

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbès Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département d'Ecologie et Environnement

Réf :...../.....

Mémoire de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique
Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie
Filière : *science écologiques*
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

**DISTRIBUTION ET FLUX DE L'AZOTE (N) DANS UN BASSIN
VERSANT SOUMIS A LA RETENTION DES EAUX AU NIVEAU
DES BARRAGES; CAS DU BASSIN DE SEYBOUSE (NORD-EST
ALGERIEN)**

Présenté par:

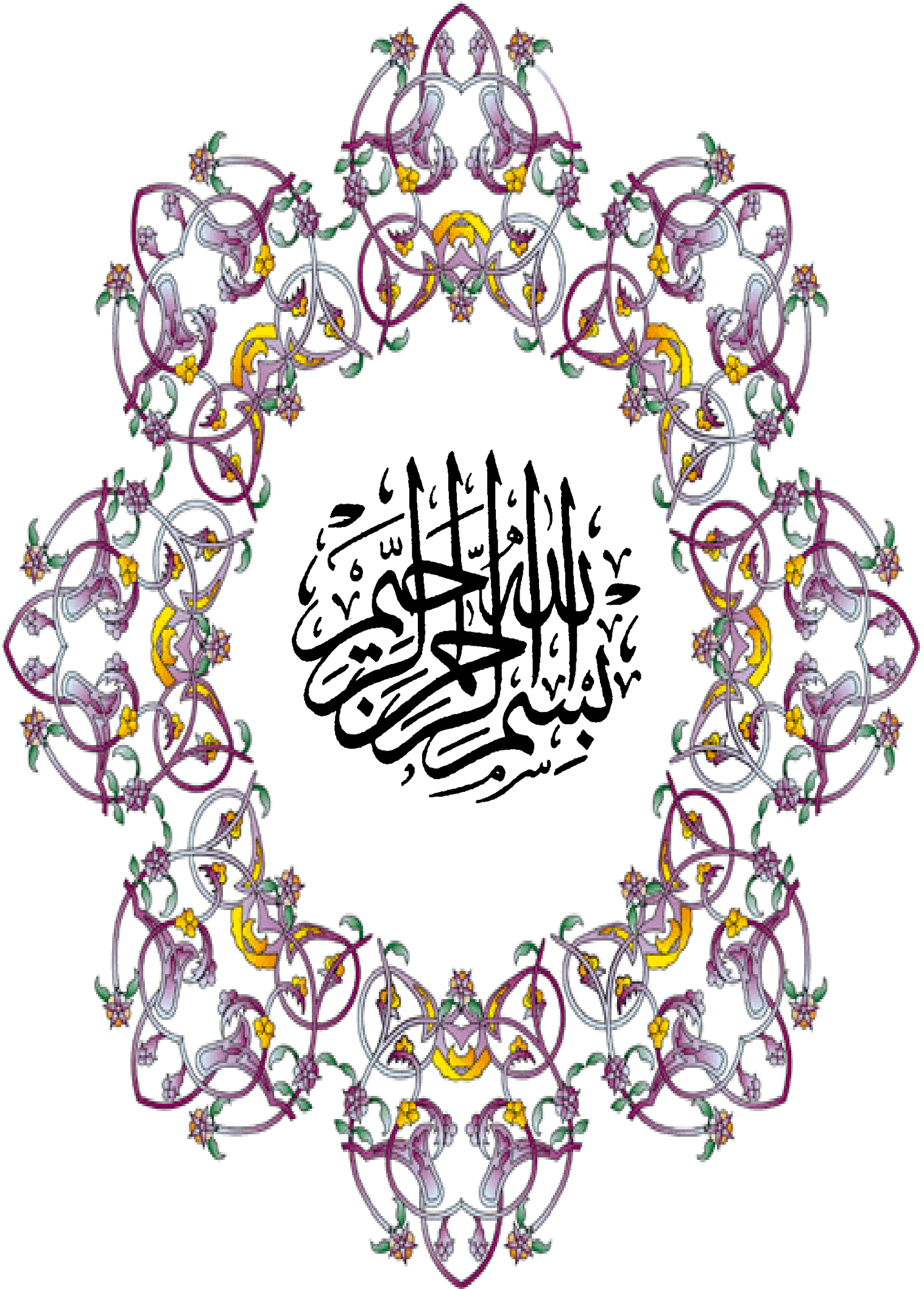
- **OUENDJELI Brahim**
- **MOHAMED CHERIF Abdelkader**

Devant le jury :

Président	Mr LARBAA Rabah	(MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela)
Examineur	Mr DIFALLAH Tarak	(MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela)
Encadreur	Mr ZIOUCH Omar Ramzi	(MCB, Université Abbès Laghrour Khenchela)

ANNEE UNIVERSITAIRE : 2018/2019

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



يقول الله سبحانه وتعالى في كتابه العزيز:

﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾

[سورة الأنبياء الآية: 30]

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

Remerciement

*Avant tout nous remercions dieu qui nous a donné la patience de terminer ce travail.
La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nos
voudrais témoigner toute notre gratitude.*

*Je voudrais tout d'abord adresser toute ma reconnaissance au Monsieur **Ziouche Omar Ramzi**,
d'avoir dirigé notre mémoire de fin d'étude avec beaucoup d'efforts et de patience,
sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, son Encouragement ainsi que sa gentillesse,
Nous lui disons, Dieu te récompense le bien dans ce monde et l'au-delà*

*Nos désire aussi remercier à nos enseignants du département science de La nature et de la
vie -Khenchela- Qu'ils fournissent les outils nécessaires à la réussite de notre études
universitaires.*

Mes sincères remerciements s'adressent aux membres de Jury :

*Monsieur **LARBAA Rabah** (Maitre de conférences B, Université de Université Abbess
Laghrou Khenchela).*

*Monsieur **DIFALLAH Tarak**, (Maitre de conférences B, Université de Université Abbess
Laghrou Khenchela)*

qui ont accepté de lire et juger ce travail

*Et aussi nos remercie en témoignage à docteur **Boulabeiz Mahrez** pour son aide, soutien
et son encouragement .Merci infiniment Dr*

*Nous tenons à exprimer notre remerciement **chenaker houda et sifi hana** Pour les aider à
accomplir ce travail.*

*Merci infiniment à nos familles et tous les amis et collègues grâce auxquels nous avons
pu atteindre ce modeste sommet de connaissance.*

*Nos plus vifs remerciements à nos parents, notre famille et nos amies, Enfin
nous adressons nos sincères remerciements à tous ceux qui ont contribué de
près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

.....Merci

Au nom du dieu le clément le miséricordieux

Dédicace

Je remercie « ALLAH » le tout grand Et le tout puissant pour m'avoir donné la volonté, la patience et le courage pour finir mon étude universitaire et réaliser ce Modeste travail, fruit de plusieurs années d'études.

Je dédie ce mémoire à :

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

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

Ma sœur et mes frères : Amina, Takj, Yacine.

À mes oncles, mes tantes, mes cousins, mes cousines et toute la famille.

À mes amies sans exception chaque'un par son nom en particulier : Abd elhalim , Hichem , Fateh B, Ramzi, Mohammed , Abd elghafour , Ammar , Nabil , Abd ellatif , Saber , Smail , Mohammed cherif , Zoubir , younece , Adel , Sebti , Toufik , Nacer eddine, Houssam, hasni , Oussama, Ghani, Fateh M, zouhir , abdelhamid

À mes amis médecins : Dr. Mohamed Amine bouaziz, Dr. Zerari Fethi, Dr. Slimani Walid, Dr. Cherraben Raouf, Dr. Keziz Abdenacer, Dr. Keziz Nour Eddin, Dr. Maamaria F.

À tous les professeurs qui m'ont étudié dans toutes mes carrières, du primaire à l'université.

À tous mes collègues infirmières et tout Equipe paramédicale EPSP zoui surtout Mohamed Salah Abdellaoui, Aissa Hafssaoui, Lakhther M

Brahim M, Maaouche D, Badro Abdallah T, Smail M Hichem S.

À mon binôme Mohamed cherif Abdelkader et mes camarades de promotion, pour tout ce que nous avons partagé, échangé ensemble ces années.

À mon très chère encadreur ziouch omar ramzi et tous mes enseignants.

À tous ceux qui m'ont aidé dans la réalisation de ce mémoire.

Qu'Allah nous réserve de très belles surprises dans notre vie.

Ouendjeli Brahim

Dédicaces

Je remercie Allah, qui nous a fait cela, et nous ne l'aurions pas atteint si Allah ne nous avait pas favorisés.

Je dédie ce modeste travail à :

À mes chers père Djilali et mère Aïcha, que Allah leur procure bonne santé et longue vie. Qui étaient désireux et désireux de m'aider à compléter ce travail de près ou de loin. Et à ma mère surtout, pour la prière tout au long de mes études.

Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler.

À mes chers frères Mohammed et Slimane, pour leur appui et leur encouragement.

À mes chères sœurs Kheira et Fatma, pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.

À la femme de mon frère Hanan et au nouveau-né Anes Alaa Eddine, qu'Allah le garde et donne sa santé et longue vie.

À ma grand-mère.

Et à toute ma famille, qui me soutient dans le monde et ne les compte pas en faveur.

À mon Encadreur Omar Ramzi ZIOUCH, qui m'a toujours conseillé, poussé et motivé dans mes études et mes recherches.

À ma professeure de lycée Rabeha CHIBANE.

À mon binôme Brahim et toute la famille OUNEDJELI.

À tous mes amis : Abdelhamid, Karim, Ahmed, Monir, Karim2, Mohammed, Belkacem, Bendehiba, Amine, Moustafa, Laid, Fathi, Ramzi, Adel, Sebti, Chaaban, Nacim, Fateh, Dhayae Eddine, Chahine, Mouhoub et proches sans exception.

À mes amis les doctorants Zouhir ZEGHDANI, Toufik BATTOUCHE.

À mes professeurs estimés, à tous mes camarades et tous ceux qui m'estiment.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.

Et dans ce dernier cas, je demande à Allah de faire de notre travail un avantage qui profite tous.

Abdelkader MOHAMMED CHERIF

Sommaire

<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	I
<i>LISTE DES FIGURES</i>	II
<i>LISTE DES ABREVIATIONS</i>	III
<i>LISTE DES ANNEXE</i>	IV
INTRODUCTION	01

CHAPITRE I : INTÉRÊT DE L'AZOTE

1- Généralités et Définition sur l'azote.....	04
2- Formes d'azote dans l'eau	07
3- Cycle de l'azote	07
3.1. La fixation de l'azote atmosphérique.....	09
3.1.1. Par les Bactéries symbiotiques et par les Cyanobactéries.....	10
3.1.2. Transformation de N ₂ par des phénomènes météorologiques.....	10
3.2. La minéralisation de l'azote	10
3.2.1. La nitrification	10
3.2.1.1. L'ammonisation-Action Des Bactéries ammonifiantes.....	10
3.2.1.2. La nitrosation –Action des Bactéries Nitreuses.....	10
3.2.1.3. La nitratisation – Action Des Bactéries Nitriques.....	10
3.3. La dénitrification.....	10
4. Dérivés de l'azote	11
4.1. Ammonium (NH ₄ ⁺) et Ammoniac (NH ₃).....	11
4.2. Les nitrites (NO ₂ ⁻).....	11
4.3. Les nitrates (NO ₃ ⁻).....	12
5. Les sources anthropiques d'azote.....	12
5.1. Rejets domestiques : eaux résiduaires domestiques.....	12
5.2. Rejets usées urbains ou industriels.....	13
5.3. Epandages et fertilisation en agriculture.....	13
6. Les normes de qualité des eaux relatives à l'azote.....	13

CHAPITRE II: MATÉRIEL ET MÉTHODES

1-Le milieu.....	15
1.1-La situation géographique du bassin versant de Seybouse.....	15
1.1.1-Sous-Bassin de Bouhamdane.....	17
1.1.2- Le Bassin de Guelma.....	17
1.1.3- Le Bassin du Mellah.....	17
1.1.4- Le Bassin de la basse Seybouse.....	18

1.2- L'organisation du réseau hydrographique.....	18
1.2.1- L'artère principale.....	18
1.2.2- Les affluents de l'oued Seybouse caractérisés par leurs profils en long	22
1.2.2.1- Oued Cherf.....	22
1.2.2.2- Oued Bouhamdane.....	22
1.2.2.3- Moyenne Seybouse.....	22
1.2.2.4- Oued Mellah.....	22
1.2.2.5- Basse Seybouse et l'oued Ressoul.....	23
1.2.3 Hiérarchisation du réseau hydrographique	23
1.3- Anthropisation et occupation du sol.....	26
1.3.1- Population	26
1.3.2- Agriculture.....	26
1.3. 3- Barrages	26
1.3.4- L'industrie.....	28
1.3.5. Les zones humides.....	28
1.3.6- Les effluents urbains.....	31
1.3.7- Le couvert végétal.....	31
1.4- La géologie.....	32
1.4.1- La basse Seybouse.....	33
1.4.2- La moyenne Seybouse.....	34
1.4.3-La haute Seybouse.....	35
1.7- La pluviométrie.....	35
2- Echantillonnage et méthode d'analyse des éléments chimiques.....	36
2.1- Echantillonnage.....	36
2.2- Transport des échantillons.....	40
3- Méthode d'analyse chimique.....	40
3.1- Dosage d'azote et ses dérivés.....	40
CHAPITRE III: <u>RESULTAS ET DISCUSSION</u>	
1. Interprétation des résultats.....	43
1.1- Environnement physique.....	43
1.1.1- La température.....	44
1.1.2- La salinité.....	45
1.1.3- La Conductivité électrique (CE)	46
1.1.4- Le débit.....	47
1.2- Distribution des nitrites (NO ₂ ⁻) dans le bassin versant de Seybouse.....	48

1.2.1-Barrage de Foum elkhanga.....	48
1.2.2-Barrage de Bouhamdane.....	50
1.2.3- Estuaire.....	50
1.3- Approximation du flux et du bilan du (NO ₂ ⁻) dans le bassin de Seybouse.....	51
1.3.1- Flux des nitrites en amont et en l'aval des barrages.....	51
1.3.2- Flux des nitrites en amont de l'estuaire et à l'embouchure.....	52
1.4- Distribution des nitrates (NO ₃ ⁻) dans le bassin versant de Seybouse.....	52
1.4.1-Barrage de Foum elkhanga.....	52
1.4.2-Barrage de Bouhamdane.....	54
1.4.3- Estuaire.....	54
1.5- Approximation du flux et du bilan du (NO ₃ ⁻) dans le bassin de Seybouse.....	55
1.5.1- Flux des nitrates en amont et en l'aval des barrages.....	55
1.5.2- Flux de nitrates en amont de l'estuaire et à l'embouchure.....	56
1.6- Distribution L'ammonium (NH ₄ ⁺) dans le bassin versant de Seybouse.....	56
1.6.1-Barrage de Foum elkhanga.....	56
1.6.2-Barrage de Bouhamdane.....	58
1.6.3- Estuaire.....	58
1.7- Approximation du flux et du bilan du (NH ₄ ⁺) dans le bassin de Seybouse.....	59
1.7.1- Flux de L'ammonium en amont et en l'aval des barrages.....	59
1.7.2- Flux de L'ammonium en amont de l'estuaire et à l'embouchure.....	60
1.8- Distribution L'azote inorganique dissous (NID) dans le bassin versant de Seybouse.....	60
1.8.1-Barrage de Foum elkhanga.....	60
1.8.2-Barrage de Bouhamdane.....	62
1.8.3- Estuaire.....	62
1.9- Approximation du flux et du bilan du (NID) dans le bassin de Seybouse.....	63
1.9.1- Flux de L'azote inorganique dissous en amont et en l'aval des barrages.....	63
1.9.2- Flux de L'azote inorganique dissous en amont de l'estuaire et à l'embouchure...	63
2-Discussion	64
CONCLUSION	68

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



ANNEXES

RÉSUMÉ

Liste des tableaux

N°	Titres	Page
01	Les propriétés de l'azote.	05
02	Hiérarchisation du Chevelu hydrographique pour chaque sous bassin de la Seybouse (calculé par AutoCad). (Sayad, 2015).	23
03	Les Barrages de bassin versant de Seybouse (ABH, 1999)	27
04	Les Stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques	39
05	Résumé de la méthode d'analyse d'azote	40
06	Les paramètres physiques mesurés in-situ en saison sèche (Le 08/09/2016) et en saison humide (Le 13/4/2017)	43
07	Les paramètres physiques mesurés in-situ en saison sèche et humides, les minimums, les maximums et les moyennes sont aussi calculés	43
08	Teneurs des (NO ₂ ⁻) (µM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	51
09	Teneurs des (NO ₂ ⁻) (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	52
10	Teneurs des NO ₃ ⁻ (µM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	55
11	Teneurs des NO ₃ ⁻ (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	56
12	Teneurs de NH ₄ ⁺ (µM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	59
13	Teneurs de NH ₄ ⁺ (µM) (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	60
14	Teneurs de NID (µM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	62
15	Teneurs de NID (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).	63
16	Les valeurs du rapport N/P, Si/N et Si/P à l'embouchure durant la période d'étude.	66

Liste des figures

N°	Titres	Page
01	Position du l'azote dans la classification périodique	04
02	Un organigramme présentant les formes de l'azote.	06
03	Les formes de l'azote selon l'état d'oxydation.	07
04	Cycle global de l'azote.	08
05	Différents transformation dans le cycle d'azote.	11
06	Carte de situation géographique et du découpage administratif du bassin versant da la Seybouse.	16
07	Carte des réseaux hydrographiques du bassin versant de Seybouse.	19
08	Profil en long de l'Oued Seybouse.	20
09	Classification des réseaux hydrographiques de l'oued Seybouse et ces affluents d'après la méthode de Strahler. (Belah, 2009, modifié 2015 d'après Sayad, 2015)	21
10	Carte des altitudes du bassin versant de la Seybouse	24
11	Carte des pentes du bassin versant de la Seybouse	25
12	Carte de l'occupation du sol du bassin versant de la seybouse	30
13	Station1 A l'amont 1 du Barrage de foug elkhanga (Oued Sbihi).	37
14	Station 2A l'amont du barrage de foug elkhanga (Oued Sedrata).	37
15	Station 3: A l'aval du Barrage de foug elkhanga.	37
16	Station 4 : A l'amont du barrage de Bouhamdane.	37
17	Station 5 : A l'aval du barrage de Bouhamdane.	37
18	Station 6 : A l'amont de l'estuaire (station rivière).	37
19	Station7 : A l'aval de l'estuaire (embouchure).	38
20	Carte géographique qui représente le bassin de Seybouse et les stations d'échantillonnage;  : Barrage Bouhamdane,  :Barrage Charef,●: Stations1:Pont ksar sbihi (amont barrage charef 1),2: Zouabi (amont barrage charef 2), 3:Aval barrage charef,4: Amont Barrage bouhamdane,5:Aval barrage bouhamdane,6:Amont estuaire (Station rivière), 7:Embouchure.	38

21	Le Multi paramètre wtw 1970i.	39
22	Variations de la température en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017.	44
23	Variations de la salinité en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017	45
24	Variations de la conductivité électrique en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017	46
25	Variations de débit en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017	47
26	Variations des teneurs de nitrite en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.	49
27	Variations des teneurs de nitrate en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.	53
28	Variations des teneurs en ion ammoniums (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.	57
29	Variations des teneurs d'azote inorganique dissous (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.	61

Liste des acronymes et de symboles

N	: l'azote
NH₄⁺	: Ammonium
NO₂⁻	: Les nitrites
NO₃⁻	: Les nitrates
PO₄³⁻	: Phosphate
Si(OH)₄	: Silicate
N/ P	: Rapport de l'azote sur Phosphore
KNO₃	: nitrate de potassium
NID	: Azote inorganique dissous
NOD	: Azote organique dissous
PH	: potentiel Hydrogène
NTK	: Azote Kjeldahl total NTK
ABH	: Agence de Bassin Hydrographique
CE	: La conductivité électrique
S	: Salinité
T°C	: La Température en degré Celsius
μS /cm	: Micro siemens/ centimètre
P.S.U.	: Practical Salinity Unit
NH₃⁺	: Ion ammoniac
SO₄²⁻	: Ion sulfate
A.N.R.H	: Agence nationale des ressources hydrauliques
V	: Volume
μM	: Micromoles
mg /l	: Milligramme par litre
St	: Station
%	: Pourcent
N/P	: Rapport d'Azote sur Phosphore
Si /N/P	: Rapport standard de Redfield de la composition atomique de l'eau et d'organismes aquatique
Si/ N	: Rapport de Silicium sur Azote
Si/ P	: Rapport de silicium sur Phosphore

Q : Le debit

St : Station

Liste des Annexe

Annexe 01	:	L'occupation du sol du bassin de Seybouse
------------------	---	---



Introduction

1. Introduction

L'eau étant le vecteur privilégié de la vie, constitue l'élément indispensable pour l'alimentation, la santé et le bien-être de l'humanité, habitat d'une partie de la faune et de la flore, vecteur de matières érodant et modifiant les paysages. Le Saint Coran, dans lequel rien n'a été négligé, évoque dans de nombreux versets l'importance de l'eau ([Sabi Ahmed, 2013](#)). Ce patrimoine précieux doit être protégé, défendu et traité comme tel. Une politique de l'eau efficace et cohérente doit tenir compte de la vulnérabilité des écosystèmes aquatiques situés à proximité de la cote, étant donné que leur équilibre est fortement influencé par la quantité et la qualité des eaux de rivières qui s'y jettent. La protection de l'état de l'eau à l'intérieur des bassins hydrographiques apportera des bénéfices économiques en contribuant à la protection des biocénoses, y compris les ressources halieutiques côtières ([CE, 2000](#)).

Au premier échelon de la chaîne alimentaire, le développement du phytoplancton est conditionné par la présence des sels nutritifs minéraux dissous tels que le phosphore (P), l'azote (N) et la silice (Si). Les sels azotés sont les nitrates (NO_3) et l'ammonium (NH_4) qui fournissent aux végétaux l'azote nécessaire à la synthèse des acides aminés, constituants essentiels des protéines. Le phosphore utilisable par les végétaux est sous forme de phosphate (PO_4); il est utilisé en outre pour la synthèse des molécules riches en énergie. La silice dissoute dans les eaux est pour 95 % sous forme d'acide silicique (ou silicate) $\text{Si}(\text{OH})_4$; elle est nécessaire aux algues siliceuses comme les silicoflagellés, les radiolaires et les diatomées ([Quéguiner, 2007](#)). Le N, le P et le Si sont donc des sels nutritifs qui contrôlent la production et le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Avant d'aboutir à la mer, les nutriments d'origine continentale, transitent un continuum aquatique diversifié incluant zones humides, rivières, barrages, apports ponctuels anthropiques et aboutissent aux embouchures où se produisent d'intenses transformations biogéochimiques et physico-chimiques d'immobilisation, de rétention et d'échanges avec la nappe et l'atmosphère ([Billen and Garnier, 2007](#); [Conley et al., 1993](#); [Turner et al., 1998](#)). Les rapports molaires Si/N/P ont souvent été utilisés pour une évaluation de la santé côtière et marine, c'est un sujet clé de la recherche côtière qui se concentre maintenant sur les modifications des teneurs et des rapports de N, P et Si et leurs effets sur la composition du phytoplancton ([Howarth and Marino, 2006](#); [Bilen and Garnier, 2007](#); [Glibert et al., 2013](#)). Par ailleurs, et d'un point de vue écologique les besoins des algues en N, en P et en Si sont satisfaits avec un rapport molaire $\text{Si/N/P} = [\text{SiO}_4/(\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^- + \text{NO}_2^-) / \text{PO}_4^{3-}]$ de l'ordre de 16/16/1 ([Redfield et al., 1963](#)).

