp.</i>	×	×	×			×
<i>Aspergillus sp.</i>	×		×	×		×

Partie IV

Etude Ecologique

Chapitre VII :
Généralités sur les odonates

I.Introduction:

Les Insectes représentent plus de 70 % de la biodiversité du règne animal (**Stork, 1993**). À l'heure actuelle, les connaissances sur la biologie et la répartition de la plupart de ces espèces demeurent toutefois très lacunaires (**Scheffers et al., 2012**). Cependant, les études menées sur les groupes d'insectes les plus connus mettent en évidence les impacts de la destruction et de la fragmentation des habitats sur la distribution, les déplacements et la conservation des espèces (**Maes & Bonte, 2006**). De plus, l'utilisation anthropique intensive de l'espace entraîne bien souvent une perte de fonctionnalité du milieu, en empêchant notamment la dispersion des individus et en modifiant les interactions entre espèces (**Steffandewenter & Tschardt, 2002**). Cette fragmentation induit une réduction parfois très importante de la connectivité entre les populations, provoquant ainsi leur fragilisation (**Conseil de l'Europe, 2000 ; Baguette, 2004**). La fragmentation et/ou la simplification des habitats se combine également à d'autres phénomènes tels que le réchauffement climatique, provoquant des effets complexes encore difficilement prévisibles (**Mantyka-Pringle et al., 2012**).

Les libellules ou les odonates font partie des rares insectes que tout le monde est capable de reconnaître. Comme les papillons, elles bénéficient d'une bonne image. Inoffensives, gracieuses et très démonstratives (**Jourde, 2005**) ; ce sont des insectes qui habitent tous les types de milieux aquatique. Elles sont reconnues comme un maillon environnemental essentiel au bon fonctionnement des zones humides. Comme prédateurs, ils jouent un rôle non négligeable dans la régulation d'une partie de la faune de ces biotopes. Comme proies, ils contribuent au maintien et au développement d'autres espèces animales. Leur présence est donc un indice sur la richesse faunistique des eaux douces (**D'aguilar & Domanget, 1998**). Leurs exigences écologiques ont fait d'eux un groupe idéal pour être utilisé comme outils d'évaluation et de conservation des milieux aquatiques (**Dommanget, 1989**). Malheureusement, la pollution et surtout la régression des zones humides semblent être à l'origine de leur disparition (**Canning et al., 2000**) car ils sont liée par les exigences écologique de leurs larves aux milieux aquatique (**Dufour, 1978**).

En vus a tous ces différentes importance assuré par ce groupe d'insectes. Cette partie est consacré a évaluer la pollution de l'oued Seybouse de point de vus biologique dans le but d'avoire une étude complémentaire à celle de la qualité bactériologique et physico-chimique. Pour atteindre a notre objectif on a focalisée notre étude dans cette partie sur la diversité de l'Odonatofaune de ce cours d'eau qui présente un abrit assez importants pour ce taxone,cela est

se traduise par la réalisation d'un inventaire du peuplement de ces invertébrés de ce plan d'eau ce qui nous permettrons de refaire un sort de mis à jours et de metre une nouvelle chek-liste aux differntes espèces d'odonates hébergent ce milieu aquatique . Afin d'évaluer l'état de santé de ce oued et d'avoir une etude complète sur sa qualité.

I.1.Généralité sur les Odonates:

I.1.1.Historique:

Les libellules sont l'un des plus anciens groupes d'insectes vivants aujourd'hui, Des fossiles préhistoriques datés de 300 millions d'années, ont été retrouvés notamment à Commeny. Les fossiles d'abord connus appartiennent au groupe Protodonata, le groupe de sœur éteint d'Odonata moderne. Inclus dans Protodonata est le plus gros insecte connu pour avoir existé: *Meganeuropsis permiana*, dépassaient 70 cm d'envergure (**Carpenter, 1939**). Les odonates proprement dits, sont apparus au début de la période de Permien, et les lignées correspondantes aux 3 sous-ordres existan ont fleuris dans le Mésozoïque : les Zygoptères et Anisozygoptères dans le Triasique tandis que les Anisoptères dans le Jurassique (**Wheeler et al., 2001**).

I.1.2.Etymologie (Odonate / libellule):

Les insectes de l'ordre des odonates sont communément appelés en français libellules. Cette appellation, entérinée par Carl von Linné en 1758 dérive de libella (lat) = niveau. Il semble que ce soit Guillaume Rondelet (1554 et 1558) qui a utilisé ce nom le premier. Il dénommait Libella fluviatilis des larves de zygoptères « pour la figure faite comme un niveau duquel usent les architectes ». C'est en 1792 que le naturaliste Fabricius donna le nom d'Odonata aux libellules qui par la suite se sont francisé en odonate (**Jourde, 2005**).

Ce nom est la contraction des mots Grecs « Odonto » (dent) et gnathos (mâchoire) et signifie « mâchoire dentée » qui est une particularité anatomique induite par la forme des mandibules des adultes (**Aguilar & Dommanget, 1985**).

I.1.3. Systématique :

Tableau 36 :La Systématique des Odonates.

Règne :	Arthropoda
Embranchement :	Animalia
Sous Rembranchement :	Hexapoda
Classe :	Insecta
Sous-classe :	Pterygota
Ordre	Odonata

I.2. Classification:

Selon Schorr et *al.* (2005), il existe 5 574 espèces d'odonates dans le monde, se divisent en trois (3) sous-ordres :dont 2 874 anisoptères, 2 anisozygoptères³ et 2 698 zygoptères.

I.2.1. Les Anisoptères:

❖ Les adultes:

Des espèces fortes et trapues, les ailes antérieures et postérieures sont toujours dissemblables (les ailes antérieures sont plus étroites que les postérieures), ailes toujours écartées du corps, vol puissant (**Aguilar et al., 1985**) (Figure 96).



Figure 96 :*Trithemis annulata* (pris par Razkallah.Z, 2015).

❖ Les larves:

Ont une forme plus courte et élargie, caractérisé par la Présence d'épines (latérales ou médio-dorsales) sur chaque segment de l'abdomen, des appendices anaux forment une pyramide anale qui se compose de 2 appendices supérieurs (**Khelifa & Kahlerras, 2009**).

1.2.2. Les Zygoptères:

❖ Adultes:

Espèces fines et grêles, ailes postérieures et antérieures de forme identique, les yeux sont largement séparés, vol peu soutenu, les ailes sont généralement jointes au-dessus de l'abdomen, exception faite pour les Lestidés, les espèces de cette famille tiennent leurs ailes légèrement ouvertes quand ils sont au repos (Figure 97) (Aguilar & Dommanget, 1998).



Figure 97: *Ischnura grailsii* (pris par Razkallah.Z, 2015).

❖ Les larves:

Ont une forme très allongée, aussi une absence d'épines sur l'abdomen. Des appendices anaux sont constitués par 3 lamelles caudales (branchies anales).

1.2.3. Les Anisozygoptères:

Ce sont des espèces intermédiaires (Figure 98), ne comprennent que deux espèces toutes deux asiatiques, pouvant vivre à plus de 3000 mètres d'altitude. Ce sont les plus anciennes apparues sur Terre et toujours présentes. Dotées des yeux et d'ailes proches des Zygoptères, le reste de leur corps est semblable à celui des Anisoptères.



Figure 98: *Epiophlybia suprestes*(SELYS, 1889) [3].

I.3. Étudier les odonates, oui, mais pourquoi ?

Les odonates constituent un groupe parapluie et porte-étendard représentatif des zones humides (**Pont & Mathieu, 2011**). Certaines espèces sont sténoèces : elles exigent des conditions stationnelles spécifiques notamment en termes d'habitats. Leur facilité de détermination et leur sensibilité aux modifications de l'environnement en font un bon outil de suivi des écosystèmes aquatiques, d'après (**Benazzouz *et al.*, 2009 in Lebrasseur, 2013**).

Elles sont aussi des insectes hémimétaboles d'une part, elles se développent lors d'un stade larvaire aquatique puis émergent à l'air libre afin d'assurer leur reproduction, donc sont directement affectés par la qualité des milieux aquatiques ainsi que par la qualité des espaces terrestres environnants. Elles sont à ce titre des indicateurs des trames à la fois vertes et bleues et présentent un intérêt majeur à ce niveau. Les fortes variations interspécifiques des exigences écologiques des Odonates permettent de plus d'obtenir une vision intégrative de la qualité des écosystèmes à de multiples échelles géographiques, depuis des enjeux micro locaux jusqu'à des enjeux plus larges à l'échelle des territoires (**Sordello *et al.*, 2011 ; Houard *et al.*, 2012**). D'autre part elles présentent un groupe des invertébrés très important écologiquement pour plusieurs raisons. Ils sont souvent le groupe de prédateurs dominant dans les habitats aquatique et semi-aquatique, notamment dans les systèmes sans poisson (**Cannings *et al.*, 2000**) ils constituent aussi une source importante de nourriture pour certains vertébrés tels des canards, spécialement lorsqu'ils fréquentent des lacs acides (**Catling & collab., 1998**). Par ailleurs, ils peuvent être utilisés comme indicateurs de l'état de santé d'écosystèmes aquatiques (**Cannings *et al.*, 2000**).

I.4. Morphologie et anatomies des odonates:

Les Odonates - ou Libellules - se distinguent des autres Insectes non seulement par leur morphologie caractéristique tant chez l'adulte que chez la larve, mais surtout par des particularités structurales qui leur sont propres et qui sont, pour l'essentiel : l'existence chez le mâle de pièces génitales (genitalia) accessoires tout fait à l'écart des voies génitales, et l'existence chez la larve d'un labium articulé: le masque, qui recouvre les autres pièces buccales (**Zehsa, 2016**).

I.4.1. Adultes:

I.4.1.1. La tête:

Chez les odonates, Zygoptères et Anisoptères, la tête est toujours plus large que le thorax. Les yeux sont distants chez les Zygoptères (Figure 99) et chez les Anisoptères de la famille des

Gomphidae. Chez tous les autres Anisoptères africains, les yeux sont rapprochés (Figure 99). En plus des yeux composés, les odonates possèdent trois ocelles disposés en triangle sur le front.

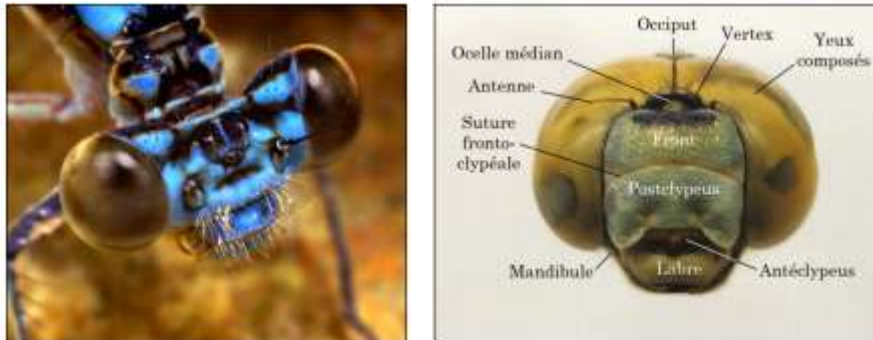


Figure 99: Tête des Zygoptères (à gauche) et Anisoptère (à droite) .

I.4.1.2. Le thorax:

A la place habituelle des 3 parties (prothorax, mésothorax et métathorax), le thorax des Odonates se subdivise en deux parties inégales : prothorax (1er segment situé à l'avant) suivi d'un volumineux synthorax résultant de la fusion du mésothorax et du métathorax. Le thorax porte 3 paires de pattes et deux paires d'ailes. Les pattes, dirigées toutes vers l'avant, sont courtes et garnies d'épines. Les deux paires d'ailes sont de longueur égale mais peuvent être de formes différentes. La nervation alaire est un critère discriminant important dans l'identification des espèces (Abdoulaye, 2010).

I.4.1.3. L'abdomen:

L'abdomen des odonates comprend 11 segments mais le dernier est rudimentaire. Il est de section grossièrement cylindrique chez les Zygoptères et chez de nombreux Anisoptères. Les derniers segments peuvent être de plus grand diamètre (*Corduliidae*) ou présenter un développement d'expansions foliacées latérales (certains *Gomphidae*). Il est plus nettement triquétral (trois angles) chez les *Libellulidae*. Il est d'une grande flexibilité qui permet l'accouplement. La différenciation des sexes se fait plus nettement au niveau de l'abdomen (Figure 100 et 101).

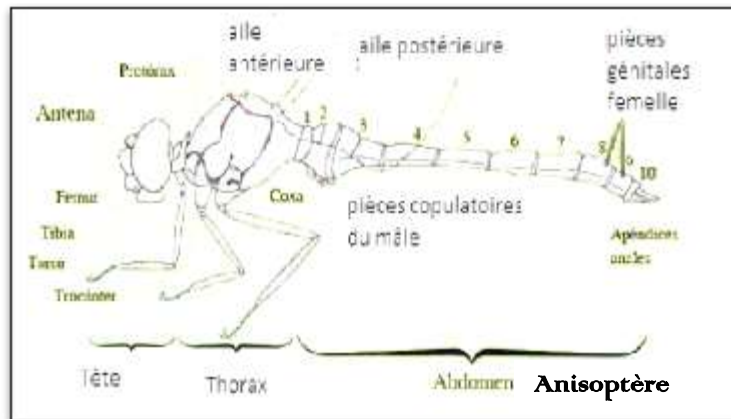


Figure 100: Morphologie d'un imago(Anisoptère).

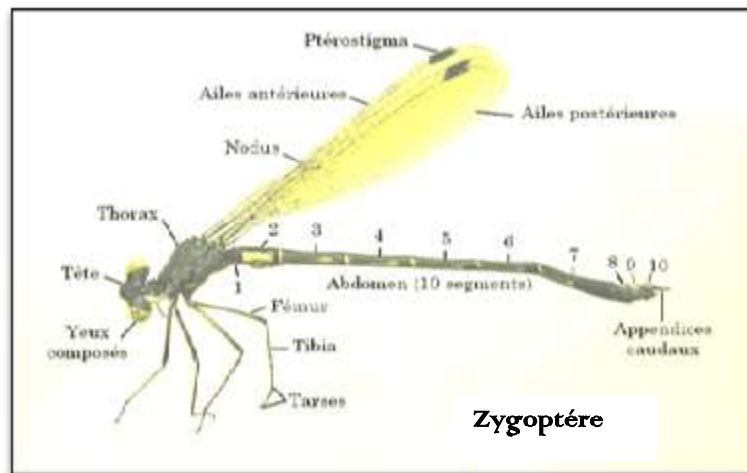


Figure 101 : Morphologie d'un imago (Zygoptère).

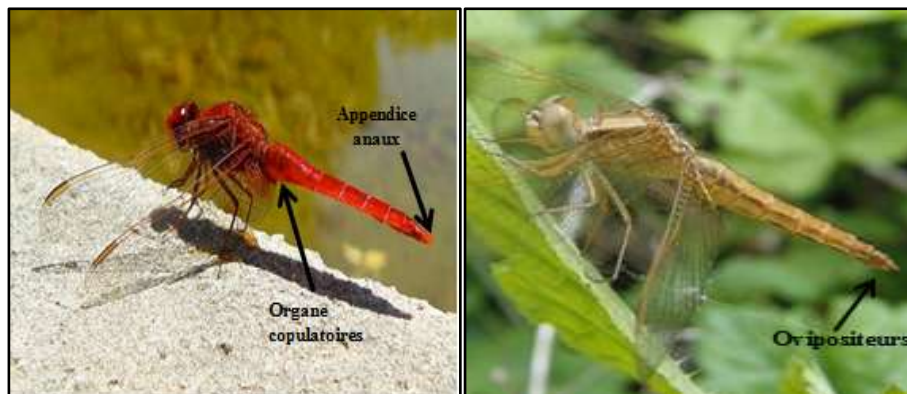


Figure 102 : Les organes copulatoires chez mal (à gauche) et femelle (à droite)

Crocothemis erythraea.

I.4.2.Larves:

Le plan d'organisation est le même chez les larves et chez les adultes. Cependant, les larves ont une silhouette ramassée et possèdent un « masque » (Figure 103) caractéristique formé par le labium (lèvre inférieure) et une coloration cryptique (mimétique) qui est une

adaptation à leur milieu et leur régime alimentaire (Abdoulaye, 2010). Les pattes sont dans l'ensemble plus courtes et plus robustes que celles de l'adulte. La longueur relative et la forme des pattes varient selon l'éthologie (mœurs) des larves. Les pattes des fousseurs (Gomphidae) sont plus courtes et massives. Les marcheurs portent des pattes plus longues. Chez marcheurs, les Corduliidae ont les pattes les plus longues ; leur taille et leur finesse confèrent aux larves de cette famille une allure aranoïde (forme d'araignée). Les larves rupicoles des zones de rapides, appartenant au genre *Zygonyx* (*Libellulidae*), présentent un aplatissement de l'ensemble des pattes (Abdoulaye, 2010).

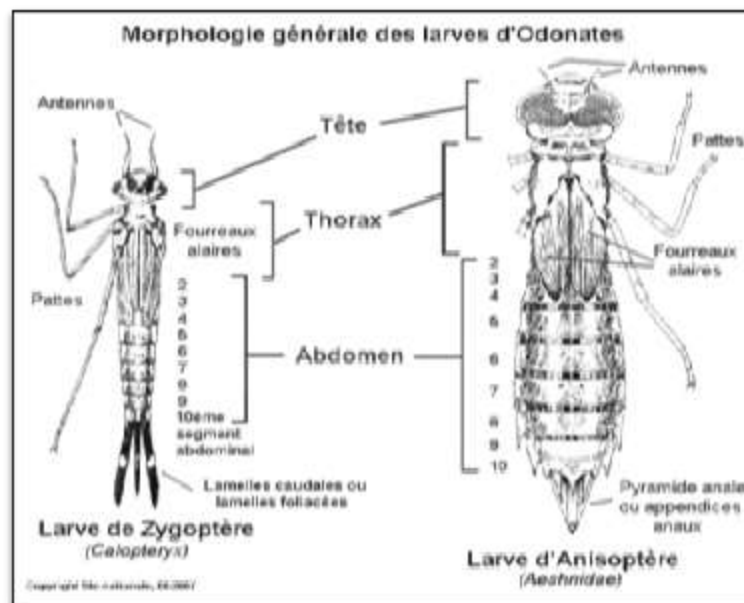


Figure 103 : Morphologie générale des larves des Odonates.(SfO)

Chapitre VIII

La biologie des odonate

II. Biologie des odonates:

D'après Oertli (2008), les libellules constituent des espèces parapluies auxquelles la survie de nombreuses autres est liée, porte étendards et particulièrement représentatives des milieux aquatiques d'eaux douces. Leur cycle de vie caractérisé par une phase larvaire aquatique et une phase adulte terrestre/aérienne, peut potentiellement fournir des informations sur les perturbations de ces deux composantes des écosystèmes (Butler & de Maynadier, 2008 ; Lee Foote & Hornung, 2005).

Ce changement radical de mode de vie implique d'importantes transformations physiologiques (changement du mode respiratoire, mise en fonction des organes reproducteurs) mais aussi morphologiques (déploiement des ailes) et bien évidemment comportementales (changement des modes de chasse, développement des comportements reproducteurs).

II.1. Le cycle biologique des Odonates:

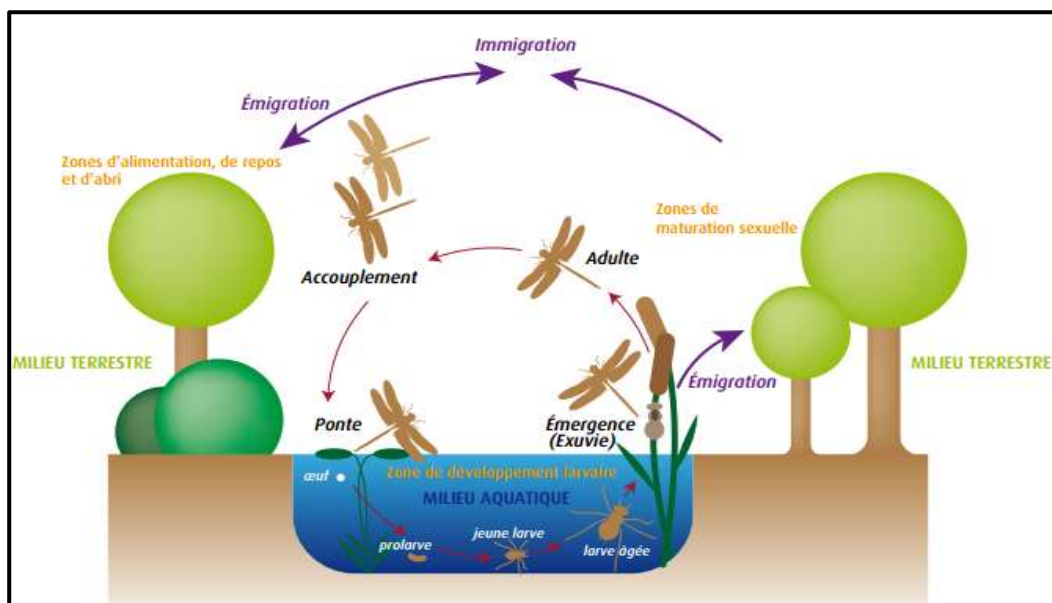


Figure 104 : Représente le cycle de vie des Odonates.

II.1.1. L'oviposition:

L'oviposition est la déposition des œufs par la femelle et elle succède plus ou rapidement à la copulation (Aguilar & Dommanget, 1985). Dans la plupart des cas, c'est la femelle qui est concernée par le choix du site d'oviposition, mais chez certaines espèces comme *Plathemis lydia* (Jacobs, 1955) c'est le mâle qui prend cette initiative.

La façon de déposer l'œuf diffère selon les espèces et différents lieux (végétaux vivants à organes immergés, flottants, aériens, arbres ou arbustes voisinant l'eau, ou des parties végétales mortes...etc.) (Aguilar & Dommanget, 1985). La sélection des sites d'oviposition est influencée par les indices directs tel que (les propriétés de l'eau, dimension du milieu, la végétation aquatiques...etc) (Corbet, 1999 ; Bernath et al., 2002 ; Rouquette & Thompson, 2005).

II.1.2. Stade Œuf:

Les œufs des Odonates existent sous un large éventail de formes: de l'apparence d'un insignifiant grain de riz à ce qui ressemble à des mangues miniatures. (à l'intérieur d'une plante), épiphytique (sur la surface d'une plante), et exophytique (sur l'eau ou la terre) (Corbet, 1999). En général, les œufs de type endophytique sont typiquement plus allongés et fins alors que ceux qui sont pondus dans une tige de plante ou à la surface de l'eau ou sous terre sont plus ovales à sous-sphériques (Corbet, 1999 in Seth, 2005).

Généralement le nombre d'œufs peut atteindre 1500 individus, comme il y a des espèces qui peuvent produire même > 4000 œufs. une femelle pouvant produisant plusieurs milliers d'œufs pendant son cycle biologique (Corbet, 1999).

L'éclosion des œufs est définie par la durée du développement embryonnaire (Seddik, 2001). Les œufs éclosent 7 à 8 jours après la ponte mais l'éclosion peut être délayée de 80 jours (Miller, 1992) et voire 360 jours selon les rapports un cas étudié (Sternberg, 1990).

II.1.3. Stade larvaire:

C'est la période de la vie aquatique qui s'étale entre le début de l'éclosion des œufs et l'émergence de l'individu.

L'œuf donne naissance à une prolarve vermiforme et se transforme rapidement, parfois dès l'éclosion en une larve pourvue de pattes, d'antennes et d'un masque mentonnier (Jourde, 2010), en larve en augmentant de taille et en complexifiant sa structure en passant par une succession de mues 9 à 17 mues suivant les espèces (Crobet, 1999). Les pattes réduites à un article se développent, les tarsi s'individualisent, les antennes acquièrent leur nombre final d'articles et enfin l'apparition des fourreaux alaires (Heidemann & Seidenbusch, 2002). La croissance larvaire s'effectue de façon générale dans l'eau, et toutes les observations morphologiques et taxonomiques ont été faites sur le dernier stade (Hadjoudj, 2016).

La durée du stade larvaire varie en fonction de plusieurs facteurs externes tels que : La température, la photopériode, l'altitude et la latitude , et la disponibilité en proies (**Sniegula et al., 2012 ; Örtman et al., 2013**). Lorsque leur taille et les conditions environnementales le permettent, ces dernières vont quitter le milieu aquatique, puis se métamorphoser en adultes au cours d'une mue imaginale appelée «émergence».