Pour comprendre la dynamique des écosystèmes côtiers, il est important d'étudier l'état de trophée par les nutriments et la structure et la fonction du compartiment planctonique (Ziouch, 2014, Ounissi et al., 2016). Le plancton joue en effet, un rôle particulièrement important dans la dynamique des écosystèmes marins: contrôle sur la croissance du phytoplancton, régénération des nutriments et cheminement de l'énergie et la matière, de la production pélagique au réseau trophique. L'importance du plancton au point de vue de l'économie générale de la mer a été reconnue pratiquement déjà par les pêcheurs italiens du Moyen Age : « *qui dit plancton, dit poissons* ».

Les activités anthropiques représentent la principale source de pollution de la mer Méditerranée, bien que de nombreuses incertitudes demeurent quant à leur contribution respective, aux différents flux (rivières, atmosphère, sources diffuses et ponctuelles) et au sort des polluants qu'elles génèrent (AEE, 1999, Margat et Vallée, 1999). La méditerranée connaît en conséquence, des modifications rapides de son chimisme directement lié aux apports issus des activités agricole, domestique et industrielles (Turley, 1999; Bèthoux et al., 2002). Ces apports massifs ont des impacts directs sur la chimie des eaux de surface, le flux des nutriments au littoral et le fonctionnement des écosystèmes côtiers (Howarth et al., 1996; Liu et al., 2008; Meybeck, 2003; Nixon, 2003; Turner et al., 2003).

Margat et Treyer (2004) soulignent le fait que les ressources en eau dans les pays méditerranéens sont rares et les pressions anthropiques sur les rivières deviennent particulièrement importantes. Par ailleurs, la construction des barrages sur les rivières et les prélèvements d'eau pour l'irrigation ont évolué depuis les années soixante et ont largement réduit le débit des rivières d'au moins 20%, ce qui a profondément modifié le fonctionnement naturel des cours d'eau méditerranéens (Homburg et al., 2008; Ludwig et al., 2009)

La construction et l'usage non coordonnée des barrages ainsi que les objectifs sectoriels limités dans la gestion des plans hydrologiques, engendrent des impacts négatifs non seulement sur les rivières mais aussi sur les estuaires et leurs côtes contiguës (Harris, 2001; Homburg, 1997; Jonson, 1997; Milliman, 1997).

En Algérie la recherche des objectifs économique et écologique se justifie d'abord par la méconnaissance de l'état hydrologique des rivières et de leurs répercussions sur l'environnement littoral. De plus, dans les bassins versants, les pratiques agricoles et les activités industrielles ont profondément changé en même temps que la composante démographique s'est accrue rapidement (Benblidia et al., 1997). On comprend que les ressources en eau méditerranéennes sont limitées, fragiles et menacées.

Sur un autre plan hydrologique, l'Algérie dispose de ressources naturelles limitées, irrégulières et très inégalement réparties. Environ 90% de la totalité des écoulements superficiels estimés à 12,4 Milliards de m³/an, se trouvent sur la région littorale (Benblidia, 2011). Les investissements consacrés aux grandes infrastructures de mobilisation et aux ouvrages d'adduction et de transfert représentent actuellement 2% du PIB (environ 200 Milliard de \$ en 2012). La construction de plus de 30 barrages au cours de la dernière décennie a haussé la capacité de stockage d'eaux superficielles à environ 7 milliards de m³ (Benblidia, 2011 ; Remini, 2010). Cependant, seulement la moitié de ce volume mobilisé est exploité pour les besoins d'irrigation et de consommation domestique. En raison des besoins d'irrigation de culture et d'alimentation en eau potable de la population, il est encore prévu de stocker dans les quelques années à venir, environ 7,65 milliards de m³ (Remini, 2010).

En dépit de ces perturbations, la relation directe entre les apports hydriques, de nutriments fluviaux et la productivité biologique des écosystèmes marins est bien établit (Budgen *et al.*, 1982; Ziouch, 2014; Aounallah, 2015; Ounissi *et al.*, 2014, 2016, 2018). L'environnement côtier peut donc être hautement contrôlé par les enrichissements en nutriments d'origines fluviale et estuarienne.

Béthoux *et al.*, (2002) montrent que la Méditerranée connaît des changements sur plusieurs niveaux hydrologiques, élévation de la température, des teneurs en azote (NO₃), en phosphore (PO₄) et une diminution du rapport N/P. Ces changements occasionnés dans une large mesure par l'homme, répercutent sur tous les compartiments de l'écosystème depuis les taxons phytoplanctoniques, au petits pélagiques jusqu'aux relations hydroclimatiques Méditerranée-atlantique.

La présente étude s'insère dans le cadre d'un programme de surveillance environnementale portant sur le transfert de matières du bassin côtier de Seybouse au littoral. Elle vise donc à évaluer le flux de l'azote à la mer et se focalise sur les effets des barrages et de la zone estuarienne sur la biogéochimie de cet élément nutritif.

Le mémoire est assigné en trois chapitres dont le premier est strictement documentaire et qui forme un essai de synthèse sur l'intérêt de l'azote dans les écosystèmes aquatiques. Le deuxième chapitre décrit le milieu étudié et les méthodes d'échantillonnage et d'analyses chimiques. Le troisième chapitre interprète et discute les résultats d'hydrologie et la répartition de l'azote dans le continuum aquatique. Le travail s'achève par une conclusion.

A decorative red border with rounded corners and scroll-like details at the top and bottom, framing the text.

CHAPITRE I: INTÊRET DE L'AZOTE

1. Généralités et Définition sur l'azote

L'azote est un élément chimique très répandu dans la nature. L'ensemble des réactions biologiques de croissance requiert la présence de cet élément. La forme azotée la plus abondante et la plus stable (N₂), représentant 79 % de l'atmosphère terrestre (Martin, 1979). Dans l'eau, l'azote se trouve en solution sous forme combinée : nitrates (NO₃⁻), nitrites (NO₂⁻), azote ammoniacal (NH₃, NH₄⁺), azote organique.

L'azote est un des quatre principaux éléments chimiques constitutifs de la matière vivante, avec l'hydrogène, l'oxygène et le carbone (Peyraud et al., 2012). L'azote (N) est l'un des éléments essentiels à la vie. C'est aussi l'élément le plus abondant dans l'atmosphère, l'hydrosphère et la biosphère du système terrestre (Massad, 2009).

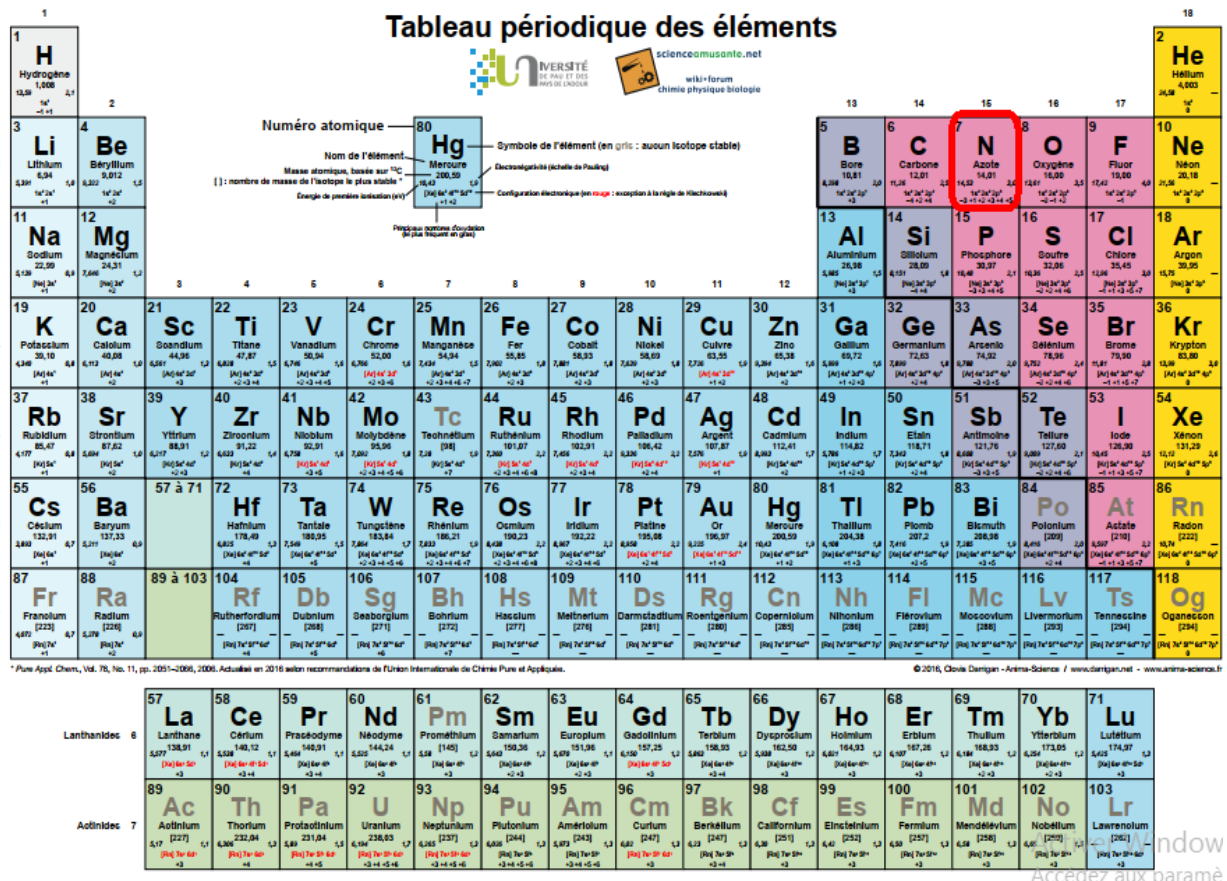


Figure 01. Position de l'azote dans la classification périodique. Situé dans la colonne VA

L'azote est un élément chimique de la famille des nitrogènes, de symbole N et de numéro atomique 7 (figure 01). Dans le langage courant, l'azote désigne le gaz diatomique diazote N₂, constituant majoritaire de l'atmosphère terrestre, représentant presque les 4/5e de l'air (78.06 %, en volume), découvert en 1772 par **Rutherford**. L'azote est le 34e élément constituant la Croûte terrestre par ordre d'importance.

Les minéraux contenant de l'azote sont essentiellement les nitrates: nitrate de potassium, KNO₃ constituant du salpêtre ou « *nitre* » qui servait autrefois à faire des poudres explosives. Nitrate de sodium, NaNO₃ constituant du *salpêtre du Chili* (Arnaud et al, 2004)

Tableau 01 : Les propriétés de l'azote (Lenntech, 2011)

Numéro atomique	7
Masse atomique	14,0067 g.mol ⁻¹
Electronégativité de Pauling	3,0
Masse volumique	1,25.10 ⁻³ g.cm ⁻³ à 20°C
Température de fusion	-210 °C
Température d'ébullition	-195,8 °C
Rayon atomique (Van der Waals)	0,092 nm
Rayon ionique	0,171 nm (-3) 0,011 (+5) 0,016 (+3)
Isotopes	2
Configuration électronique	[He] 2s ² 2p ³
Energie de première ionisation	1402 kJ.mol ⁻¹
Energie de deuxième ionisation	2856 kJ.mol ⁻¹
Energie de troisième ionisation	4577 kJ.mol ⁻¹

L'azote en milieu aquatique existe sous trois formes: inorganique (NID), organique dissous, et particulaire organique et détritque (ou seston). Le NID est formé par l'ammonium (NH₄), les nitrates (NO₃) et nitrites (NO₂). L'azote organique dissous (NOD) est composé essentiellement de l'urée, les acides aminés dissous libres, les acides aminés dissous complexes, les protéines, les acides nucléiques et leurs dérivés, les enzymes et les acides humiques (Le Gal, 1989). En milieu aquatique, le NOD provient du métabolisme des micro-organismes, de la lyse des cellules, de la décomposition de la matière organique et des eaux de pluie (Meybeck, 1982). Il est utilisé par les bactéries comme source d'azote et régénéré sous forme minérale (NID) assimilables par les végétaux.

Au sein du NID, l'azote ammoniacal (NH₄) dans les eaux superficielles provient principalement des rejets domestiques agricoles, et dans une moindre mesure des rejets industriels. En milieu faiblement oxygéné l'NH₄ domine par suite de la réduction des nitrates. Les conditions de réductions et d'hypoxie sont le signe d'une pollution. Les

nitrate proviennent souvent de la nitrification de l'azote organique, des terrains drainés par les eaux superficielles, des engrais chimiques issus de rejets agricoles, de collectivités, de certaines industries et de zones d'élevage. Les nitrites présentent souvent de faibles teneurs dans les eaux naturelles, représentant une fraction du NID de l'ordre de 10% (Aminot et chaussepied, 1983).

Soit qu'ils proviennent d'une oxydation incomplète de l'ammonium (la nitrification n'étant pas conduite à son terme), soit d'une réduction de nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant ou minéralisation. L'azote nitrique et ammoniacal des eaux de pluie participe aussi à augmenter les quantités dans les eaux superficielles. Les formes assimilables pour les producteurs primaires comme le phytoplancton et d'autres organismes photosynthétiques sont les NO_3 , NH_4 mais aussi le NOD (bouchareb 2013).

Cependant, l'ammonium est la forme préférentielle pour le phytoplancton car énergétiquement moins coûteux et directement convertit en acides aminés à l'aide de l'enzyme glutamate déshydrogénase (Bougis, 1974). Or l'assimilation des NO_3 nécessite leurs conversion en NO_2 puis NH_4 ce qui exige l'intervention de deux enzymes (nitrate et nitrite réductase).

Les matières azotées sont présentes essentiellement sous formes :

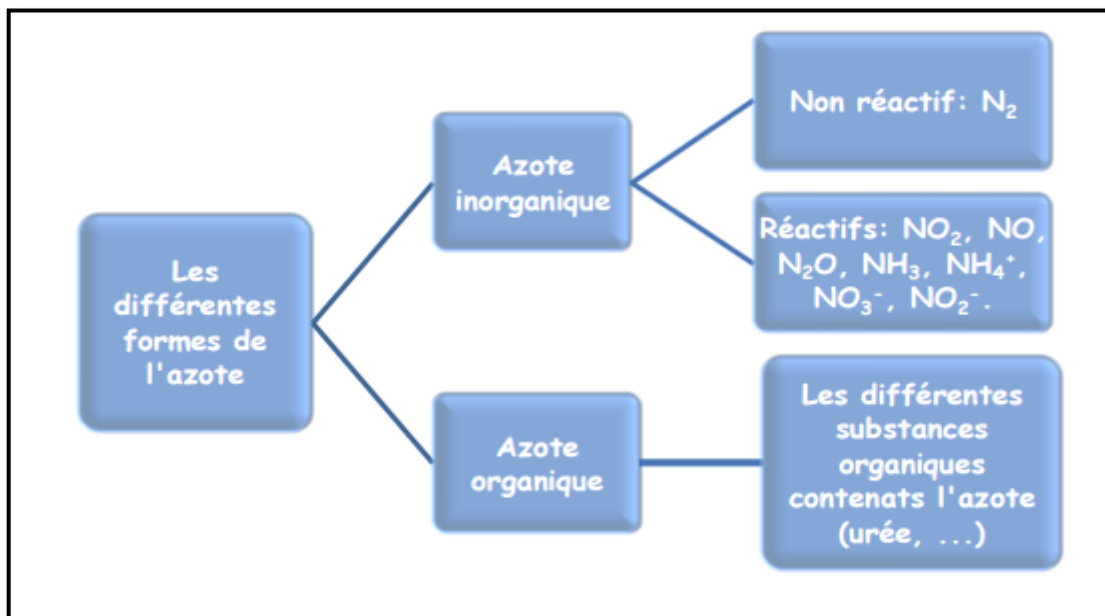


Figure 02: Un organigramme présentant les formes de l'azote.

2. Formes d'azote dans l'eau

La forme d'azote dans les eaux de surface dépend de plusieurs facteurs qui sont : le pH, la concentration d'oxygène dissous et les communautés biologiques présentes. Toutes les formes d'azote libérées dans les eaux de surface peuvent se transformer en nitrates sous l'action des bactéries.

Des nitrates peuvent également aboutir directement dans les eaux de surface par les dépôts atmosphériques, le ruissellement superficiel et l'infiltration d'eau souterraine dans les cours d'eau et les lacs.

Une plus grande quantité d'azote (sous forme de nitrates) pénètre dans les eaux de surface beaucoup plus par des sources diffuses, comme les dépôts atmosphériques et le ruissellement des eaux agricoles et domestiques, que par des sources ponctuelles comme les effluents d'eaux usées municipales ou les rejets industriels (Bchitou, 2001)

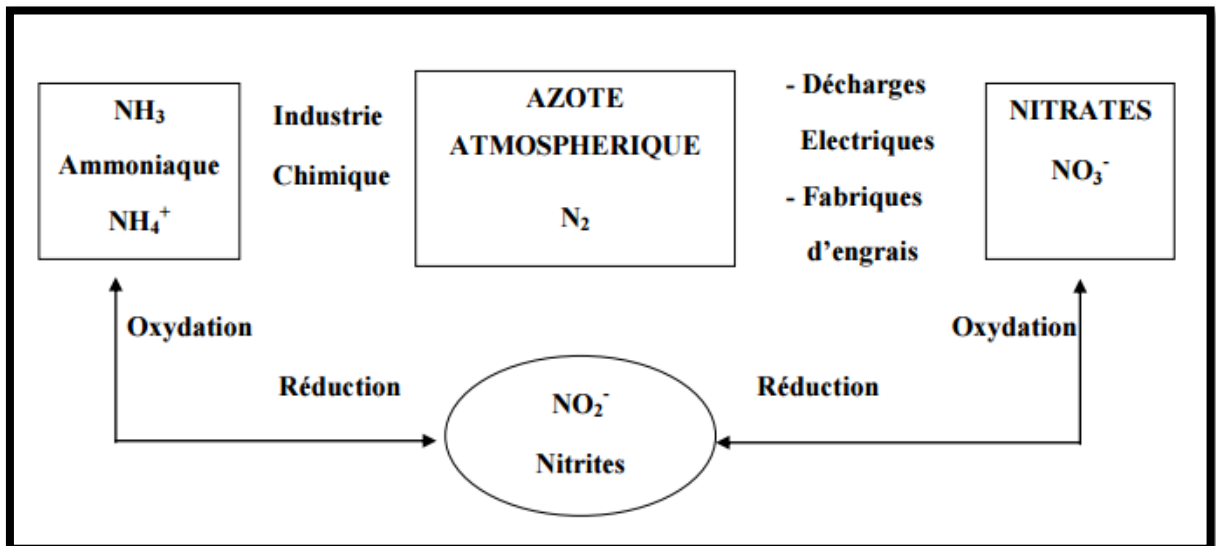


Figure 03 : Les formes de l'azote selon l'état d'oxydation (Bchitou, 2001).

3. Cycle de l'azote

Les organismes ont besoin d'azote pour fabriquer des protéines et des acides nucléiques, mais la plupart ne peuvent utiliser la molécule N_2 . Ils ont besoin de ce qu'on nomme l'azote fixé dans lequel les atomes d'azote sont liés à d'autres types d'atomes comme par exemple à l'hydrogène dans l'ammoniac (NH_3) ou à l'oxygène dans les ions nitrates (NO_3^-). Le cycle de l'azote est très complexe, la figure 4 présente une simplification. Trois processus de base sont impliqués dans le recyclage de l'azote: la fixation de l'azote diatomique N_2 , la nitrification et la dénitrification (Daniel et al, 1999).

C'est certainement un des cycles les plus complexes et les plus parfaits à la fois. Cependant, malgré le grand nombre et la diversité des organismes qui interviennent, il assure une circulation rapide de l'azote dans les divers écosystèmes. Cet élément suit dans une grande mesure le carbone avec lequel il est associé dans toutes les substances protéiques. Cependant, il en diffère par plusieurs points essentiels. En particulier, alors que les organismes vivent aux dépens d'une atmosphère riche en azote (et pauvre en gaz carbonique).

Cet élément, à la différence du gaz carbonique, ne peut être utilisé tel quel que par un nombre assez restreint d'être vivants. En outre, alors que les produits de dégradation des composés carbonés sont finalement rejetés sous forme d'anhydride carbonique, il n'en est pas de même pour l'azote dont une faible quantité seulement est directement éliminée sous forme gazeuse. Enfin, l'intervention des êtres vivants dans le cycle de l'azote présente un haut degré de hiérarchisation: certaines catégories d'organismes, et elles seules, sont aptes à intervenir à phase de ce cycle (Ramade, 2003).

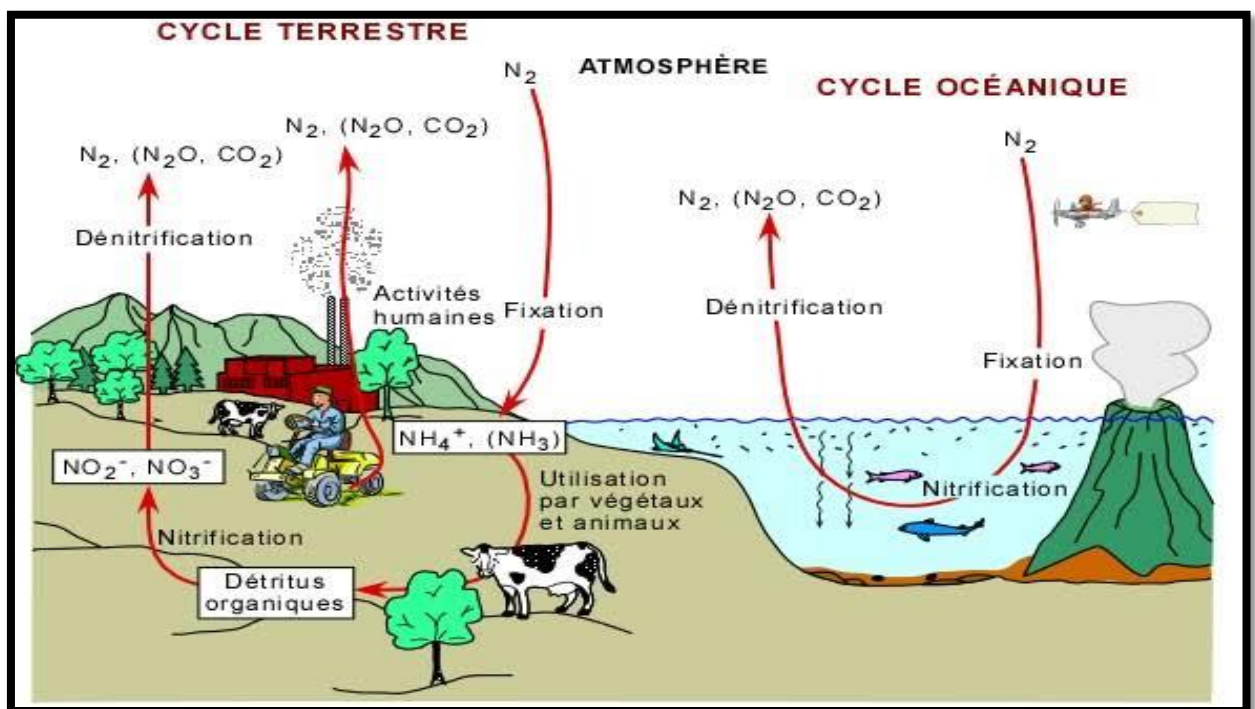


Figure 04: Cycle global de l'azote (Daniel et al, 2000)

3.2. La minéralisation de l'azote

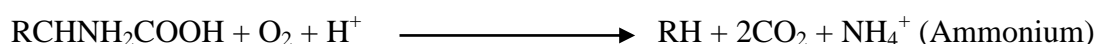
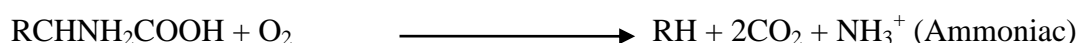
3.2.1. La nitrification

A la mort des êtres vivants, des micro-organismes autotrophes vis-à-vis de l'azote dégradent progressivement les protéines en azote minéral ammoniacal, puis nitreux et enfin nitrique. Ces trois étapes mettent en œuvre l'oxydation de ces différents substrats par des bactéries aérobies qui en retirent l'énergie nécessaire à leur chimiosynthèse. Le résultat de ces couplages oxydoréductase est semblable à celui qui résulte de la photosynthèse, c'est-à-dire des molécules en C₃ qui sont reprises ensuite par les différents métabolismes. On parle ici de chimiosynthèse, car l'énergie provient de réaction chimique et non des photons. (faurie, c., 2012).



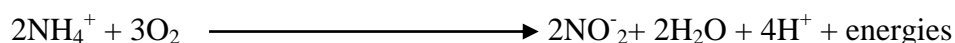
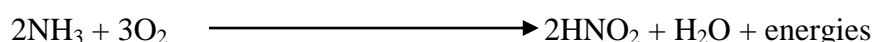
3.2.1.1. L'ammonisation-Action Des Bactéries ammonifiantes

Si le sol est suffisamment aéré, des enzymes bactériennes catalysent l'oxydation des acides aminés contenus dans les protéines en décomposition ce qui libère de l'ammoniac ou des ions NH_4^+ (Claude *et al.*, 2012).



3.2.1.2. La nitrosation –Action des Bactéries Nitreuses

D'autres Bactéries autotrophes aérobies, telles que Nitrosomonas Europe, utilisent l'ammoniac ou les ions ammonium dans un couplage oxydoréductif et les transforment en acide nitreux ou en ions NO_2^- selon les réactions suivantes : (faurie, c., 2012).



3.2.1.3. La nitratisation – Action Des Bactéries Nitriques

L'acide nitreux très instable ou les ions NO_2^- provenant de la nitrosation sont récupérés par des bactéries de type Nitrobacter qui les oxydent en acide nitrique ou en ions NO_3^- . Ceux-ci se combinent aussitôt à des cations du sol pour donner des nitrates que les plantes vont enfin pouvoir absorber (faurie, c., 2012).

3.3. La dénitrification

Lorsque les soles ne sont pas aérées les nitrates sont perdus pour les plantes car des bactéries anaérobies les métabolisent en nitrites, en oxyde d'azote ou en azote libre N_2 .

Ainsi la Bactérie *Pseudomonas* transforme les nitrates en ammoniac, *Nitrococcus* dénitrificans en oxyde d'azote. Quant à *Thiobacillus* dénitrificans qui est en même temps autotrophe vis-à-vis du soufre et de l'azote, elle dégrade le soufre et les nitrates respectivement en ions SO_4^{2-} et en N_2 (faurie, c., 2012).

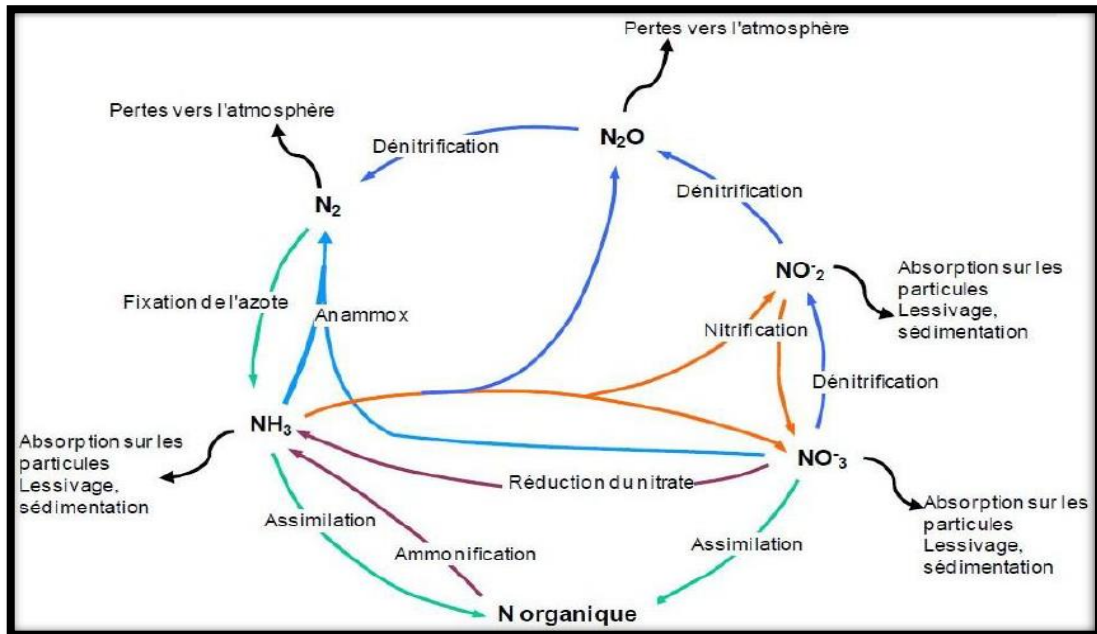


Figure 05: Différents transformation dans le cycle d'azote (Lefebvre, 2003).

4. Dérivés de l'azote

4.1. Ammonium (NH_4) et Ammoniac (NH_3)

Dans l'eau, l'azote réduit soluble se retrouve sous deux formes :

- l'ion ammonium ou l'ammoniac (NH_4^+)
- l'ammoniac (NH_3)

Ces deux formes traduisant un équilibre acido-basique, que l'on peut représenter par le domaine de prédominance des espèces azotées. En milieu basique, l'ammoniac est en fait un gaz peu soluble, qui se dégage facilement dans l'atmosphère. L'ammoniac est oxydé par les bactéries en nitrite conduisant à une baisse de la concentration en oxygène dissous et à la mort des poissons (Narsis, 2008)

4.2. Les nitrites (NO_2^-)

L'azote, élément essentiel de la vie, est présent en abondance dans la nature sous formes gazeuse, organique ou minérale. Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiant (SAVARY, 2010).

Les nitrites sont répons dans le sol, dans les eaux et dans les plantes, mais en quantité relativement faibles. Les nitrites non liées à une pollution, se retrouvent parfois dans les eaux pauvres en oxygène. Leur présence a également été signalée dans les eaux de pluie et dans celles provenant de la fonte des neiges. En effet la pollution atmosphérique favorise l'augmentation de la teneur en nitrites. Toutefois, une eau qui renferme des nitrites est à considérer comme suspecte car cette présence est souvent liée à une détérioration de qualité microbiologique (SAVARY,2010).

Provenant des activités industrielles telles que les traitements de surface, de chimie, des colorants, ils présentent un caractère de toxicité pour les animaux et pour l'homme (Arrignon, 1991). Les ions nitrites s'oxydent facilement en ions nitrates et se retrouvent rarement en concentrations importantes dans les eaux naturelles.

4.3. Les nitrates (NO_3^-)

Les nitrates constituent le stade final d'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont très répons dans la plupart des eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Soluble dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Les nitrates sont employés dans la fabrication des explosifs, dans l'industrie chimique comme oxydant, et comme conservateur dans les denrées alimentaires (SAVARY, 2010).

Le nitrate (NO_3^-) est un ion naturel présent de façon naturelle dans l'environnement. Il se forme naturellement à la cour du cycle de l'azote, notamment lorsque des matières organiques se décomposent, par l'action des bactéries du sol. L'azote organique se transforme par oxydation en composés ammoniacaux puis en nitrates. (Santé Canada, 1992).

Les nitrates étant des sels très solubles dans l'eau ; ils migrent donc aisément dans la nappe phréatique lorsque les niveaux excèdent ce que les plantes peuvent utiliser. Les nitrates sont très utilisés comme engrais minéraux. Ils sont également utilisés dans les explosifs, comme agents oxydants dans l'industrie chimique et comme agents de conservation. Dans des conditions anaérobies, le nitrate peut se dénitrifier (Adam, 1980).

5. Les sources anthropiques d'azote

Les sources d'azote pour un cours d'eau ou pour un lac sont (Smith et al, 1999)

5.1. Rejets domestiques : eaux résiduaires domestiques

L'azote est presque en totalité sous la forme d'azote organique (urée, acide urique, créatinine) et d'azote ammoniacal. L'urée et les acides aminés s'hydrolysent rapidement

pour donner de l'ammonium. De ce fait, selon le temps de séjour dans le réseau d'assainissement, l'azote organique sera plus ou moins ammonifié. Aussi bien que l'on considère le rejet de 13 à 15g d'azote (NTK) par habitant et par jour soit composé pour 2/3 de formes organiques (Aminot *et al*, 1990). La proportion moyenne des deux composants du NTK obtenue sur six eaux résiduaires urbaines s'établit à 70% de NH_4^+ et 30% de N organique, les composés Oxydés ($\text{NO}_2^- + \text{NO}_3^-$) n'atteignant pas 1%.

5.2. Rejets usées urbains ou industriels

Selon l'activité industrielle, les concentrations d'azote dans le rejet sont très variables. Les industries les moins polluantes, telle que celle de la fabrication de pâte à papier produisent des concentrations de 5 à 20 mg/l de NTK. Pour les industries les plus polluantes, le rejet présente des concentrations beaucoup plus élevées (exemple : production d'engrais d'azote: 1500 et 5000 mg/l).

5.3. Epandages et fertilisation en agriculture

Les apports d'azote d'origine agricole dans des eaux de surface varient de façon considérable d'une région à une autre, en relation avec la nature du sol, de l'hydrologie, du climat, des pratiques culturales, de la nature des récoltes et de l'emploi des engrais.

Selon la nature des apports fertilisants et la granulométrie du sol, on constate que les engrais représentent un surcroît de 10 à 50% des pertes naturelles (maximum pour des sols à faible fraction fine). Cet apport d'azote se fait presque uniquement sous sa forme la plus mobile, c'est-à-dire l'azote nitrique NO_3^- . L'ampleur et la hiérarchie des apports d'azote aux eaux de surface sont donc fonction de l'importance relative de l'urbanisation (rejets domestiques), de l'industrialisation (rejets industriels) et de l'intensification de l'agriculture.

6. Les normes de qualité des eaux relatives à l'azote

Selon le temps de résidence des eaux lagunaires, ces apports sont plus ou moins transformés par la production primaire et peuvent quelquefois ne pas être synonymes de forte eutrophisation. En revanche, la période estivale rend souvent les lagunes très sensibles aux apports d'azote, en particulier ceux provenant des rejets urbains. (Aminot A. *et al*, 2001).

En France (Levi Y. *et al*. 2006), l'eau alimentaire du robinet ne doit jamais présenter une teneur en NO_3^- supérieure à 50 mg/l. Par contre, l'eau prélevée dans les milieux naturels (ou eau brute) destinées à l'alimentation humaine après captage et distribution au

robinet de l'utilisateur, doit respecter des teneurs maximales différentes suivant le milieu de prélèvement : 100 mg/l, pour les eaux souterraines de nappes et 50 mg/l, pour les eaux de surfaces des lacs ou rivières. Une valeur guide indicative de 25 mg/l, subsiste pour évaluer la qualité des eaux de surfaces des lacs ou rivières, seuil d'alerte de nature à influencer la filière de potabilisation des eaux. L'eau de surface est classée en très bon état environnemental, si elle présente toujours une teneur inférieure ou égale à 10 mg/l. L'eau souterraine comme de surface est classée en bon état environnemental si elle ne présente jamais une teneur supérieure à 50 mg/l.

Toutefois, une valeur guide indicative de 40 mg/l. (qui peut être réduit pour les eaux souterraines par le préfet coordonnateur de bassin) est déterminé à titre d'alerte, afin d'engager préventivement des mesures de restauration environnementale.

L'azote élément essentiel pour la croissance des cultures, et en outre, une partie de l'azote, provenant plus particulièrement des effluents d'élevage. Les concentrations excessives d'azote et de phosphore dans l'eau peuvent entraîner une eutrophisation des rivières à débit lent, des lacs, des réservoirs et des zones côtières.

L'ion nitrate est la forme la plus présente dans l'eau donc l'effet majeur des matières azotées est dû au nitrates. Nous pouvons donc dire que les nitrates sont à la fois d'origine naturelle comme on peut le constater grâce au cycle de l'azote, ou encore d'origine industrielle.

A l'heure actuelle, il ne semble pas y avoir de consensus scientifique sur le fait de savoir si le nitrate est une substance toxique pour les organismes aquatiques. Quoiqu'il en soit, les concentrations en nitrate sont suivies dans les cours d'eau. L'azote ammoniacal (NH_4^+) peut, quant à lui, provoquer des symptômes de toxicité aigue chez de nombreux organismes aquatiques à partir d'un certain seuil de concentration.

Chapitre II : Matériel et méthode

CHAPITRE II: MATÉRIÈLE ET MÉTHODES

1. Le milieu

En Algérie, pays à dominance semi-aride et où l'eau est au cœur des préoccupations de la société et des pouvoirs publics, la notion de bassin versant rentre de plus en plus dans le langage courant des ingénieurs et des décideurs. Le bassin est défini comme une entité topographique et hydrographique dans laquelle se produisent des entrées d'eau (sous forme de précipitations essentiellement, sans oublier les apports souterrains issus d'autres bassins) et où l'écoulement (et le transport de matériaux mobilisés par l'érosion) s'effectue suivant un système de pentes et de drains naturels en direction de l'exutoire ou embouchure du cours d'eau collecteur (Bravard J-P. et Petit F., 2000).

1.1. La situation géographique du bassin versant de Seybouse

Le bassin de Seybouse est un bassin exoréique situé dans la région Nord-Est de l'Algérie occupant une superficie de 6471 km² s'étend sur 240 km, couvrant au total environ de 0.288 % de la superficie de l'Algérie (Fig. 06), suivant une disposition sensiblement Sud-Ouest–Nord-Est, des confins des Garaet El Tarf et Guelif au Sud, jusqu'à la mer au Nord. L'oued Cherf prend naissance dans les Hautes Plaines (Berriche et Ain Babouche) et rencontre à l'Ouest de Guelma, l'oued Bouhamdane qui coule Sud-Ouest - Nord-Est, le long du versant Sud-tellien. Ces deux cours d'eau donnent lieu à l'oued Seybouse qui s'écoule d'Ouest en Est jusqu'à sa confluence avec l'oued Mellah, affluent issu du versant septentrional bien arrosé des Monts de Medjerda. Depuis, Seybouse change de direction pour rejoindre, plus au Nord, la mer Méditerranée, après avoir traversé la plaine côtière, comprise entre Dréan et Annaba (Mebarki A., 1982 et 1984). La majorité des apports de l'oued Bouhamdane sont captés par le barrage de Hammam Debagh alors que les eaux d'oued Cherf supérieur sont exploitées par le barrage de Foum El Khanga.

Le bassin de Seybouse couvre 68 communes dans 7 Wilaya (Fig. 06): Annaba, Tarf, Souk Ahras, Skikda, Guelma, Oum el Bouaghi, Constantine, ses eaux représentent une source fondamentale de vie dans la région (A.B.H. 1999).

Le bassin de Seybouse est généralement divisé en 6 sous-bassins. Nous pouvons distinguer trois sous bassins principaux (Blayac.1912):

- Sous Bassin versant de Bouhamdane: 1136Km².
- Sous Bassin versant de la moyenne Seybouse: 818Km².
- Sous Bassin versant de la basse Seybouse: 1057Km²

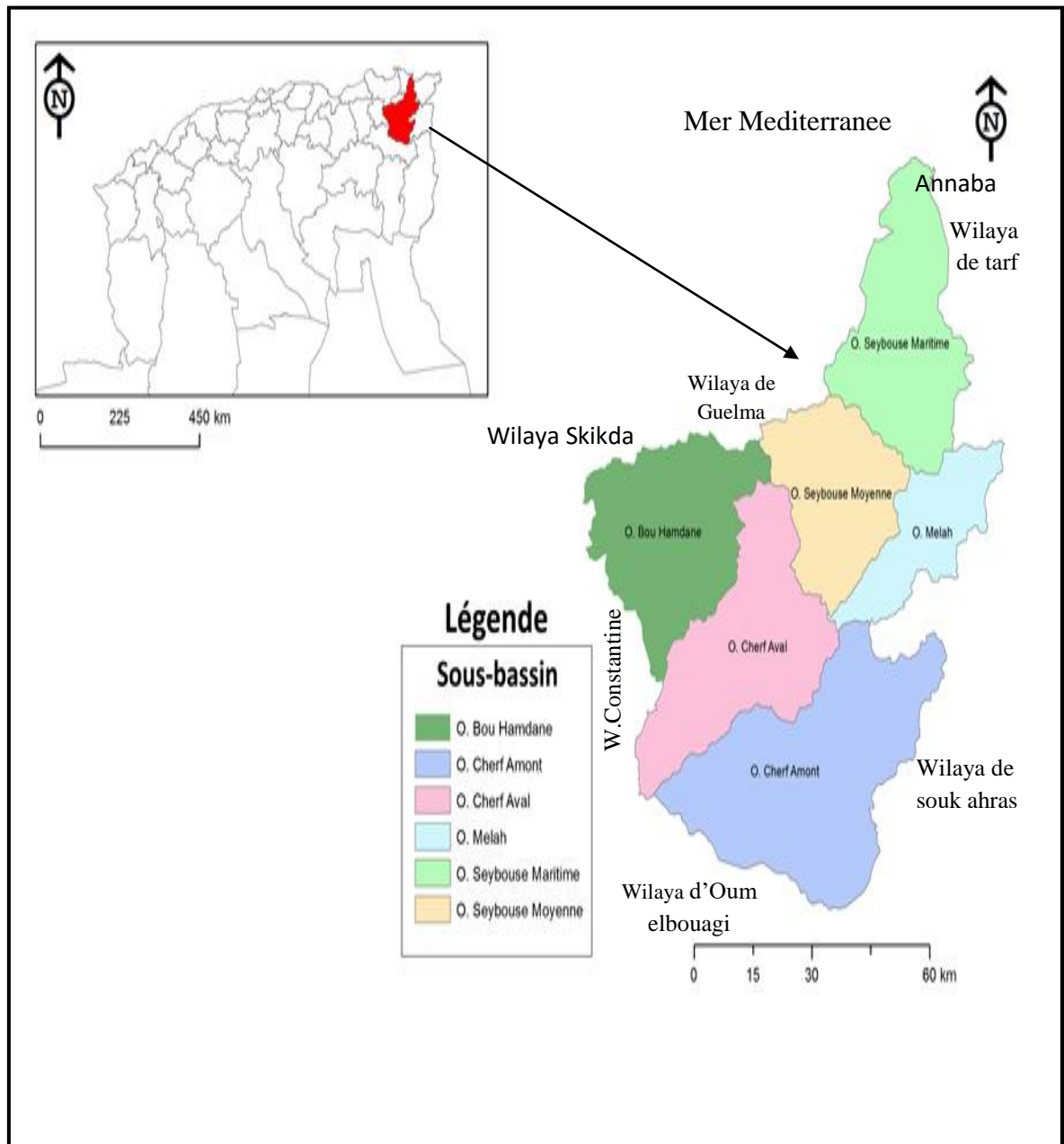


Figure 06. Carte de situation géographique du bassin versant de la Seybouse

1.1.1. Sous Bassin de Bouhamdane

Il est traversé par oued Bouhamdane dont la longueur est estimée à 37,49Km (Fig. 06), qui est alimenté par plusieurs affluents dont les principaux sont:

- Oued Zenati 52, 40 Km.
- Oued Dardar 10, 53 Km.
- Oued Sabath 10, 86 Km.
- Oued El Aria 10, 79 Km ([A.B.H. 1999](#)).

La composition des couches lithologiques dominantes du secteur d'Oued Zenati est dominée par du grès, d'argiles et de marnes ne permettant pas d'infiltration d'une grande quantité d'eau. Du côté d'Oued Sabath c'est des Marno- calcaires.

1.1.2 Le Bassin de Guelma

Partant de Hedjaz Amar, la Seybouse grandisse et ceci par l'union du Bouhamdane et du Cherf débouche dans le Bassin de Guelma. Plusieurs cours d'eau viennent y affluer :

- Oued Boumia 12,70 Km.
- Oued Bou Sorra16, 32 Km.
- Oued El Maiz 10, 16 Km.
- Oued Helia 18, 41 Km.
- Oued Bou Djedra 10, 07 Km (Fig. 06) ([A.B.H.1999](#)).

La constitution lithologique de la région de Guelma est globalement composée de terrains sédimentaires; entre Medjaz Amar et Bentabouche une apparition des Marno-calcaires, ces derniers sont fissurés ce qui permet la constitution de ressources aquifères importantes c'est le cas de celle qui se trouve à l'Ouest de Bouhachana (source de Oued Hlia) qui donne un débit de 60 l/s ([Ghachi, 1986](#)).

1.1.3. Le Bassin du Mellah

Son cours est principalement formé par la réunion de l'oued Sfa, Cheham et oued Ranem. Ce dernier porte le nom de oued R'biba, Sekaka avant de recevoir les eaux de l'oued Rhirane formé à son tour par la réunion oued Hammam et oued R'biba. Au Nord-Est, les oueds Bou Redine et maaza forment oued El Mellah en aval. Oued Ghanem (considéré comme le principal affluent de Mellah) se salit en traversant les terrains gypseux de la région d'Oued Cheham qui est peu perméable en saison sèche (Fig. 06).

Alors que les alluvions des terrasses de Bouchegouf semblent plus argileuses que celles de Guelma et sont moyennement perméables.

1.1.4. Le Bassin de la basse Seybouse

La Seybouse acquit un chemin entre Bouchegouf et Drean, de direction Sud-Nord c'est la dernière étape à franchir avant d'arriver à la mer. A ce niveau, la Seybouse est alimentée de l'Ouest par:

- Oued Ressoul: 17, 56 Km.
- Oued Dardara: 25, 56 Km.
- Oued Frarah: 12, 76 Km.
- Oued Boudjemaa: 17, 71 Km (A.B.H.1999).