II.1.4.Métamorphose et emergence:

On qualifie d'émergence la phase de développement qui consiste, pour la libellule, à passer du milieu aquatique au milieu terrestre. Cette métamorphose qui transformera la larve en imago implique de multiples transformations physiologiques , morphologiques et comportementaux irréversibles s'effectuant durant le stade larvaire final (**Corbet, 1999**).

Pour l'insecte, il s'agit notamment de passer d'une respiration aquatique à une respiration aérienne, de maîtriser le vol, d'adopter un comportement social devant favoriser la reproduction de l'espèce.

Au plan morphologique, trois transformations radicales s'opèrent. La plus évidente est le développement des ailes, qui va permettre à l'insecte de se déplacer pour rechercher sa nourriture, des partenaires et éventuellement coloniser de nouveaux sites de reproduction. La face change aussi assez radicalement. Le bras mentonnier des larves disparaît laissant apparaître les puissantes mandibules. En fin, des larves ternes et camouflées émergent des imagos qui, chez de nombreuses espèces, se teintent de vives couleurs après quelques heures ou quelques jours.

L'émergence est un véritable challenge pour les odonates car durant plusieurs heures, leur survie est une affaire de chance. Le taux de mortalité à l'émergence est de 3 à 30% du total annuel des émergences, et peut atteindre 50% d'un effectif journalier (**Jakob and Suhling 1999; Grand & Boudot, 2006; Zebza et al. 2014a, b; Farkas, et al. 2012**) Que les conditions météorologiques se dégradent, qu'un prédateur repère la libellule et s'en sera fini du combat pour la vie. Chez certaines espèces d'odonates, des milliers d'individus vont se transformer en quelques jours. Leur présence constitue une véritable manne pour de nombreux prédateurs, qui modifient leurs modes de chasse pour focaliser leur attention sur les odonates (**Jourde, 2010**)

Quelques jours (parfois quelque semaine) avant l'éclosion la larve commence à quitter l'eau par intervalle plus en plus long. Respirant progressivement avec les stigmates thoraciques, puis une dernière fois elle quitte l'eau et se hisse sur un support (**Domanget & Aguilar, 1998**).

À leur sortie de l'eau (Figure 105), les larves de libellules gagnent un perchoir où elles pourront se transformer. Selon les espèces et les individus, ce parcours peut n'être que de quelques centimètres, mais certains insectes peuvent se transformer exceptionnellement à plusieurs dizaines de mètres de l'eau. La plupart des larves se perchent sur des supports verticaux pour se transformer. Certaines entreprennent toutefois leur transformation à l'horizontale (onychogomphes), voire occasionnellement la tête en bas (ischnures)(**Jourde, 2010**).

Le choix du support est essentiel. Il doit permettre à la libellule d'étendre son corps et ses ailes fragiles sans risquer de les abîmer par le contact d'une tige ou d'une branchette balancée par le vent. Tant que l'émergence n'a pas commencé, les larves peuvent se laisser tomber en cas de danger. Une fois la peau craquelée, le destin des libellules est soumis au hasard (**Jourde, 2010**).

- 1) la libellule est hors de l'eau, se positionne et s'apprête à la transformation qui l'attend ;
- 2) la peau du thorax et de la tête se craquelle, la libellule sort sa tête, son thorax et ses pattes, l'abdomen restant inséré dans l'exuvie ;
- 3) l'insecte est entièrement sorti mais n'a pas débuté l'extension de son corps et de ses ailes ;
- 4) les ailes et l'abdomen s'allongent sous la pression des fluides corporels. En fin de cette quatrième phase, l'insecte est capable d'entreprendre son premier vol.

La durée d'émergence varie selon l'espèce et les conditions météorologiques. Chez de nombreux odonates, elle prend entre une et deux heures.

Une fois l'ensemble du processus terminé, les ténérales quittent le dernier stade larvaire (exuvie) et prennent leur premier envol. Des études ont montré que les exuvies fournissent des informations précieuses sur la qualité des habitats, le sex ratio, la densité et la structure spatio-temporelle de l'émergence et la préférence d'habitat (**Raebel et al., 2010; Corbet, 1999; (Hadjoudj, et al. 2014, Khelifa, et al. 2013, Khelifa, et al. 2013, Zebssa, et al. 2014, Zebssa, et al. 2014)**).

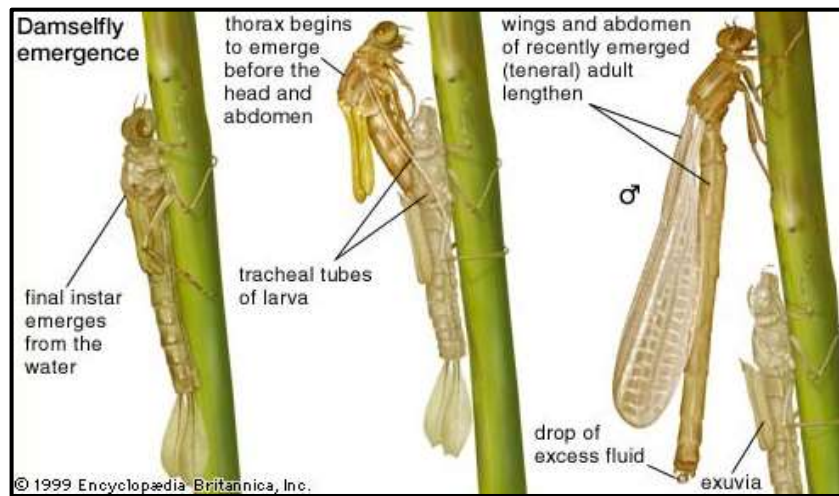


Figure 105: Représente une larve au cours de la métamorphose.

II.1.5. Stade adulte:

La vie adulte est constituée de deux phases - période de la maturation, et la période de reproduction.

II.1.5.1. Période de maturation:

Dès qu'il est capable de voler, l'imago quitte généralement la proximité du plan d'eau pour une période de maturation qui dure plusieurs jours à plusieurs semaines, elle dure généralement environ deux semaines mais peut prendre de 1 à 60 jours, selon les espèces, le climat et la météo. Lorsque la période de maturation fait le pont entre les saisons sèches ou fraîches, cependant, il peut durer 9 mois ou plus [1].

La coloration définitive, souvent différente pour les mâles et les femelles, n'est acquise qu'après plusieurs jours et comporte des phases de transition chez de nombreuses espèces. Les imagos fraîchement émergés se reconnaissent à leurs ailes brillantes dont le ptérostigma est incolore, et à l'aspect translucide ou peu coloré de l'abdomen. Leur vol est également rendu malhabile par le manque de rigidité des ailes, du moins pendant la première journée suivant l'émergence. Les habitats secondaires fréquentés par les imagos en cours de maturation sont souvent des friches ou des prairies hautes assez distantes du bord de l'eau [2].

II.1.5.2. Période de reproduction:

Au terme de la période de maturation, les imagos matures rejoignent à nouveau les rives où ils peuvent chercher à s'accoupler.

Le mode de reproduction des odonates est assez particulier. Les pièces copulatrices du mâle sont situées à la base de son abdomen, alors que les organes génitaux de la femelle se situent près des appendices anaux, à l'extrémité de l'abdomen. Lors de l'accouplement, le mâle et la femelle doivent se contorsionner dans une position nommée roue ou cœur copulatoire. La fertilisation est retardée. Les oeufs ne sont fécondés que lors de la ponte, l'accouplement n'étant en effet qu'un transfert de sperme. Les tandems se posent en général sur la végétation rivulaire mais certaines espèces d'anisoptères s'accouplent en vol.

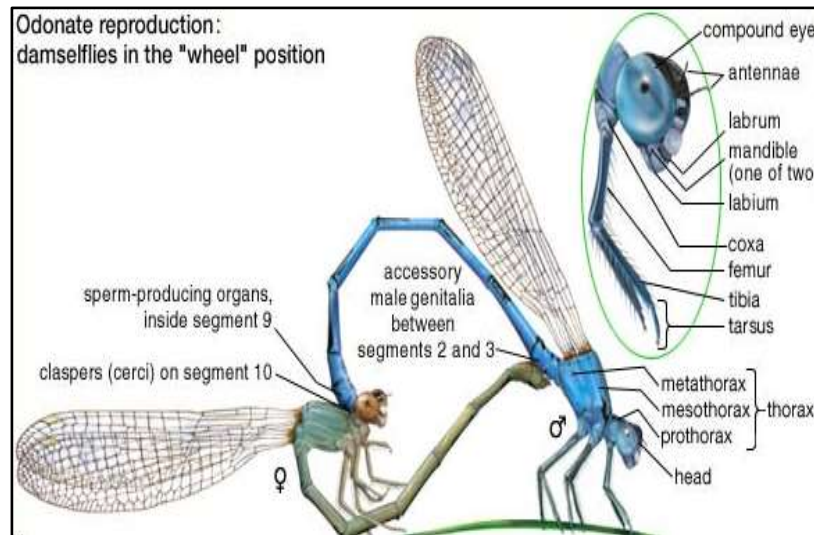


Figure 106: représente le cœur copulatoire chez un couple de *Ishnura elegans* [1]

II.5.2.3. La période post-reproductive:

C'est une période généralement courte pour tous les odonates. Après la période de reproduction les couleurs des libellules deviennent ternes, et les visites des adultes aux sites de reproduction cessent (Mayer, 1958 ; Corbet, 1962). La plupart des odonates meurent de mort naturelle généralement à un court intervalle après la période de reproduction. La longévité est variable en fonction des espèces, des intempéries, de la prédation, des combats rivaux, du parasitisme et des ressources trophiques.

Chapitre IX

Matériel et Méthode

III. Description des stations d'étude:

Notre inventaire est a été fait au niveau de l'Oued Seybouse, sur dix-huit stations (18 stations) sur le long des rives de l'oued, dont 11 stations font partie de l'axe de drainage principal et 6 stations présentent des affluents de l'oued. Voici la carte ci-dessous (Figure 107)

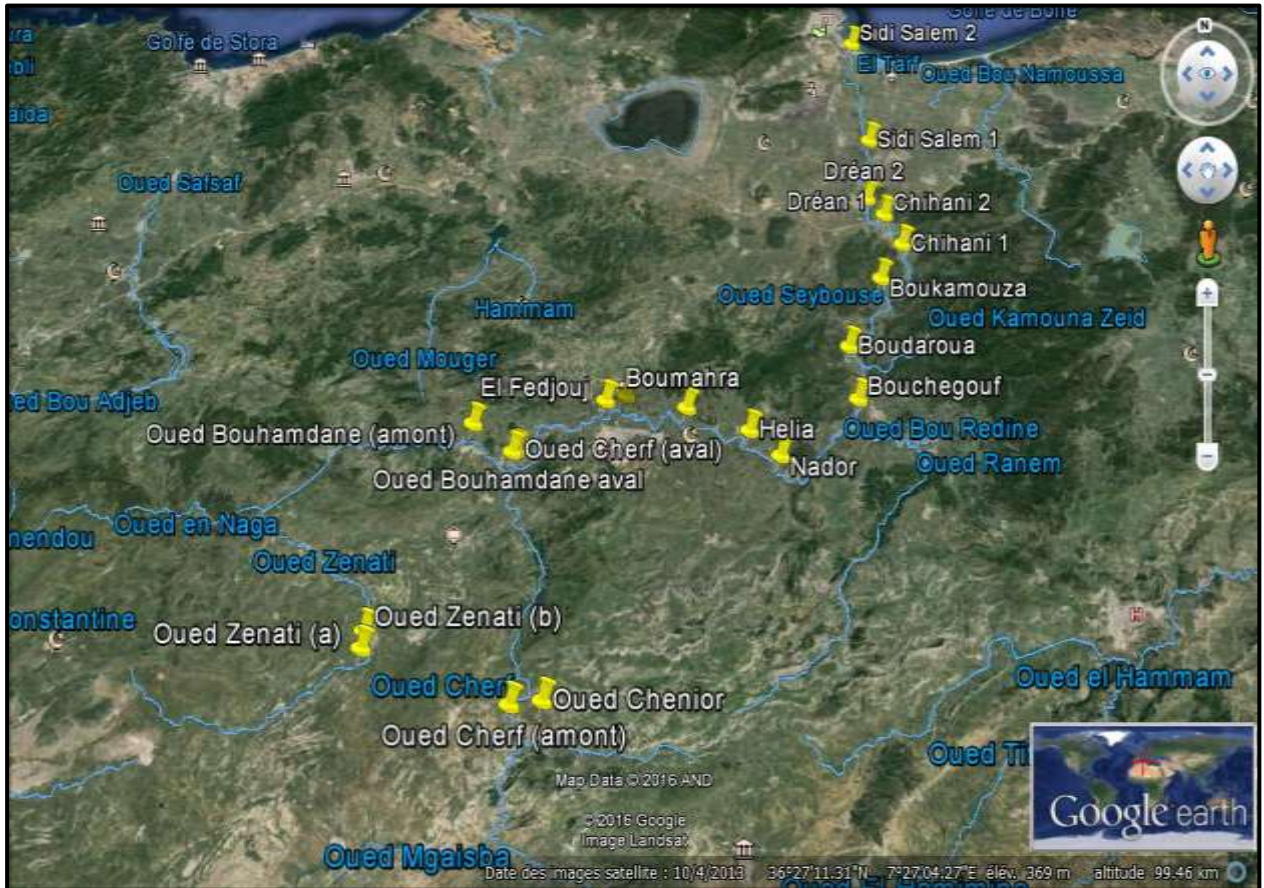


Figure 107: Carte représente la localisation des stations d'inventaire du peuplement Odonatologique dans l'oued Seybouse (2015-2016).

Tableau 37: les caractères typologique des stations de prélèvement, profondeur, largeurs.

Stations	Code	Coordonnées GPS	Altitude (m)	Type of water course	Number of sample	Water depth (cm)	water width (cm)
Oued zenati 1	S1	36°17.320'N, 007°09.099'E	643	affluent	12	70 cm	552cm
Oued Zenati 2	S2	36°17,357' N, 007°09.643' E	636	affluent	12	80cm	323cm
Oued Chenior	S3	36°14.878' N, 007°20.615' E	607	affluent	12	60 cm	305cm
Oued cherf (amont)	S4	36°.14.389' N, 007°18.673'E	596	affluent	12	45cm	2135cm
Oued cherf (aval)	S5	36°26,591 N, 007°18,657 E	256	Axe de drainage	12	50 cm	1715cm
Oued	S6	36°26,604 N,	256	Axe de	12	60 cm	815cm

bouhmden (aval)		007°18,630 E		drainage			
El fedjeoudj	S7	36°26,529 N, 007°18,637 E	191	Axe de drainage	12	220 cm	3506cm
Guelma	S8	36°29,095 N, 007°26,320 E	192	Axe de drainage	12	100 cm	746cm
Boumahra	S9	36°28,106 N, 007°30,988 E	174	Axe de drainage	12	70 cm	1443cm
Helia	S10	36°26,976 N, 007°34,158 E	146	affluent	12	50 cm	405cm
Bouchgouf	S11	36°28,778 N, 007°42,836 E	90	Axe de drainage	12	45cm	2964cm
Bouadarwa	S12	36°31,652 N, 007°42,310 E	82	Axe de drainage	12	90 cm	1671cm
Boukmouza	S13	36°35,493 N, 007°5,502 E	47	Axe de drainage	12	45 cm	812cm
Chihani 1	S14	36°37,503 N, 007°47,395 E	34	Axe de drainage	12	130 cm	2425cm
Chihan 2	S15	36°39,193 N, 007°46,958 E	29	Axe de drainage	12	90 cm	2191cm
Deran 1	S16	36°39,595 N, 007°46,626 E	29	Axe de drainage	12	100 cm	1558cm
Deran 2	S17	36°40,996 N, 007°45,514 E	28	Axe de drainage	12	90 cm	1815cm
Sidi Salem	S18	36°51,684 N, 007°46,069 E	5	Axe de drainage	12	190 cm ou 200cm	6125cm

III.1.Haute Seybouse:

1. Oued Zenati I: (36°17.320'N ,007°09.099'E)

Altitude: 643 m .

Type de cours d'eau : Affluent .

Commune: Oued Zenati.

Wilaya de Guelma.



Limitée au nord par Ras El Agba, au sud par Tamlouka, à l'ouest Aïn Regada et Constantine et à l'est par Aïn Makhoulf Sellawa et Anouna.

Cette station est entouré par des terres agricoles (champs des blés, légumes,...) aussi elle se située près des silos du blé. Loin des agglomérations donc il y a une absence des rejets domestique. La végétation sur les rives caractérisées par des arbustes et par des plantes hydrophytes. Les macros invertébrées rencontrées dans ce site sont des gastéropodes, nématodes et des coléoptères, ainsi que des larves d'éphémères, à côté des larves des odonates.

Le lit de cette station est formé des blocs de pierres et des cailloux de taille variable par endroits, le lit est tapissé aussi par la vase. Pour la vitesse de l'eau est variée de lente à moyenne en fonction de la saison sèche ou humide.

2.Oued Zenati II: (36°17,357' N, 007°09.643' E)

Altitude: 636m

Type de cours d'eau: Affluent

Commune: Oued Zenati

Wilaya de Guelma



Cette station représentée par un petit canal d'eau ; elle est très accessible, elle située juste près de la route nationale N°20 aussi près d'un abattoir et une petite unité d'élevage de volaille. La végétation sur les rives caractérisées par l'abondance du Typha par des plantes hydrophytes. Le site est entièrement ensoleillé, son lit est constitué des roches de taille moyenne et peu de vase et du sable. Sa vitesse d'écoulement est de faible à moyenne. Parmi les macro-invertébrés trouvés: coléoptères (Dytiques), crustacés (Gammarus), nématodes (segmentés), des larves d'éphémères, des gastéropodes (Physidae) et des odonates.

3.Oued Cheniour: (36°14.878' N, 007°20.615' E)

Altitude: 607 m

Type du cours d'eau: Affluent

Commune : Ain Larbi

Wilaya de Guelma



La localisation isolée de cette station la permet de garder sa forme brute (loin de toute anthropisation), son eau est limpide à l'œil nu, entouré par une variété considérable de végétation et des arbres donc elle est moins ensoleillée. Son lit est formé essentiellement des blocs des roches et du gravier. Sa vitesse d'écoulement est moyenne, elle présente un site de pâturage pour les ovins et les bovins.

4. Oued Cherf (Amont): (36°14.389' N ,007°18.673'E)

Altitude: 596 m

Type de cours d'eau: Affluent

Commune: Ain Makhelouf



Wilaya de Guelma

Cette station est caractérisé par un sol de nature rocheuse, et par un lit large sa vitesse d'écoulement se varier de la saison estival à la saison hivernal entre moyenne et rapide, elle présente une zone de pâturage des ovins et des bovins, son eau est exploité par les riverains pour l'irrigation de ces cultures aussi la présence d'une petite unité d'élevage de volaille.

III.2.Moyenne Seybouse

❖ Medjez Amar I

5. Oued Cherf (Aval): (36°26,591 N ,007°18,657 E)

Altitude: 256m

Type de cours d'eau: Axe de drainage principal

(Point de naissance d'oued Seybouse)

Commune: Medjez Amer.

Wilaya de Guelma

C'est le point de conjonction de oude Cherf et Bouhmden, cette station est dans le centre de village du Medjez Amer, ce qui lui rendre un point d'élimination des rejets urbaine du village. Son lit est de taille moyenne a large aussi sa vitesse d'écoulement est de lente à moyenne, elle se varier en fonction de la saison. La nature de sol est un mélange entre gravier et roches de taille moyenne. Son eau est exploitée pour l'irrigation des terres agricole qui se trouve dans le périphérique

6.Oued Bouhmden (Aval): (36°26,604 N, 007°18,630 E)

Altitude: 256m

Type de cours d'eau: Axe de drainage principal



(Point de naissance d Oued Seybouse)

Commune: Medjez Amer

Wilaya de Guelma

Cette station est près de la précédente, elle partage les mêmes critères (végétation, localisation) sauf la nature du sol qu'est un mélange entre le sable et la vase, aussi la vitesse d'écoulement est faible, son eau est eutrophisé dont elle est caractérisé par la présence des algues vert.

7. El Fedjoudj : (36°26,529 N , 007°18,637 E)

Altitude: 191m.

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: El Fedjoudj.

Wilaya de Guelma

Cette station est localisé au près des terres agricoles et des pépinières des cultures maraichères, son eau est exploité pour l'irrigation et présente un lieu de pâturage et de baignade pour les riverains dans la saison estivale. Son lit est profond et de nature rocheuse mélangé avec du sable, et sa vitesse d'écoulement est rapide. La végétation sur ces rives est diverse caractérisé essentiellement par Typha.



8. Guelma (36°29,095 N, 007°26,320 E)

Altitude: 190m.

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Guelma

Wilaya de Guelma

Près de la route nationale Guelma-Annaba N°21, présente un site des rejets urbains de la wilaya ainsi que présente un lieu de décharge pour quelque riverains, aussi elle est entourée par terres agricoles et des vergers dont elles sont irrigués par les eaux de ce dernier. Elle se



caractérise par un sol en vase et quelque pourcentage du sable. *Thypha* c'est l'espèce végétale la plus dominante sur ces rives.

9. Boumahra: (36°28,106 N , 007°30,988 E)

Altitude: 174m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Boumahra.

Wilaya de Guelma



Cette station est située juste à côté d'une unité de fabrication de marbre. Elle se caractérise par un lit de taille moyenne, et de nature rocheuse avec un mélange de sable et de la vase. Sa vitesse est de faible à moyenne en fonction de la saison.

10. Oued Helia: (36°26,976 N , 007°34,158 E)

Altitude: 146 m

Type de cours d'eau: Affluent.

Commune: Hammam N'bail.

Wilaya de Guelma



Cet affluent est situé près de la route nationale qui relie entre Boumahra et Hamem N'bail. C'est un cours d'eau temporaire son niveau est variable de la saison estivale à la saison hivernale. Son lit est de nature rocheuse à 90%. Il présente une source d'irrigation pour les riverains.

I.3. Basse Seybouse

11. Bouchegouf: (36°28,778 N , 007°42,836 E)

Altitude: 90 m.

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune : Bouhgouf.

Wilaya de Guelma



Cette station est un peu inaccessible, elle se situ e près de chemin de fer de Bouchegouf, elle se caractérise par un lit large sa largeur est variable en fonction de la saison (la saison estivale moins large que l'hivernal), idem pour sa vitesse d'écoulement .Concernant le sol est de 95% de nature rocheuse. La végétation sur les rives est presque absente.

12. Boudaroua: (36°31,652 N, 007°42,310 E)

Altitude: 82 m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Boudaroua

Wilaya de Guelma



Près de l'office national de l'alimentation des bétails. Cette station est plus au moins assez lions de la route nationale, la nature de son lit est 20% de sable et 80% gravier et des roches de taille moyenne. L'eau de cette station est exploit e essentiellement pour l'irrigation, ces rives est dominer par des arbres. Sa vitesse d'écoulement est variable de rapide à moyenne selon la saison.

13. Boukmouza: (36°35,493 N , 007°5,502 E)

Altitude: 47 m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Boukemouza.

Wilaya de Guelma



Cette station est situ e près de la route N16 sur l'axe routier Souk Ahras-Annaba, qui relier entre Bouchegouf et Annaba. Son lit est de nature rocheuse à 95%, sa vitesse d'écoulement est moyenne, elle se caractérise par une végétation dense dans un de ces rives, aussi on a observ e les bivalves avec un nombre énorme.

14. Chihani I: (36°37,503 N, 007°47,395 E)

Altitude: 34 m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.



Commune: Chihani.

Wilaya d'El Tarf

Cette station est difficile à accéder, près du chemin de fer Annaba-Bouchgouf, son lit est un mélange de gravier et des roches de taille moyenne à grande, au cours de la période de notre travail et durant les 12 mois ,ce site est détourné comme source de gravier utilisé pour la construction de la route. Ce qui conduit à une grande modification de cette zone et par conséquence la destruction de l'habitat des espèces aquatique qui vie dans ce milieu.

15. Chihani II: (36°39,193 N , 007°46,958 E)

Altitude: 29 m.

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Chihani.

Wilaya d'El Tarf

Cette station est située entre Boukmouza et Deran près des terres a vocation agricoles aussi la décharge du village. Son lit large est de nature rocheuse à 75% et un mélange de sable et de vase. La vitesse d'écoulement est moyenne. Son eau est exploitée pour l'irrigation.

16. Deran I: (36°39,595 N, 007°46,626 E)

Altitude: 29 m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Deran

Wilaya d'El Tarf

Près de la route qui reliait entre Deran et Chihani, elle est facile à accéder, se caractérise par un lit qui se forme par un mélange entre la vase et les grosses roches. La végétation abondante sur les bords.

17. Deran II: (36°40,996 N, 007°45,514 E)

Altitude: 28 m



Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Deran.



Wilaya d'El Tarf

Elle est située juste près du village, elle se caractérise par une couverture végétale dense sur les bords, son lit est un mélange entre le sable et les roches. L'eau de cette station est exploitée par les agriculteurs des vergers.

18. Sidi Salem: (36°51,684 N, 007°46,069 E)

Altitude: 5 m

Type de cours d'eau: Axe principale de drainage.

Commune: Sidi Salem

Wilaya d'Annaba



Cette station est située près de l'embouchure, elle représente le point de jetée de l'oued Seybouse dans la mer méditerranéenne, ainsi que c'est la station qui est localisée à quelques mètres après la dernière station de traitement des eaux de l'oued juste avant leur élimination dans le littoral. Elle se caractérise par la largeur de son lit et son niveau élevé presque constant durant toute l'année ; ainsi qu'une végétation dense particulièrement durant la saison estivale au point où le site devient difficile à accéder. La plante la plus abondante est bien *Thypha*. Comme elle présente un lieu de pêche très important pour les riverains.

III.4. Exploitations des stations d'étude :

De nombreuses pressions anthropiques sont exercées sur la plupart des stations de prélèvements, ces dernières sont l'origine d'une pollution provenant essentiellement des activités industrielles, agricoles (utilisation non-rationnelles des engrais et des pesticides), ainsi que le pâturage intensif et les rejets domestiques qui génèrent une importante charge en matière organique sous forme azotée et phosphorée ce qui accélère l'eutrophisation des eaux.

de surface et la modification de la vie aquatique. Cette situation est aggravée par des rejets sauvages tels que ceux des constructions ou des aménagements. La figure ci-dessous présente des photos réelles prises lors de nos prélèvements. Elles montrent, en outre, quelques activités impliquées (Figure 108).



Figure 108: Quelques activités exercées sur l’oued Seybouse : l’irrigations(**d , e, k**) :pâturage et élevage des animaux(**j, l**) :l’élimination des déchets solides(**h , i, c**) :modification du lit traversé (**a , f, g**) :la pêche (**b**) : industrie.

III.5. Méthode d’échantillonnage:

Plusieurs études ont été effectuées précédemment sur le peuplement odonatologique du bassin de la Seybouse, pour des différents objectifs que ce soit sur la biologie que sur l’écologie de ces bio-indicateurs (Satha, 2008 ; Khelifa *et al.*, 2011 ; Khelifa *et al.*, 2012 ; Zebza *et al.*, 2016 ; Hadjoudj, 2015, ...etc). Notre travail diffère de ces derniers par le protocole suivi au cours de notre échantillonnage afin d’aboutir à notre objectif où on fût basés essentiellement sur la récolte des larves des odonates ainsi que les adultes, ce qui n’était pas le cas pour les études précédentes. Cela donne plus de valeur et de crédibilité concernant les

résultats obtenus, car les larves des odonates présentent une idée complète et presque certaine sur l'autochtonie de l'espèce inventoriée. Aussi on a ciblé le stade larvaire afin d'obtenir un maximum d'informations sur la capacité des habitats concernés qui permettent le développement des libellules.

A. Matériel utilisé:

❖ A.1. Sur le terrain:

- Un filet à papillon pour la capture des adultes
- Un filet troubleau pour la récolte des larves
- Les coordonnées géographiques des sites, réunies à l'aide d'un GPS sont figurées en longitude et en latitude en degrés par rapport au méridien de Greenwich selon le système national de référence (Décret du 28 décembre 2000).
- Des flacons en plastique.
- Des petits sachets d'entomologie.
- Un carnet de terrain.
- Des étiquètes pour mentionner la date et le lieu de capture.
- Un appareil photo- numérique.
- Formol

❖ A.2. Au laboratoire:

- Une loupe binoculaire.
- Guides d'identification : Libellule d'Europe et d'Afrique du nord (**Aguilar & Dommanget, 1985**). Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne (**Heidemann & Seidenbusch, 2002**)

III.5.1. Inventaire:

L'inventaire des libellules permet d'avoir une idée sur la richesse d'un milieu aquatique ainsi de la répartition de chaque espèce sur un territoire.

III.5.1.1. Méthode d'échantillonnage:

La méthode d'inventaire adopté au cours de ce travail est basée essentiellement sur la récolte des larves des odonates ainsi que les individus adultes c'est-à-dire les imagos aériens. L'étude a été étalée sur 12 mois depuis le mois de Mars 2015 jusqu'au mois de

Février 2016. Avec une fréquence de mesure mensuelle. Pour le choix des stations d'étude, nous avons ciblé 18 stations de l'amont vers l'aval de l'oued Seybouse. Elles sont réparties selon un gradient altitudinal (Figure 107 et Tableau 36). Ce choix est basé sur l'accessibilité des stations, et leurs rapprochements et éloignements des habitats et des activités anthropiques.

Pour la récolte des larves on a choisi un transect de 5 m² de surface dans toutes les stations avec une moyenne de 10 coups/par stations de prélèvement, les coups ont été effectués près de la végétation hydrophyte qui caractérise majoritairement les stations soit sous les blocs des roches qui spécifient les lits traversés, cela diffère d'une station à une autre. Les larves récoltées ont été conservées directement dans des petites bouteilles en plastique contenant du formol dilué à 75% ainsi que leurs étiquetages portant toutes les informations nécessaires sur la station d'échantillonnage (code, et date de prélèvement...etc). Puis elles sont conduites au laboratoire pour l'identification et ce, selon les guides spécialisés relatifs aux données des recherches bibliographiques déjà effectuées auparavant.

Pour les adultes durant un laps de temps (25 min) dans chaque site, nous recensons ensuite ceux-ci différemment, en les comptant et en les identifiant sur terrain si c'est possible. Sinon, à l'aide d'un filet à papillon, nous les capturons et les identifions au laboratoire à l'aide des guides d'identification des odonates. L'observation et la récolte des adultes furent effectuées du mois d'Avril jusqu'au mois d'Octobre (période d'émergence).

III.5.1.2. Analyse des données:

Les données obtenues lors de cet inventaire permettent en premier lieu de dresser la liste des espèces que l'on retrouve dans le bassin mais aussi de calculer des indices de diversité, de mettre en évidence des différences potentielles entre sites, de comparer leur degré de similarité et d'associer les espèces aux différents habitats.

III.5.2.1. Les indices écologiques:

Afin d'avoir une image claire et significative sur le peuplement d'odonatofaune de l'oued Seybouse, il est nécessaire de comparer à la fois les critères qualitatifs (diversité spécifique) et quantitatifs (abondance respective des différentes espèces) de chaque site échantillonné. Pour pouvoir exploiter les résultats de la présente étude ainsi que certains indices écologiques utilisés:

A. Mesure de biodiversité par l'indice écologique de composition:

La description et l'évaluation de la structure générale des peuplements reposent sur l'usage des deux variables qui sont la richesse spécifique et l'abondance (Grall & Hily, 2003).

A.1. La Richesse spécifique :

Présente le nombre total d'espèces que comporte le peuplement considéré effectivement présentes sur un site d'étude et d'un moment donné (Boulinier *et al.*, 1998). La richesse spécifique observée est un indice simple, permettant d'illustrer les caractéristiques écologiques d'un milieu. Elle correspond au nombre total d'espèces rencontrées, mais elle ne tient pas compte des abondances relatives. La richesse spécifique observée n'est qu'une approximation du nombre d'espèces réellement présentes et dépend directement de la qualité de l'échantillonnage. La richesse spécifique est fréquemment utilisée comme une variable reflétant l'état d'un système et intervient souvent dans les efforts de gestion et de conservation de la biodiversité ainsi que dans l'évaluation de l'impact des activités anthropiques sur la biodiversité (Nicholas *et al.*, 1998).

A.2. Abondance :

D'après Dajoz (1971), cet indice correspond au pourcentage des individus d'une espèce par rapport au nombre total de l'ensemble des individus du peuplement échantillonnés. Elle s'exprime en pourcentage.

$$AR = \frac{ni}{N} \times 100$$

AR : est l'abondance relative ;

ni : est le nombre des individus d'une espèce *i* ;

N : est le nombre total des individus de toutes les espèces confondus.

A.3. Fréquence d'occurrence:

Selon Bachelier (1978), la fréquence d'occurrence représente le rapport du nombre d'apparitions d'une espèce donnée (n_i) par rapport au nombre total de relevés N . En effet le pourcentage est donné par la formule suivante (Dajoz, 1971). Elle s'exprime en pourcentage

$$C\% = \frac{n_i}{N} \times 100$$

$C\%$: est la Fréquence d'occurrence ;

n_i : est le nombre de relevé contenant l'espèce étudiée ;

N : est le nombre total des relevés effectués.

A.4.Densité:

La densité écologique : c'est le rapport existant entre l'effectif total de la population (ou sa biomasse ou son poids sec) et la surface d'habitat réellement disponible.

B.Mesure de biodiversité par l'indices écologiques de structure:

B.1.Indice H' de Shannon-Wiener:

permet de quantifier l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu et d'observer son évolution au cours du temps (Daget, 1976 ; Blondel, 1979 ; Legendre & Legendre, 1979 ; Barbault, 1992).

$$H' = -\sum (P_i \times \log_2 P_i)$$

Où H' : indice de diversité exprimé en unité bits ;

$P_i = n_i / N$;

S = Nombre d'espèces contenues dans l'échantillon ;

P_i = fréquence de l'espèce i ;

n_i : nombre d'individus d'une espèce de rang i .

La valeur de H dépend du nombre d'espèces présentes, elle a deux probabilité H minimale et H maximal ; H' est minimal quand il est égal à zéro c'est-à-dire quand l'échantillon contient une seule espèce. La diversité augmente à mesure que s'accroît le nombre d'espèce (Legendre & Legendre, 1984).

B.2.Equitabilité de Pielou E :

Cet indice permet d'estimer la répartition des espèces au sein des relevés en évaluant la proportion des espèces dominantes et dominées. Il se calcule à partir de la valeur de H' et de la richesse spécifique S , il s'écrit :

$$E' = H' / H \max = H' / \log_2(S)$$

S : Est le nombre d'espèces formant le peuplement.

L'Equitabilité varie de 0 à 1, elle tend vers 0, quand la quasi-totalité des effectifs est concentrée sur une ou deux espèces (une ou deux espèces dominantes), elle est de l'ordre de 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (**Boukili, 2012**)

B.3.Indice Simpson D:

L'indice de Simpson a été proposé comme étant une mesure de la dominance (**Ramade, 1984**). Il est essentiellement lié aux variations d'abondance entre espèces dominantes. La formule de cet indice est la suivante:

$$D = \sum Ni (Ni-1) / N (N-1)$$

N_i : nombre d'individus de l'espèce donnée ;

N : nombre total d'individus.

Legnder & Legender (1984) ont signalé que plus que cette probabilité est élevée plus la diversité est faible.

Pour l'interprétation des données et des résultats obtenus durant notre étude, on les a présentés sous forme de tableaux et de graphes traités à l'aide de L'Excel et l'outil statistique (R).

Chapitre X

Résultats et discussion

IV. Evolution spatiale du peuplement odonatologique de l'Oued Seybouse:

IV.1.Exploitation des résultats par des indices écologiques:

IV.1.1.Check-liste:

Pour un bilan de 216 échantillons des larves récoltées pendant la période d'étude qui s'étend de Mars 2015 à Février 2016 au niveau de 18 stations. L'analyse de la composition odonatologique a conduit à la détermination d'une collection de 2737 individus appartenant à 19 espèces inégalement représentées entre elles: 7 familles, dont 11 espèces d'entre eux, sont des anisoptères et 08 zygoptères. Le Tableau 38 présente le Check-List de l'espèce recensée.

Ce nombre d'espèces représente 29,68% de l'odonatofaune algérienne où 64 espèces adultes ont été enregistrés (Samraoui & Menai , 1999; Samraoui *et al* , 2003),et 38 ,7% de la Numidie qui abritent 49 espèces d'odonates (Samraoui & Corbet, 2000a). Concernant les études antérieures effectuées sur ce taxon dans le bassin de la Seybouse nos résultats représentent 54,28% des espèces adultes identifiées par Khelifa *et al.*,(2011) et 67,85% de celle recensé par Yalles *et al.*,(2017). Dans le bassin en général a présenté un nombre important d'espèces endémiques avec 16.67% d'espèces endémique de la Méditerrané et 11.9% du Maghreb (Mahdjoub, 2017).

Cette check-list nous montrons que 73,68% des espèces inventoriées dans l'oued Seybouse ont un statut dit : espèces de préoccupation mineure (LC) le cas de *P.subdilatata*, *T.annulata*, *C.erythraea* . On distingue des espèces endémiques et menacées : c'est notamment le cas de *Gomphus lucasii* dont le statut est vulnérable (VU) et une espèce en danger (EN) le cas *C.exul*, et d'autres espèces dites des espèces à quasi menacées (NT) représentées par deux espèces uniquement *O. costae* et *C. mercuriale*. Ce classement figure d'après la liste rouge des odonates de la méditerranée.

Tableau 38: L'ensemble des espèces odonatologique inventeraiient dans de l'oued Seybouse et ces affluents.

Familles	Nombre	Genre/Espèces
Libelluladae	1	<i>Orthetrum cancellatum cancellatum</i> (Linné, 1758)
	2	<i>Orthetrum coerulescens anceps</i> (schneider, 1845)
	3	<i>Sympetrum fonscolombii</i> (Sélys, 1840)
	4	<i>Sympetrum meridionale</i>
	5	<i>Crocothemis erythraea</i> (brullé, 1832)
	6	<i>Trithemis annulata</i> (Palisot de Beauvois, 1807)
Gomphedae	7	<i>Onychogomphus costae</i> (Selys,1885)
	8	<i>Onychogomphus forcipatus unguiculatus</i> (vander Linden, 1823)
	9	<i>Gomphus lucasii</i> (selys, 1850)
Coenagrionedae	10	<i>Coenagrion mercuriale</i> (Charpentier, 1840)
	11	<i>Erythromma lindenii</i> (selys, 1840)
	12	<i>Ischnura graellsii</i> (rambur, 1842)
Calopterygidae	13	<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i> (vander Linden, 1825)
	14	<i>Calopteryx exul</i> (selys, 1853)
Aeshnidae	15	<i>Aeshna mixta</i> (Latreille, 1805)
	16	<i>Anax imperator</i> (Leach, 1815)
	17	<i>Boyeria irene</i> (Fonscolombe, 1838)
Lestidae	18	<i>Lestes viridis viridis</i> (Vander Linden, 1825)
Platycnemidedae	19	<i>Platycnemis subdilata</i> (Sélys, 1849)

IV.1.2.Resultats de biodiversité par l'indice écologique de composition:

A. Richesse spécifique:

Les stations représentant la richesse spécifique la plus élevée sont celles qui sont situées en amont de l'oued S1 et S4, elles abritent huit espèces différentes soit 42.1% du total des espèces recensées. Suivies par les stations S3, S7, S10 et S15 hébergent 36,84% des espèces. Notons que ces stations représentent des conditions presque identiques du point de vu habitats ; autrement-dit le même type du paysages : structure des berges, type de végétation, permanence des eaux durant presque toute l'année et leur bonne oxygénation ainsi que la vitesse d'écoulement des eaux. Le reste des stations sont occupées par un nombre des espèces cariées

entre 6, 5, 4, 3, 2, et 1 espèce respectivement (Figure 109). Trois stations sont représentées par six espèces S2, S13 et S17. Quatre stations sont occupées par quatre dont une seule station présente la plus basse richesse spécifique avec une seule espèce ou bien 5,26% des espèces c'est la station S6, cette faible richesse est probablement liée à l'eutrophisation des eaux de cette dernière, ce qui signifie une mauvaise oxygénation du milieu.

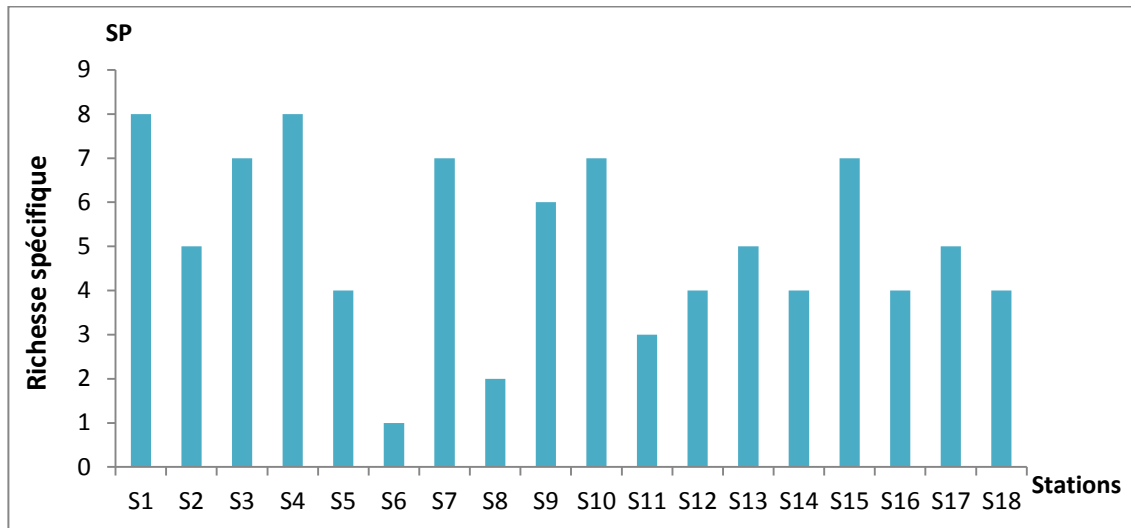


Figure 109: Histogramme présente la richesse spécifique du peuplement d'Odonatologie de l'oued Seybouse (2015-2016).

B. L'abondance:

De point de vu répartition /abondance *Platynimice subdilatata* considérée comme étant l'espèce la plus abondante et largement répartie dans le bassin de la Seybouse ; elle est la seule espèce représentatives de la famille de Platynimedidae. Elle occupe 100% des stations des prélèvements et avec un nombre assez important comparant aux autres espèces 42,09% des larves récoltées durant toute la période d'étude. *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Ghomphus lucasii*, *Ischnura graellsii*, *Calopteryx exul* et *Onychogomphus custae* représentants les espèces les plus abondantes après celles de *P,subdilatata*, dont elles constituent 14,61% ; 8,51% ; 6,94% ; 5,66% et 4,93% respectivement des larves échantillonnées (Figure 110).

Crocothemis erythraea, *Coenagrion mercuriale* et *Orthetrum cancellatum* sont les espèces les moins abondante avec un nombre ne dépasse pas les 3% des individus. Tandis que *Boyeria irene* et *Onychogomphus forcipatus* sont les espèces les très faiblement abondante voire rare, dont elles comportants que 0.33% de la coléction intégrale soit 9 indévidus.

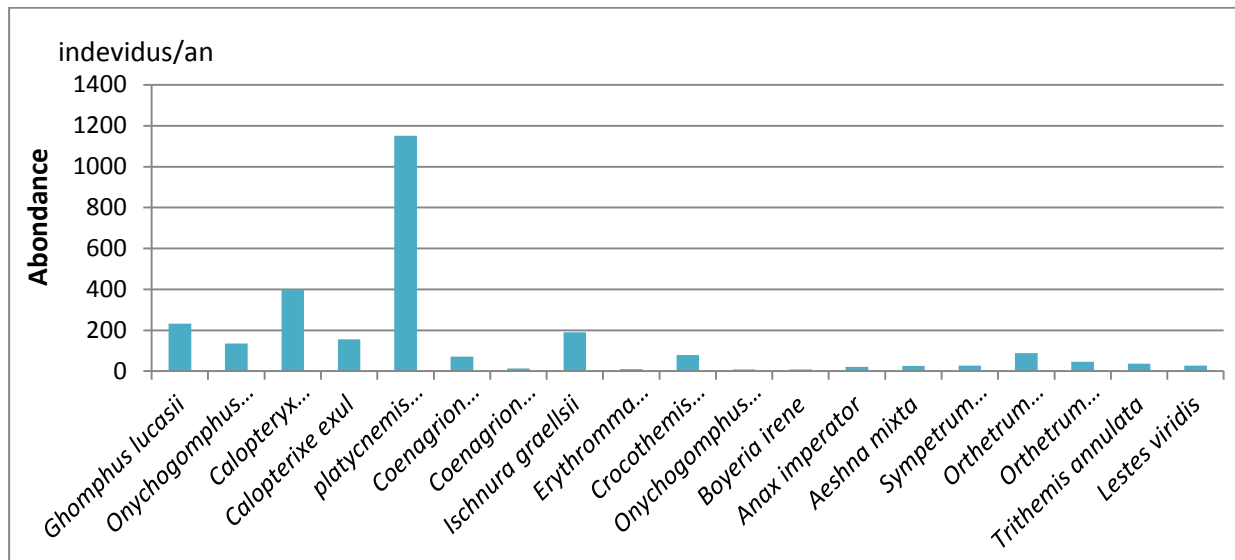


Figure 110 : L'abondance des espèces Odonatologique dans l'oued Seybouse (2015-2016) .

Notre échantillonnage a montré que le bassin de la Seybouse se caractérise par la présence de sept familles d'odonates dont les Platicnimidedae, les Ghomphidae, les Caloptéridae, les Libelluladae, les Coenagreondae, les Lestidae et les Aeshnidae (Figure 111). Les Platicnimidedae est la famille la plus abondante, elle a marqué sa présence dans toutes les stations de prélèvements donc au niveau des trois sous-bassins de la Seybouse. La station S4 est celle la plus diversifiée et la plus riche du point de vu des nombre de familles échantillonnées dont elle abrite les espèces qui font partie de 6 familles différentes. S1, S3, S7 et S17 sont occupées par 5 familles ainsi que S2, S9, S10 et S15 sont hébergées par 4 familles ; tandis que les stations (S5, S12, S13, S14, S16 et S18) ; (S8, S11) et S6 représentent celles les moins diversifiées avec un nombre varié entre 3, 2 et une seule famille respectivement.

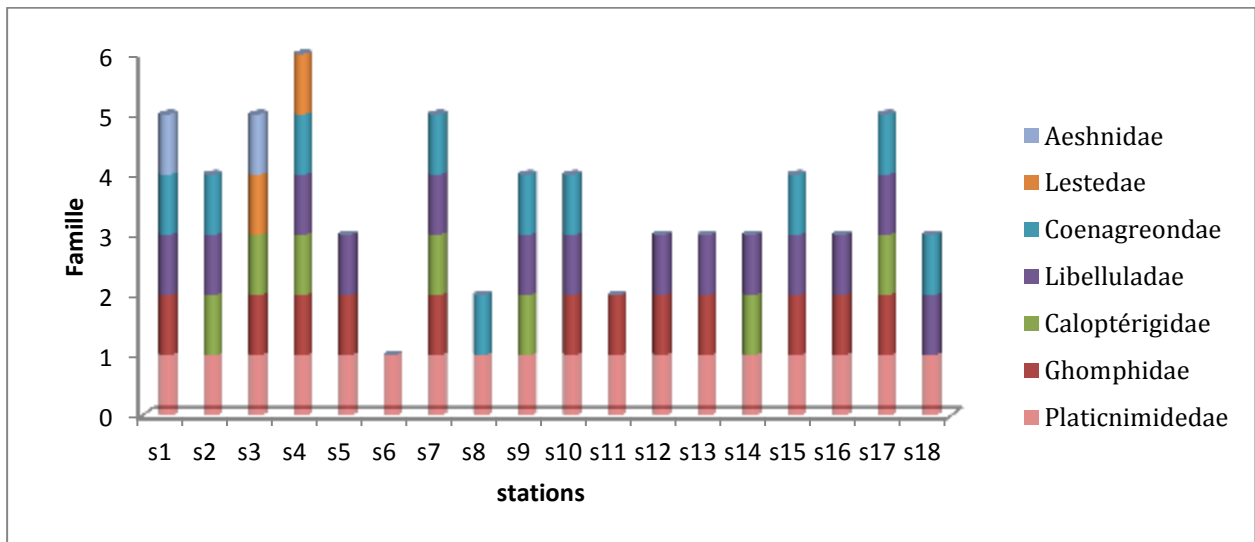


Figure 111 : Fréquences de nombre des familles des odonates rencontrés dans chaque station dans l’oued Seybouse (2015-2016).