1.2. L'organisation du réseau hydrographique: Oued Seybouse et ses principaux affluents

Le bassin versant Seybouse est constitué principalement du cours d'eau principal l'Oued Seybouse et ses majeurs affluents dont l'écoulement général est d'Ouest en Est pour l'oued Bouhamdane et du Sud vers le Nord pour l'oued Cherf, l'oued Maiz, l'oued Zimba, l'oued Boussora, l'oued H'lia et l'oued Mellah (Fig.07). L'Oued Bouhamdane et l'Oued Charef drainent respectivement des sous bassins de 1105km² et 1710km² à la station de Medjez Amar, point de confluence et naissance de l'Oued Seybouse. Le réseau hydrographique emprunte surtout les axes des principaux plissements dans les couches marneuses facilement érodables. D'autres affluents suivent le sens des failles affectant les formations mio-pliocènes.

1.2.1. L'artère principale

Deux zones montagneuses constituent les principales zones d'alimentation en eau du bassin versant de la Seybouse (Fig.07) :

- les Monts de la Medjerdah, avec le djebel Ras El Alia qui culmine à 1317 m, et le djebel Zaoura (1292m), sur le versant septentrional du Tell. Ils constituent une zone commune départage des eaux et donnent naissance à trois artères hydrographiques:
- l'oued Cherf formé par la rencontre de l'oued Tiffech-Lahmimime et l'oued Crab .
- l'oued Zouamel dans le bassin amont de la Medjerdah.
- l'oued R'biba pour l'oued Mellah.

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

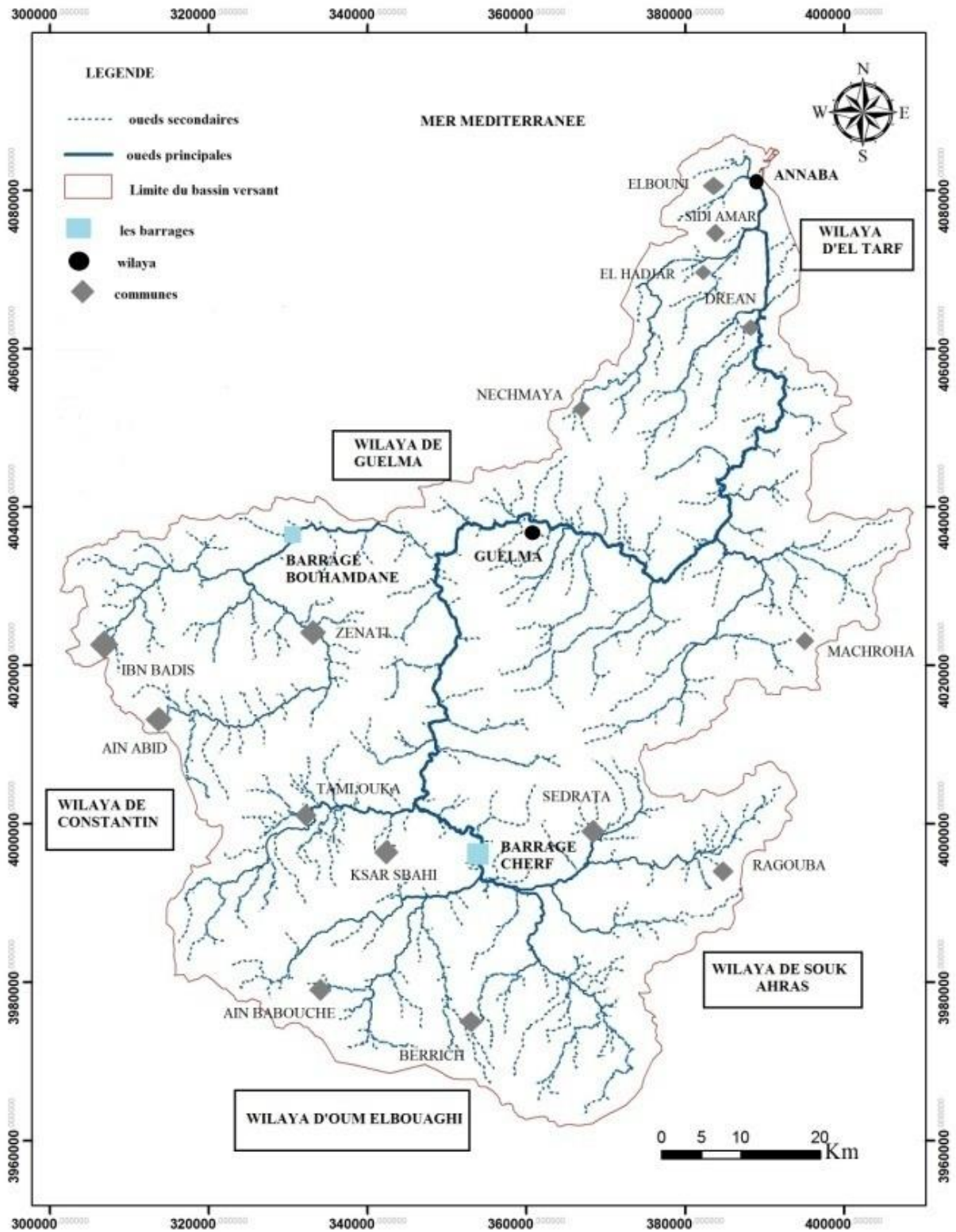


Figure 07: Carte des réseaux hydrographiques du bassin versant de Seybouse (d'après Chenaker et Sifi, 2017)

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 (Louamri, 2013).

Les oueds ont un parcours en Hautes Plaines (oued Cherf, oued Trouch, oued Settara et oued M'gaisba) et en zone intermédiaire de transition avec le Sud-Tell.

L'oued Bouhamdane, principal affluent de rive gauche, se forme après la jonction des oueds Zenati et Sabath, rejoint l'oued Cherf à Medjez Ammar (Fig.07). Après la confluence, l'oued prend la dénomination d'oued Seybouse, et reçoit les écoulements des affluents issus des versants Nord et Sud de la vallée (oued Halia, oued Bou Sorra, oued Zimba) (Louamri, 2013).

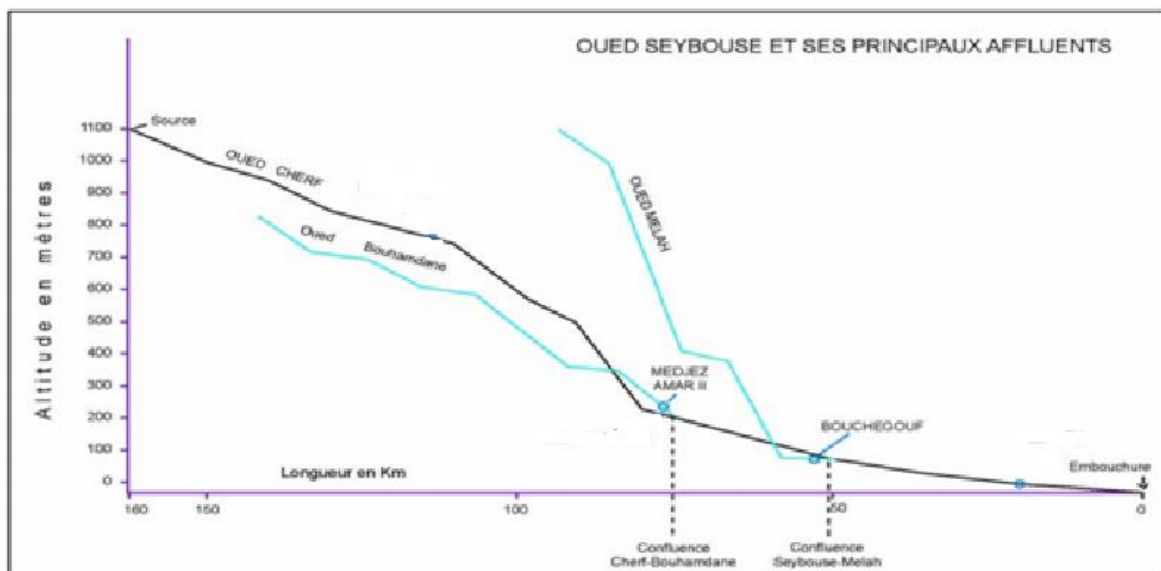


Figure 08. Profil en long de l'Oued Seybouse (d'après Ghachi A., 1986).

Après sa confluence avec l'oued Mellah à l'aval de Bouchegouf (Fig.08,06), 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 (Louamri, 2013).

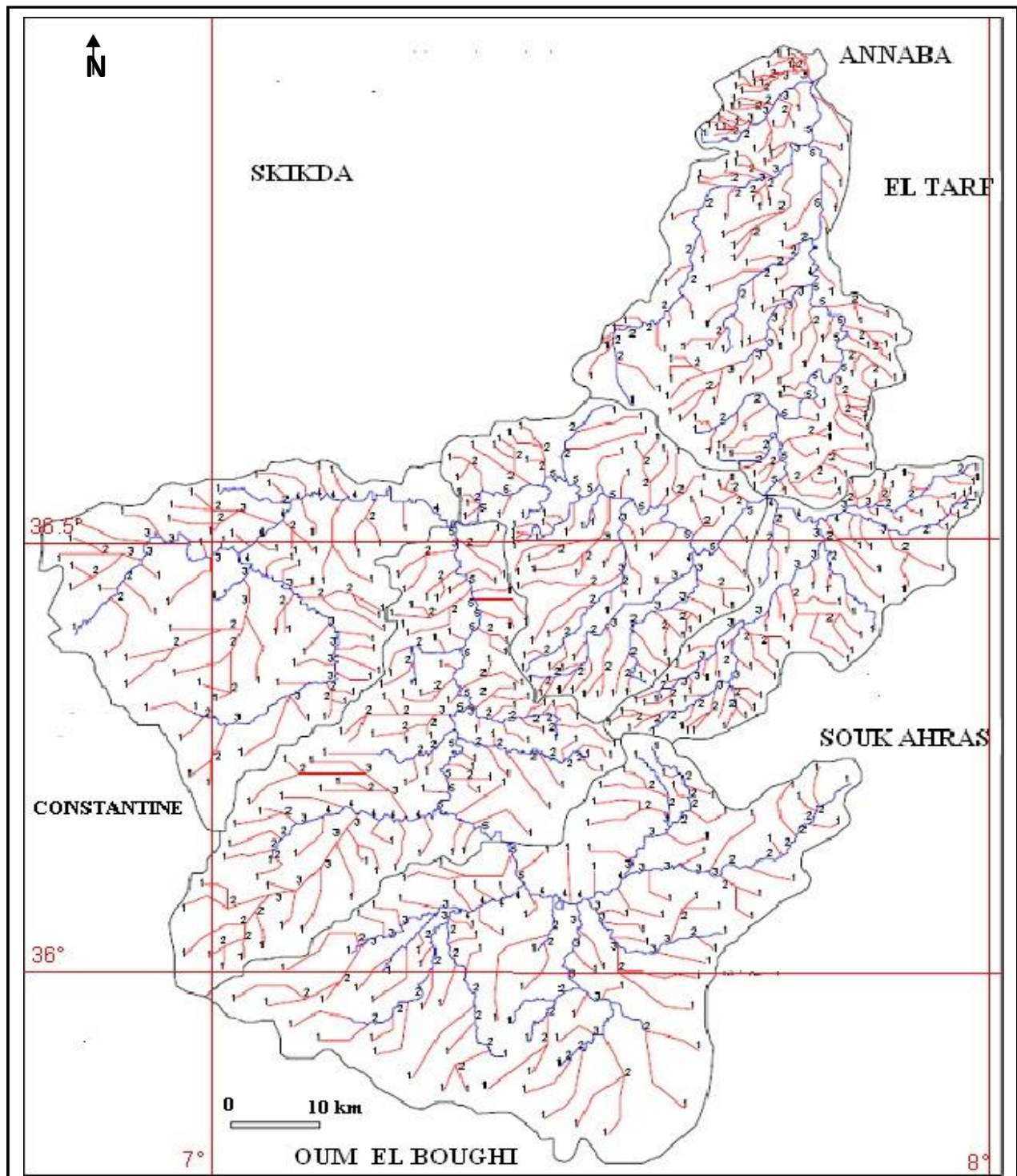


Figure 09: Classification des réseaux hydrographiques de l'oued Seybouse et ces affluents d'après la méthode de Strahler. (Belah, 2009, modifié 2015 d'après Sayad, 2015)

1.2.2. Les affluents de l'oued Seybouse caractérisés par leurs profils en long

1.2.2.1. Oued Cherf

Limité à la station de Aioun Settara, le bassin de l'oued Cherf est inclus dans sa presque totalité en Hautes Plaines, et draine un bassin de 1743km². Si on l'étend à sa confluence avec le Bouhamdane à Medjez Ammar (Fig.08), il intègre une zone de transition avec leTell (Louamri, 2013).

1.2.2.2. Oued Bouhamdane

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

1.2.2.3. Moyenne Seybouse

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

1.2.2.4. Oued Mellah

Mellah est le principal affluent de rive droite de la Seybouse avec laquelle ilconflue au débouché de la vallée de Guelma. Il doit son nom à la forte salinité des eaux dansle bassin aval. Celle-ci est due au lessivage des terrains gypsifères du Trias situés dans le bassin moyen. D'une superficie de 551km², il draine une zone montagneuse du versant septentrional du Tell (les Monts de la Medjerdah).

De par ses caractéristiques topographiques et morphométriques, le bassin peut être décomposé en trois zones différenciées. Le bassin amont est essentiellement montagneux et accidenté, avec des sommets dépassant 1000m (djebel Ras El Alia 1317m, djebel Zaoura1292 m).

Le bassin moyen est montagneux, mais nettement moins accidenté. Le bassin aval présente des reliefs moins élevés, Djebel Metelek (704m) et djebel El Maza (500m).Cependant, la dénivelée brute du bassin est importante 1222m (Fig.07, 08). Près de 70% de la surface du bassin se situe à une altitude supérieure à 500 m (Louamri, 2013).

1.2.2.5. Basse Seybouse et l'oued Ressoul

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

1.2.3 Hiérarchisation du réseau hydrographique

Le réseau hydrographique est constitué de l'ensemble des chenaux qui drainent les eaux de surfaces vers l'exutoire du bassin versant (Fig.07, Tab. 2).

L'étude de chevelu hydrographique servant surtout à comparer des bassins entre eux La Seybouse présente un chevelu hydrographique de 4714 Km (Tab. 2). Le tableau présente la totalité de réseau hydrographique pour chaque sous bassin. (Sayad, 2015).

Tableau 02: Hiérarchisation du Chevelu hydrographique pour chaque sous bassin de la Seybouse (calculé par AutoCad). (Sayad, 2015).

	S/bassin charef amont	S/bassin charef aval	S/bassin oued bouhamdane	S/bassin Seybouse moyenne	S/bassin melleh	S/bassin de la basse Seybouse
Chevelu hydrographique (km)	890	981	1040	415	440	950
Longueur totale du Chevelu hydrographique de la Seybouse (km)	4716					

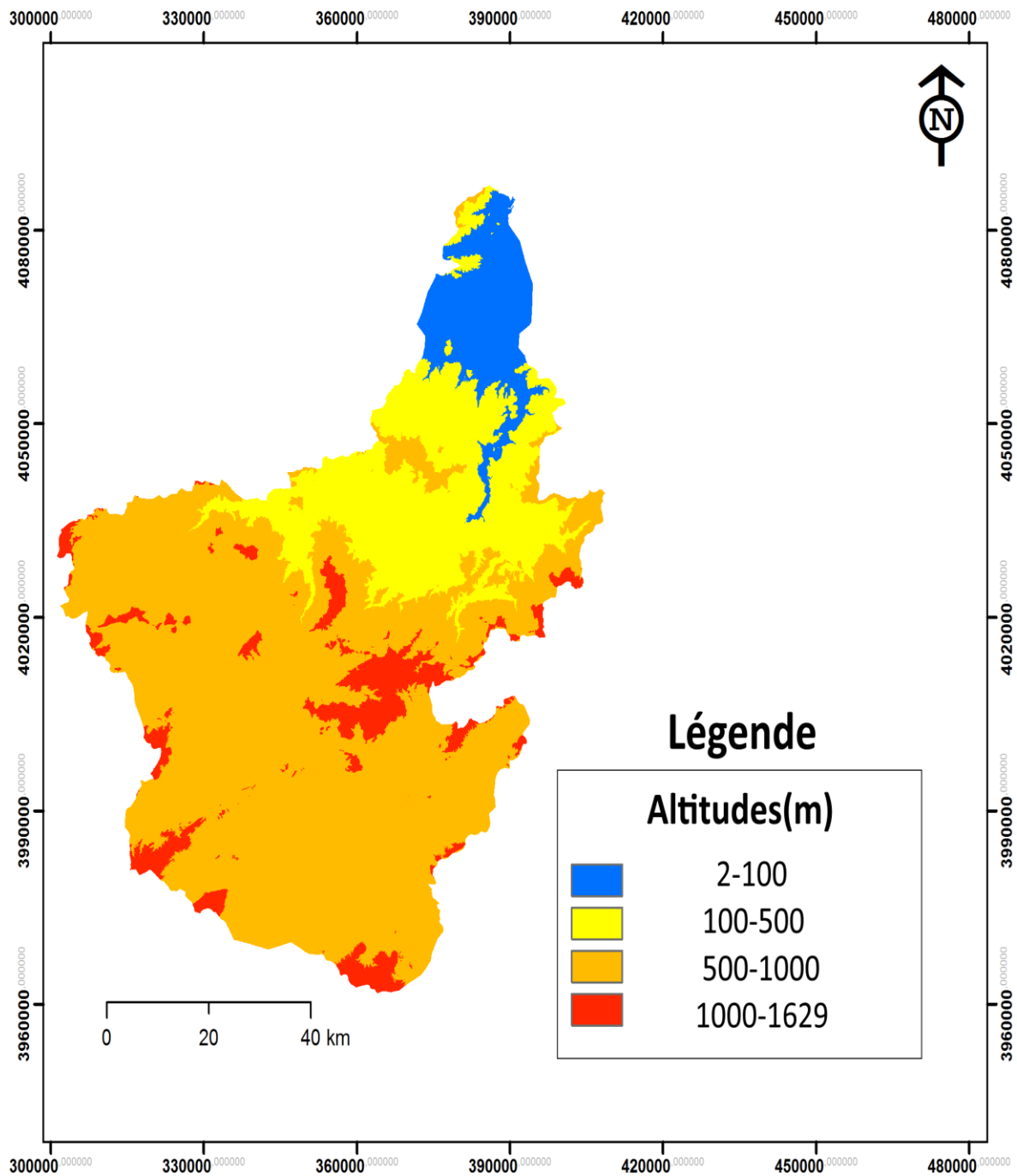


Figure 10: Carte des altitudes du bassin versant de la Seybouse

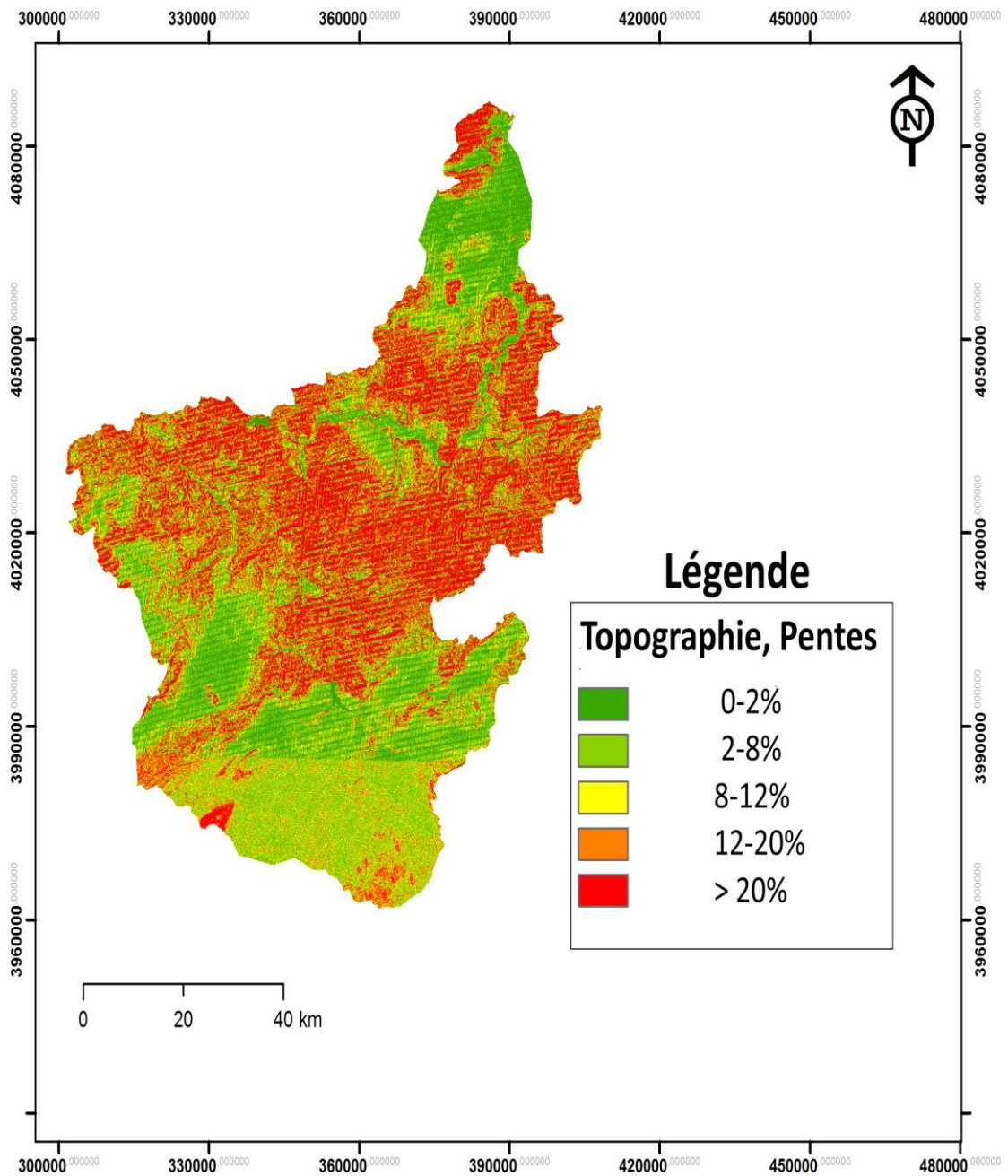


Figure 11: Carte des pentes du bassin versant de la Seybouse

1.3. Anthropisation et occupation du sol

1.3.1. Population:

D'après l'Office National des Statistique (**O.N.S, 2008**) la population du bassin de Seybouse est égale à 1508896habitants, répartis en 68 communes et 7 wilayas. 30 communes sont entièrement incluses dans le bassin et 38 partiellement. Le nombre de population de chaque wilaya est: Guelma: 455911, Annaba: 719311, El Tarf: 151634, Souk Ahras: 133433, Constantine: 50478, Skikda: 8369 et Oum el bouaghi: 141394.