Le graphique ci-dessous montre le taux de présence des familles recensées en fonction du nombre des stations occupées par ces derniers autrement dit il présente la famille la plus fréquente. La famille des Platynimidae est présente dans 100% des stations de prélèvement ce qui montre sa présence dans tout le bassin de Seybouse. Par la suite on distingue la famille des Libellulidae et les Ghomphidae marquant leurs présences dans plus de 60% des stations. Par contre la famille des Lestidae et Aeshnidae elles sont présentes que dans une minorité des stations de prélèvement ou ils occupent qu’environ 11% des stations.

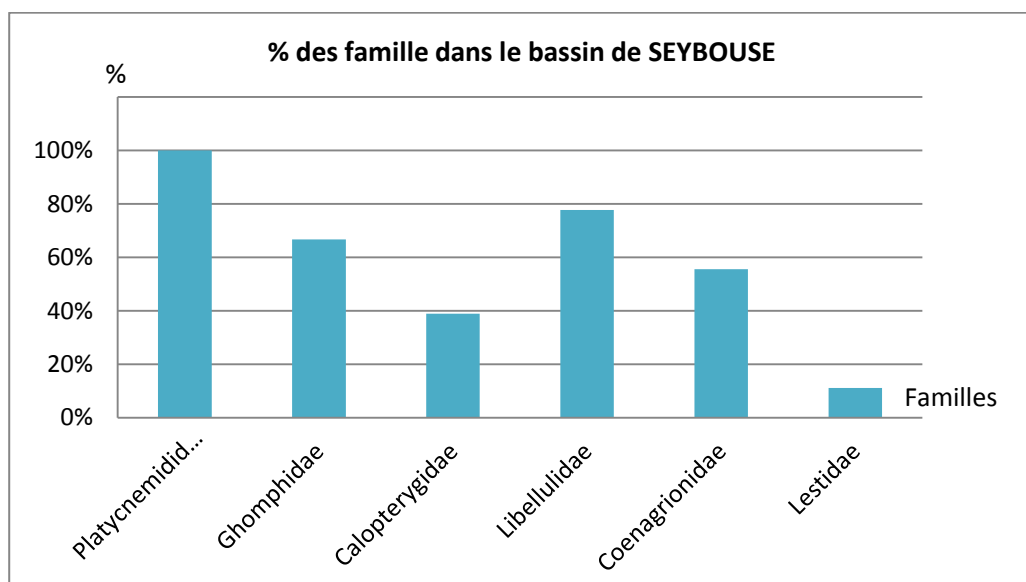


Figure 112 : La fréquence de présence des familles des odonates rencontrés dans l’oued Seybouse (2015-2016).

Tableau 39 : La distribution spatiale des espèces d'odonates rencontrés dans l'oued Seybouse (2015-2016).

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18
<i>Ghomphus lucasii</i>	1	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0
<i>Onychogomphus costae</i>	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0
<i>Calopterix exul</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Platycnemis sudilatata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Coenagrion mercuriale</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coenagrion caerulescens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Ischnura graellsii</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Erythromma lindenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Crocothemis erythraea</i>	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Onychogomphus forcipatus anguiculatus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Boyeria irene</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Anax imperator</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Aeshna mixta</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sympetrum meridionale</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
<i>Orthetrum cancellatum</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1
<i>Orthetrum coerulescens</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Trithemis annulata</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
<i>Lestes viridis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

1=présence d'espèce 0=absence d'espèce

Le tableau ci-dessus présente la distribution spatiale des espèces récoltées durant notre étude, il montre que certaine espèce marquant leurs présence au niveau de toutes les stations c'est à dire sur le long de l'oued Seybouse et aussi ces affluents, le cas de *Platycnemis sudilatata*. Contrairement aux autres espèces considérées comme rare vu à leurs présence

limité, elles sont présentes que dans une ou deux stations comme *Lestes viridis* dans la S3 et S4 et *Boyeria irene* uniquement dans S3. Le reste des espèces sont distribuées d'une façon plus ou moins homogène entre les stations de prélèvement.

Tableau 40: Répartition des espèces des odonates dans les trois sous bassins de la Seybouse (1 : Présence, 0 : absence)

Espèces	Haute Seybouse	Moyenne Seybouse	Basse Seybouse
<i>Ghomphus lucasii</i>	1	1	1
<i>Onychogomphus costae</i>	1	1	1
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	1	1	1
<i>Calopterix exul</i>	1	1	0
<i>Platycnemis sudilatata</i>	1	1	1
<i>Coenagrion mercurial</i>	1	1	0
<i>Coenagrion cearelicese</i>	1	0	1
<i>Ischnura graellsii</i>	1	1	1
<i>Erythromma lindenii</i>	0	0	1
<i>Crocothemis erythraea</i>	1	1	1
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	0	1	0
<i>Boyeria irene</i>	1	0	0
<i>Anax imperator</i>	1	0	1
<i>Aeshna mixta</i>	1	0	0
<i>Sympetrum meridional</i>	0	0	1
<i>Orthetrum cancellatum</i>	1	1	1
<i>Orthetrum coerulescens</i>	1	1	1
<i>Trithemis annulata</i>	0	1	1
<i>Lestes viridis</i>	1	0	0

Le tableau ci-dessus (Tableau 40) nous montre que la majorité des espèces recensées (36,84%) occupent les trois sous bassins de Seybouse *Ghomphus lucasii*, *Onychogomphus costae*, *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Ischnura graellsii*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum cancellatum* et *Orthetrum coerulescens*. Tandis que on distingue des espèces qui préfèrent héberger que les zones ont des altitudes importantes (la haute Seybouse) comme si le cas des *Lestes viridis*, *Aeshna mixta* et *Boyeria irene* ainsi que des espèces qui habitent que la moyenne Seybouse tel que *Onychogomphus forcipatus*. Par contre *Erythromma lindenii* n'habite que la basse Seybouse.

Tableau 41: Répartition des familles des odonates dans les trois sous- bassins de la Seybouse (1 : Présence, 0 : absence)

Familles	Haute Seybouse	Moyenne Seybouse	Basse Seybouse
Platycnemididae	1	1	1

Ghomphidae	1	1	1
Calopterygidae	1	1	1
Libellulidae	1	1	1
Coenagrionidae	1	1	1
Lestidae	1	0	0
Aeshnidae	1	0	0

C.La Fréquence d'Occurrence:

Tableau 42: La fréquence des espèces d'odonates par rapport aux stations.

Espèces	Nombre des stations	Pourcentage%
<i>Platycnemis subdilatata</i>	18	100%
<i>Ghomphus lucasii</i>	12	66,66%
<i>Onychogomphus costae</i>	10	55,55%
<i>Ischnura graellsii</i>	09	50%
<i>Calopteryx haemorrhoidalis</i>	07	38,88%
<i>Crocothemis erythraea</i>	07	38,88%
<i>Orthetrum cancellatum</i>	06	33,33%
<i>Coenagrion mercurial</i>	04	22,22%
<i>Orthetrum coerulescens</i>	03	16,66%
<i>Trithemis annulata</i>	03	16,66%
<i>Calopterix exul</i>	02	11,11%
<i>Coenagrion cearelicense</i>	02	11,11%
<i>Erythromma lindenii</i>	02	11,11%
<i>Anax imperator</i>	02	11,11%
<i>Aeshna mixta</i>	02	11,11%
<i>Sympétrum meridional</i>	02	11,11%
<i>Lestes viridis</i>	02	11,11%
<i>Onychogomphus forcipatus</i>	01	5,55%
<i>Boyeria irene</i>	01	5,55%

La fréquence d'occurrence des espèces au niveau de toutes les stations d'étude est différente d'une espèce à une autre. Il y a des espèces dites constantes vu à leurs fréquence très élevé (presque présente dans toutes les stations) comme *Palatycenimis subdilatata*, *Ghomphus lucasii*, *Onychogomphus costae*. Et quelques espèces dites accessoires tel que *Ischnura graellsii*, *Calopteryx haemorrhoidalis*, *Crocothemis erythraea*, *Orthetrum cancellatum* avec une fréquence moyenne <50%. Le reste des espèces sont des espèces accidentelle dans l'oued Seybouse car elles marquent leurs présence dans moins de 25% des stations d'étude, *Coenagrion mercurial*, *Orthetrum coerulescens*, *Trithemis annulata*, *Caloptérise exul*, *Coenagrion cearellicese*, *Erythromma lindenii*, *Anax imperator*, *Aeshna mixta*, *Sympétrum méridional*, *Lestes viridis*. Ou *Onychogomphus forcipatus*, *Boyeria irene* présente que dans moins de 10% des stations.

En fonction de leurs fréquences d'occurrence, 66,66% des espèces invétérées dans notre étude sont des espèces dites accidentelles, tandis que 22,22% sont des espèces constantes et 16,66% dit accessoire.

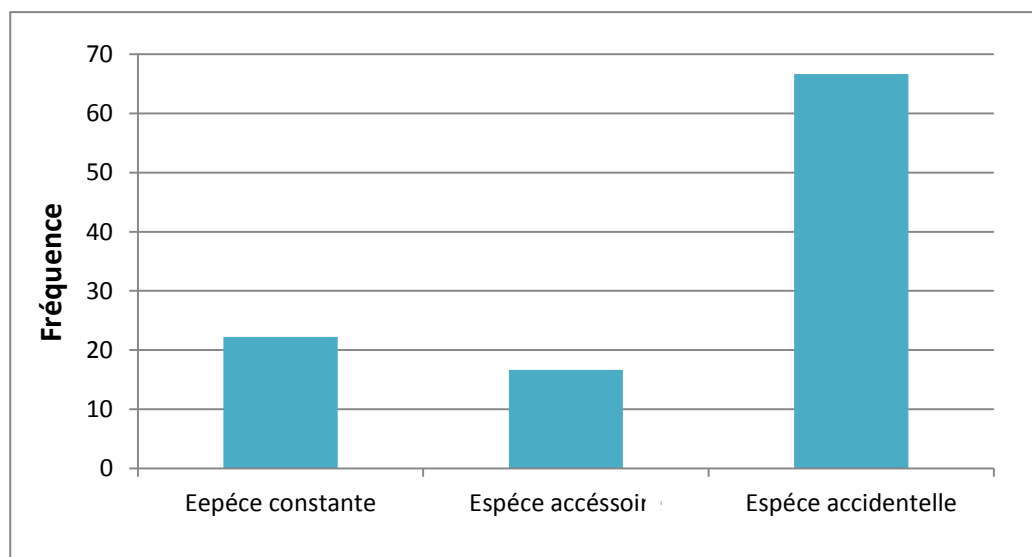


Figure113: La fréquence du peuplement des odonates de l'oued Seybouse (2015-2016).

D.Densité :

La densité la plus élevée du peuplement odonatologique dans l'Oued Seybouse a été enregistrée au niveau de la station S7, avec une moyenne de 69 individus /5m², suivis par les stations S4, S3, S2 et S1. La station S8 présente la densité la plus faible du bassin de Seybouse avec un effectif de 8 individus/5m², cette faible densité est probablement liée aux nombreux facteurs abiotiques caractérisant cette station, empêchant le succès de reproduction des adultes ainsi

que la survie des larves du peuplement, dus généralement au condition défavorable traduis par le manque d'alimentation nécessaire, la faible oxygénation des eaux, la dégradation de la couverture végétale..etc. Provenant essentiellement de la pollution par des activités anthropiques exercé sur ce site. Le reste des stations de S9 à S18 se caractérise par une densité assez moyenne et proches variable entre 17 et 32 individus /5m².

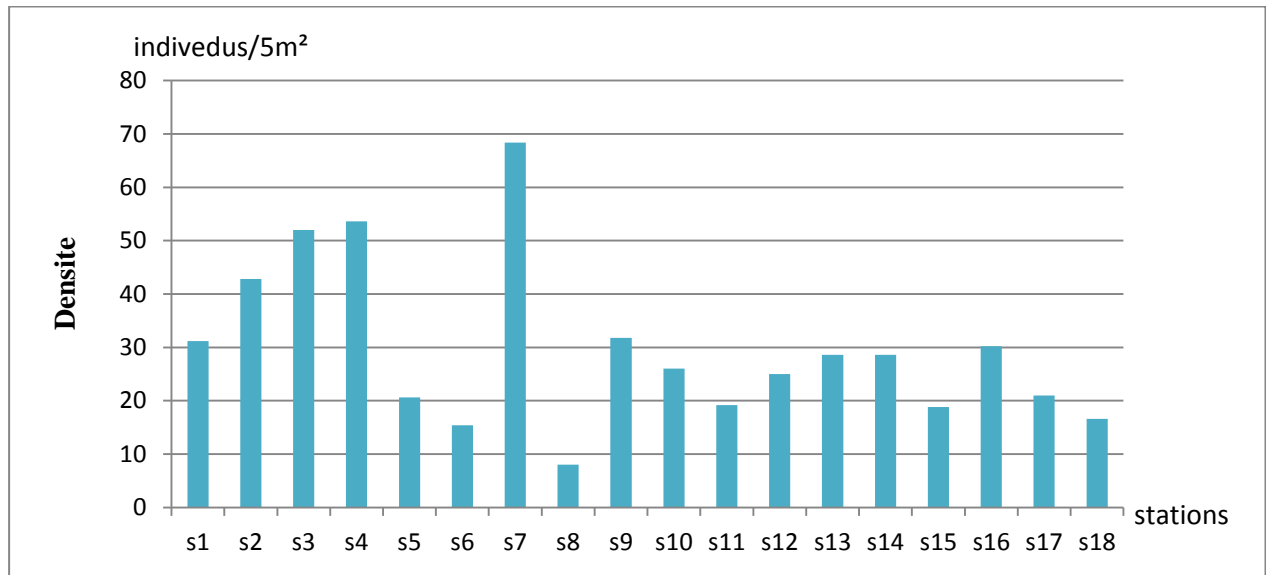


Figure 114: La densité du peuplement des odonates de l’oued Seybouse(2015-2016).

IV.1.3.Analyse de la composition odonatologique:

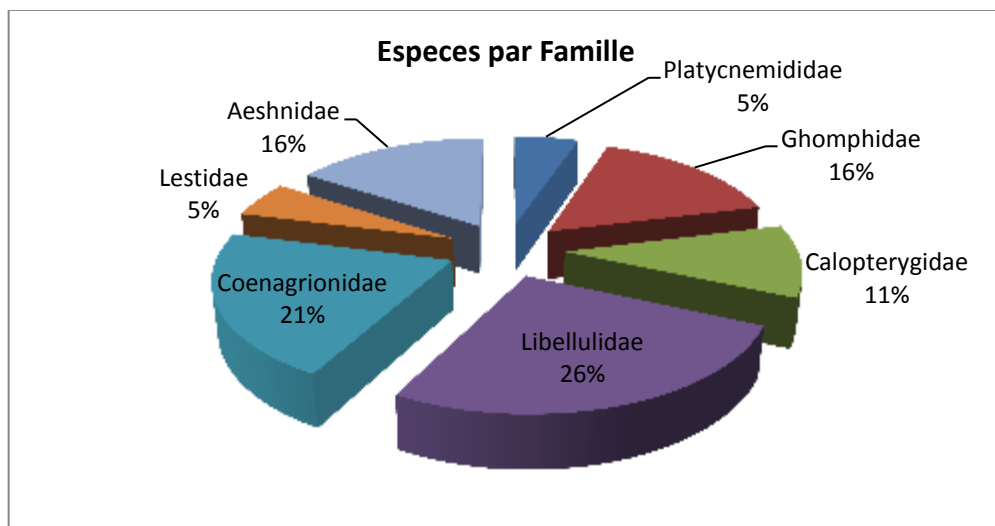


Figure 115 : Le nombre des espèces d’odonates représentatif de chaque famille.

Le secteur ci-dessus (Figure 115) montre le nombre des espèces représentatifs de chaque famille récolté durant notre prélèvement. On note que la famille des Libellulidae présente la fréquence la plus élevée de point de vu richesse spécifique avec 26% du total des

espèces récolté avec une abondance plus au moins faible que 9,75% de l'abondance totale soit 276 individus. La famille des Coenagreondae vient en deuxième position en richesse spécifique 21% mais elle est légèrement plus abondante que la famille des Libellulidae avec 10,81% (296 individus). Suivis par les Aeshnidae, les Gomphidae et les Calopterygidae présentant une diversité plus au moins faible comparant aux deux premières familles avec une valeur varier entre 16 à 11% des espèces, par contre les Lestidae et les Platycnemididae ne regroupe que 5% des espèces collectées. Pour cette dernière famille on observe qu'elle représente la richesse spécifique la plus faible par rapport à toutes les autres familles identifié avec une seule espèce malgré ça c'est elle qu'elle représente la plus grande abondance avec 42,09% soit 1153 individus. Ces résultats montrent aussi que la majorité des espèces récoltées sont des anisoptères.

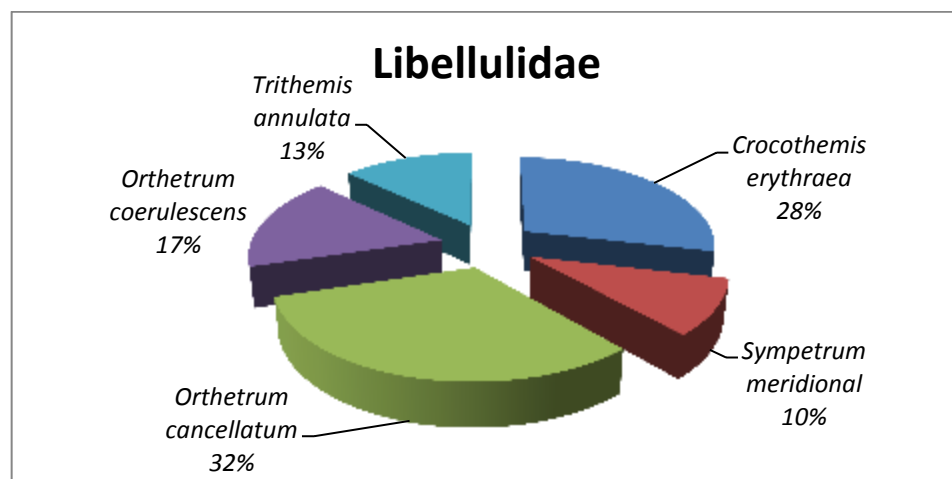


Figure 116: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Libellulidae.

La famille des libellulidae c'est la famille des odonates la plus commune et la plus reconnue, elle contient environ un quart des espèces connues d'odonates vivants (**Kiany et al., 2009**) dans notre étude elle considéré comme la famille la plus riche en vus le nombre des espèces représentatifs, elle est représenté par 5 espèces du total des espèces échantillonnées soit 26% des espèces total ,*O.cancellatum*, *O.coerulescens*, *S. fonscolombii*, *S. meridionale*, et *C. erythraea*. *O.cancellatum* est l'espèce la plus abondante dans cette famille, elle présente 32% du totale des indévidus récoltés font partie des libelluladae mais que 3% de toute la population .en suite on trouve *C. erythraea* en deuxième position avec 28% des individus. Contrairement au *S. meridionale* est l'espèce la moins abondante regroupe que 10% des individus de la famille.

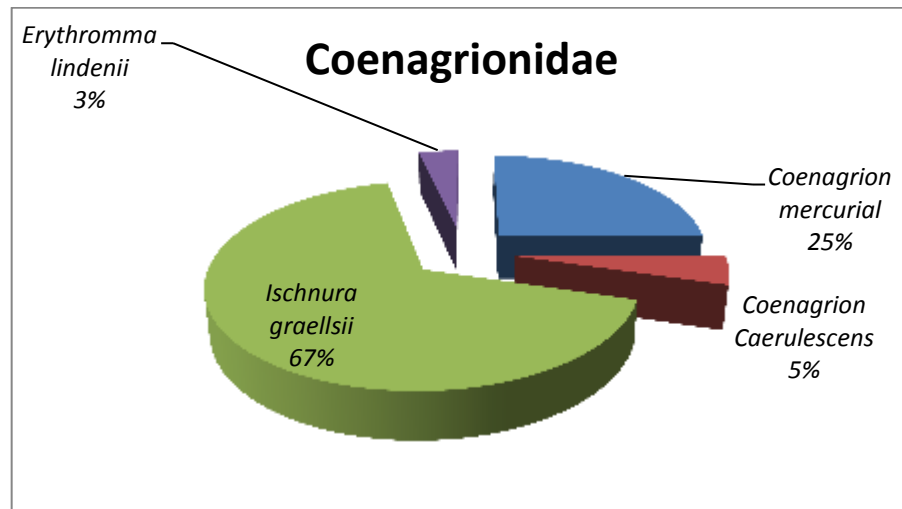


Figure 117 : L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Coenagrionidae.

La famille des Coenagrionidae est la famille de demoiselles la plus grande et la plus diversifiée, elle habite des étangs contenant une végétation aquatique émergente (Westfall & May, 1996). Elle vient en 2^{ème} position ont vu de sa richesse dans la région d'étude. Elle inclus trois espèces dont *I. graellsii* présente 67% des individus de cet famille et *C. mercurial* 25%. Tandis que *C. caerulescens* et *E. lindenii* considéré comme espèces a répartition limitées et une abondance faible ne dépassent les 5% de ce taxon.

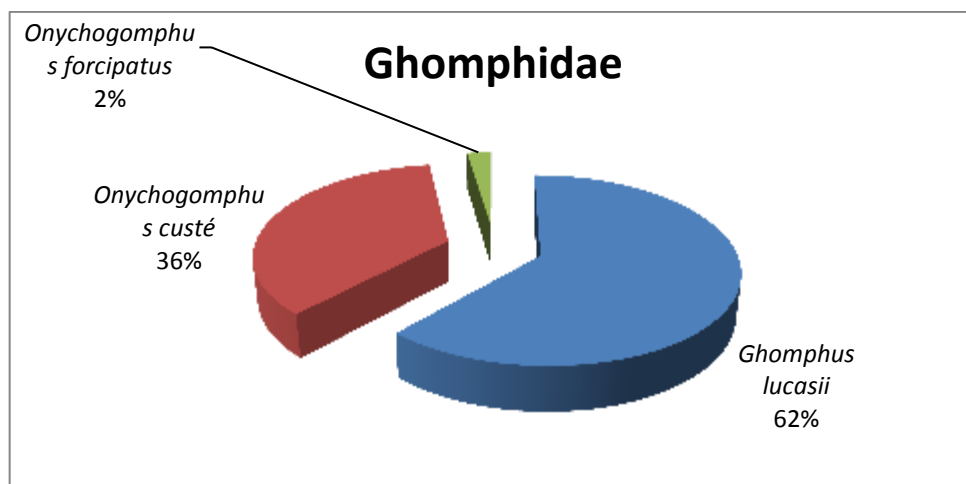


Figure 118 : L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Ghomphidae.

La famille des Gomphidae présente 16% des espèces recensé dans le bassin de la Seybouse, avec trois espèces (*Onychogomphus costae*, *Gomphus lucasii*, *Onychogomphus forcipatus*). *G. lucasii* est l'espèce la plus abondante 62% des spécimens de la famille des Ghomphidae. par contre *O. forcipatus* ne présente que une minorité elle marque sa présence

avec une très faible abondance 2%. Chez les odonates, Gomphidae sont une composante importante de la biote des cours d'eau et leur nombre et leur diversité sont considérées comme un indicateur fiable d'un système fluvial sain (Ferreras-Romero *et al.*, 2009).

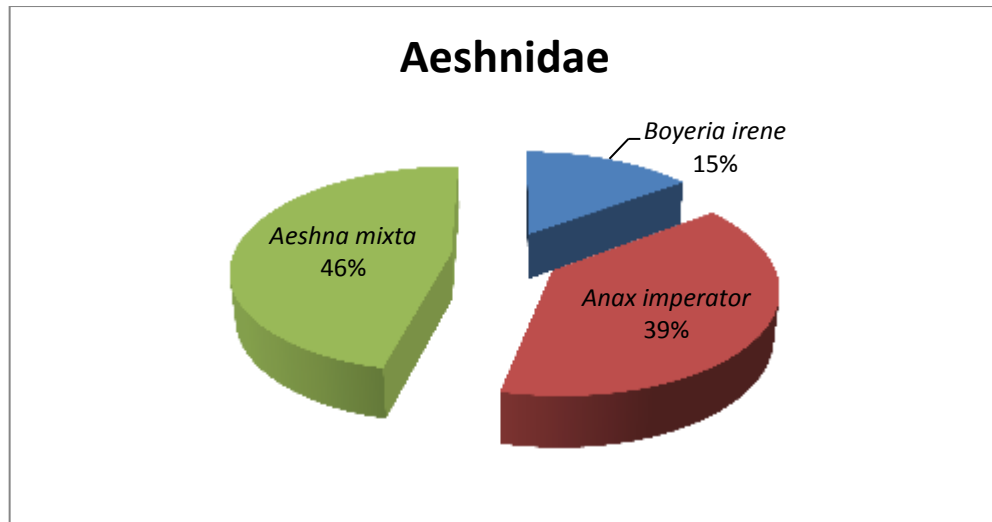


Figure 119: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Aeshnidae.

Les Aeshnidae la famille la moins abondante dans l'oued Seybouse mais elle présente une richesse spécifique assez moyenne. Trois espèces font partie de cette famille (Figure 119) soit 16% des espèces recensées ; *A. mixta* avec 46% ; *A. imperator* 39% et *B. irene* avec 15% des effectifs récoltés dans ce taxon. Cette dernière est une espèce endémique du bassin méditerranéen (Askew, 1988) identifiée récemment dans le bassin de la Seybouse.

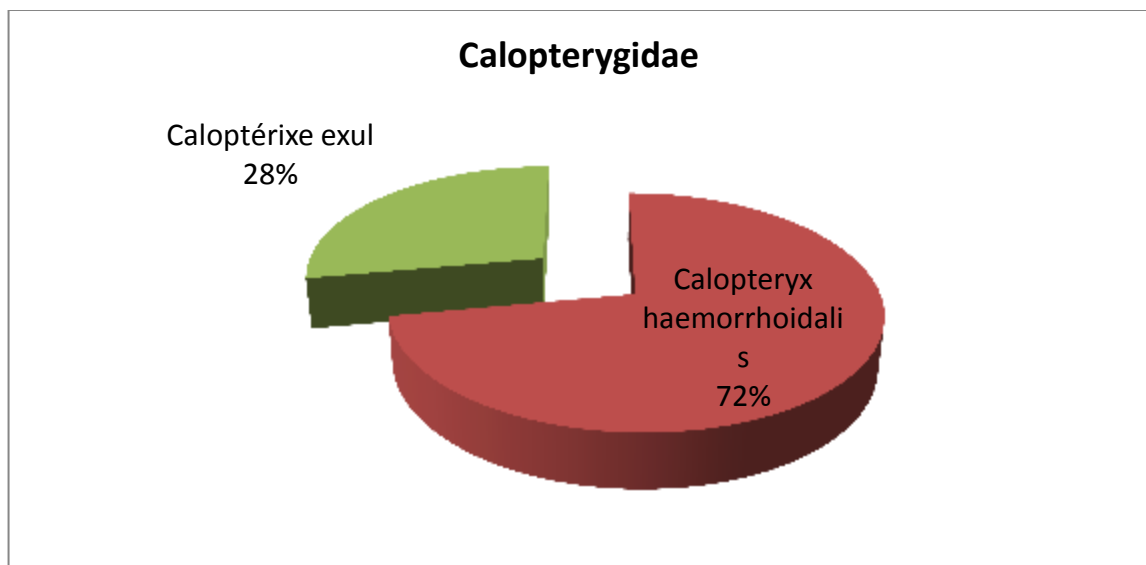


Figure 120: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Calopterygidae.

La famille Calopterygidae est une famille monophylétique au sein des zygopteres (Bybee *et al.*, 2008). Tous les membres de cette famille partagent sensiblement le même les exigences en matière d'habitat (cours d'eau) et la morphologie ; cependant, les mâles montrent une variété de la parade (Sánchez-Herrera *et al.*, 2012). Sa présence dans le bassin de la Seybouse est caractérisé par une richesse plus au moins faible ,elle regroupe que de espèces *C.exul* endimique du Maghrab,connus dans l'Algérie dans un seul foyer est bien que l'oued Seybouse. Malheureusement cette espèces ne présente que une minoritée par a apport au effectives total des espèces font partie de la famille des Calopterygidae soit 28%. En outre 78% des individus sont des *C.haemorrhoidalis* espèces considérer comme abondante mais a distribution limitée dans la région d'étude.

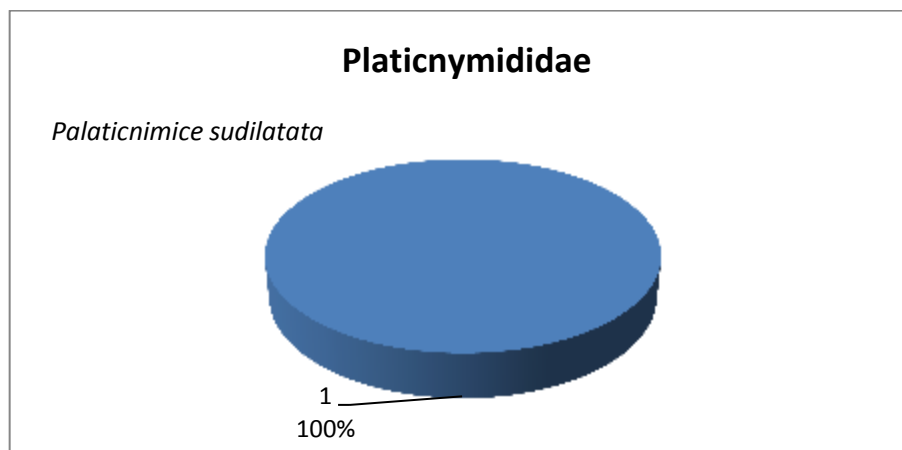


Figure 121: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Platicnymididae.

La famille des Platecnymidida présente une particularité, malgré qu'elle est représenté qu'avec une seule espèce *P.subdilatata* mais elle est considérée comme la plus abondante et la plus répartie dans le bassin de la Seybouse avec 1152 individus et dans les 18 stations.



Figure 122: L'effectif total de chaque espèce dans la famille des Lestidae.

Comme celle des Platicnymphidae, *L. viridis* est la seule espèce représentative de la famille des Lestidae. Cette espèce a une abondance très faible ainsi que se caractérise par une répartition très restreinte dans le bassin de la Seybouse.

IV.1.4. Résultats de biodiversité par l'indices écologiques de structure:

A. Indice de Shannon (H'):

Selon les résultats représentés dans l'Histogramme ci-dessous (Figure 123) . La station S6 est la moins diversifiée dans l'oued Seybouse comparant aux autres stations, dont l'indice de Shannon $H'=0$ présente la valeur la plus faible ce qui indique que tous les individus qui ont été récoltés dans cette station font partie d'une seule espèce tandis que les stations S10, S15 et S11 présentent les plus forts taux de diversité odonatologique $H'=2,04$; $H'=1,77$ et $H'=1,76$ respectivement, cela peut être traduit par une homogénéité dans la répartition des individus échantillonnés entre toutes les espèces. Le reste des stations se caractérise par un H' très proche, indique une diversité plus au moins moyenne.

B. Equitabilité :

D'après les résultats d'équitabilité présentés dans l'histogramme ci-dessous (Figure 123). On remarquant que la plupart des stations de prélèvements sont fortement équilibré et la S11 ; S8 sont les plus équilibré de point de vue d'abondance entre les espèces (E est très proche à 1); autrement dit l'ensemble des effectifs sont répartis d'une façon équilibrée entre les espèces. La station S6 présente la station la moins équilibrée avec un $E=0$ ce qui signifie qu'une seule espèce domine tout le peuplement.

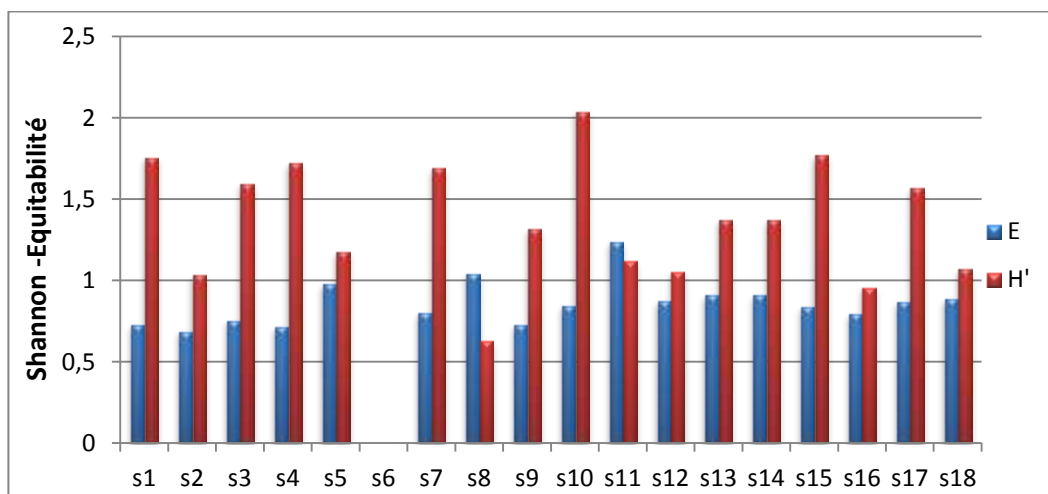


Figure 123: La diversité spécifique du peuplement des odonates dans l'oued Seybouse (2015-2016) par l'indice de Shannon (H') et Equitabilité(E).

C. Indice de Simpson D :

Les valeurs calculées de l'indice de Simpson (D) de peuplement odonatologique du bassin de la Seybouse durant notre période d'étude sont mentionnées dans la Figure 124. La station S6 est celle la moins diversifiée $D=1$, suivie par S8, S11 et S16 avec des valeurs de D proche à 1. Par contre la S17, S10 et S15 sont les plus diversifiées, elles présentent des valeurs de D très proche à 0.

D'après cet indice on peut conclure que la station riche n'est pas forcément la station la plus diversifiée. Comme le cas des stations S10 et S1 par rapport à la station S17. Les deux premières stations sont plus riches mais moins diversifiées ($H'=1,76$; $D=0,22$ et $H'=1,72$; $D=0,22$ respectivement) contrairement à la S17 dont $H'=1,57$; $D=0,1$. Cela signifie que la S1 et S4 sont riches majoritairement par des espèces considérées comme rares, à l'inverse de la S17 qui est moins riche mais elle inclut essentiellement des espèces dites dominantes.

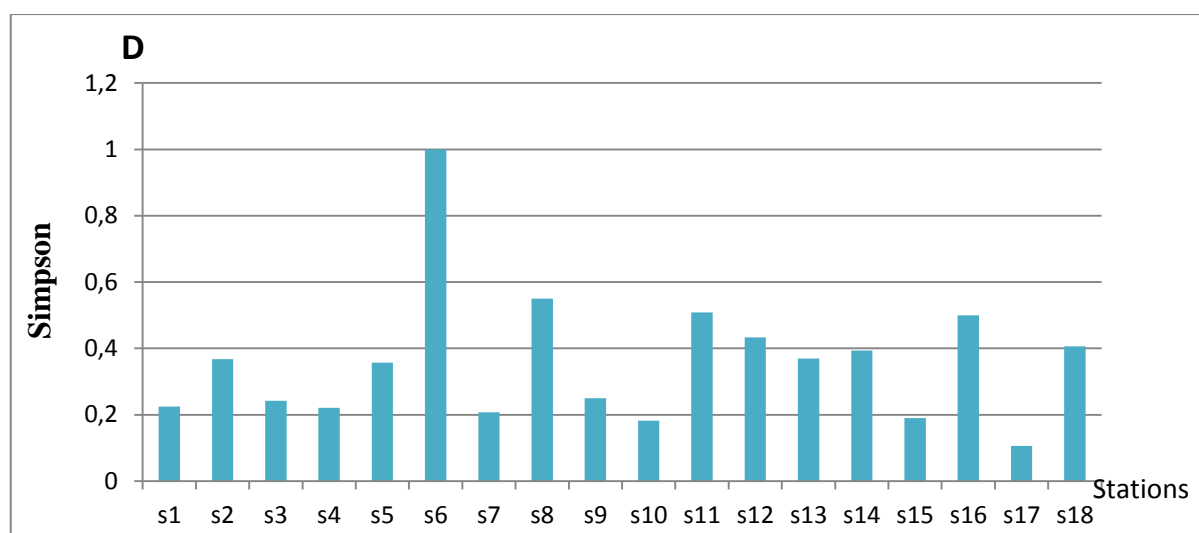


Figure 124 : La diversité du peuplement des odonates de l'oued Seybouse (2015-2016) par l'indice de Simpson (D).

IV.2. Phénologie des adultes observé dans l'Oued Seybouse :

17 espèces adultes ont été inventoriées dans le bassin de la Seybouse font partie de 7 familles différentes, 41% sont des zygoptères et 58% sont des anisoptères.

La période du vol commence du mois d'Avril jusqu'à le mois de Novembre. Seulement *I.graellsii* et *S.fusca* qui ont été observé dès le mois de Mars. On a observé des espèces qui commence leurs période de vol a partir du mois d'Avril jusqu'à le mois de Septembre le cas de *O. chryso stigma* ; *C.erythraea* ; *S.meridional* ; *C.exul* ; *C.hemorrhoidalis* et *G.lucasii*.

En fait ,on a aussi observé quelque espèces dite précoce vu à leurs émergence avant l'habituel comme *P.subdilatata* observé au cours du mois de Janvier et un spécimen de *I.graellsii* marquée durant le mois de Février, cet émergence avant terme est probablement liée au changement climatique dont cet année (2015-2016) a eu un hiver caractérisé par une température plus au moins élevé comparant à la moyenne habituelle, ce qui conduis a l'accélération du phénomène de l'émergence des larves chez certaine espèces. D'autre espèces dite espèces tardive

Tableau 43: Phénologie de peuplements adultes d'odonates observé dans l'oued Seybouse (2015-2016).

Espèces	Mars	Avr	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév
<i>P.subdilatata</i>												
<i>C.exul</i>												
<i>C.hemorrhoidalis</i>												
<i>G.lucasii</i>												
<i>O.custae</i>												
<i>I.graellsii</i>												
<i>E.lindenii</i>												
<i>C.erythraea</i>												
<i>A.imperator</i>												
<i>A.mixta</i>												
<i>S.meridional</i>												
<i>T.annulata</i>												
<i>L.veridis</i>												
<i>O.concelatum</i>												
<i>S.fusca</i>												
<i>B.leucosticta</i>												
<i>O.chrysostigma</i>												

IV .3.Discussion Générale:

La présente étude sur l'état de santé de l'oued Seybouse, un des principaux oued en Algérie vu son importance socio-économique ainsi qu'écologique dans l'Est du pays, s'articule autour de trois grands axes complémentaires qui sont ses qualités physico-chimique, bactériologique ainsi que biologique à travers l'inventaire des larves des peuplement odonatologique, un taxon considérés comme de bons bio-indicateurs de la qualité de l'eau des zones humides, ce qui donne plus de fiabilité et de valeur à nos résultats. Contrairement aux nombreuses études antérieures qui ont été faites sur ce plan d'eau et ont évalué sa qualité bactériologique, physico-chimique comme elles ont déterminés l'origine des différents polluants ainsi que l'effet des activités anthropiques exercés sur les eaux de ce cours d'eau (Djabri et al., 2003, 2008 ; Reggam et al., 2015, 2017 ; Gouri et al ., 2015 ;

Bouchlaghem, 2017 ; Gettaf et al., 2017 ; Aissaoui et al., 2017) tout comme des études purement écologiques. Ces dernières ont été faites sur son peuplement odonatologique généralement par la réalisation des inventaires et aux études de l'éco-biologie des espèces phares (Zebba et al., 2014; Zebba, Khelifa & Kahalerras, 2015; Zebba, Khelifa & Kahalerras, 2014; Mellal et al., 2018; Mahdjoub et al., 2014; Mahdjoub et al., 2015; Khelifa et al., 2014; Khelifa et al., 2013c; Khelifa et al., 2012; Khelifa et al., 2018; Khelifa et al., 2016c; Khelifa et al., 2013b; Khelifa, Theischinger & Endersby, 2017; Khelifa et al., 2016b; Khelifa & Mellal, 2017; Khelifa et al., 2013a; Khelifa et al., 2016a; Khelifa et al., 2015; Khelifa, 2017a; Khelifa, 2017b; Khelifa, 2016; Khelifa, 2013; Khelifa, 2012; Khelifa, 2011; Hadjoudj et al., 2014; Bouiedda et al., 2018; Amari et al., 2018).

L'analyse des résultats des variations spatio-temporelles des différents paramètres physico-chimiques mesurés durant notre étude a montré que les eaux de l'oued Seybouse dépassent largement les normes algériennes requises concernant la qualité des eaux de surface. Généralement cette variation connaît une augmentation selon un gradient croissant de l'amont vers l'aval et de la saison chaude à la saison froide. Des résultats similaires ont été obtenus par Reggam et al., (2015). Ceux qui étaient directement liés aux facteurs anthropiques; tels que les rejets des déchets urbains et industriels. Cette relation a été prouvée dans de nombreuses études précédentes, comme il a été dernièrement démontré par Reggam et al., (2017).

Les mêmes résultats ont été obtenus pour la qualité bactériologique des eaux de l'oued Seybouse dont elles montrent une forte concentration en matière fécale. Particulièrement les stations S1 (Medjaz Amar), S3 (Guelma) et S6 (Sidi Salem) présentaient toujours les plus fortes teneurs en coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux ce qui correspond aux mêmes résultats obtenus par Reggam et al., (2015). Ces résultats sont liés aux rejets domestiques des communes de Medjaz Amar, de Guelma et de Sidi Salem.

Se basant sur les larves, on a pu identifier environ 19 espèces appartenant à 7 familles, représentant 11.5% des adultes estimés dans le bassin méditerranéen (**Riservato et al., 2009**), soit 70% des familles dans les ruisseaux de la forêt tropicale à Sabah, Bornéo malaisien (**Luke et al., 2017**). Plus de la moitié des espèces sont des Anisoptères, *Gomphus lucasii*, espèce endémique du Maghreb citée comme vulnérable dans la liste rouge IUCN. Elle était l'objectif dans de nombreuses études (Zebba et al., 2014, 2015). Un pourcentage de 42.1 % sont des zygoptères, avec *C.exul* une espèce en danger dans la liste de l'IUCN de l'Afrique du Nord. En Algérie, elle fût enregistrée la dernière fois par Martin (1910) et redécouverte que récemment

dans la vallée de la Seybouse par Khelifa *et al.*, (2011). Une autre espèce, *Calpteryx mercuriale*, considérée auparavant comme rare, s'est avérée relativement abondante et commune dans les ruisseaux et faussés à écoulement relativement lent. L'espèce est classée en voie de disparition dans la région nord-africaine de l'UICN et dans le monde. Elle devrait avoir une attention toute particulière à propos de sa conservation et de sa gestion (Mahdjoub *et al.*, 2014, 2015).

Concernant l'analyse des résultats obtenus sur l'association potentielle entre l'abondance et la fréquence de distribution expose une relation positive. La majorité des espèces qui sont largement distribuées sont les plus abondantes comme *P. subdilatata* ; *G. lucasii* ; *O. costae*, *I. graellsii* et *C. haemorrhoidalis*. La première espèce est un Zygoptère de taille moyenne endémique du Nord d'Afrique (Maroc, Algérie et Tunisie) (Dijkstra & Lewington, 2007), très commune dans les ruisseaux et les rivières. Elle est largement répandue du fait de sa grande plasticité d'adaptation qui lui permet de réaliser son cycle de vie dans un large spectre des milieux malgré les aléas notamment climatiques et hydrologiques (Benchalel *et al.*, 2012). En plus on peut la trouver comme larve durant toute l'année (Khelifa *et al.*, 2015, 2016b).

Les odonates sont des bon bioindicateurs de la qualité des eaux douces. Elles ont besoin de préserver leur biotope contre toute dégradation ce qui traduit par des modifications au niveau de la structure de son peuplement (Bulánková, 1997). La qualité de l'eau a une influence déterminante sur le peuplement des larves dont certaines espèces particulières peuvent être considérées comme les meilleurs bioindicateurs, cela est en fonction de leur tolérance, leur capacité d'adaptation aux conditions défavorables ainsi qu'à leurs exigences (Jacob & E.K, 2013). Les micropolluants tels que les pesticides jouent un rôle comme perturbateurs toxiques sur les larves des Odonates par leurs capacités de s'accumuler dans leurs organismes comme le cas de *I. elegans* (Van Praet *et al.*, 2014). Généralement les larves sont plus sensibles que les adultes en ce qui concerne les perturbations dans la qualité de l'eau ou des modifications dans le paysage (Végétation, taille du lit, nature du sol...etc.) (Luke *et al.*, 2017). En effet, les adultes de cet ordre d'insectes peuvent s'adapter aux conditions environnementales des rivières et des cours d'eau comme c'est le cas de *C. erythraea* qui sert d'indicateur d'un changement anthropique des habitats (Lamprey *et al.*, 2013). Les anisoptères sont plus résistants par rapport aux changements environnementaux que les zygoptères, ce qui explique la dominance des Anisoptères 57.8 % des larves récoltées durant notre étude (Luke *et al.*, 2017). Cela peut être dû aux adaptations éco-physiologiques qui lui permettent d'occuper différents habitats (Mendes *et al.*, 2015). Ainsi, la mauvaise qualité physico-chimique des eaux

de l'oued Seybouse peut présenter une véritable menace sur la diversité de ce peuplement, ce qui nécessite, entre autre, une intervention immédiate pour les protéger.

La qualité bactériologique des eaux peuvent présenter aussi une menace sur la vie des larves des odonates. Les fortes concentrations en matières fécales et plus particulièrement les *E. coli* mettent les larves sous une pression continue ce qui influe sur son régime alimentaire et favorise leur vulnérabilité à la prédation (relation prédateur-proies) par sa capacité de l'activation de leur système immunitaire (**Janssens & Stoks, 2014**).

La relation entre les différents polluants physico-chimiques des eaux et la qualité bactériologique a été identifié depuis des dizaines d'années. La température de l'eau joue un rôle important. Elle favorise notamment la multiplication bactérienne. Ainsi que les différents polluants organiques (P, NO₂, NO₃...) qui augmentent l'activité des bactéries nécessitant plus de consommation d'oxygène pour assurer les dégradations de ces composants (phénomène d'autoépuration), ce qui explique exhaustivement l'abaissement du taux de l'oxygène dans le milieu (fortes teneurs en DBO5 et DCO) et peut influencer la forme chimique de nombreux éléments dans l'eau (phénomène d'oxydo-réduction) comme il peut également menacer la vie de certains macro-invertébrés sensibles aux faibles concentrations en oxygène. Les bactéries jouent aussi un rôle primordial dans les cycles biogéochimiques des composants chimiques dans l'eau. La présence des ASR favorise la réduction des sulfates en sulfure dans les conditions d'anaérobiose.

Notre humble étude n'a donné qu'une idée générale sur l'état de santé de l'oued Seybouse et un inventaire plus ou moins exhaustif de son peuplement odonatologique comme on a pu déterminer la relation entre la nature du substrat et la distribution des larves tout le long de l'oued Seybouse (**Razkallah & Houhamdi, 2018**). Malheureusement de nombreux obstacles et de nombreuses contraintes ainsi que le manque de moyens et de matériels adéquats ont entravés la réalisation de ce travail et par conséquent on a pu réaliser tous nos objectifs soulignés antérieurement. De ce fait, les portes sont restées ouvertes pour d'autres études éventuelles afin d'éclaircir encore plus les relations et les effets de la pollution excessive que subit ce plan d'eau sur la survie et le maintien de ce peuplement, en particulier, et sur les autres taxons faunistiques et floristiques vivant dans ce cours d'eau afin d'adopter les bonnes méthodes et les bonnes stratégies de protection, de préservation et de gestion de cette diversité biologique.

Conclusión

Conclusion générale:

Le travail de cette thèse est une contribution à l'étude de la qualité bactériologique et physico-chimique des eaux de l'oued Seybouse, ainsi qu'un inventaire de son peuplement odonotologique. Ces derniers sont considérés comme des bio-indicateurs de qualité des zones humides. L'intégration de son étude en déduit que notre recherche a attribué plus de valeurs à nos résultats. Cela reflète l'étroite relation qu'existe entre les trois grands axes retenus.

La Seybouse est un oued méditerranéen qui naquit dans les hautes plaines semi-arides de l'Atlas Tellien. Il draine un vaste bassin ayant une superficie de 6570 km². En vue de sa grande superficie, il occupe une place très importante et ce, après celles de l'oued El Kebir du Rhumel et Medjerdah-Mellegue. Nous pouvons distinguer quatre zones principales formants typiquement les sous-bassins incluant les stations de notre zone d'étude : Cherf Aval (14-02), Bouhamdane (14-03) 1136 Km², Seybouse moyenne (14-04) : 818 Km², Seybouse maritime (14-06) : 1057 Km².