La population est fortement concentrée dans les agglomérations les plus importantes, en effet, la seule agglomération d'Annaba représente 18% de la population totale de bassin ([ABH ,1999](#)). ([Annexe](#))

1.3.2. Agriculture et irrigation:

Les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage influencent fortement le régime et la qualité des eaux. L'utilisation massive des engrais et des pesticides contribuent à la dégradation des eaux de surface et souterraine. Le transfert des engrais et pesticides vers la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans les puits perdus et gouffres. Les élevages intensifs des bovins (étables, fermes pilotes) et volailles (poulaillers), produisent une grande quantité déjections azotées qui peuvent être aussi à l'origine de la pollution des eaux de surface et souterraines. Les nitrates sont des engrais azotés les plus utilisés dans l'agriculture, ce sont des sels très solubles qui sont soumis au processus de lessivage dans le sol et s'enfoncent progressivement pour atteindre la nappe ([Becheri N, 2011](#)).

La superficie irriguée dans le bassin de Seybouse est de 13976 Ha ([ABH ,2002](#)). Selon ([ABH, 2013](#)), irrigation traditionnelle (Gravitaire) dans le bassin du haut Cherf et irrigation moderne (par Aspersion) dans la basse Seybouse. Céréales et cultuels maraîchères sont la principale spéculation des périmètres irrigués qui sont Guelma Bouchegouf (12900Ha) bounamoussa (4500Ha) ([Annexe](#)).

1.3. 3.Barrages

Le bassin de la Seybouse compte 05 barages (Tab. 3), dont 02 sont classés en barrage de catégorie 1 (grands barrages), c'est le barrage de bouhamdane et le barrage d'el cherf, d'une capacité totale de 377hm³ et qui peuvent régulariser 110hm³. Les trois autres font partie de la catégorie 2 (moyens barrages). 64 retenues collinaires sont essentiellement destinées à satisfaire les besoins en eau d'irrigation. Ces ouvrages ont une capacité totale de 7.5 hm³ ([ABH ,2002](#)). Concernant les deux grands barrages du bassin, on a :

Celui de Hammam Debbagh sur l'Oued Bouhamdane situé dans la Wilaya de Guelma avec une capacité de 184 millions de m³ et un envasement de 530.000 m³/an (0,28%); il dessert Guelma en eau potable pour environ 20 millions de m³/an et l'irrigation du périmètre de Guelma-Boucheougouf pour 35 millions de m³/an sur une superficie de 9.940ha dans le périmètre de Boucheougouf.

Celui de Oued Cherf sur l'Oued Cherf, situé dans la Wilaya de Souk Ahras avec une capacité de 152 millions de m³ et un envasement de 520.000 m³/an (0,34%); il est affecté à l'irrigation des périmètres de Ksar Sebahi et Sedrata sur une superficie équipée de 3.517ha avec un volume régularisable de 30 millions de m³/an (ABH, 2009).

Trois barrages catégorie 2 ont été construits dans le bassin versant de l'Oued Seybouse (Tab. 2) avec une capacité total est 10,46 hm³ (ABH, 2002):

- Barrage : Tiffech (5,8 hm³),
- Barrage El Haria (1,8 hm³),
- barrage Medjz el Bgar (2,86 hm³).

Tableau 03. Les Barrages de bassin versant de Seybouse (ABH, 1999).

Wilaya	Commune	Dénomination	Capacité (hm ³)	V. Régularisé (hm ³ /an)	Destination
41	Zouabi	Foum El Khanga	157	55	Irrigation
41	Tiffech	Tiffech	5,8	2,76	Irrigation
25	Ben Badis	El Haria	1,8	0,32	Irrigation
24	Bouhamdane	Hammam Debagh	220	55	AEP+Irrigation
24	Ain Makhlouf	Medjez El Bgare	2,86	2	Irrigation

1.3.4. L'industrie

Les industries dans le bassin de la Seybouse sont principalement regroupées dans le sous bassin de la Seybouse maritime (Fig.12). C'est autour des villes importantes d'Annaba, El-Hadjar, EL Bouni et sidi Amar que le tissu industriel est le plus dense. Le complexe industriel d'El-Hadjar et l'unité de production d'engrais (ASMIDAL) sont les plus grands consommateurs d'eau. Notons que cette dernière possède une unité de dessalement d'eau de mer que satisfait environ 85% de ses besoins (ABH, 2002). La pollution industrielle est liée principalement aux rejets industriels non traités et notamment les rejets des zones industrielles de Bouchegouf et d'El Hadjar dont les volumes ne sont pas connus avec précision (ANRH, 2011). Dans l'ensemble du bassin on trouve 86 unités industrielles, mais huit seulement ont leur propre station d'épuration (Khatim, 2008).

Une caractérisation de la pollution des eaux résiduaires de la Zone de El Hadjar, située à 10 km de la ville de Annaba à l'aval du bassin et qui comprend des unités de sidérurgie, une cimenterie, une usine de papier et plastiques et des unités agro-alimentaires, a montré une forte concentration des matières en suspension variant entre 30-598 mg/litre (norme 30 mg/l) (Hazourli et al., 2007).

Les industries agroalimentaires (production laitière, conserves de tomates, sucre...), l'industrie manufacturière 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 les engrais phosphatés et azotés par Fertiberia /Asmidal (ABH, 2012). Le volume global alloué à ces industries est de 44895 m³/j. (Annexe 3).

1.3.5. Les zones humides

Selon (Hani et al., 2002, Hani et al., 2003) le bassin versant Seybouse renferme plusieurs zones humides dont la plus importante est le lac de Fetzara qui couvre une superficie 5.800 hectares, auxquelles se rajoutent plusieurs milliers d'hectares des terres inondables en saison hivernale constituant ainsi de vastes prairies humide représentative et rare de type de zone humide naturelle de la région méditerranéenne.

Vers la fin de la saison hivernale, d'importants effectifs d'Anatidés regagnent le lac Fetzara venant des sites Ramsar, les lacs Oubeira et Tonga, qui, au vu de l'augmentation excessive de leurs niveau d'eau, rend difficilement accessible l'alimentation pour les Anatidés herbivores. Le lac Fetzara est une zone humide d'importance internationale vu que la moyenne des effectifs des oiseaux d'eau et particulièrement des Anatidés et de la Foulque hivernants recensés au niveau du site dépasse habituellement 20.000 oiseaux paan,

un effectif record de 44.500 a été atteint en 1990. Le lac abrite, habituellement, 1% de la population mondiale du canard siffleur et de l'Oie cendrée.

Outre l'intérêt qu'elle représente pour l'alimentation en eau des populations et pour répondre aux besoins sans cesse croissants de l'agriculture et de l'industrie, cette zones humide offre un lieu d'hivernage et de nidation pour beaucoup d'espèces d'oiseaux et pour le développement d'une flore d'une richesse reconnue sur le plan international. Ce site subit aujourd'hui une pression anthropique progressive qui devient inquiétante. En effet, l'exploitation en continu de plusieurs certaines de forages a entraîné une dégradation de la qualité des eaux et a influencé négativement l'équilibre hydrodynamique des aquifères. Elle a eu également pour conséquence une diminution des débits des sources et l'apparition de biseaux salés menaçant même à brève échéance et l'exploitation des nappes et le bon fonctionnement des zones humides.

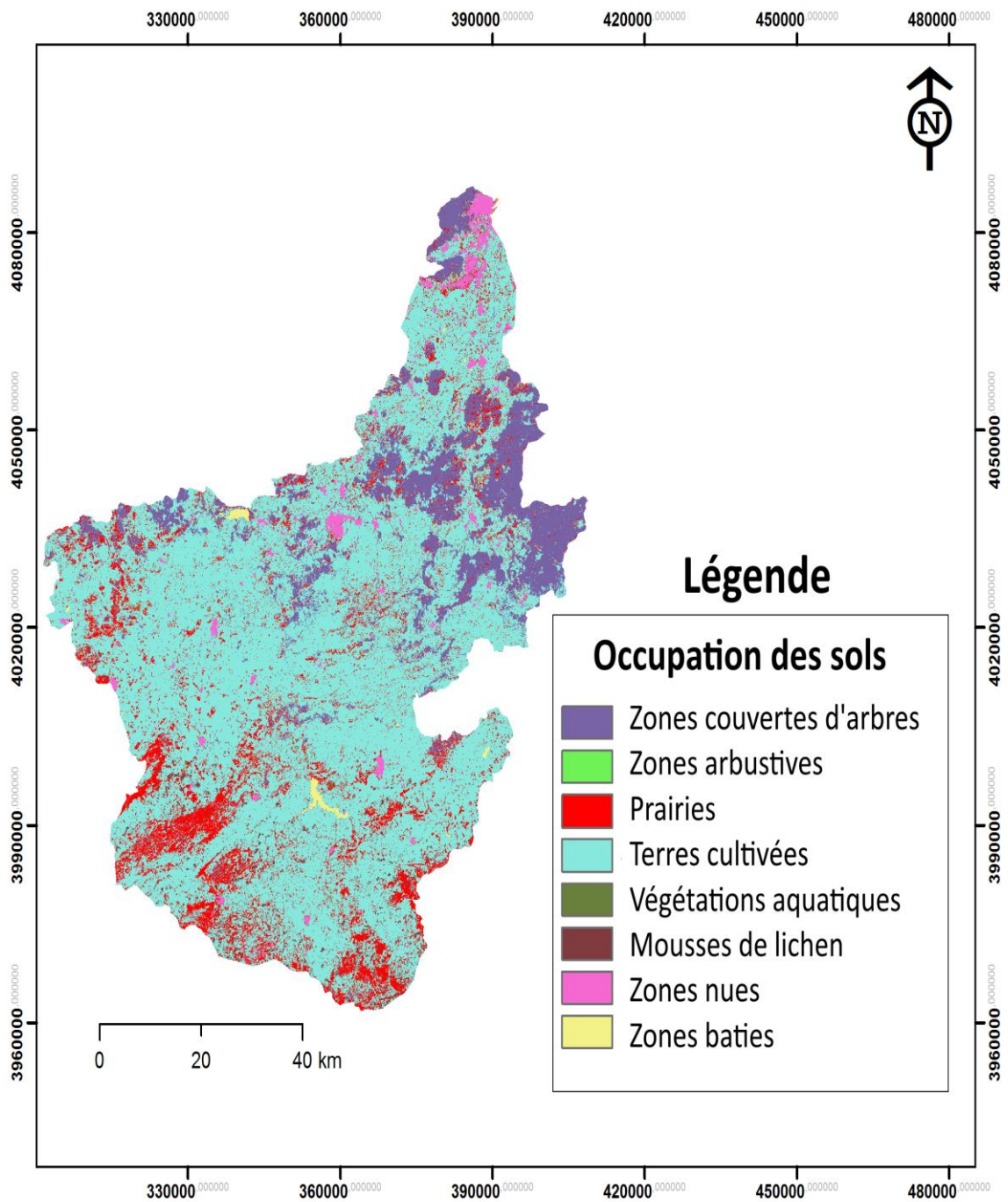


Figure12: Carte de l'occupation du sol du bassin versant de la seybouse

1.3.6. Les effluents urbains

Le traitement des eaux usées fait encore défaut dans la plupart des zones urbaines situées le long des côtes, environ 60% des déchets urbains rejetés en Méditerranée ne sont pas encore traités cependant que les frais de santé et autres pertes économiques, en particulier dans les zones touristiques du fait de la contamination des eaux côtières, sont plus élevés que l'investissement nécessaire pour atteindre une qualité acceptable du rejet des eaux usées (MEATT/PNUE, 1994). Les eaux à usages domestiques (de lavabo, de bain et de douche, de lave-vaisselle), les apports physiologiques sont essentiellement les matières fécales et les urines humaines. Environ 30- 45 kg de matières fécales humides sont produites par personne et par année, soit 10-15 kg de matières sèches fécales (Lentner et al., 1981). Selon Kafi-Benyahia. (2006), la production journalière moyenne par habitant d'urine et de matières fécales est respectivement de l'ordre de 1 060 ml /hab/j et 112 g /hab/j . D'autre part, Almeida et al., (1999) donnent les masses de matières en suspension, de matières organiques et azotées pour 1ml d'urine et 1g de matière fécale (Laak, 1974, Seigrist et al., 1976). On peut remarquer par ailleurs que l'urine constitue une source principale de matières azotées.

Trois stations d'épuration seulement sur l'ensemble du bassin de Seybouse traitant les effluents domestiques (Allelick, à Annaba traite actuellement 40 000 m³/j, Guelma et Sedrata). Une en construction à Oued Zenati (140.000 eq.hab: 35.000 m³/j) (AHB, 2013).

1.3.7. Le couvert végétal

La végétation intervient sous son aspect de couverture du sol, plus ou moins modifiée sous l'influence de l'homme (Dubreuil and Guiscafne, 1974). Deux classifications sont utilisées pour étudier le taux de recouvrement de la végétation: la classification de (Tricart, 1968) et celle de (Dubreuil and Guiscafne, 1974) développée au sein de l'office de la recherche scientifique et technique outre-mer (ORSTOM). La classification du couvert végétal par ordre de densité (ou d'efficacité) décroissante (Tricart, 1968) est la plus fréquemment utilisée.

La répartition du couvert végétal à travers le bassin de Seybouse offre une couverture faible à moyenne a pour conséquences hydrologiques la faible résistance à l'érosion sur les versants à l'exemple du bassin de l'oued Mellah d'une part, et d'autre part la faible rétention souterraine. Mais certains sous-bassins sont relativement bien protégés comme celui de l'oued Bouhamdane (Fig.09). Dans ce bassin, les zones avec un couvert végétal naturel (chêne liège, maquis, reboisement) couvrent 31.7% de la surface du bassin dont 19.5% sont exploités comme terrains de parcours. D'après (Mebarki, 2005)

- **Surfaces bien protégées:** le couvert forestier et les prairies. Les forêts de Chêne liège et de chêne vert se localisent préférentiellement dans la zone nord-tellienne mais également dans le bassin sud-tellien de l'oued Mellah (zone de Mechroha et Ain Seynour). Dans la zone sud-tellienne, c'est le pin d'Alep qui occupe les zones forestières. D'après [Mebarki \(2005\)](#), ces deux formations occupent moins de 20 % de la surface dans les bassins de l'Algérie orientale. La majorité de ces surfaces bien protégées est localisée dans les zones formant les reliefs qui constituent les lignes de partage des eaux entre le bassin de la Seybouse et les bassins côtiers constantinois, le bassin inférieur de la Seybouse maritime, le bassin de l'oued Mellah et le bassin de l'oued Bouhamdane;

- **Surfaces mal protégées ou nues** (terrains dénudés, steppe, broussailles) représentent autour de 25 % de la superficie totale du bassin;

- **Surfaces incomplètement protégées** (terres labourées et arboriculture extensive) occupent la majeure partie des Hautes Plaines, et une grande surface dans tous les bassins. Elles s'élèvent à 56 %.

Globalement, la zone tellienne est le domaine de la forêt de chêne vert et de chêne liège, plante calcifuge qu'on trouve sur les sommets gréseux alors que le domaine atlasique, est celui du domaine de pin d'Alep et de genévriers rouges. La zone des Hautes Plaines est le domaine de la céréaliculture associée à l'élevage. Le bassin amont de l'oued Cherf est très dénudé, alors que dans le Bas-Cherf, zone de transition avec le Tell, la végétation est plus diversifiée

Le bassin de l'oued Mellah est le plus boisé (chêne liège), à cause des effets conjugués de l'altitude et de la pluviométrie. Selon [\(Ghachi, 1986\)](#), le taux de recouvrement de ce bassin est de 35%. Mais la répartition du couvert végétal est loin d'être simple, le même sous-bassin présente les trois types de couverture qui se différencient de l'amont à l'aval avec une prédominance des zones de cultures (Fig.09).

1.4. La géologie

Le bassin versant de la Seybouse est constitué par des formations sablo-argileuses de 2 à 20m d'épaisseur avec une perméabilité de l'ordre de 10^{-6} à $5 \cdot 10^{-5} m \cdot s^{-1}$, par contre au niveau du lit de l'oued, les formations sont constituées par des matériaux alluvionnaires, des limons et des cailloux [\(Debiech, 2002\)](#).

Le cadre géologique d'un bassin versant conditionne les écoulements des eaux de surface et souterraines. La zone d'étude fait partie de l'ensemble géologique du Tell d'Algérie. Cet ensemble s'étend de la région de Constantine à la frontière Algéro-Tunisienne. Sa structure est très complexe et essentiellement due à des mouvements

Tertiaire, surtout Miocène. La zone d'étude est constituée de trois sous bassins qui sont, la basse, la moyenne et la haute Seybouse.

1.4.1. La basse Seybouse

Les études réalisées dans la région (Joleaud,1936; Hilly,1962; Vila,1980; Lahondère,1987; Gliezes,1988; Hammor,1992) monte l'existence de deux type de terrains; métamorphique et sédimentaire. L'échelle stratigraphique de ces terrains se répartit du paléozoïque au Quaternaire récent.

A- Formations métamorphiques

Le paléozoïque

Il affleure à l'ouest dans les massifs de l'Edough, de Belilieta et de Boukhadra. Il est constitué essentiellement par des gneiss ceintures par des micaschistes (Hilly, 1962 ;Caby,1992 ; Ahmed Said, 1993). On peut distinguer les trois séries superposées suivantes:

- La série inférieure, représentée par des gneiss riche en biotite et sillimanite d'une épaisseur 70m, cette formation constitue le cœur de l'anticlinal du massif l'Edough ;
- La série intermédiaire, caractérisé par des schistes et des micaschistes riche en biotite, muscovite et du grenat et parfois avec des feldspaths souvent visibles à l'œil nu.
- La série supérieure, constitué par un ensemble de gneiss ocellés, schistes satinés micaschistes, grenat et amphibolites.

B- Formations sédimentaire

a- Le Mésozoïque

Dans la partie sud, au niveau de Guelma et de Bouchegouf est constitué par:

- le trias, formé par une association de dolomies, calcaire dolomitiques et de gypse
- le Jurassique, représenté par des dolomies noires et des schistes calcareux;
- le Crétacé qui comporte des calcaires dolomitiques riche en foraminifères et des Débris De rudistes.

b- Le Cénozoïque : Il est représenté par:

- **Eocène inférieur** représente par une série transgressive formée par des calcaires massifs à faciès épinéritique;
- **Oligocène** qui comporte des niveaux d'argiles numidiennes rencontrées dans le mont de Cheffia, au Sud-Est de Bouteldja et dans les djebels Koursi, Bourdim et Oum El Agareb.
- **Mio-Pliocène** représenté par les faciès suivants:

* faciès fluviatil ; bien développé dans la plaine de Annaba, il est formé essentiellement de galet de sable et d'argile le long des Oueds ;

* faciès marin, caractérisé par des marnes bleues avec des intercalations calcaires ;
* faciès continentale : est lié aux dépôts des fosses d'effondrement. En effet la prospection par sismique réflexion a mis en évidence l'existence de deux fosses (SONATRACH, 1969; Sroj export, 1975).

- la fosse de Ben-Ahmed, orientée S-N.
- la fosse de Ben-M'hidi, orientée SW-NE.

c-Quaternaire

- **Quaternaire récent** : correspond à la basse et à la moyenne terrasse.

* La moyenne terrasse est représentée par des terrasses alluvionnaires des Oueds de 20m, Correspond aussi à la terre cultivable (terre, argile, sable).

* Basse terrasse est formée par des alluvions du niveau des eaux actuelles des Oueds. Ces terrasses sont plus limoneuses que sableuses et sont parsemées de marécages

1.4.2. La moyenne Seybouse

On rencontre des terrains allant du Primaire jusqu'au Quaternaire (Bechiri N, 2011).

a. Trias: C'est la formation géologique la plus ancienne datée dans la région. Elle affleure uniquement à l'extrémité de Nador sous trois faciès :

- Trias inférieur: constitué d'argile d'aspect schisteux affleurant au Nord du massif de Nador.
- Trias moyen: formé de calcaires lités à cassures, contenant quelques bancs de calcaires vermiculés (calcaires à fucoides).
- Trias supérieur: se rencontre à l'Est de Dj. Debagh, caractérisé par des alternances de marne et de schiste de faibles épaisseurs.

b. Néritique: Il est caractérisé par un faciès Jurassique-Crétacé plus au moins karstifié. Il apparaît aussi sous forme de fenêtre au Djebel Mahouna, Djebel Debagh, Nador et plus à l'Ouest au Djebel Taya.

Jurassique. Les terrains du Jurassique sont représentés par des dolomies noires avec des Schistes calcaireux de faibles épaisseurs dans la région de Djebel Debagh.

Crétacé

- Le Crétacé inférieur est représenté par des calcaires massifs ou lissés et de dolomie à Algues d'âge Aptien. On le rencontre à Hammam Bredâa et Djebel Debagh.
- Le Crétacé moyen est représenté par des calcaires massifs ou lithiques et calcaranites.
- Le Crétacé Supérieur est caractérisé par des niveaux calcaireux dolomitiques riches en Orbitolines et des débris à Rudiste datant du Cénomaniens-Vraconiens et d'épaisseur limitée.

C .Le Mio-Pliocène.

Les argiles à gypse grise probablement d'âge Massylien renfermant des intercalations marno-calcaires et de gypse en couches minces ou en masses litées. Les argiles rouges à conglomérats roulés rouges également témoignent de l'activité d'une phase d'érosion intense en milieu rubéfiant. La mollasse de Guelma bien développée au Sud est une épaisse série de grès jaunâtre friable rarement grossier avec des intercalations d'argiles marneuses grises ou jaune parfois gypseuses (Bechiri N, 2011).

D. Le Quaternaire.

Il occupe le centre du sous bassin, il est représenté par :

Le Quaternaire ancien. Il s'agit de tufs et calcaire lacustre, le calcaire tuffacé de couleur grise ou blanc-rosée cet ensemble affleure au Sud de Guelma aux environs de Ben Djarrah et aux alentours du village d'Héliopolis.

Le Quaternaire actuel. Il est représenté par les alluvions du lit de l'Oued Seybouse. (Bechiri N, 2011)

1.4.3. La haute Seybouse

D'une part une formation détritique poreuse constituant la majeure partie de la plaine et d'autre part une formation contenant des calcaires fracturés fortement karstifiés et minéralisés. Ces informations sont complétées par les données de sondages mécaniques réalisés dans la plaine.

- La tectonique cassante qui est à l'origine de la formation du fossé d'effondrement, très visible sur les deux feuilles géologiques, trois principales directions de failles affectent les formations calcaires : NW-SE, N-S et E-W.

- Les plis qui affectent la région et qui sont d'orientation NE-SW. (Ali Brahmia, 2000).

1.7. La pluviométrie

Constituant un facteur essentiel qui caractérise le climat d'une région, les précipitations jouent un rôle prépondérant dans le comportement hydraulique des cours d'eau et dans l'alimentation éventuelle des nappes souterraines. Les précipitations constituent le premier facteur important dans le cycle de l'eau,

La zone d'étude fait partie des régions les plus tempérées et les plus arrosées de l'Algérie, elle est soumise à un climat méditerranéen caractérisé par un hiver doux et humide et un été chaud et sec, dont le régime dépend principalement de la précipitation et de la température.(Sayad lamine, 2015)

La pluviométrie dans le bassin de Seybouse varie considérablement entre le nord et le sud, en général, elle se caractérise par une forte intensité des précipitations en hiver et d'une diminution des amplitudes pluviométriques en été (ABH, 2013).

Plusieurs facteurs interfèrent pour donner un paysage présentant un climat à fort contraste entre le Nord et le Sud du bassin dont les principaux sont l'importance du volume montagneux à proximité de la mer, relief très compartiment et position par rapport aux vents humides du Nord.