Le climat qui y règne, est de type méditerranéen. L'étude climatique de la zone étudiée, a montré que la région se caractérise par des importantes précipitations avec une moyenne annuelle de l'ordre 675,75 mm sous une température moyenne oscillant entre 10,3°C au de Janvier et 26,53°C au mois d'Août. La période sèche s'étale notamment de Mai à Octobre et la période humide se prolonge de Novembre à Avril. C'est ainsi que le bilan hydrique montra qu'à partir du mois de Mai la période de déficit d'irrigation commence, ce qui nécessite le recours aux eaux souterraines pour satisfaire les besoins d'irrigation. La recharge des nappes se fait en période hivernale.

Le régime d'écoulement de l'oued Seybouse présente des particularités à système pluvial méditerranéen dans son ensemble, il est tributaire du régime pluvial dont les débits sont étroitement liés aux saisons (humide ou sèche). Les débits sont régis par des modes d'alimentation, et des conditions de rétention- restitution qui sont à l'origine des écarts entre les impulsions de débits et les hauteurs de pluies.

À la suite de l'expansion démographique importante qu'a connu le bassin de la Seybouse dans ces dernières décénies, la qualité des eaux de l'oued Seybouse est soumise à une forte pression exercée par les activités industrielles, agricoles domestiques intenses, constituants les trois origines principales de la pollution. Ainsi cette pollution menace non pas

uniquement l'intégrité écologique de ce site mais aussi le bien-être des êtres humains et de toutes les espèces animales et végétales qui en dépend.

L'étude de la qualité physico-chimique des eaux de ce plan d'eaux et l'analyse spatio-temporelle des résultats obtenus au niveau des trois sous-bassins (haute, moyenne et basse Seybouse) nous permet de classer les eaux de ce milieu aquatique comme qualité médiocre vers pollué. Cette classification est en vue des fortes teneurs en composants organiques et minéraux, incluant essentiellement la DBO₅ avec des valeurs variables entre 46 mg/l et 115 mg/l dont la concentration augmente de l'amont vers l'aval et atteint le maximum durant la saison sèche du fait de l'évaporation intensive des eaux au cours de cette période. Presque les mêmes résultats ont été obtenus pour la DCO dont 78% des stations présentent des teneurs dépassants largement la norme algérienne en DCO des eaux de surface (l'ABH, 2009) 120 mg/l. D'après les rapports DCO/ DBO₅, on peut en conclure que les stations de la partie aval de la Seybouse se caractérisent par un effluent non-biodégradable donc un traitement biologique seul ne peut en réduire la pollution de ces eaux, ce qui indique et affirme nettement une pollution inorganique (minérale). Cette pollution provient essentiellement des rejets industriels qui caractérisent la basse Seybouse où 45% des stations présentent des effluents facilement biodégradables. Elle provient essentiellement des volumes importants d'eaux usées domestiques déversées par chaque commune ainsi qu'aux effluents des établissements industriels. Même sort pour le lessivage des terres agricoles périphériques particulièrement près des stations S1, S3 et S7.

Les différents nutriments responsables essentiellement sur l'eutrophisation des milieux aquatiques ont été aussi détectés avec des teneurs très élevés. Elles peuvent atteindre jusqu'à 106 mg/l NO₃, 1.68 mg/l NO₂, 15.19 mg/l PT et 0.96 mg/l PO₄ comme des valeurs maximales durant la période sèche et elles dépassent largement les teneurs requises par les normes algériennes. Cela explique l'abaissement des concentrations d'oxygène dans les eaux de la Seybouse dans la majorité des stations et dans un ordre croissant de l'amont vers l'aval. Ceci menace la vie aquatique dans ce milieu car la diminution de ce dernier favorise l'accumulation des teneurs en NH₄ considéré comme des composants toxiques pour les poissons des eaux douces. Quant aux Sulfates, ils peuvent atteindre jusqu'à 376 mg/l SO₄ durant la saison estivale. Cette forte concentration est probablement liée avec la nature du lit traversé par la Seybouse. Du point de vue hydro-chimique, le faciès dominant de l'oued Seybouse est chloruré sulfaté sodique et chloruré sulfaté calcique.

Les résultats que nous avons obtenus par l'étude de la qualité bactériologique dans les six stations à travers les dénombrements réalisés le long de nos campagnes de prélèvements nous exposent une contamination bactérienne très nette, exprimée par de fortes concentrations en flores de la contamination fécale (taux de coliformes totaux, coliformes fécaux et streptocoques fécaux) sont très élevés à l'ordre de 8500 UFC/ml, 6330 UFC/ml et 3480 UFC/ml. Ainsi que la présence des ASR par des valeurs élevées dans toutes les stations. Ces bactéries peuvent réduire la qualité organoleptique de l'eau en lui donnant une odeur et un goût déplaisants.

Ainsi que pour l'identification des germes pathogènes on a utilisé de différentes techniques biochimiques et enzymatiques, on a également montré l'existence de 30 espèces différentes qui font partie de 09 familles dont la majorité des espèces sont des Enterobacteriaceae présenté par 17 espèces parmi lesquelles on y trouve *Citrobacter koseri/farmeri*, *Klebsiella oxytoca*, *Serratia odorifera* 1.....etc, et des Staphylococcaceae telles que *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus carnosus*. Ainsi que l'isolement des levures (*Cryptococcus uniguttulatus*, *Candida albicans* 1 et *Aspergillus sp*.....). Le calcul du rapport Coliformes Fécaux/ Streptocoques Fécaux au niveau des eaux des stations étudiées, indique purement et simplement une pollution d'origine humaine et animale.

L'inventaire reste le seul outil de travail indispensable afin de mesurer la biodiversité. Dans l'actuel travail, l'inventaire de peuplement Odonatologique de l'oued Seybouse à travers l'identification des larves et pas des adultes comme ce fût le cas dans de nombreux travaux précédents Khelifa *et al.*,(2011), Yales *et al.*, (2017). Les résultats obtenus nous permettent de distinguer au niveau de 18 stations 19 espèces environ inégalement représentées entre : 7 familles dont 11 espèces d'entre-elles, sont des Anisoptères et 08 Zygoptères. On cite *C.exul* espèce en danger qui représente une faible abondance avec une répartition limitée, aussi *Gomphus lucasii* espèces endémiques et menacées, elles présentent une abondance moyenne, tandis qu'on a dû trouver également une espèce très représentative de l'oued Seybouse est le *P. subdilatata* dont elle a marqué sa présence dans toutes les stations et avec une abondance très élevée. En comparaisant entre nos résultats et les études antérieures, on observe un abaissement très remarquable dans la richesse spécifique ainsi que dans l'abondance des espèces. De même que l'utilisation des indices de Shannon-Weaver (H') de l'équitabilité (E) et de diversité de Simpson (D) offre généreusement une mesure appréciable de la diversification et de l'équilibre écologique de ce milieu. La diversité la plus élevée a été enregistré au niveau des stations S10, S15 et S1 avec $H'=2,04$; $H'=1,77$ et $H'=1,76$

respectives. D'après (E) la plupart des stations de prélèvements sont fortement équilibrées. Tandis que celles des S11 ; S8 en sont plus. L'ensemble des effectifs sont donc répartis d'une façon équilibrée entre les espèces. L'indice (D) a montré la relation entre la biodiversité et la richesse spécifique lequel nous permet de conclure que la station est la plus riche et pas forcément la station la plus diversifiée. Comme ce fût le cas des stations S10 et S1 par rapport à la station S17. Les deux premières stations sont plus riches mais moins diversifiées ($H'=1,76$; $D=0,22$ et $H'=1,72$; $D=0,22$ respectives) contrairement à la S17 dont $H'=1,57$; $D=0,1$.

Globalement, notre étude a également montré que ce milieu lotique subit de fortes pressions anthropiques dues à l'utilisation abusive en agriculture des engrais et des pesticides, aux rejets d'origine domestiques et industriels à défaut d'installation de réseaux d'assainissement et des stations d'épuration. Ce qui rend automatiquement ces eaux inutilisables en maraîchage et en irrigation telle est la pratique actuelle. D'autre part, les prélèvements d'eau pour l'irrigation diminuent le débit naturel du cours d'eau et influent négativement non seulement sur le cycle de vie de la faune odonatologique mais également de toutes les autres espèces dont la phase larvaire en dépend. Il est donc important de maintenir le bon état écologique des habitats afin de préserver les espèces menacées inventoriées dans la présente étude telles que *Calopteryx exul* (EN), *Coenagrion mercuriale* (EN), *Gomphus lucasii* (VU), *Onychogomphus costae* (NT).

Perspectives :

Les recommandations qui suivent portent sur des points considérés comme essentiels pouvant ramener la pollution des eaux à un niveau acceptable. Plusieurs polluants, plusieurs listes mais...un seul objectif: « l'atteinte du bon état chimique et écologique de l'eau ». La lutte contre les pollutions doit être entreprise le plus précocement possible, en privilégiant les actions préventives. Cette lutte nécessite des actions d'information-sensibilisation, la multiplication des aménagements d'assainissement et d'épuration, le fonctionnement d'un réseau de surveillance, la disposition de moyen de mesure et de capacités d'interprétation, et le support d'une réglementation explicite. La sensibilisation reste le seul remède efficace pour la prise de conscience de la population.

Il ne serait impératif que les Hauts Responsables de l'environnement prennent toutes les mesures adéquates afin de préserver la protection de la biodiversité des espèces de ce taxon sur toutes les espèces classées comme vulnérables ou menacées. Ainsi que la préservation des habitats aquatiques et terrestres présentant des sites privilégiés pour la production et la maturations en se basant fièrement sur les différentes études effectuées par les recherches et

les écologistes dans ce domaine afin de mieux gérer et conserver la biodiversité qui représente non seulement notre héritage culturel et scientifique mais également celui des générations futures.

*Références
bibliographique*

A. B. H. Agence des Bassins Hydrographiques-Constantinois – Seybouse –Mellegue, (1999).*Cahiers de l'Agence (Ministère de l'Aménagement du Territoire).*

A.N.R.H ,2001.Agence Nationale des Ressources Hydriques (A.N.R.H., Alger)2001 :Grille de qualité des eaux de surface .

Abboudi Akil, Tabyaoui Hassan,El Hamichi Fatima,Benaabidate Lahcen, Lahrach Abderrahim (2014). Etude de la qualité physico-chimique et contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Guigou (Maroc).European Scientific Journal.dition vol.10, No.23.

Abdo M.H. (2005). Physico-chemical characteristics of Abu Za'baal pond. Egypt. Egypt. *J. Aquatic Research* 31(2), 1-15.

Abdoulaye Baïlo Ndiaye, (2010) :- Module de formation des formateurs sur le suivi des Odonates, Projet de démonstration Bassin du fleuve Gambie, intégration de la biodiversité d'eau douce dans le processus de développement en Afrique : mobilisation de l'information et sites de démonstration.41p.

ABHCSM (2009) : Agence des eaux superficielles dans les bassins du Kebir-Rhumel, de la Seybouse et de la Medjerda-Mellegue, 2004–2007 (N° 12). pp.

ABHCSM (2012) : Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellègue. The Institutional and Economic Instruments for Sustainable Water Management in the Mediterranean Basin ; Institutional framework and decision-making practices for water management in Algeria :Towards the development of a strategy for water pollution prevention and control in the Seybouse River Basin”.

ABHCSM (2013) : Agence de Bassin Hydrographique Constantinois- Seybouse-Mellegue : présentation de la région constantinois–Seybousse-Mellegue en général, et le bassin de la Seybouse en particulier.25p

Aguilar J. &Dommanget J.L. (1998).Guide des Libellules d'Europe et d'Afrique du Nord. Edts Delachaux et Niestlé,2^{ème} ed., 463p.

Aguilar, J., Dommanget, J.L. & Prechac, R., (1985). Guide des libellules d'Europe et d'Afrique du Nord., Paris: Delachaux & Niestlé.341 p.

Aichouri I, (2009)=: *Contribution à la mise en évidence del'intrusion marine dans la plaine d'Annaba.* Thèse de Magister. Université d'Annaba.108p.

- Aissaoui M., Benhamza M., Guettaf M (2017):** Hydro chemical characteristics of the Seybouse river – Case study of the Guelma region Northeast of Algeria. *Rev. Sci. Technol., Synthèse* 35: 178-186.
- Alain A. et Roger K, (2004.)** Hydrologie des écosystèmes marins : paramètres et analyses Quae, 336p.
- Amari H., Zebsa R., Lazli A., Bensouilah S., Mellal M.K., Mahdjoub H., Houhamdi M. & Khelifa R. (2018)** Differential elevational cline in the phenology and demography of two temporally isolated populations of a damselfly: not two but one taxa? *Ecological Entomology*, 44, 93-104.
- Aminot A. et Chaussepied M. (1983).** Manuels D'analyses Chimiques En Milieu Marin. 993p.
- Aouissi A,(2010):** Microbiologie et physico-chimie de l'eau des puits et des sources de la région de Guelma (Nord-Est de l'Algérie).Mémoire de Magistère. Université de Guelma.119p.
- Askew,R.R.,(1988):-**The dragonflies of Europe. Harley, Colchester.
- Baguette, M., & Mennechez, G. (2004).** Resource and habitat patches, landscape ecology and met population biology: a consensual viewpoint. *Oikos*, 106(2), 399-403.
- Banas D et Lata JC.(2008) :** *Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et*
- Barbault, T. R. (1992).–** Ecologie des peuplements : structure, dynamique et évolution. *Masson ed.*, Paris, 273p
- Becherie, (2011):** *Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien).*Thèse de Magister. Université d'Annaba.97 p.
- Belghiti, M. L., CHAHLAOUI, A., Bengoumi, D., & El Moustaine, R. (2013).** Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *LARHYSS Journal ISSN 1112-3680*, (14).
- Benazzouz B., Mouna M., Amezian M., Perez C. & Cortez J., (2009):** – Assessment and conservation of the dragonflies and damselflies (Insecta : Odonata) at the marshes of Smir. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la vie, **31** (2) : 79-84.
- Benchalel, W., & Samraoui, B. (2012).** Caractérisation écologique et biologique de l'odonatofaune de deux cours d'eau méditerranéens: l'oued El-Kébir et l'oued Bouaroug (Nord-Est de l'Algérie). *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, (118), 19-27.

- Bennasser L., Fekhaoui M., Benoit-Guyoud J.L. and Merlin G. (1997).** Influence of tide on water quality of lower Sebou polluted by Gharb plain wastes (Morocco). *Water Research* 31(4): 867 – 867.
- Bernáth B., Szedenics G., Wildermuth H. et Horváth G. (2002).** How can dragonflies discern bright and dark waters from a distance? The degree of polarisation of reflected light as a possible cue for dragonfly habitat selection. *Freshwater Biology* 47: 1707-1719.
- Berranem A, (2012) :** Impact de l'irrigation par les eaux de la moyenne Seybouse sur les sols et les rendements des cultures. Thèse de Magister. Université d'Annaba.96p.
- bioMérieux, (2006):** Système d'identification des bacilles à Gram négatif non entérobactéries et non fastidieux. Fiche technique API 20 NE
- bioMérieux, (2007) :** Système d'identification des Enterobacteriaceae et autres bacilles à Gram négatif non fastidieux. Fiche technique API 20 E.
- bioMérieux, (2009) :** Système d'identification des staphylocoques, microcoques et apparentés. Fiche technique API Staph.
- Blondel, J., (1979).**–Biogéographie et écologie. *Masson ed., Paris*, 173p.
- Borrego .A.F Et Romero .P (1982)** Study of the microbiological pollution of à Malaga littoral area II. Relationship between fecal coliforms and fecal streptococci. *Vie journée étud. Pollutions*, Cannes, France, pp. 561-569
- Bouchelaghem.H .,(2017) :-** Approche spatio-temporelle de l'ichtyofaune du bassin de la Seybouse (Algérie, Nord-Est).Thèse de Doctorat. Université de Guelma.
- Bouchet P. H., Guignard J.L., Villard J.(1999).**Les champignons, Mycologie fondamentale et appliquée. Ed. Masson, Paris. 194p.
- Bouchiheb, M., & Chabbi, K. (2001).** Contribution à la mise en valeur agricole du périmètre irrigué de la plaine de Guelma. *Mémoire d'ingénieur, option: Aménagement rural et milieu physique. Université Badji Mokhtar–Annaba.*
- Bouiedda N., Amari H., Guebailia A., Zebsa R., Boucenna N., Hadjadji S., Mayache B., Houhamdi M. & Khelifa R. (2018)** Reproductive behaviour and body size of *Erythromma lindenii* (Zygoptera: Coenagrionidae) in Northeast Algeria. *Odonatologica*, 47 267-276.
- Boukli Hacene.S., (2012) :-**Bioécologie des Coléoptères (ArthropodesInsectes) du marais salé de l'embouchure de la Tafna (Tlemcen).Thèse de Doctorat. Université de Tlemcen.

Boulinier, T., Nichols, J. D., Sauer, J. R., Hines, J. E., & Pollock, K. H. (1998). *Estimating species richness: the importance of heterogeneity in species detectability.* *Ecology*, 79(3), 1018-1028.

Bourgois C.M et Leveau J.Y .(1980). Technique D'analyse Et De Contrôle Dans Les Industries Agro-alimentaire. T₃. Apria 331p.

Brahmia N, (2009): *Evaluation et gestion des ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne Seybouse.* Thèse de Magister. Université d'Annaba.116p.

Brahmia N, (2016): *Evaluation et gestion intégrée des ressources en eau dans le bassin versant de la moyenne Seybouse.* Thèse de Doctorat. Université d'Annaba.109p.

Bremond & Vuichard ,(1973): Paramètres de la qualité des eaux: Ministère de la Protection de la Nature et de Environnement. *Documentation, Française, Paris, 179.*

BULÁNKOVÁ, E. (1997). Dragonflies (Odonata) as bioindicators. *Biologia, Bratislava*, 52(2), 177-180.

Burton G.A.Jr., Pitt R.E. (2001). Stormwater effects handbook, a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers. CRC/ Lewis Publishers, 875p.

Butler, R.G., & de Maynadier, P.G. (2008):- The significance of littoral and shoreline habitat integrity to the conservation of lacustrine damselflies (Odonata). *Journal of Insect Conservation*, 12, 23–36.

Bybee, K. A., & Prasad, A. (2008):- Stress-related cardiomyopathy syndromes. *Circulation*, 118(4), 397-409.

Camille D., (2003). Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux. Réglementation, prélèvements, analyses. Lavoisier : Tec et Doc. France. 156 p.

Canning,R.A ,Canning S.G et Ramsay.L,(2000):-The dragonflies (Insecta:Odonata)of the Columbia Basin,British Columbia:Field Survey,Col-lection Development and Public Education.Royal British Columbia Museum,Vectoria,287p.

Carbannelle D., Kouyoumdjian S., Audurier A., (1988). Bactériologie médicale techniques usuelles. Méd. Mal. Inf. France. 251 p.

Carpenter, F. M. (1939). The Lower Permian insects of Kansas. Part 8: additional Megasecoptera, Protodonata, Odonata, Homoptera, Psocoptera, Protelytroptera, Plectoptera, and Protoperlaria. *American Academy of Arts & Sciences.* (Vol. 73, No. 3, pp. 29-70).

CEAEQ ,(2007) : CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUÉBEC, Détermination des orthophosphates dans l'eau : méthode colorimétrique automatisée à l'acide ascorbique. MA. 303 – P 1.0, Rév. 3, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2007, 12 p.

Chabasse D.,Bouchara J.P., Degentile L.,Brun S.,Cimon B.,Penn P. (2002). Les moisissures d'intérêt médical. Cahier de formation n° 25, Bioforma. 159p.

Chaffai H. et Mourdi W. (2011). État de la pollution atmosphérique dans la région d'Annaba et son impact sur l'eau et l'environnement. *ScienceLib*, Volume 3, N°110803. ISSN 2111-4706.

Chaib N ; Samraoui B(2011). Evaluation de la qualité physicochimique des eaux de l'oued Kebir-Est et de ses principaux affluents (Nord-Est Algériens). *Sècheresse.* vol. 22, n° 3 : 171-178.

Chaoui W, (2007) :- Impact de la pollution organique et chimique des eaux de l'Oued Seybouse et de l'Oued Mellah sur les eaux souterraines de la nappe alluviale de Bouchegouf (Guelma).Thèse de Magistère. Université d'Annaba.103p.

Cherairia, N., Adler, P.H. et Samraoui, B., (2014). Biodiversity and Bionomics of the Black Flies (Diptera: Simuliidae) of Northeastern Algeria. *Zootaxa*. 9.

Chibani, S., (2009). *Contribution à l'étude de la qualité physicochimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhlouf (Wilaya de Guelma).* Mémoire de Magister. Université de Guelma. 104 p.

Chigbu P, Gordon S, Strange T.(2004). Influence of inter-annual variations in climatic factors on fecal coliform levels in Mississippi sound. *Water Res.*, **38**: 4341–4352.

Corbet P. S . (1962). A Biology of Dragonflies. E W.CLASSEY LTD, Farington.

Corbet P.S. (1999). Dragonflies. Behavior and ecology of Odonata. Ithaca, NY: *Cornell University Press*.

CREPA, (2007) : Centre Régional pour l'Eau Potable et l'Assainissement à faible coût, Guide contrôle et suivi de la qualité des eaux usées protocole de détermination des paramètres physico-chimiques et bactériologiques.

Dajet, J. (1976) :- Les modèles mathématiques en écologie, *Masson ed.*, Paris, 172p

Dajoz.R.,(1971):-Précis d'écologie .Ed.Dunod,Paris,434p.

De Martonne E, (1950): Traité de Géographie physique–Tome 1/3: Notions générales: climat–hydro géographie–8èmeédition. –Paris, Edition Armand Colin–496 p.

DE Villers J., Squilbin M. et Yourassowsky C. (2005). Qualité physicochimique et chimique des eaux de surface. Institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement.

Debieche T.H. (2002). Évolution de la qualité des eaux (salinité, azote et métaux lourds) sous l'effet de la pollution saline, agricole et industrielle : Application à la basse plaine de la Seybouse - Nord-Est Algérien. Thèse de doctorat, de l'univ. De Franche-Comté. 200p

Delachaux et Niestlé, 320 pp

Délaras C. (2008) .surveillance sanitaire Et Microbiologique des eaux : Règlementation-Prélèvements-Analyses.TEC & DOC.269p.

Delarras C. et Trebaol B. (2003) : Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux: réglementation - prélèvements - analyses. TEC & DOC. 269p.

Delarras C., (2007).Microbiologie pratique pour le laboratoire d'analyses ou de contrôle sanitaire. Edition Lavoisier, 654 page

Derbal Farid., (2007) : L'ichtyofaune Des Côtes De L'est Algérien: Écologie De Quatre Téléostéens (*Diplodus Cervinus Cervinus, D. Puntazzo, Sciaena Umbra, Epinephelus Costae*) Et Contribution Á La Biologie Du Sartambour *Diplodus Cerv Inus Cervinus*(Lowe, 1838) .Thèse de Doctorat. Université d'Annaba. 200 p.

Derwich, E., Beziane, Z., Benaabidate, L., & Belghyti, D. (2008). Evaluation de la qualité des eaux de surface des Oueds Fès et Sebou utilisées en agriculture maraîchère au Maroc. *LARHYSS Journal ISSN 1112-3680, (7).*

Detay, M., & Aubouin, J. (1993). *Le forage d'eau: réalisation, entretien, réhabilitation.* Masson.

Dijkstra, K.-D.B ., Lewington, R. (2007) : Guide des Libellules de France et d'Europe.

Djabri L. (1996). Mécanismes de la pollution et vulnérabilité des eaux de la Seybouse. Origines géologiques, industrielles, agricoles et urbaines. Th. Doct. Es-Sciences, Univ. Annaba, 261p.

Djabri L., Ferrah Y., Bouhsina S., Cazier F., Hani A., Djabri Y., Pulido Bosch A. et Same H. (2012). Etats de la qualité des eaux en Algérie : cas des cours d'eau en région méditerranéenne (Kebir est, Seybouse et Medjerda), (extrême est algérien). XII Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil Cherbourg. P 865

Drapeau A.J., Jankovic S. (1987). Manuel de microbiologie de l'environnement Ed. Genève, O.M.S,

Dufour C.(1978).Etude faunistique des odonates de Suisse romand. Service des forêts et de la faune, Lausanne 68+147p.

Dussart. B.,(1966): Limnologie : Etude des eaux continentales. Gauthier-Villars, Ed., Paris.
Emberger, L.(1955) :- Une classification biogéographique des climats. *Rec. Trav.Lab. Bot. Géol. Fac.* Se.7(11): 3-43.

Emsalem R. (1986). Climatologie Générale. Edition. *I.P.E.N.A.G.* Tome 1. 198p.

Estienne, P. Et Godard, A ; (1970). Climatologie, Paris, Armand Colin, Collection U, , 365 pages, 128 figures, 1 carte hors-texte.

Farkas, A., et al. 2012. Mortality during emergence in *Gomphus flavipes* and *G. vulgatissimus* (Odonata: Gomphidae) along the Danube. - *Acta biologica Debrecina. Supplementum oecologica Hungarica* 28: 65-82.

Ferkech F(2009) : Distribution des sels nutritifs et des matières organiques dans l'embouchure d'oued Feybouse.Thèse de Magistères.Université d' Annaba.52p.

Ferreras-Romero, M., Márquez-Rodríguez, J., & Ruiz-García, A. (2009) :- Implications of anthropogenic disturbance factors on the Odonata assemblage in a Mediterranean fluvial system. *International Journal of Odonatology*, 12(2), 413-428.

Fouad, S., Chlaida, M., Belhouari, A., Hajjami, K., & Cohen, N. (2013). Qualité bactériologique et physique des eaux de l'Oued Hassar (Casablanca, Maroc): Caractérisation et analyse en Composantes principales. *Les technologies de laboratoire*, 8(30).

Gaujous D. (1995) : La pollution des milieux aquatiques : aide-mémoire. 2^{ème} Ed. 217p.

George I., Sevaris P. (2002). Sources et dynamique des coliformes dans le bassin de la Sein. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France, 46p

Ghachi A., (1986) :*Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie « Le Bassin de la Seybouse », Ed. Office des publications Universitaires, Ben Aknoun-Alger, 510p.*

Ghachi S., (1982) : *Hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie, le bassin de Seybouse.* P8-9, P13-17, p21.

Grall, J. & Hily, C. (2003)-.*Traitement des données situationnelles (Faune) . Rebint. FT.10-2003 -01. Doc .*

Grand Daniel & Boudot Jean-Pierre(2006) :-Les libellules de France,Belgique et Luxembourg.Biotope.Méze(collection Parthénopé).480p.

Grosclaude, G. (1999) :- *L'eau: Tome 2: Usages et polluants.* Quae.

Gueroui Y.(2015) :Caractérisation Hydrochimie et Bactériologique des Eaux Souterraines de L'aquifère Superficiel de la Plaine de Tamlouka(Nord-Est Algérien).Thèse de Doctorat Université de Guelma, Algérie. 161p

Guetaff M.(2015) :Caractéristiques hydrochimique et évaluation des Indicateurs de pollution dans l'environnement :cas de l'Oued Seybouse et ses affluents dans le sous-bassin de Guelma(Nord-est Algérien).Université de Guelma,Algérie.150p.

Guidoum ,(2017) : *caractérisation hydrologique et analyse du transport solide en suspension dans trois ensembles hydrographiques du nord-est algérien etude de cas dans la seybouse, les hautes plaines constantinoises et chott melghir (coupe nord-sud)*.Thèse de Doctorat. Université de Biskra.343p

Guiraud J. P.(1998).Microbiologie des principaux produits alimentaires ; in : «Microbiologie Alimentaire, Techniques de Laboratoire » Dunod, Paris.p261.

Hadjoudj S., Khelifa R., Guebailia A., Amari H., Hadjadji S., Zebza R., Houhamdi M. & Moulai R. (2014) Emergence ecology of *Orthetrum cancellatum*: temporal pattern and microhabitat selection (Odonata: Libellulidae). *Annales de la Société entomologique de France (NS)*, 50, 343-349.

Hadjoudj .S,(2016) : *Etude écobioologique du genre Orthetrum (Odonata, Anisoptera, Libellulidae) dans le bassin versant de la Seybouse*. Thèse de doctorat .Université de Bejaia.73p

Hamed. M, Guettache A & Bouamer L, (2012) : Etude des propriétés physico-chimiques et bactériologiques de l'eau du barrage DJORF-TORBA Bechar. Mémoire d'Ingénieur d'état en Biologie. Université de Bechar. pp 7, 9

Hamli A, (2015). Contribution à l'étude bactériologique et physico-chimique de l'eau d'une zone humide urbaine : cas de de la mare de Tamlouka (Wilaya de Guelma).Thèse de Magistère. Université d'El Tarf.127p.

Hébert, S., & Légaré, S. (2000). Suivi de la qualité des rivières et petits cours d'eau. *Québec, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère de l'Environnement, envirodoq no ENV-2001-0141, rapport n QE-123, 3.*

Heidemann, H., & Seidenbusch, R. (2002). *Larves et exuvies des libellules de France et d'Allemagne:(souf de Corse)*. Société française d'odonatologie.

Houard X., Jaulin S., Dupont P. & Merlet F., (2012). Définition des listes d'insectes pour la cohérence nationale de la TVB – Odonates, Orthoptères et Rhopalocères. Opie. 29 pp. + 71 pp.

Idrissi Alami, M. Zeraouli, M. Addou, A. Mokhtari Et A. Soulaymani(2007) :Évaluation de la pollution nitrique de la nappe phréatique de la zone côtière du Gharb (M'nasra) au Maroc entre 1993 et 2003, *Afrique SCIENCE*, vol.3, n°3, pp.378 –390, 2007
Jacob & E.K, 2013

Jacob S, A.P. Thomas, E.K. Manju (2017) :Odonata (Dragonflies and Damselflies) as Bio Indicators of Water Quality. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. (6) 9.

Jacobs M.S. (1955). Studies on territorialism and sexual selection in dragonflies. *Ecology*.36 :566-586.

Jakob, C. and Suhling, F. 1999. Risky times? Mortality during emergence in two species of dragonflies (Odonata: Gomphidae, Libellulidae). - *Aquatic insects* 21: 1-10.

Janssens, L., & Stoks, R. (2014). Reinforcing effects of non-pathogenic bacteria and predation risk: from physiology to life history. *Oecologia*, 176(2), 323-332.

Jourde P, (2010). Les Odonates biologie et écologie. *i n s e c t e s*. 3 n ° 1 5 7 - 2 0 1 0 (2).

Jourde P., (2005) - Les libellules de Charente-Maritime. Bilan de sept années de prospection et d'étude des odonates : 1999 - 2005. *Ann. Soc. Sci. Nat. Charente-Maritime*, supplément décembre 2005 : 1-144.

Keumean K.N., Bamba S.B., Soro G., Metongo B.S., Soro N. et Biemi J. (2013). Evolution spatio-temporelle de la qualité physico-chimique de l'eau de l'estuaire du fleuve Comoé (Sud-est de la Côte d'ivoire). *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(4): 1752-1766

Khadri S. (2009). Qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie aval : Impacts des néofacteurs de pollution. Mémoire de magister. Université Badji Mokhtar-Annaba. 134p

Khalifa R ;(2017): *Bio-écologie de Platycnemis subdilatata (Odonata: Platycnemididae) dans le bassin versant de la Seybouse*. Thèse de doctorat. Université de Tizi ousou.75p.

Khelifa R. & Mellal M.K. (2017) Host-plant-based restoration as a potential tool to improve conservation status of odonate specialists. *Insect Conservation and Diversity*, 10.2, 151-160.

Khelifa R. (2012) Description of the final instar larva of *Calopteryx exul* Sélys, 1853 (Zygoptera: Calopterygidae). *International Journal of Odonatology*, 15, 107-114.

Khelifa R. (2013) Flight period, apparent sex ratio and habitat preferences of the Maghribian endemic *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Odonata: Zygoptera). 68, 37-45.

Khelifa R. (2016) Stop slaughter of migrating songbirds. *Nature*, 535, 37-37.

Khelifa R. (2017a) Faking death to avoid male coercion: extreme sexual conflict resolution in a dragonfly. *Ecology*, 98, 1724-1726.

Khelifa R. (2017b) Partial bivoltinism and emergence patterns in the North African endemic damselfly *Calopteryx exul*: conservation implications. *African Journal of Ecology*, 55, 145-151.

Khelifa R., Guebailia A., Mahdjoub H., Aouaouche M.S. & Houhamdi M. (2015) Aspects of life history of *Platycnemis subdilatata* (Zygoptera: Platycnemididae) in Northeast Algeria. *International Journal of Odonatology*, 18, 317-327

Khelifa R., Mahdjoub H., Aouaouche M.S. & Houhamdi M. (2016a) Reproductive behaviour of a North African endemic damselfly, *Platycnemis subdilatata* (Odonata: Platycnemididae) and probable senescence effects. *Journal of Odonatology*, 19, 157-167.

Khelifa R., Mahdjoub H., Zebza R., Kahalerras A., Guebailia A., Amari H. & Houhamdi M. (2013a) Aspects of reproductive biology and behaviour of the regional critically endangered *Urothemis edwardsii* (Odonata: Libellulidae) on Lake Bleu (Algeria). *Zoology and Ecology*, 23, 282-285.

Khelifa R., Mellal M.K., Zouaimia A., Amari H., Zebza R., Bensouilah S., Laouar A. & Houhamdi M. (2016b) On the restoration of the last relict population of a dragonfly *Urothemis edwardsii* Selys (Libellulidae: Odonata) in the Mediterranean. *Journal of Insect Conservation*, 20, 797-805.

Khelifa R., Theischinger G. & Endersby I. (2017) A century on from *The Biology of Dragonflies* by Tillyard 1917: what have we learned since then? *Austral Entomology*, 56, 138-147.

Khelifa R., Youcefi, A., Kahlerras, A., Al Farhan, A., Al-Rasheid, K.A. & Samraoui, B. (2011) L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Algérie: intérêt pour la biodiversité du Maghreb. *Revue d'écologie*, 66, 55-66.

Khelifa R., Youcefi A., Kahlerras A., Al Farhan A., Al-Rasheid K.A. et Samraoui B. (2011). „L'odonatofaune (Insecta: Odonata) du bassin de la Seybouse en Al pour la biodiversité du Maghreb“, *Revue d'écologie*, 66, 55-66.

Khelifa R., Zebza R., Amari H. & Mellal M.K. (2013b) Does wind affect emergence site selection in Odonata? *African Entomology*, 21, 383-387.

Khelifa R., Zebza R., Amari H., Mellal M.K., Mahdjoub H. & Kahalerras A. (2016c) A

hotspot for threatened Mediterranean odonates in the Seybouse River (Northeast Algeria): are IUCN population sizes drastically underestimated? *International Journal of Odonatology*, 19, 1-11.

Khelifa R., Zebbsa R., Amari H., Mellal M.K., Zouaimia A., Bensouilah S., Laouar A. & Houhamdi M. (2018) The hand of man first then Santa Rosalia's blessing: a critical examination of the supposed criticism by Samraoui (2017). *Journal of Insect Conservation*, 22, 351-361.

Khelifa R., Zebbsa R., Kahalerras A. & Mahdjoub H. (2012) Clutch size and egg production in *Orthetrum nitidinerve* Selys, 1841 (Anisoptera: Libellulidae): effect of body size and age. *International Journal of Odonatology*, 15, 51-58.

Khelifa R., Zebbsa R., Moussaoui A., Kahalerras A., Bensouilah S. & Mahdjoub H. (2013c) Niche partitioning in three sympatric congeneric species of dragonfly, *Orthetrum chrysostigma*, *O. coerulescens anceps*, and *O. nitidinerve*: The importance of microhabitat. *Journal of insect science*, 13, 71.

Khelifa R., Zebbsa R., Sakrane N.E., Youcefi A., Bensouilah S. & Amari H. (2014) Long-range movements of an endangered endemic damselfly *Calopteryx exul* Selys, 1853 (Calopterygidae: Odonata). *African Journal of Ecology*, 52, 375-377.

Khelifa. R & Kahlerras. A, (2009) : Inventaire odonatologique du bassin versant de la Seybouse. Mémoire d'Ingénieur. Université de Guelma.

Khellou M, (2012): *Flux de l'azote et du phosphore minéraux à l'embouchure d'Oued Seybouse*. Thèse de Magistère. Université d'Annaba. 110p.

Kiany,M & K,Minaei(2009):-*The Dragonfly Family Libellulidae (Insecta: Odonata: Anisoptera) of Shiraz and its Vicinity (Fars Province, Iran)* .Iran Agricultural Research, Vol. 27, No. 1-2, 2008 and Vol. 28 No. 1,

La Société française d'Odonatologie (Sfo)

Lakhili Ferdaous, Benabdelhadi Mohammed, Bouderkha Nouzha .(2015) : Etude de la qualité physicochimique et de la contamination métallique des eaux de surface du bassin versant de Beht (Maroc). *European Scientific Journal* April 2015 Edition vol.11, No.11ISSN: 1857 – 7881

Lamprey A, D., Kyerematen, R., & Owusu, E. O. (2013). Using Odonates as markers of the environmental health of water and its land related ecotone. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 5(11), 761-769.

Leberre M., (1989).- Faune du Sahara. I- Poissons, Amphibiens, Reptiles. *Serie Terres africaines, Paris: Ed. Lechevalier & R. Chabaud : 332 p.*

Lebrasseur J., (2013). – Note d'aide à la mise en place d'inventaires et de suivis odonates. Rapport GRECIA dans le cadre de la déclinaison régionale du Plan national d'actions en faveur des Odonates. 19p

Lebres E. (2006). Cours D'hygiène Et De Microbiologie Des Eaux (Manuel De Travaux Pratiques Des Eaux). *Institut Pasteur d'Algérie.* 60p.

Lebres E., Mouffok F. (2008). Les cours national d'hygiène et de microbiologie des eaux de boisson. Manuel des travaux pratiques des eaux. Institut Pasteur d'Algérie. Algérie.32 p.

Leclerc (1982). Les coliformes, cours de microbiologie des boissons et des produits de la mer, Ins. Pas, lille, 116p.

Leclerc. H ; Izard.D; Husson M. ; Wattre .P ; Jakubczak. E (1983) : Microbiologie générale. Ed Paris [FRA] : O. Doin.369p.

Lee Foote, A. & Rice Hornung, C.L. (2005). — odonates as biological indicators of grazing effects on canadian prairie wetlands. *Ecol. Entom.*, 30 : 273-283

Lefebvre, E., & Croue, J. (1995). Modification de la matière organique lors des traitements conventionnels de potabilisation. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 8(4), 463-480.

Legendre, L. & Legendre, P. (1979).-Ecologie numérique 1. Le traitement multiple des données écologiques,. Paris: Masson- *Presses de l'université du Québec.* 197 p

Legendre, L. & Legendre, P.(1984).– Ecologie numérique. I. Le traitement multiple des données écologiques ; II. La structure des données écologiques. *2ème ed., Masson ., Presses de l'Université du Québec*, Paris : 260p./335p

Lightfoot N.F. (2002). Analyses microbiologiques des aliments et de l'eau. Directive pour l'assurance qualité. France. 387 p.

Louamri A ,(2013) : *Le Bassin-Versant De La Seybouse (Algérie Orientale): Hydrologie Et Aménagement Des Eaux*, Thèse de doctorat, Université de Constantine, 300p.

Loup J. (1974). Les eaux terrestres, Masson et Cie, Paris.

Luke, S. H., Dow, R., Khen, C., Aldridge, D., Foster, W. A., & Turner, E. C. (2017). The impacts of habitat disturbance on adult and larval dragonflies (Odonata) in rainforest streams in Sabah, Malaysian Borneo. *Freshwater Biology*, 62 (3), 491-506.

Maes, D., & Bonte, D. (2006). Using distribution patterns of five threatened invertebrates in a highly fragmented dune landscape to develop a multispecies conservation approach. *Biological Conservation*, 133(4), 490-499.

Mahdjoub H., Khelifa R., Zebba R., Bouslama Z. & Houhamdi M. (2015) Bivoltinism in *Coenagrion mercuriale* (Zygoptera: Odonata) in the southern margin of its distribution range: emergence pattern and larval growth. *African Entomology*, 23, 59-67.

Mahdjoub H., Khelifa R., Zebba R., Mellal M.K., Bouslama Z. & Houhamdi M. (2014) Aspects of reproductive biology and ecology of *Coenagrion mercuriale* at its southern range margin. *International Journal of Odonatology*, 17, 173-180.

Mahdjoub H.,(2017) :- Cycle de vie et écologie de *Coenagrion mercuriale* dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est de l'Algérie).Thèse de Doctorat. Université d'Annaba.

Makhouk, M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van Clooster, M. (2011). Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc oriental). *LARHYSS Journal ISSN 1112-3680*, (9).

Mantyka-pringle, C. S., Martin, T. G., & Rhodes, J. R. (2012). Interactions between climate and habitat loss effects on biodiversity: a systematic review and meta-analysis. *Global Change Biology*, 18(4), 1239-1252.

Mc Kinney M.L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 883-890.

Mebarki A (2000) : *Etiages, rejets et protection des ressources en eau des bassins méditerranéens de l'Algérie orientale. Géocarrefour* , 75/4, l'interface nature-sociétés dans les hydro-systèmes fluviaux : 399-416.

Mellal M.K., (2013) :-Cartographie de la végétation de l'Oued Seybouse.Mémoire de Master. Université de Guelma.2013.49 p

Mellal M.K., Bensouilah M., Houhamd M. & Khelifa R. (2018) Reproductive habitat provisioning promotes survival and reproduction of the endangered endemic damselfly *Calopteryx exul*. *Journal of Insect Conservation*.

Mendes, T. P., Cabette, H. S., & Juen, L. (2015). Setting boundaries: Environmental and spatial effects on Odonata larvae distribution (Insecta). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 87(1), 239-248.

Meybeck M., Friedrich G., Thomas R., Chapman D. (1996). Rivers. Water quality assessments : a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London, pp. 59-126.

Miller, P.L. 1992. The effects of oxygen lack on egg hatching in an Indian dragonfly, *Potamarcha congener*. *Physiological Entomology* 17:68-72.

Mokhtari, N ; Mrabet,R ;Lebailly, P; Bock,L.,(2014) : Spatialisation des bioclimats, de l'aridité et des étages de végétation du Maroc) . *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét. (2014) 2 (1):50-66.*

Monod M, et al. (1989):-Functional analysis of the signal-sequence processing site of yeast acid phosphatase. *Eur J Biochem* 182(2):213-21.

Mouchara N,(2009) : Impacts des lâchées de barrage Hammam Debagh sur la qualité des eaux de la vallée de la Seybouse dans sa partie amont (Nord-Est Algérie). Thèse de Magister. Université d'Annaba. 141p.

Mulliss R.M, Revitt D.M., Shutes R.B.E. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Sci. Technol.*, 36, 195-199

Nicholas, J.D., Boulinier, T., Hines, J.E., Pollack, K.H. & Sauer, J.R., (1998). –*Estimating rates of local species extinction, colonization and turnover in animal communities Ecological applications. Ecological Society of America*, 8 (4) : 1213 p.

Nilsson-Ortman V, Stoks R, De Block M, Johansson F,(2013). Latitudinal patterns of phenology and age-specific thermal performance across six *Coenagrion* damselfly species. *Ecological Monographs.*;83:491–510.

OFEV ,(2010) : Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau, *Analyses physico-chimiques, nutriments.* L'Office fédéral de l'environnement. Berne 44p.

Pauwels, H., (1996) :Mineralogical Magazine 58 A 696- 697.

Peck H.D. (1970).Sulphur requirements and metabolism of microorganisms.Proceedings of a symposium on sulphur in nutrium. D.H. muth & J.E.oldfields.Ari Publishing Co., Westpost, CT.

Pont B. & Mathieu M., (2011) – Protocole odonates – 2011. Rapport Association des amis de l'Ile de la Platière. 14p.

Poole N.J. et Hobson P.N. (1979): Water pollution and its prevention. Microbial Ecology.226-245

Raebel E.M. Merckx T., Riordan P., Macdonald D.W. et Thompson D.J. (2010). „The dragonfly delusion: why it is essential to sample exuviae to *Journal of Insect Conservation*, 14, 523-533.

Ramade F, (2003) : *Eléments d'écologie : écologie fondamentale*. Dunod. Paris. 690 p.

Ramade F. (1982). Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée, L'action De L'homme Sur La Biosphère. 2ième édition. *Masson*. Paris. 422 p.

Ramade F.,(1984) :-Eléments d'écologie-Ecologie fondamentale.Ed.Mc Graw-Hill,Paris,379p.

Ranchetj.,Pescheuxf.,Menissierf(1980). Influence du mode et du temps de conservation des échantillons d'eaux sur les déterminations de DBO5, DCO et MES, *Bull. Liaison Labo. P. et Ch.*, 106, mars-avr., p. 27-35.)

Redaounia, A., (1999) : *Etude d'un gradient floro-faunistique et environnemental sur un échantillon de neuf mares (Mares Gautier)*. Mémoire d'ingénieur. Université d'Annaba.102p.

Reggam A.(2015) :Contributions à L'étude de la qualité microbiologique et physico-chimique de l'eau de l'Oued Seybouse. Thèse de Doctorat, Université de Guelma.142p.

Rejsek F. (2002). Analyse Des Eaux ; Aspects Réglementaires Et Techniques. *Sceren*. Paris. 360p. *Evolution ; UMR 8079 - CNRS/ENGREF/Univ. Paris-Sud ; Bât 362 ; F-91405 Orsay Cedex France.*

Rejsek F. (2002). Analyse des eaux, Aspects réglementaires et techniques. Série Sciences et technique de l'environnement. 360p.

Rejsek F., (2002). Analyse des eaux : Aspects réglementaires et techniques. Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine (CRDP). Bordeaux. 358 p.

Remili S. et Kerfouf A. (2013). Évaluation de la qualité physico-chimique et du niveau de contamination métallique (cd, pb, zn) des rejets d'eaux usées d'Oran et de Mostaganem (littoral Ouest Algérien). *Physio-Géo - Géographie Physique et Environnement*, volume VII 1766.

Riservatoe.,J.P.Boudot,S.Ferreira,M.Jović,V.J.Kalkman,W.Schneider,B.Samraoui &A.Cuttelod(2009). The Status and Distribution of Dragonflies of the Mediterranean Basin. IUCN Red List of Threatened Species, Regional Assessments series. IUCN, Gland, Switzerland & Malaga, Spain, vii + 33 pp.

Rodier J . , (1984) :L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer.8eme édition, Edit. Dunod, Paris.1365p

Rodier J., (1996) : L'analyse de l'eau. Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer.8eme édition, Dunod, Paris, 1383p

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (2005). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chambon P., Champsaur H. et Rodi L. (2005).L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, chimie, physico-chimie,microbiologie, biologie, interprétation des résultats. Ed. Dunod, Paris, 1384 p.

Rodier J., Beuffr H., Bournaud M., Broutin J.P., Geoffray Ch., Kovacsik G., Laport J., Pattee E., Plissier M., Rodi L. et Vial J. (1984). L'analyse de l'eau, eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 7e édition. Ed. Dunod : 5 pp

Rodier, J., Legube, B., Merlet, N., & Brunet, R. (2009). *L'analyse de l'eau-: Eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. 9e éd.* Ed.Dunod, Paris.1511p.

Rouquette, J. R., & Thompson, D. J. (2005). Habitat associations of the endangered damselfly, *Coenagrion mercuriale*, in a water meadow ditch system in southern England. *Biological Conservation*, 123(2), 225-235.

Roux., (2003). TP de microbiologie : Analyses de l'eau. IUP SIAL, Université de Paris. 12 p.

Saadali B. (2007). *Etude De La Qualité Des Eaux Des Sources Issues Du Massif Dunaire De Bouteldja (Algérie Extrême Nord Orientale).* Mémoire de Magister, Université Badji Mokhtar. Annaba. 83p.

Sánchez-Herrera Melissa and Jessica L. Ware (2012). Biogeography of Dragonflies and Damselflies: Highly Mobile Predators, *Global Advances in Biogeography*,

Sante Canada (2013). Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada : Document technique la turbidité, Bureau de l'eau, de l'air et des changements climatiques, Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, Santé Canada, Ottawa(Ontario). (N°de catalogue H144-9/2013F-PDF). Disponible à :www.santecanada.gc.ca/eauqualiteHealth Canada (2009).

Sayed, (2015) : *le pouvoir auto-épurateur de l'oued Seybouse sur les rejets de la laiterie de l'Edough (annabaalgerie) et les objectifs environnementaux des rejets*. Thèse de doctorat. Université d'Annaba.147p.

Scheffers, B. R., Joppa, L. N., Pimm, S. L., & Laurance, W. F. (2012). What we know and don't know about Earth's missing biodiversity. *Trends in ecology & evolution*, 27(9), 501-510.

Seddik. S, (2001) : contribution à l'étude de l'écologie saisonnière des Odonates de la Numidie orientale. Mémoire d'Ingéniorat. Université d'Annaba.