Au Nord, la zone la plus arrosée étant le massif de l'Edough où la pluie moyenne annuelle est de l'ordre de 1141.57 mm à Séraïdi. Les précipitations annuelles diminuent du Nord vers le Sud (695.01 mm aux Salines, 643.75 à Annaba ville, 613.03 à pont Bouchet, 695.01 à Ain Berda, 545.58 mm à Guelma). Les lois de l'éloignement de la mer, l'orographie et l'exposition des versants aux vents humides justifient les variations pluviométriques d'une zone à l'autre de la région d'étude (ABH, 2013).

2. Echantillonnage et méthode d'analyse des éléments chimiques

2.1. Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué au cours de l'année 2016/2017 (septembre 2016 à avril 2017) dans sept (07) stations (Fig. 20) :

Station 1 : A l'amont 1 du barrage de foug elkhanga (Oued Sbihi)

Station 2 : A l'amont 2 du barrage de foug elkhanga (Oued Sedrata)

Station 3 : A l'aval du barrage de foug elkhanga

Station 4 : A l'amont du barrage de Bouhamdane

Station 5 : A l'aval du barrage de Bouhamdane

Station 6 : A l'amont de l'estuaire (station rivière)

Station 7 : A l'aval de l'estuaire (station embouchure)

Les prélèvements ont été effectués deux fois par ans le 08/09/2016 (saison sèche) et le 13/04/2017(saison humide).



Figure 13. Station 1 : A l'amont 1 du Barrage de foug elkhanga (Oued Sbihi).



Figure 14. Station 2 : A l'amont du barrage de foug elkhanga (Oued



Figure 15. Station 3: A l'aval du Barrage de foug elkhanga.



Figure 16. Station 4 : A l'amont du barrage de Bouhamdane.



Figure 17. Station 5 : A l'aval du barrage de Bouhamdane.



Figure 18. Station 6 : A l'amont de l'estuaire (station rivière).



Figure 19. Station 7 : A l'aval de l'estuaire (embouchure).

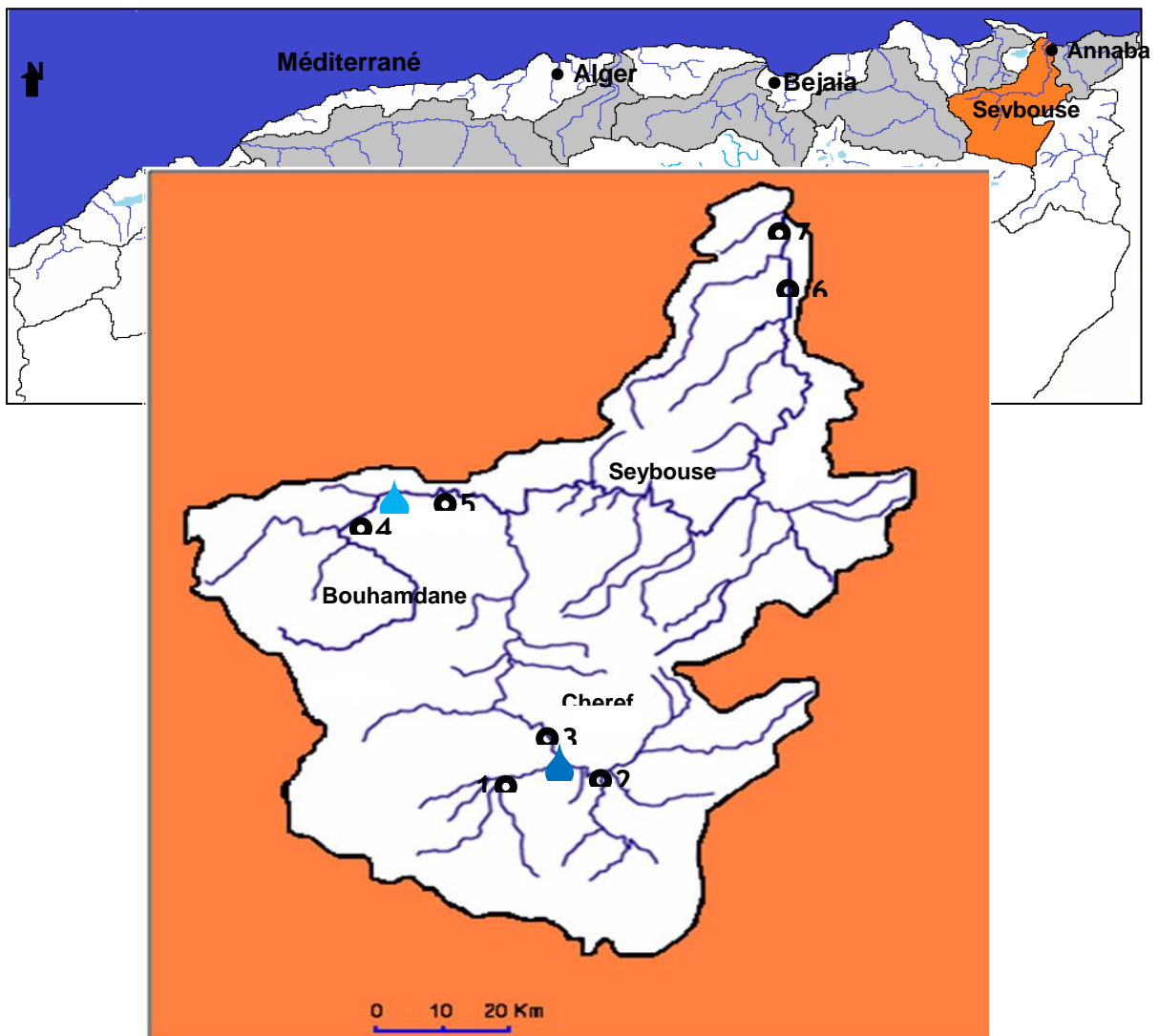


Figure 20 : Carte géographique qui représente le bassin de Seybouse et les stations d'échantillonnage; ▲: Barrage Bouhamdane, ▲: Barrage Charef, ●: Stations 1: Pont ksar sbihi (amont barrage charef 1), 2: Zouabi (amont barrage charef 2), 3: Aval barrage charef, 4: Amont Barrage bouhamdane, 5: Aval barrage bouhamdane, 6: Amont estuaire (Station rivière), 7: Embouchure. (D'après Allague, 2017)

Les relevés de température (°C) et de salinité (Practical Salinity Unit ou P.S.U) et la conductivité électrique en (ms/cm) et le total des solides dissous (total dissolved solids) en mg/l ont été effectués à l'aide d'un Multi paramètre wtw 1970i (Fig. 21).

Ces paramètres facilement mesurables et utiles pour la détermination de l'état chimique des polluants dans l'eau (Mesure in situ).



Figure 21. Le Multi paramètre wtw 1970i.

Des difficultés pratiques nous ont empêché l'usage du courantomètre dans les stations d'échantillonnage pour l'estimation des vitesses des courants d'eaux. Les vitesses ont été calculées en jetant un objet flottant sur une distance connue. En connaissant la surface de la section mouillée, le débit des eaux a donc été approximé de façon intuitive. L'unité utilisée le plus couramment pour le débit est le mètre cube par seconde (m^3/s).

Tableau 04. Les stations d'échantillonnage et leurs caractéristiques.

Station	Coordonnées	Altitude (m)
St1	36°03'10.90"N 7°19'41.52"E	754
St2	36°04'28.33"N 7°29'39.34"E	753
St3	36°06'57.90"N 7°22'56.84"E	712
St4	36°28'14.52"N 7°08'35.83"E	378
St5	36°27'59.50"N 7°15'46.98"E	272
St6	36°47'55.87"N 7°46'27.60"E	7
St7	36°51'56.00"N 7°46'10.90"E	1

Les échantillons d'eau sont ensuite conservés dans des bouteilles en Polyéthylène bien propres et rincées auparavant avec cette même eau. Ces bouteilles bien remplies sans bulles d'air sont ramenées au laboratoire pour effectuer les différentes analyses.

2.2. Transport des échantillons

Après le prélèvement, les échantillons sont transportés immédiatement au laboratoire de recherche du département de biologie marine (Laboratoire des analyses biogéochimiques des environnements aquatiques (LABEA)), de l'Université Badji Moukhtar d'Annaba. Les échantillons prélevés sont conservés au froid dans les conditions préconisées par [Rodier \(2005\)](#).

3. Méthode d'analyse chimique

3.1. Dosage d'azote et ses dérivés

La méthode d'analyse chimique est succinctement résumée dans le tableau 06.

Tableau 05: Résumé de la méthode d'analyse d'azote

Eléments	Méthodes	Références
Azote ammoniacal (NH_3^+ NH_4^+)	Dosage spectrophotométrique ($\lambda = 630 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Nitrates (NO_3^-)	Dosage spectrophotométrique ($\lambda = 543 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Nitrites (NO_2^-)	Réduction des nitrates en nitrites et dosage spectrophotométrique des nitrites ($\lambda = 543 \text{ nm}$)	Parsons <i>et al.</i> (1989)
Azote inorganique dissous (NID)	($\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$)	Parsons <i>et al.</i>, (1989) and Rodier (1996).

Les fractions de l'azote inorganique dissous NID (NH_4 , NO_3 , NO_2) ont été mesurés selon les méthodes standards de Parsons *et al.* (1989) et Rodier (1996). L'azote inorganique dissous NID représente la somme des trois ions $\text{NO}_3^- + \text{NO}_2^- + \text{NH}_4^+$.

- **Dosage de l'azote ammoniacal ($\text{NH}_4^+ + \text{NH}_3^+$)**

- **Principe**

En milieu légèrement basique, l'ammonium forme une monochloramine avec l'acide dichloroisocyanurique.

Cette dernière réagit avec le phénol pour former un composé de couleur bleu d'indophénol dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en ammonium. La réaction est accélérée par le nitroprussiate. Cette technique de mesure a été appliquée pour le dosage des faibles concentrations où l'erreur reste inférieure à 5%.

- Réactifs

- Réactif 1: Solution de phénol-nitroprussiate

Dissoudre à froid : 3,5 g de phénol et 40 mg de nitroprussiate de sodium dans 100 ml d'eau distillé ; ce réactif n'est stable qu'après quelques semaines au frais et à l'abri de la lumière.

- Réactif 2: Solution de dichloroisocyanurate

Dissoudre à froid : 28 g de citrate trisodique, 500 mg de dichloroisocyanurate et 1,4g de soude dans 100 ml d'eau distillée. Ce réactif se conserve au frais pendant 1 à 2 mois.

- Dosage

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable puis on ajoute dans une cuve de spectrophotomètre : 2 ml de réactif 1, 100 ml \pm 1 ml d'échantillon ou d'étalon, 2 ml de réactif 2, Après 8h d'attente à l'obscurité, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à 630 nm.

Les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, ayant pour équation linéaire : $DO = aC + b$ ou DO est la densité optique ; C la concentration ; a est la pente = 0,0166 ; b l'ordonné à l'origine= 0,0223 et R^2 (0,9982) le coefficient de détermination mesurant la qualité de l'ajustement de la droite au nuage des couples de points DO et C .

• Dosage des nitrates (NO_3^-)**- Principe**

L'échantillon, tamponné par une solution de chlorure d'ammonium, passe dans une colonne de cadmium traitée au cuivre qui sert à réduire les nitrates en nitrites. C'est donc la somme des nitrites présents dans l'échantillon plus ceux formés par la réduction des nitrates qui est mesurée à l'aide des mêmes réactifs que ceux indiqués dans le dosage des nitrites. Le pourcentage d'erreur avec cette méthode est inférieur à 10%.

- Réactifs

- Réactif 1 : Solution de sulfanilamide

Dissoudre à froid : 2,5 g de sulfanilamide avec 13 ml de HCl concentré et 250 ml d'eau distillé

- Réactif 2 : Solution de N-Naphtyl-1-éthylène diamine

Dissoudre à froid : autant de milligrammes de N-Naphtyl-1-éthylène diamine que de millilitres d'eau distillée.

Cette solution est instable et ne peut pas être conservée longtemps.

- Solution de chlorure d'ammonium

Dissoudre à froid : 10 g de NH_4Cl dans 1 L d'eau distillée

- **Dosage**

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable. L'échantillon ou l'étalon est injecté dans une boucle, préalablement rincée par l'échantillon ou l'étalon, et qui connectée au circuit via un système de valves.

L'absorbance est mesurée en continu par un spectrophotomètre à la longueur d'onde 543nm.

Les absorbances maximales sont relevées et les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire $\text{DO} = aC + b$ dont $a = 0,0429$, $b = 0,022$ et $R^2 = 0,9992$.

• **Dosage des nitrites (NO_2^-)**

- **Principe**

En milieu acide ($\text{pH} < 2$), les ions nitrites forment de l'acide nitreux HNO_2 qui réagit avec de la sulfanilamide pour former un complexe diazoïque. En présence de N-Naphtyl-1-éthylène diamine, il se forme un complexe rose dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrites. Le pourcentage d'erreur avec cette méthode est inférieur à 5%.

- **Réactifs**

- Réactif 1: Solution de sulfanilamide

Dissoudre à froid: 2,5 g de sulfanilamide avec 13 ml de HCl concentré et 250 ml d'eau distillé

- Réactif 2: Solution de N-Naphtyl-1-éthylène diamine

Dissoudre à froid: autant de milligrammes de N-Naphtyl-1-éthylène diamine que de millilitres d'eau distillée.

Cette solution est instable et ne peut pas être conservée longtemps.

- **Dosage**

Une gamme d'étalonnage doit être réalisée au préalable. Puis, dans une cuve pour spectrophotomètre, on ajoute:

1 ml de réactif 1, 50 ml d'échantillon ou d'étalon, 8 minutes d'attente, 1 ml de réactif 2,

Après 15 minutes d'attente, l'absorbance est lue avec un spectrophotomètre à 543 nm.

Les concentrations sont déterminées à l'aide de la courbe d'étalonnage, l'équation linéaire

$$\text{DO} = aC + b \text{ dont } a = 0,0421, b = 0,0237 \text{ et } R^2 = 0,9959.$$

A decorative red border with rounded corners and a scroll-like effect on the left and right sides, framing the chapter title.

Chapitre III : **Résultats et discussion**

CHAPITRE III. RÉSULTATS ET DISCUSSION

1. Interprétation des résultats:

1.1. Environnement physique:

Les résultats de mesures des différents paramètres sont configurés ci-dessous (Tab. 5). Leur présentation graphique pour chacun des paramètres permet de mieux montrer les éventuelles variations et peuvent faciliter les interprétations.

Tableau 06: Les paramètres physiques mesurés in-situ en saison sèche (Le 08/09/2016) et en saison humide (Le 13/4/2017).

		T (°C)	S (P.S.U)	CE (us/cm)	Débit (m ³ /s)
Saison sèche	S1	15,7	1,6	3380	0,2
	S2	18,4	1,1	2440	0,2
	S3	18,7	1,3	2780	1
	S4	21,7	1	2210	0
	S5	15	0,1	735	0,5
	S6	25,4	0,9	2050	0,5
	S7	26,7	4,6	8 120	0
Saison humide	S1	13,4	1,9	3740	0,5
	S2	14	1	2190	0,5
	S3	12,9	1,4	2950	1
	S4	21	0,6	1554	1
	S5	18,8	0,2	858	2
	S6	18,3	1,2	2560	2
	S7	19,5	1,9	3780	7

Tableau 07: Les paramètres physiques mesurés in-situ en saison sèche et humides, les minimums, les maximums et les moyennes sont aussi calculés.

		T (°C)	S (P.S.U)	CE (us/cm)	Débit (m ³ /s)
Saison sèche	Min.	15	0,1	735	0
	Max.	26,7	4,6	8 120	1
	Moy.	20,22	1,51	3102	0,34
Saison humide	Min.	12,9	0,2	858	0,5
	Max.	21	1,9	3780	7
	Moy.	16,84	1,17	2519	2
Période d'étude	Moy. générale	18,53	1,34	2815	1,17

1.1.1. La température :

L'un des facteurs qui influe sur la vitesse des réactions chimiques et qui joue un rôle important dans l'augmentation de l'activité chimique et surtout bactérienne, est la température. Par définition la température de l'eau est un facteur qui entraîne d'importantes répercussions écologiques et joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz. Une température élevée favorise la croissance des microorganismes (Moussa, 2005 ; OMS, 2006).

La température de l'eau de l'Oued Seybouse durant la période d'étude est d'une moyenne de 18,53°C, un maximum de 26,7°C et un minimum de 12,9°C. Il est à noter que les valeurs de températures enregistrées augmentent d'amont en aval quel que soit la saison ce qui se traduit par le passage depuis le climat des zones internes semi-aride vers le climat Méditerranéen. Ainsi on constate que les valeurs élevées de la température (25,4, 26,7 C°) sont enregistrées en période sèche. Les températures mesurées tout au long du continuum aquatiques variant considérablement mais elles ne dépassent pas les normes des eaux de surfaces 30°C (Rodier, 1996). (Fig.22, Tab. 06, Tab. 07).

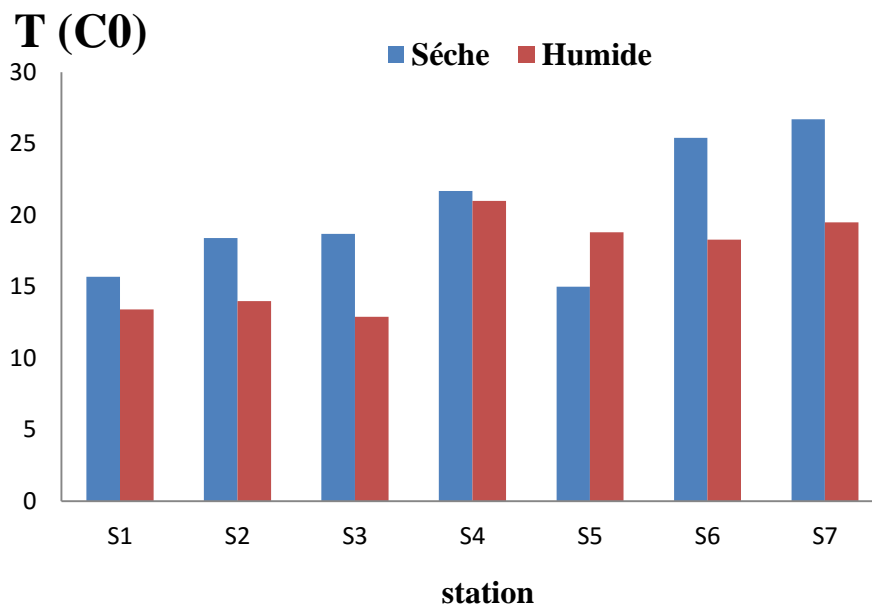


Figure 22 : Variations de la température en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017.

1.1.2. La salinité :

La salinité est une propriété de l'eau qui est fondamentale à l'étude des milieux aquatiques. Elle correspond à la masse de sels contenue dans 1 kg d'eau, elle s'exprime en UPS: Unité Pratique de Salinité, qui équivaut approximativement à 1 mg/g de sel. La salinité de l'eau de mer est en moyenne de 35 UPS, soit 35g/kg, celle des eaux saumâtres est de 5 à 18 UPS et celle des eaux douces est inférieure de 0,5 UPS (Aminot. et Chaussepied, 1983).

La salinité des eaux d'oued Seybouse varie durant la période d'étude en moyenne de 1,51 P.S.U pour la saison sèche et 1,17 P.S.U en période humide. C'est la station embouchure qui présente les teneurs en salinités les plus importantes variant entre 4,6 P.S.U (saison sèche) et 1,9 P.S.U (saison humide) avec une moyenne de 1,34 P.S.U. Les valeurs élevées sont en effet le résultat des intrusions marines dans l'Oued lorsque le débit s'affaiblit. Les pénétrations marines ne se font sentir véritablement qu'en période sèche ou les précipitations sont très faibles en cette époque de l'année (Fig. 23, Tab. 06, Tab. 07).

L'augmentation de la salinité des eaux de la station aval au niveau de l'embouchure est la conséquence à la fois des intrusions marines et des activités industrielles et spécialement au niveau de la commune de Sidi Salem (Necib and Rezig , 2011) (exp: effluent du complexe FERTIAL qui montre des salinités parfois comparables à celles du littoral (Ounissi et al., 2008).

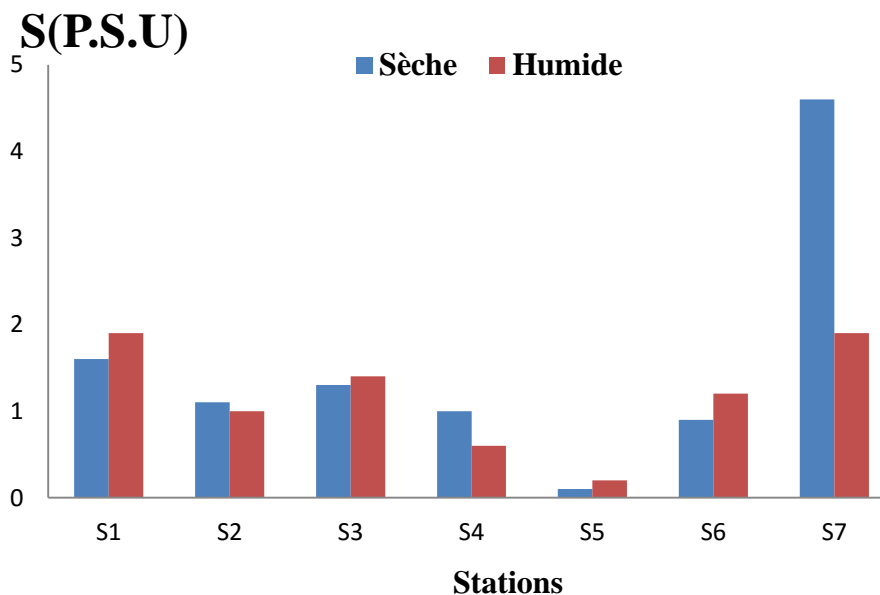


Figure 23 : Variations de la salinité en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017

1.1.3. La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique est proportionnelle à la quantité des sels ionisables dissous, elle constitue un bio-indicateur du degré de minéralisation de l'eau (Nisbet and Verneaux, 1970). En effet, la conductivité électrique est une expression numérique de la capacité d'une solution à conduire le courant électrique. La plupart des sels minéraux en solution sont de bons conducteurs. Par contre, les composés organiques sont de mauvais conducteurs. La conductivité électrique standard s'exprime généralement en millisiemens par centimètre (mS/cm) à 20 °C. La CE d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Beaudry et Henry, 1984).

Les eaux d'Oued Seybouse présentent des valeurs de conductivité électrique fluctuent dans l'intervalle [735 - 8120] $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec un moyenne de 2810 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durant la période d'étude. Certaines valeurs de la conductivité électrique des eaux de l'Oued Seybouse sont supérieures à 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, donc ces eaux sont de minéralisation élevée.

L'Oued Seybouse transporte des sels, donnant une grande conductivité. Ces sels provenant des rejets industriels du complexe FERTIAL et surtout au niveau de la commune de Sidi Salem (Necib A. et Rezig H., 2011), ainsi l'intrusion des eaux marines pourraient être la cause de ces fortes valeurs notamment dans la station embouchure ou la conductivité atteint son maximum de 8120 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en saison sèche.

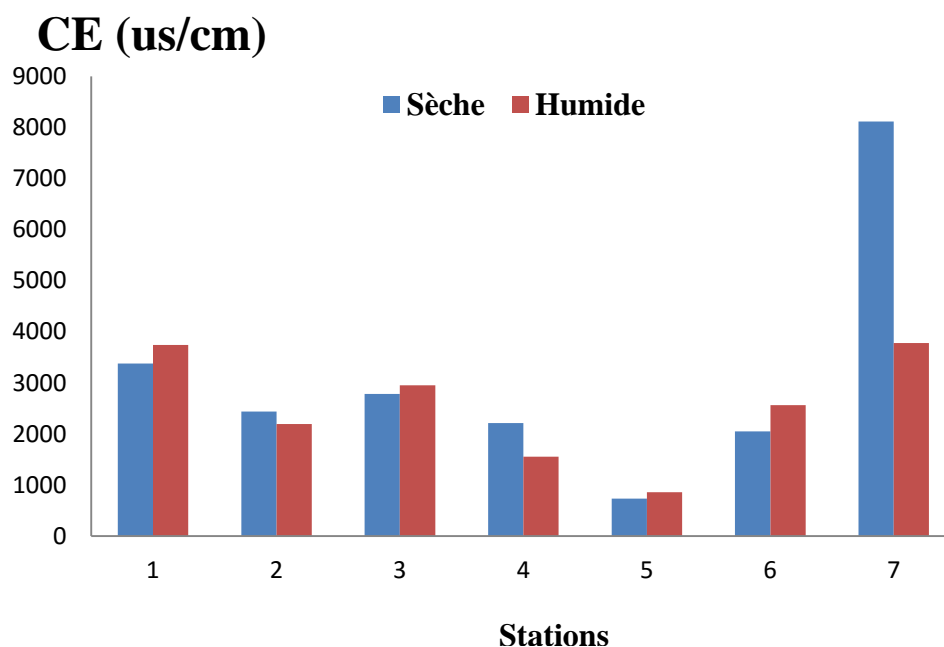


Figure 24 : Variations de la conductivité électrique en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017

La réglementation algérienne précise la norme de qualité de $2800 \mu\text{S}/\text{cm}$ à 20°C (JORA, 2011). Les eaux de la séquence étudiée ne sont pas destinées à la consommation, mais peuvent être utilisés pour l'irrigation des placettes agricoles. Une conductivité de l'eau supérieure à $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ fait considérer une eau comme difficilement utilisable dans les zones irriguées (Rodier, 2005).

Dans le cas des eaux de l'Oued Seybouse et dans l'ensemble des stations échantillonnées ce seuil est largement dépassé. Ces eaux seraient donc impropres à l'irrigation des terres agricoles.

1.1.4. Le débit :

Le débit correspond à un volume d'eau s'écoulant dans un cours d'eau par unité de temps à un endroit donné (il s'exprime en m^3/h). C'est la grandeur définissant le mieux l'état hydrologique du bassin-versant. C'est également la grandeur caractéristique de la ressource en eau (eau potable, irrigation, hydro-électricité) et du risque. La variabilité du débit des rivières est directement liée aux conditions météorologiques et à la régulation par les barrages.

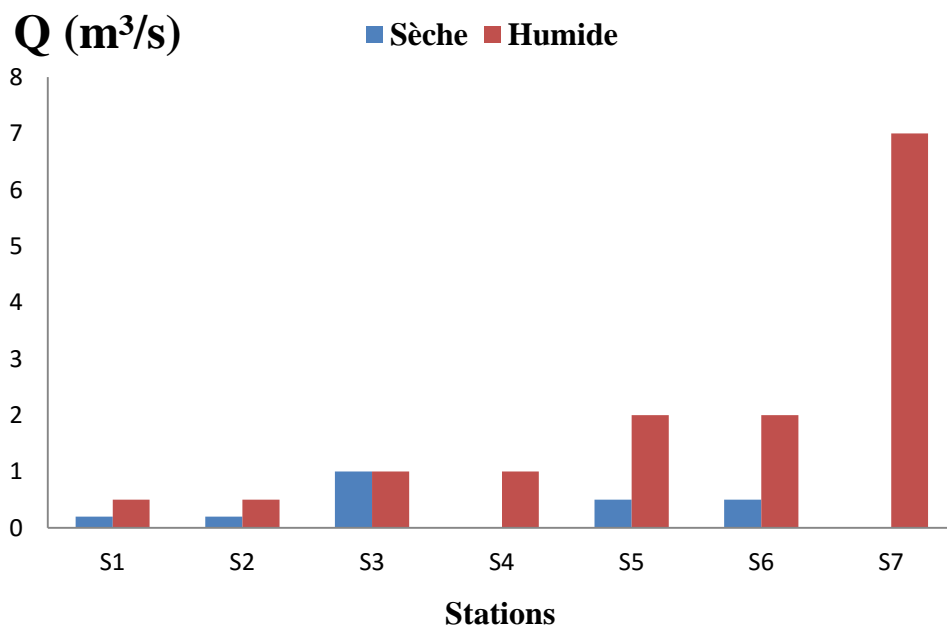


Figure 25 : Variations de débit en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire de Seybouse durant l'année 2016.2017

D'un point de vue écologique, les apports des rivières méditerranéennes jouent un rôle clé dans la fertilisation et la productivité des côtes adjacentes. Cependant, il est certain que les apports en eau et les éléments associés (nutriments et sédiments) à la Méditerranée ont connu d'importants changements tant qualitatifs que quantitatifs durant ces décennies (Ludwig et al. 2009).

Durant la période d'étude, le débit d'oued Seybouse est très variable avec des valeurs extrêmes de $0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ en période sèche jusqu'à $7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ pendant la période humide (Fig. 18). Les débits enregistrés durant la saison humide sont toujours supérieurs à ceux enregistrés en saison sèche dans toutes les stations. A l'amont du barrage de foug elkhanga, le débit varie entre $0,2$ et $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ avec un débit moyen de $0,35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ alors qu'à l'aval du barrage le débit moyen est de $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A l'amont du barrage de Bouhamdane le débit varie entre 0 et $1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ avec un débit moyen de $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ alors qu'à l'aval du barrage le débit moyen est $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. A l'amont de l'estuaire (station rivière) le débit varie entre $0,5$ et $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, avec un débit moyen de $1,25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ alors qu'à l'aval de l'estuaire (station embouchure) le débit moyen est $3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (Fig. 25).

1.2. Distribution des nitrites (NO_2^-) dans le bassin versant de Seybouse :

Dans le cycle de l'azote, Les nitrites (NO_2^-) ou l'azote nitreux, représentent une forme moins oxygénée et moins stable, elle représente la forme du passage entre les ions nitrates et l'azote ammoniacal l'ammonium.

En général, cette forme est minoritaire par rapport aux autres formes d'azote inorganique. Les ions nitrites constituent une forme transitoire de l'azote minéral dissous, dépassant 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 constitue le stock convertible ou réserve potentielle d'ammonium ou de nitrate tout dépend des conditions d'oxydoréduction du milieu. (Sifi et chenaker, 2017)

1.2.1. Barrage de foug elkhanga:

Les teneurs en NO_2^- des eaux du barrage de foug elkhanga construit sur la branche d'oued Cheref varient considérablement entre saison sèche et humide et entre amont et aval du barrage. En saison sèche des fortes teneurs en nitrites variant en effet entre $18 \mu\text{M}$ et $47 \mu\text{M}$ en amont 2 et amont 1 respectivement avec une moyenne de $32 \mu\text{M}$, en aval les concentrations sont évaluées seulement à $3 \mu\text{M}$ (Fig. 26; Tab. 8). En période humide les teneurs en NO_2^- oscillent entre $5 \mu\text{M}$ et $27 \mu\text{M}$ avec une moyenne de $16 \mu\text{M}$ en amont, les concentrations en aval du barrage avoisinent $23 \mu\text{M}$ (Fig. 26; Tab. 8).

On constate que les teneurs des nitrites sont inférieures en aval qu'en amont et par conséquent, la rétention du nitrite au niveau du barrage en saison sèche est de l'ordre de $20\mu\text{M}$ (92%). Par ailleurs, les teneurs en nitrites sont supérieures en aval qu'en amont et par conséquent il y a une production du nitrite au niveau du barrage en saison humide de l'ordre de $7\mu\text{M}$ (44%) (Fig. 26; Tab.8).

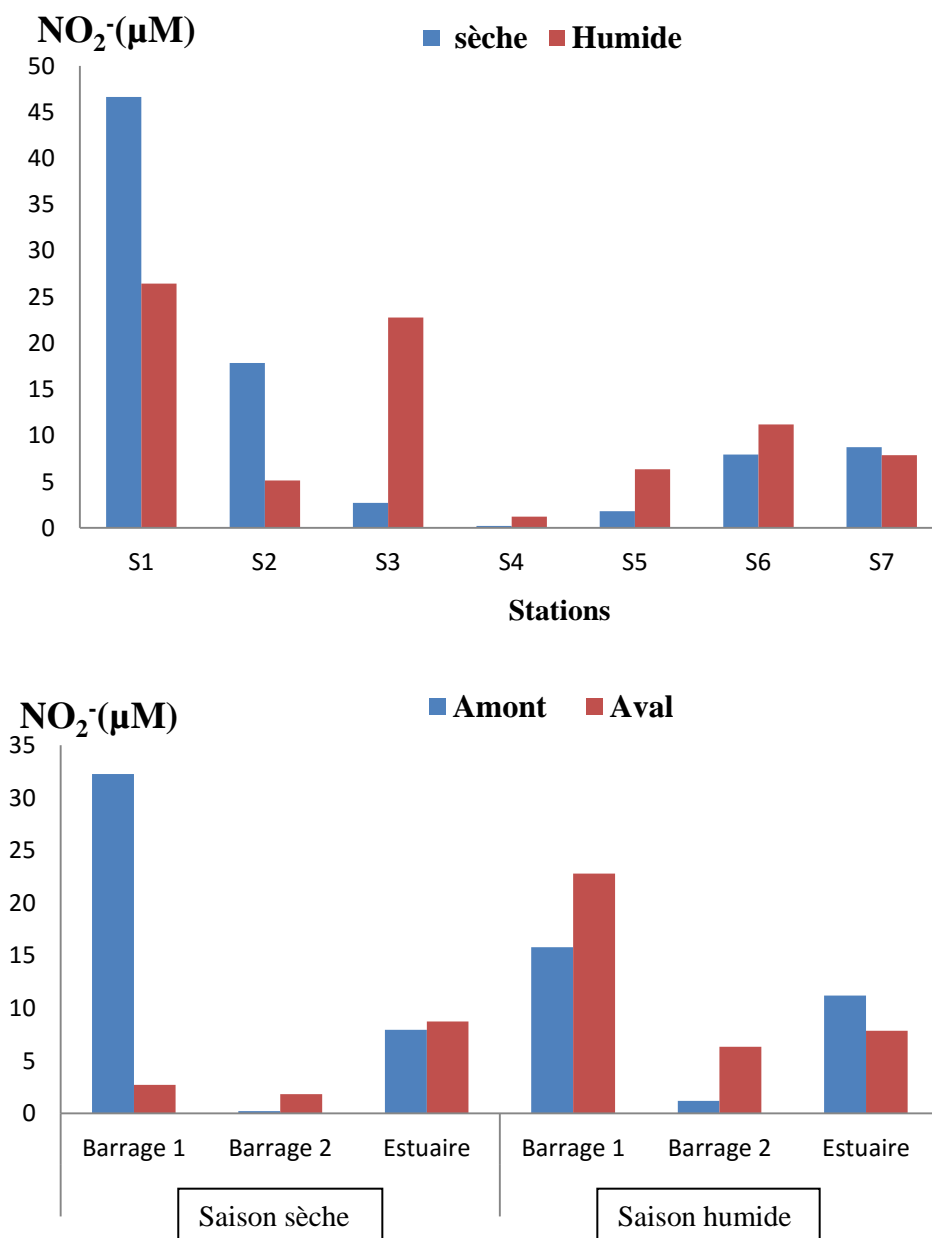


Figure 26. Variations des teneurs de nitrite en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.

1.2.2. Barrage de Bouhamdane :

Les teneurs en NO_2^- des eaux introduites au barrage de Bouhamdane construit sur oued Bouhamdane sont de l'ordre de $0,24 \mu\text{M}$ durant la saison sèche, alors que les teneurs enregistrées en aval représentent $1,83 \mu\text{M}$. En saison humide les concentrations en NO_2^- semblent plus importantes et varient entre $1,21 \mu\text{M}$ en amont et $6,34 \mu\text{M}$ en aval du barrage (Fig. 26; Tab. 8). Il est à noter que le sous bassin de foug elkhanga est plus riche en nitrite que celui de Bouhamdane.

A partir des résultats précédents nous remarquons que le barrage de Bouhamdane a un taux de production qui varie entre $1,59\mu\text{M}$ (670%) en saison sèche et $5,13\mu\text{M}$ (424%) en saison humide (Tab 8). Les teneurs des NO_2^- des eaux de la sortie de barrage de Bouhamdane ont augmenté comparées aux valeurs d'entrée du barrage avec une moyenne de $4,09\mu\text{M}$. On constate que les nitrites ont été soumis à une production dans le barrage (Fig. 26; Tab. 8).

1.2.3. Estuaire :

L'azote nitreux est toujours remarquablement abondant dans les eaux de Seybouse ou la moyenne de l'ordre de $7,96 \mu\text{M}$ à l'amont de l'estuaire (station rivière) et $8,74 \mu\text{M}$ à son aval (station de l'embouchure) en saison sèche. En saison humide les ions nitrites sont toujours abondants ou la moyenne est de l'ordre de $11,21\mu\text{M}$ à l'amont de l'estuaire est presque 1,5 fois moins chargé en nitrites qu'à l'embouchure (Fig. 26). Cet élément peut donc être toxique à ces concentrations exagérées (la moyenne à l'embouchure de $7,86 \mu\text{M}$). On peut comprendre que le littoral récepteur devrait recevoir d'énormes masses de nitrites ayant pour effet une toxicité pour la faune, si ce stock n'était pas convertit en nitrate.

Il est important de signaler que les ions nitrites ne suivent pas une tendance systématique bien claire en traversant l'estuaire, en effet la figure 26 et le tableau 8 montrent que la partie estuarienne de Oued Seybouse fonctionne comme zone de production des ions NO_2^- durant la période sèche (production de $0,78\mu\text{M}$ (9,85%)) et zone de rétention des ions NO_2^- durant la période humide (rétention de $3,35\mu\text{M}$ (30%)).

Tableau 08 : Teneurs des NO_2^- (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

$(\text{NO}_2^-)(\mu\text{M})$		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	32	2,71	-29,54	-92
	Barrage 2	0,24	1,83	1,59	670
	Estuaire	7,96	8,74	0,78	9,85
Saison humide	Barrage 1	16	22,78	6,97	44
	Barrage 2	1,21	6,34	5,13	424
	Estuaire	11,21	7,86	-3,35	-30

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.3. Approximation du flux et du bilan du NO_2 dans le bassin de Seybouse:

Le suivi des concentrations en NO_2^- dans l'Oued Seybouse durant la période Septembre 2016 jusqu'à avril 2017 a permis d'estimer le flux du nitrite introduit à la côte (tab.9). Les valeurs positives des flux signifient une production ou l'amont est inférieur à l'aval et les valeurs prenant une charge négative signifient une consommation c'est-à-dire que le flux à l'amont est supérieur à l'embouchure.

1.3.1. Flux des nitrites en amont et en aval des barrages :

Le barrage de Foug Elkhanga reçoit un flux variant entre 5,97 et 6,98 t/an et il déverse un flux de 1,20 et 10,06 t/an en saison sèche et humide respectivement ce qui fait qu'il agit comme consommateur de 4,77 t/an (80%) en saison sèche et un producteur de 3,08 t/an (44%) du nitrite en période humide.

Contrairement, le barrage de Bouhamdane agit comme un producteur du nitrite quel que soit la période. En saison sèche, le tributaire de Bouhamdane qui l'alimente se trouve à sec, donc le barrage ne reçoit aucun flux du nitrite (0 t/an) durant cette période alors qu'il produit un flux de 0,40 t/an (100%). En saison humide il reçoit un flux du nitrite de 0,53 t/an et déverse 5,60 t/an comme s'il produit un flux de 5,07 t/an ce qui correspond à un pourcentage de 947%.

Tableau 09 : Teneurs des (NO₂⁻) (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

(NO ₂ ⁻)(t/an)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	5,97	1,20	-4,77	-80
	Barrage 2	0,00	0,40	0,40	100
	Estuaire	1,76	0,00	-1,76	-100
Saison humide	Barrage 1	6,98	10,06	3,08	44
	Barrage 2	0,53	5,60	5,07	947
	Estuaire	9,90	24,30	14,40	145

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.3.2. Flux des nitrites en amont de l'estuaire et à l'embouchure:

L'estuaire est une zone frontalière où l'eau douce rencontre l'eau de mer, ce milieu de transition joue un rôle important en tant que témoin des échanges entre les milieux continentaux et côtiers. Ces caractéristiques très complexes de l'estuaire changent remarquablement avec le cycle hydrologique, en effet, l'estuaire de Seybouse reçoit en saison sèche et humide un flux variant entre 1,76 et 9,90 t/an respectivement et il déverse un flux allant de 0 à 24,30 t/an, ce qui fait qu'il acte comme producteur de 14,40 t/an (145%) en saison humide et un consommateur de 0,76 t/an (100%) du nitrite en période sèche (Période de fermeture de l'embouchure). Le flux du nitrite au niveau de l'estuaire est très variable et contrôlé surtout par le débit qui est à son tour tributaire à la fois des précipitations et de la phase estuarienne.

1.4. Distribution des nitrates (NO₃⁻) dans le bassin versant de Seybouse :

Les nitrates caractérisent les eaux dulçaquicoles où cet élément constitue l'essentiel du stock de l'azote inorganique dissous. Les influences anthropiques modifient cependant l'importance de l'azote oxydé en particulier les eaux domestiques fortement enrichit en ammonium. Les eaux faiblement concentrées en nitrates expriment leur mauvaise qualité.

1.4.1. Barrage de foug elkhanga :

Durant la période d'étude on note les teneurs en NO₃⁻ des eaux en amont au barrage de foug elkhanga sont de l'ordre de 39,2µM, alors que les teneurs enregistrées en aval

représentent $17,8\mu\text{M}$, durant la saison sèche. Au cours de la période humide nous enregistrons $43,1\mu\text{M}$ en amont et $12,3\mu\text{M}$ en aval de barrage.

On constate que les teneurs des nitrate s'avèrent toujours inférieures en aval qu'on amont et par conséquent il y a une rétention du nitrate au niveau du barrage quel que soit la période, en effet, le taux de rétention varie entre $21,4\mu\text{M}$ (55%) en saison sèche et $30,8\mu\text{M}$ (72%) en saison humide (Tab 10).

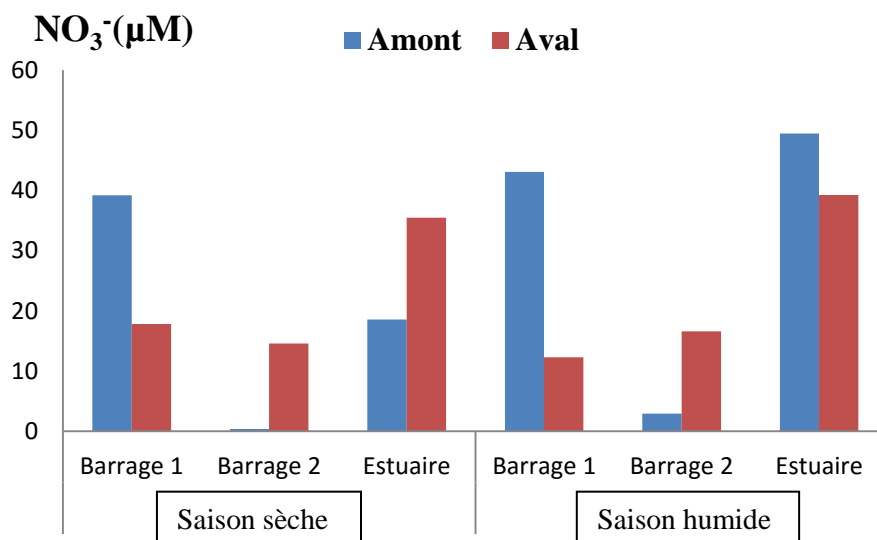
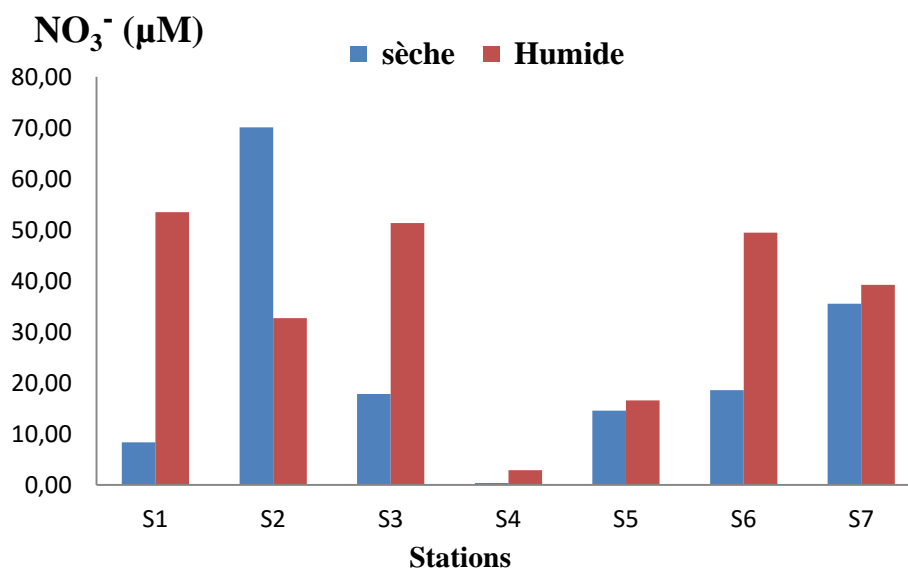


Figure 27 : Variations des teneurs de nitrate en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.

1.4.2. Barrage de Bouhamdane :

Durant la saison sèche Les teneurs en NO_3^- enregistrée en amont de barrage Bouhamdane sont de l'ordre de $0,35\mu\text{M}$ alors que les teneurs enregistrées en aval représentent $14,57\mu\text{M}$. En saison humide les concentrations en NO_3^- semblent plus importantes et varient entre $2,89\mu\text{M}$ en amont et $16,58\mu\text{M}$ en aval du barrage (Fig. 27; Tab.10). Le sous bassin de foug elkhanga est plus riche en nitrate que celui de Bouhamdane.

Il importe de signaler qu'au niveau du barrage, le taux de production varie entre $13,69\mu\text{M}$ (474%) en saison humide et $14,22\mu\text{M}$ (407,71%) en saison sèche (Tab 10). Les teneurs des NO_3^- des eaux de la sortie de barrage de Bouhamdane ont augmenté comparées aux valeurs d'entrée du barrage ($0,35\mu\text{M}$ en saison sèche et $2,89\mu\text{M}$ en saison humide) avec une moyenne de $1,62\mu\text{M}$. On constate que les nitrates ont été soumis à une production dans le barrage (Fig.27; Tab. 10).