SEQ-EAU (2003) : Grilles d'évaluation version 2 -21 mars, Système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours d'eau (SEQ-Eau) MEDD & Agences de l'eau. version 2.

Seth Bybee, (2005) : Libellule et Demoiselles (Insecta: Ordre des Odonates), UF/IFAS Extension .this document is also available on Featured Creatures website at <http://entomology.ifas.ufl.edu/creatures.5p>

Smith, C.E. and W.G. Williams(1974):- Experimental nitrite toxicity in rainbow trout and Chinook salmon. *Trans.Am.Fish.Soc.*, 103:389-90.

Śniegula, S., Nilsson-Örtman, V., & Johansson, F. (2012). Growth pattern responses to photoperiod across latitudes in a northern damselfly. *PLoS One*, 7(9), e46024.

Soltner D. (1999). Les Bases De La Production Végétale. Edition. *Sciences & Techniques Agricoles*, Tome 2. 396 p

Sordello R., Coordination, (2011). *Trame verte et bleue, critères nationaux de cohérence. Contribution à la définition du critère sur les espèces*. Service du Patrimoine Naturel (Muséum National d'Histoire Naturelle). 118 pp.

Steffan-Dewenter I, Tschardt T. (2002): *Insect communities and biotic interactions on fragmented calcareous grasslands-a mini review*. *Biol Conserv* 104: 275-284.

Sternberg K. (1990) : *Autécologie de six espèces de tourbières des tourbières et des tourbières de la Forêt-Noire et causes de leur tourbière*. DrT, Albert-Ludwigs -University, Freiburg Germany.

Sustainable Water Integrated Management (SWIM), (2013) : Support Mechanism Project funded by the European Union : Algérie coût de la de dégradation des ressources en eau du bassin de la Seybouse .118p.

Teixeira E.C., Sanchez J.C.D., Migliavacca D., Binotto R.B. and Fachel J.M.G. (1999). Environmental assessment: Study of metals in fluvial sediments in sites impacted by coal processing and steel industry activities. *Fuel* 79 (12): 1539 – 1546

Touati, L.(2008): *Distribution spatio-temporelle des Genre Daphnia et Simocephalus dans les mares temporaires de la Numidie.* Mémoire de Magister. Université de Guelma .88 p.

Van Praet, N., De Jonge, M., Blust, R., Stoks, R., & Bervoets, L. (2014). Behavioural, physiological and biochemical markers in damselfly larvae (*Ischnura elegans*) to assess effects of accumulated metal mixtures. *Science of the Total Environment*, 470, 208-215.

Vilain M. (1989). La production végétale. Vol 2: la maîtrise de technique de la production. ED. Lavoisier (ed.J. Bailliére).Paris- France.

Walling D.E., Russell M.A. and Webb B.W. (2001). Controls on the nutrient content of suspended sediment transported by British rivers. *The Science of the Total Environment*, 266: 113 – 123.

Westfall, M. J., & May, M. L. (1996):- *Damselflies of North America.* Gainesville: Scientific Publishers. (Vol. 649).

Wheeler WC, Whiting M, Wheeler QD, Carpenter JM (2001): *The phylogeny of the extant hexapod orders.* *Cladistics* 17, 113–169.

Yalles satha a & Samraoui.b (2017):. Environmental factors influencing odonata communities of three Mediterranean rivers: kebir-east, seybose, and rhumel wadis, northeastern Algeria. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 72 (3).

Zebza R., Khelifa R. & Kahalerras A. (2014) Emergence pattern, microhabitat choice, and population structure of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* Selys, 1849 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria. *Aquatic insects*, 36,245-255.

Zebza R., Khelifa R. & Kahalerras A. (2015) Adult movement pattern and habitat preferences of the Maghribian endemic *Gomphus lucasii* (Odonata: Gomphidae). *Journal of insect science*, 15, 151.

Zebza R., Khelifa R., Kahalerras A., Djalal H. & Houhamdi M. (2014) Emergence pattern, site selection, and seasonal regulation of *Onychogomphus costae* Selys, 1885 (Odonata: Gomphidae) in northeastern Algeria. *Aquatic insects*, 36,257-265

Zerrouki, (2007): *diagnostic pour une éventuelle réhabilitation des eaux de la Seybouse -la basse plaine – Annaba.* Thèse de Magister. Université d'Annaba.86p.

[1]: <https://www.britannica.com/animal/Odonata>. consulté le:15/10/2016

REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE GENERALE

[2]:http://www.libellulesmaizieres.fr/odonates/cycle_de_vie.html. Consulté le : 15/10/2016

[3]:<http://www.odonata.jp/03imago/Epiophlebiidae/Epiophlebia/superstes/>)

Résumé

Résumé :

La qualité des eaux de L'Oued Seybouse a fait l'objet de nombreuses études et publications. Ce dernier est menacé par de nombreuses activités anthropiques (des rejets d'eaux usées provenant des activités industrielles, domestiques, hospitalières et agricoles) présentant la source principale de pollution et de la détérioration des eaux de ce hydro système ce qui peuvent mener à un déséquilibre écologique potentiellement complexe.

C'est dans ce contexte que la présente étude vise à évaluer la qualité des eaux de Oued Seybouse en se basant sur la qualité physico-chimique, microbiologique et l'étude d'un taxon des macro-invertébrés considérés comme des bio-indicateurs de la qualité des zones humides appelés les odonates. Tout ceci serait de mise afin de déterminer et de quantifier la pollution de ce milieu lotique.

Pour mieux gérer la tâche, on a effectué des prélèvements mensuels sur le long de l'oued Seybouse durant une année. On avait mis, en évidence les paramètres qui déterminent la qualité de l'eau à savoir : la conductivité, la température, le pH, les cations (calcium, magnésium, potassium et sodium), les anions (chlorure, sulfate, nitrate, nitrite ammoniums, et bicarbonates), les éléments de la pollution organique (MES, DBO5, DCO...) ainsi que les paramètres microbiologiques mesurés se résument dans la détermination de l'indice de contamination fécale, des bactéries pathogènes et des levures. Un inventaire de larves des odonates a été effectué.

Le suivi des variations spatio-temporel de plusieurs paramètres physico-chimiques, microbiologiques et biologiques nous a fourni l'image d'une pollution relativement intense. Cette pollution se traduit par une importante charge minérale et organique ainsi que fécale à l'aval de l'Oued, dont l'inventaire odonatologique révèle une diversité taxonomique : 19 espèces font partie de 7 familles distinctes ce qui montrent, en général, une faible richesse.

À travers les résultats obtenus, nous avons pu déterminer que les eaux de l'Oued Seybouse sont fortement dégradées et peuvent probablement présenter une véritable menace sur la vie aquatique, en général et la diversité des odonates, en particulier au niveau de ce plan d'eau. Donc il nous est impossible de les utiliser dans l'irrigation des cultures comme c'est le cas dans certaines parties de son bassin.

Mots clés : Oued Seybouse, physico-chimique, odonates, bactériologique, qualité, pollution.

ملخص

لطالما كانت نوعية مياه واد سيبوس هدفا لكثير من الدراسات والمنشورات. حيث يعتبر هذا الاخير مهدد بعدد كبير من الانشطة المختلفة والتي مسببها الرئيسي هو الانسان (مياه الصرف الاتية اساسا من الانشطة الصناعية الحضرية الاستشفائية و الزراعية) و التي تمثل المصدر الرئيسي لتلوث و تقهقر هذا النظام المائي مما قد يؤدي الى اختلالا معقدا لتوازن الايكولوجي.

في هذا السياق هذه الدراسة تهدف لتقييم نوعية مياه واد سيبوس حيث تم التركيز على النوعية الفيزيوكيميائية البكتريولوجية الى جانب دراسة فصيلة من اللافقاريات والتي تعد من المؤشرات الحيوية الدالة على نوعية المناطق الرطبة المسماة ب اليعسوب. هذا كله بهدف تحديد و قياس التلوث في هذا الوسط.

من اجل السير الجيد لهذه العملية قد قمنا بأخذ عينات شهرية على طول حواف واد سيبوس ولمدة سنة. وقد قمنا بأخذ المعلمات التي تسمح بقياس تلوث المياه (الموصلية الكهربائية الحرارة الاس الهيدروجيني) الكاتيونات (الكالسيوم المغنيزيوم البوتاسيوم الصوديوم) و الايونات (الكلورير السيلفات النيتريت النترات الامونيوم و البيكارونات) الى جانب عناصر التلوث العضوي. وكذلك معلمات الميكروبيولوجيا و التي تتلخص في الكشف على مؤشرات التلوث البرازي البكتيريا الممرضة و الخمائر. كما تم القيام بجراد لليعاسيب.

تتبع التغير المكاني و الزمني للمعلمات الفيز و كيميائية البكتريولوجية و البيولوجية اعطانا صورة على التلوث الكبير لهذا الوسط المائي. ترجم بشحنة كبيرة من التلوث المعدني و العضوي و كذلك البرازي خاصة في الجزء السفلي للواد حيث جرد اليعاسيب بين وجود 19 نوع تنتمي الى 7 عائلات مختلفة مما يبين ضعف في الغناء النوعي عموما.

من خلال النتائج المتحصل عليها استطعنا الكشف على ان مياه واد سيبوس ذات نوعية سيئة مما يمكن ان تمثل تهديدا على الحياة المائية عموما و تنوع اليعاسيب على وجه الخصوص في هذا المسطح المائي. اذن من غير الممكن استعمال مياه هذا الواد في سقي المحاصيل مثل ما هو عليه الحال في بعض اجزاء من حوضه.

الكلمات المفتاحية واد سيبوس الفيز و كيميائية البكتريولوجية اليعاسيب نوعية تلوث

Abstract:

The quality of water of Seybouse river was a purpose of a lot of studies and publications. The latter is threatened by human activities (discharges of wastewater from industrial, domestic, hospital and agricultural activities), which present the main source of pollution and deterioration of the water of this hydro system, leading to a complex ecological imbalance.

In this context, this study evaluates the quality of water of Seybouse river based on physicochemical, microbiological and microbiological (macroinvertebrates) assessments. The group of macroinvertebrates that we used was Odonata (Dragonflies and damselflies) which are known as bioindicators of water quality. Thus, the current study helps to quantify the magnitude of the pollution of this environment.

To achieve the study goals, we did a monthly sampling on along the edges of Oued Seybouse during a year. We measured parameters that determine the quality of water including conductivity, temperature, pH, cations (calcium, magnesium, potassium, and sodium), anions (chloride, sulfate, nitrate, nitrite ammoniums, and bicarbonates), elements of organic pollution (MES, BOD5, COD), and microbiological parameters which are summarized in the index of fecal contamination, pathogenic bacteria, and yeasts, and finally a characterization of the odonatofauna based on larvae.

The spatiotemporal variations of many physicochemical, microbiological and biological parameters indicated intensive pollution of the Seybouse river. This pollution was reflected by an important mineral, organic and faecal load in downstream of the river, whose odonatological inventory reveals a relatively high, but threatened taxonomic diversity: 19 species belonging to 7 distinct families.

Our study showed that the water of the Seybouse river was highly degraded and can probably present a real threat to aquatic life at this water in general and especially on the diversity of Odonata. Our study also suggests that the use of the river water for crop irrigation should be avoided.

KEYWORDS : Oued Seybouse, physic-chemical, odonata , bacteriological, quality, water pollution.

Annexes

ANNEXES

Annexe 01 : Evaluation des températures mensuelles de la région d'étude
(Station de Guelma /Années 1994-2013)

	T(max)	T(min)	Moyenne
an.	15,84	4,90	9,76
Fev.	16,38	4,58	10,05
Mar.	19,75	6,55	12,44
Avr.	21,98	8,64	14,97
Mai	27,11	11,96	19,52
Jui.	32,09	15,74	24,18
Juill.	36,33	18,64	27,23
Aou.	36,55	19,71	27,54
Sept.	31,34	17,24	23,53
Oct.	27,14	13,70	19,36
Nov.	21,08	9,33	14,49
Déc.	16,96	6,26	11,02

Annexe 02 :Evaluation mensuelle des humidités relatives de la région d'étude
(Station de Guelma/1994-2013)

Mois	Humidité relative (%)
Jan.	76,91
Fev.	75,53
Mar.	73,88
Avr.	72,58
Mai	68,29
Jui.	60,59
Juill.	55,53
Aou.	56,51
Sept.	67,12
Oct.	70,26
Nov.	73,15
Déc.	75,23

Annexe 03: Température moyenne mensuelle et précipitation moyenne mensuelle
(Station Guelma/1994-2013).

Précipitation. (mm)	T (°C)	
Jan.	98,85	9,76
Fév.	71,68	10,00
Mar.	64,65	12,52
Avr.	66,59	15,00
Mai	44,965	19,46
Jui.	15,29	24,07
Juill.	3,09	27,22
Aou.	16,02	27,47
Sept.	49,89	23,52
Oct.	41,21	19,51
Nov.	71,91	14,48
Déc.	74,495	10,97

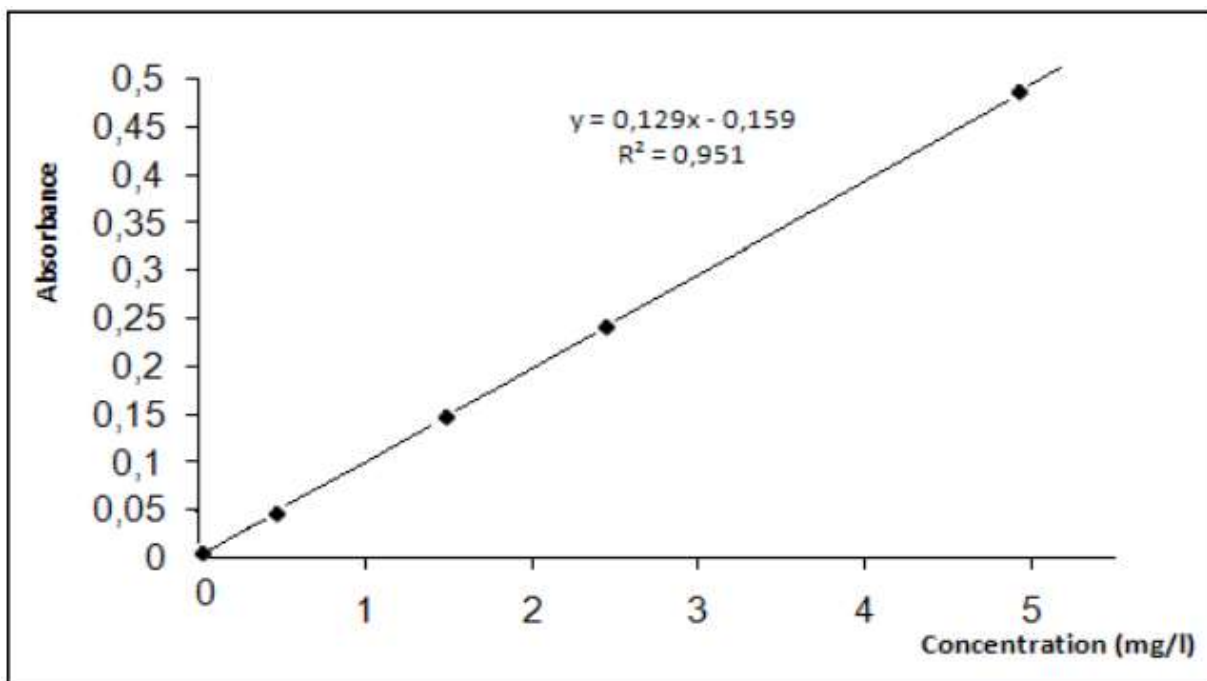
I. Dosage de nitrate (NO₃-):

Etablissement de la courbe d'étalonnage:

Dans une série de capsules de 60 ml, introduire successivement:

IV	III	II	I	T	
10	5	2	1	0	Solution étalon d'azote nitrique 0,005 g/l (ml)
0	5	8	9	10	Eau distillée (ml)
5	2.5	1	0.5	0	Correspondance en mg/l d'azote nitrique
1	1	1	1	1	Solution de Salicylate de sodium (ml)

Evaporer à sec dans une étuve portée à 75-80°C. Laisser refroidir. Reprendre le résidu par 2 ml d'acide Sulfurique concentré. Attendre 10 minutes, ajouter 15 ml d'eau bidistillée puis 15 ml de la solution d'Hydroxyde de sodium et de Tartrate double de sodium et de potassium qui développe la couleur jaune. Effectuer la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 420 nm. Soustraire des densités optiques lues pour les étalons, la valeur relevée pour le témoin. Construire la courbe d'étalonnage.



Annexe 04 : Courbe d'étalonnage des ions Nitrates (NO₃-).

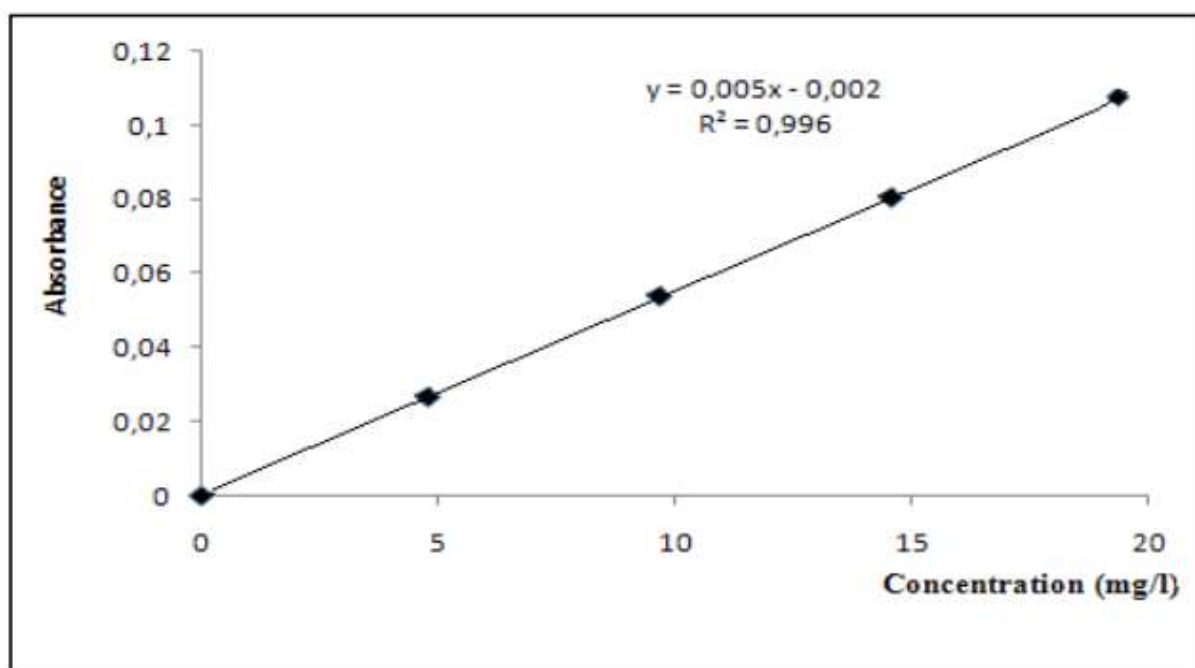
II. Dosage de l'ortho phosphate (PO₄⁻) :

Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

Concentration en phosphate	0 mg.L ⁻¹	0,5 mg.L ⁻¹	1 mg.L ⁻¹	1,5 mg.L ⁻¹	2 mg.L ⁻¹
Eau distillée	20	15	10	5	0
Solution étalon de phosphates à 2 mg.L ⁻¹ (ml)	0	5	10	15	20
Solution d'acide ascorbique (ml)	1	1	1	1	1
Réactif molybdique (ml)	4	4	4	4	4

Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration et effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 nm en cuve de 1 cm. Construire la courbe d'étalonnage.



Annexe 05 : Courbe d'étalonnage des ions Ortho phosphate (PO₄⁻).

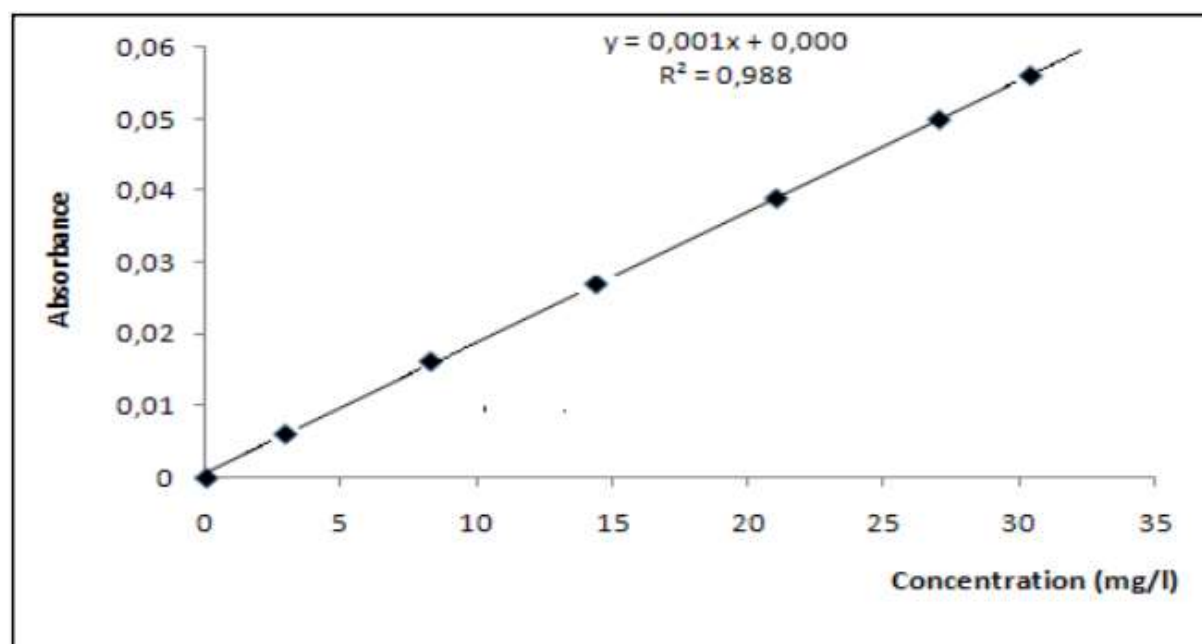
III. Dosage de sulfate (SO₄⁻) :

Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Dans une série de tubes à essai numérotés, introduire successivement :

Numéro des tubes	T	I	II	III	IV	V	VI
Solution étalon de SO ₄ ⁻	0	1	3	5	7	9	10
Eau distillée(ml)	39	38	36	34	32	30	29
Acide chlorhydrique au 1/10	1	1	1	1	1	1	1
Solution de chlorure de baryum stabilisée (ml)	5	5	5	5	5	5	5
Correspondance en mg/l de SO ₄ ⁻	0	3	9	15	21	27	30

Agiter 2 ou 3 fois énergiquement. Après 15 minutes de repos, agiter à nouveau et faire la lecture au spectromètre à la longueur d'onde de 650 nm. Construire la courbe d'étalonnage.



Annexe 06 : Courbe d'étalonnage des ions Sulfates (SO₄⁻)

Annexe 07 : Tables de Mac Grady(Méthode d’NPP).

5 tubes par dilution							
Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules	Nombre caractéristique	Nombre de cellules
000	0.0	205	1.2	400	1.3	513	8.5
001	0.2	210	0.7	401	1.7	520	5.0
002	0.4	211	0.9	402	2.0	521	7.0
010	0.2	212	1.2	403	2.5	522	9.5
011	0.4	220	0.9	410	1.7	523	12.0
012	0.6	221	1.2	411	2.0	524	15.0
020	0.4	222	1.4	412	2.5	525	17.5
021	0.6	230	1.2	420	2.0	530	8.0
030	0.6	231	1.4	421	2.5	531	11.0
100	0.2	240	1.4	422	3.0	532	14.0
101	0.4	300	0.8	430	2.5	533	17.5
102	0.6	301	1.1	431	3.0	534	20.0
103	0.8	302	1.4	432	4.0	535	25.0
110	0.4	310	1.1	440	3.5	540	13.0
111	0.6	311	1.4	441	4.0	541	17.0
112	0.8	312	1.7	450	4.0	542	25.0
120	0.6	313	2.0	451	5.0	543	30.0
121	0.8	320	1.4	500	2.5	544	35.0
122	1.0	321	1.7	501	3.0	545	45.0
130	0.8	322	2.0	502	4.0	550	25.0
131	1.0	330	1.7	503	6.0	551	35.0
140	1.1	331	2.0	504	7.5	552	60.0
200	0.5	340	2.0	510	3.5	553	90.0
201	0.7	341	2.5	511	4.5	554	160.0
202	0.9	350	2.5	512	6.0	555	180.0