1.4.3. Estuaire :

En saison sèche les ions nitrates sont toujours abondants ou la moyenne est de l'ordre de $35,5\mu\text{M}$ à l'embouchure est presque 2 fois plus chargé en nitrates qu'en amont de celui-ci (aval de l'estuaire) ou la concentration est de l'ordre de $18,5\mu\text{M}$ (Fig. 25) peut être en raison de l'oxydation d'une fraction de l'ammonium. Bien au contraire en saison humide les nitrates apparaissent abondants en amont ($49,5\mu\text{M}$) qu'en aval de l'estuaire ($39,5\mu\text{M}$). Or, si l'azote minéral évolue de façon conservative dans son trajectoire amont-aval, on s'aperçoit que le rajout en nitrate au niveau de l'aval est dû à la fraction de l'ammonium supposée sujette à oxydation sous forme de nitrate et de nitrite.

Nous remarquons que la partie estuarienne d'Oued Seybouse est une zone de production des ions NO_3^- ($17\mu\text{M}$ (92%)) en saison sèche, par contre elle consomme $10\mu\text{M}$ (21%) en saison humide (Tab 10).

Tableau 10 : Teneurs des NO_3^- (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NO_3^- (μM)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	39,2	17,8	-21,4	-55
	Barrage 2	0,35	14,6	14,2	4048
	Estuaire	18,5	36	17	92
Saison humide	Barrage 1	43,1	12,3	-31	-72
	Barrage 2	2,89	16,6	13,7	474
	Estuaire	49,5	39,2	-10	-21

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.5. Approximation du flux et du bilan du (NO_3^-) dans le bassin de Seybouse:

Le suivi des concentrations en NO_3^- dans l'Oued Seybouse durant la période Septembre 2016 jusqu'à avril 2017 a permis d'estimer le flux du nitrate introduit à la côte (tab. 11).

1.5.1. Flux des nitrates en amont et en l'aval des barrages :

Le barrage de Foug Elkhanga reçoit un flux variant entre 6,9 et 19t/an et il déverse un flux de 7,85 et 22,7 t/an en saison sèche et humide respectivement, ce qui fait qu'il agit comme producteur de 0,93 t/an (13,41%) en saison sèche et de 3,64t/an (19%) du nitrate en période humide. De la même façon le barrage de Bouhamdane agit comme un producteur des nitrates quel que soit la période. En saison sèche, le tributaire de Bouhamdane se trouve à sec, donc le barrage ne reçoit aucun flux du nitrate (0 t/an) durant cette période alors qu'il produit un flux de 3,22 t/an (100%). En saison humide il reçoit un flux de 1,27t/an et déverse 14,6t/an comme s'il produit un flux de 13,37t/an ce qui correspond à un pourcentage de 1049%.

Tableau 11 : Teneurs des NO_3^- (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NO_3^- (t/an)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	6,9	7,85	0,93	13
	Barrage 2	0,00	3,22	3,22	100
	Estuaire	4,09	0,00	-4,09	-100
Saison humide	Barrage 1	19	22,7	3,64	19
	Barrage 2	1,27	14,6	13,4	1049
	Estuaire	43,7	121,2	77,6	178

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.5.2. Flux des nitrates en amont de l'estuaire et à l'embouchure:

l'estuaire de Seybouse reçoit en saison sèche et humide un flux variant entre 4,09 et 43,66 t/an respectivement et il déverse un flux allant de 0 à 121,22 t/an, ce qui fait qu'il acte comme producteur de 77,55t/an (178%) en saison humide et un consommateur de 4,09 t/an (100%) de L'ammonium en période sèche (Période de fermeture de l'embouchure).

1.6. Distribution de L'ammonium (NH_4^+) dans le bassin versant de Seybouse :

Les ions NH_4^+ constituent la forme réduite des composés minéraux azotés. Ils sont peu représentés dans les milieux ouverts (Océan et cours d'eau), préférentiellement utilisés par les algues et les microphytes.

1.6.1. Barrage de foug elkhanga :

Les teneurs en NH_4^+ des eaux du barrage de foug elkhanga construit sur la branche d'oued Cheref varient considérablement entre saison sèche et humide et entre amont et aval du barrage. En saison sèche les teneurs en ammonium varient en effet entre 23,8 et 118,3 μM en amont 2 et amont 1 respectivement avec une moyenne de 71 μM , en aval les concentrations sont augmentées à 161,3 μM (Fig. 28; Tab. 12). En période humide les teneurs en ammonium sont en moyenne de 8,71 μM en amont, par contre les teneurs en aval du barrage sont évaluées à 12,3 μM (Fig. 28; Tab. 12).

Il y a une production de l'ammonium au niveau du barrage quel que soit la période, en effet, le taux de production varie entre 90,3 μM (127%) en saison sèche et 3,56 μM (41%) en saison humide (Tab 12). On constate que l'ammonium a été soumis à une production dans le barrage durant toute la période d'étude (Fig. 28; Tab.12).

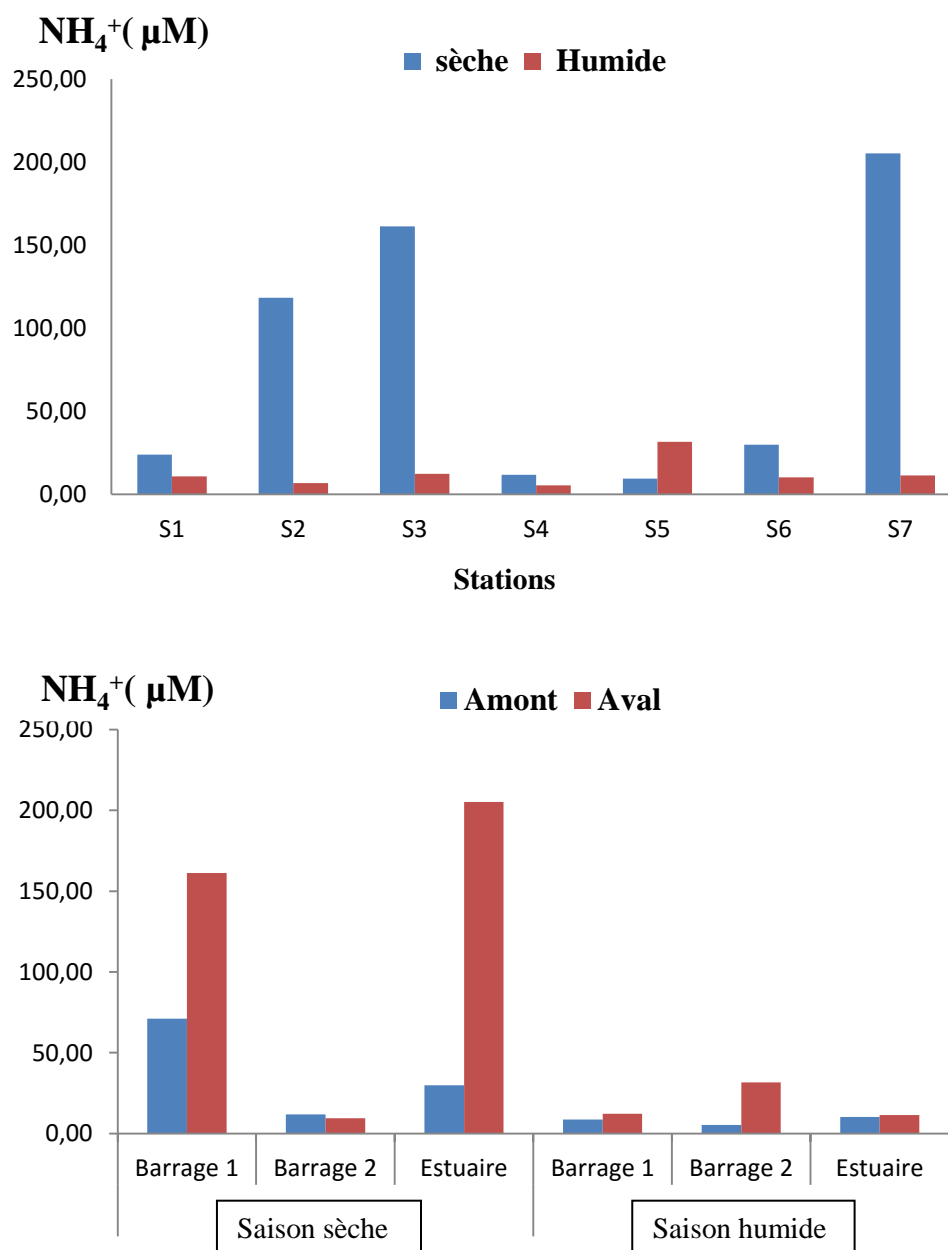


Figure 28 : Variations des teneurs en ion ammoniums (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.

1.6.2. Barrage de Bouhamdane :

Les teneurs en ammonium des eaux introduites au barrage de Bouhamdane construit sur oued Bouhamdane durant la saison sèche sont de l'ordre de $11,7\mu\text{M}$, alors que les teneurs enregistrées en aval représentent $9,5\mu\text{M}$. En saison humide les concentrations en NH_4^+ semblent plus importantes et varient entre $5,34\mu\text{M}$ en amont et $31,7\mu\text{M}$ en aval du barrage (Fig. 28; Tab. 12) avec une moyenne s'élevant à $20\mu\text{M}$ durant toute la période d'étude, il est à noter que le sous bassin de foug elkhanga est plus riche en ammonium que celui de Bouhamdane.

À l'opposé, le barrage de Bouhamdane agit comme une zone de production de l'ammonium en saison humide avec un taux de $26,3\mu\text{M}$ (493%) et zone de rétention en saison sèche avec un taux de $2,23\mu\text{M}$ (19,01%) (Tab. 12).

1.6.3. Estuaire :

Les teneurs en azote réduit sont toujours plus élevées dans la station embouchure. En saison sèche en particulier, les teneurs d'ammonium fluctuent énormément entre $29,8\mu\text{M}$ à la station amont et un maximum de $205\mu\text{M}$ à l'embouchure (Fig. 26; Tab. 11). En période humide les teneurs en NH_4 sont de l'ordre de $10,2\mu\text{M}$ en amont de l'estuaire, par contre les teneurs représentent $11,4\mu\text{M}$ à la station embouchure (Fig. 28; Tab. 12).

Il est important de signaler que la partie estuarienne d'Oued Seybouse en tant qu'entité fonctionne comme véritable zone de production des ions NH_4^+ durant la période d'étude, en effet, le taux de production varie entre $175\mu\text{M}$ (589%) en saison sèche et $1,2\mu\text{M}$ (12%) en saison humide (Tab 12).

Les eaux de l'estuaire de Seybouse sont très riches en ammonium en particulier, en saison sèche à l'embouchure (jusqu'à $205\mu\text{M}$). Ces teneurs anormalement élevées sont enregistrées en relation semble-t-il avec les activités anthropiques (fertilisation des terrains agricoles pour les différentes cultures comme les légumes, rejets industriels et urbains). L'intervention du zooplancton, à travers l'excrétion azotée, peut également expliquer une part de ces concentrations.

Tableau 12 : Teneurs de NH_4^+ (μM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NH_4^+ (μM)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	71	161,3	90,3	127
	Barrage 2	11,7	9,5	-2,23	-19
	Estuaire	29,8	205	175	589
Saison humide	Barrage 1	8,71	12,3	3,56	41
	Barrage 2	5,34	31,7	26,3	493
	Estuaire	10,2	11,4	1,20	12

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E \cdot 100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.7. Approximation du flux et du bilan du NH_4^+ dans le bassin de Seybouse:

La surveillance des teneurs de NH_4^+ dans l'Oued Seybouse durant la période Septembre 2016 jusqu'à avril 2017 a permis d'estimer et d'évaluer le flux d'ammonium introduit à la côte

1.7.1. Flux d'ammonium en amont et en l'aval des barrages :

Le barrage de Foug Elkhanga reçoit un flux variant entre 12,5 et 3,85 t/an et il déverse un flux de 71,2 et 5,42 t/an en saison sèche et humide respectivement, ce qui fait qu'il agit comme producteur de 58,7 t/an (468%) en saison sèche et de 1,57 t/an (41%) du NH_4^+ en période humide. Contrairement, même s'il y a une rétention d'ammonium en termes de concentration au niveau du barrage de Bouhamdane durant la saison sèche la période d'étude (Tab. 13), le barrage de Bouhamdane agit comme un producteur de NH_4 quel que soit la période. En saison sèche, le tributaire de Bouhamdane qui l'alimente se trouve à sec, donc le barrage ne reçoit aucun flux du phosphore (0 t/an) durant cette période alors qu'il produit un flux de 2,1 t/an (100%). En saison humide il reçoit un flux de NH_4 de 2,36 t/an et déverse 28t/an comme s'il produit un flux de 25,6 t/an ce qui correspond à un pourcentage de 1086%.

Tableau 13 : Teneurs de L'ammonium(t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NH ₄ ⁺ (t/an)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	12,5	71,2	58,68	468
	Barrage 2	0,00	2,10	2,10	100
	Estuaire	6,58	0,00	-6,58	-100
Saison humide	Barrage 1	3,85	5,42	1,57	41
	Barrage 2	2,36	28	25,6	1086
	Estuaire	9,02	35,30	26,3	291

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E \cdot 100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.7.2. Flux de l'ammonium en amont de l'estuaire et à l'embouchure:

L'estuaire de Seybouse reçoit en saison sèche et humide un flux variant entre 6,58 et 9t/an respectivement et il déverse un flux du NH₄ de allant de 0 à 35,3 t/an, ce qui fait qu'il acte comme producteur de 26,3 t/an (291%) en saison humide et un consommateur de 6,58t/an (100%) du NH₄⁺ en période sèche (Période de fermeture de l'embouchure). Le flux de l'ammonium au niveau de l'estuaire est très variable et contrôlé surtout par le débit.

1.8. Distribution de L'azote inorganique dissous (NID) dans le bassin versant de Seybouse :

L'azote inorganique dissous NID représente la somme des ions NO₃⁻ + NO₂⁻ + NH₄⁺. Les valeurs du NID fluctuent largement au cours des périodes de l'étude.

1.8.1. Barrage de foug elkhanga :

En saison sèche des fortes concentrations en azote inorganique dissous des eaux du barrage de foug elkhanga variant en effet entre 206 et 78,8μM en amont 2 et amont 1 respectivement avec une moyenne de 142,5μM, en aval les concentrations sont évaluées à 181,8μM (Fig. 29; Tab. 14). En période humide les teneurs en NID oscillent entre 44,51 et 90,7μM avec une moyenne de 67,7μM en amont, alors qu'en aval du barrage les teneurs représentent 86,7μM (Fig. 29; Tab. 14).

On constate que les teneurs des NID s'avèrent toujours supérieure en aval qu'on amont barrage quel que soit la période, en effet, le taux de production varie entre 39,3 μ M (27,5%) en saison sèche et 18,8 μ M (28%) en saison humide (Tab 14). Donc il est important de souligner qu'à la sortie du barrage les teneurs d'azote inorganique dissous ont augmentées avec une moyenne s'élevant à 134 μ M durant toute la période d'étude (Fig. 29; Tab.14).

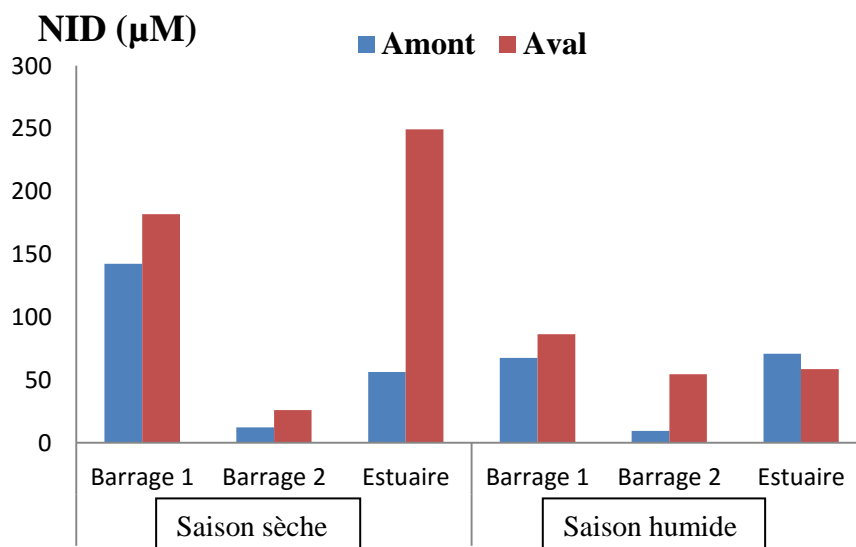
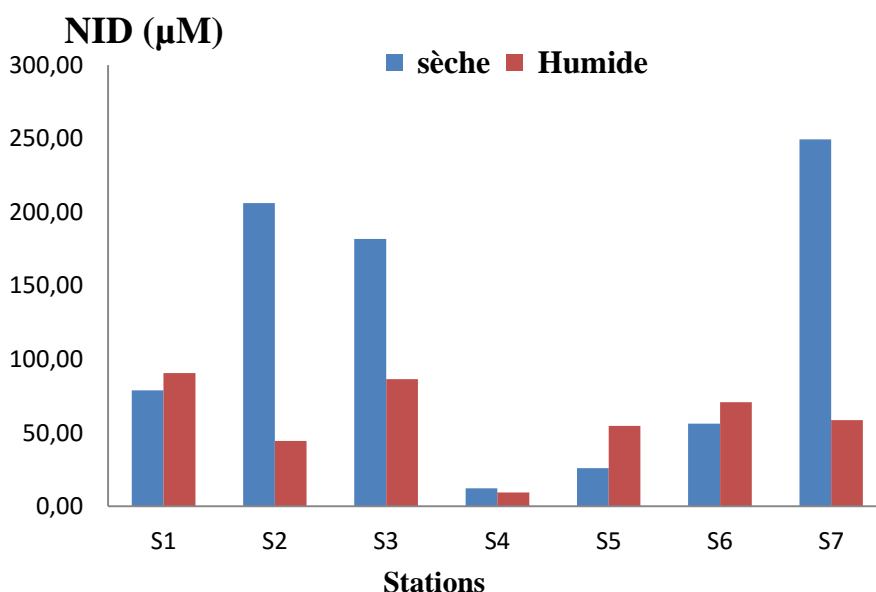


Figure 29 : Variations des teneurs d'azote inorganique dissous (μ M) en amont et en aval des barrages, en amont et en aval de l'estuaire d'oued Seybouse durant la période d'étude.

1.8.2. Barrage de Bouhamdane :

Durant la saison sèche, les concentrations en azote inorganique dissous sont de l'ordre de 12,3µM en amont du barrage de Bouhamdane alors que les teneurs enregistrées à son aval sont augmentées de 2 fois. En saison humide les concentrations en NID varient entre 9,44µM en amont et 6 fois plus qu'à son aval (Fig. 29; Tab. 14). Il est à noter que le sous bassin de foug elkhanga est plus riche en NID que celui de Bouhamdane. Donc, il y a effectivement une production d'azote inorganique dissous au niveau du barrage durant toute la période d'étude, en effet, le taux de production varie entre 13,6µM (110%) en saison sèche et 45,2µM (478%) en saison humide (Tab. 14).

1.8.3. Estuaire :

Les teneurs en NID au niveau de l'estuaire de Seybouse varient entre 56,3µM à la station amont et 5 fois plus importantes (250µM) à l'embouchure durant la saison sèche. Par contre durant la saison humide, les valeurs du NID sont presque comparables entre la station amont (71µM) et aval (59µM). Paradoxalement, l'estuaire suit un comportement différent ou il produit 193,16 µM (343,16%) du NID durant la période sèche, par contre en saison humide il y a une rétention de 12,4µM (17%) (Tab 14).

Il faut souligner qu'en termes de moyenne les teneurs les plus élevées sont rencontrées à la station embouchure à la différence de la station amont de l'estuaire. La distribution temporelle montre que les valeurs les plus élevées sont enregistrées en période sèche (Fig. 29) qu'en saison humides.

Tableau 14: Teneurs de NID (µM) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l'estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NID (µM)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	142,5	181,8	39,3	27,6
	Barrage 2	12,3	25,9	13,6	110
	Estuaire	56,3	249,5	193	343
Saison humide	Barrage 1	67,6	86,7	18,8	28
	Barrage 2	9,44	54,6	45,2	478
	Estuaire	70,9	58,5	-12,4	-17

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l'entrée de l'estuaire et S est la teneur à la sortie de l'estuaire)

1.9. Approximation du flux et du bilan du (NID) dans le bassin de Seybouse:

Le suivi des concentrations en NID dans l’Oued Seybouse durant la période Septembre 2016 jusqu’à avril 2017 a permis d’estimer le flux du NID introduit à la côte (tab. 14).

1.9.1. Flux de L’azote inorganique dissous en amont et en l’aval des barrages :

Le barrage de Foum Elkhanga reçoit un flux du NID variant entre 25,2 et 29,8 t/an et il déverse un flux de 80,3 et 38,1 t/an en saison sèche et humide respectivement, ce qui fait qu’il acte comme producteur de 55 t/an (219%) en saison sèche et de 8,29 t/an (28%) en période humide. Parallèlement, le barrage de Bouhamdane agit comme un producteur d’azote inorganique dissous quel que soit la période. En saison sèche, le barrage ne reçoit aucun flux du NID (0 t/an) durant cette période alors qu’il produit un flux de 5,7 t/an (100%). En saison humide il reçoit un flux de 62,6 t/an et 180t/an en amont et en aval respectivement, comme s’il produit un flux annuel de 118,23 t/an (189%).

Tableau 15 : Teneurs de NID (t/an) en amont et en aval des barrages, en amont et aval de l’estuaire et taux de rétention (R%). Rétention (-) ; production (+).

NID (t/an)		Amont	Aval	Production/Rétention	Pourcentage de Production/Rétention
Saison sèche	Barrage 1	25,16	80,26	55,10	219
	Barrage 2	0,00	5,71	5,72	100
	Estuaire	12,42	0,00	-12,43	-100
Saison humide	Barrage 1	29,84	38,12	8,29	28
	Barrage 2	4,16	48,20	44,03	1057
	Estuaire	62,58	180,82	118,23	189

Le taux de rétention (R%) est calculé comme suite : $R\% = - (E - S)/E.100$ (Où E est teneur à l’entrée de l’estuaire et S est la teneur à la sortie de l’estuaire)

1.9.2. Flux L’azote inorganique dissous en amont de l’estuaire et à l’embouchure:

L’estuaire de Seybouse reçoit en amont un flux variant entre 12,4 et 62,6 t/an en saison sèche et humide respectivement, à l’embouchure le flux du NID va de 0 à 180,8 t/an, ce qui fait qu’il acte comme producteur de 118 t/an (189%) en saison humide et un consommateur de 12,4 t/an (100%) du NID en période sèche (embouchure fermée).

2. Discussion

Ce travail vise principalement à évaluer la distribution, le flux de l'élément nutritif (N) du bassin versant de Seybouse aux eaux côtières et déterminer les effets des barrages et de la zone estuarienne sur les transformations biogéochimiques de N depuis l'amont du bassin jusqu'à l'embouchure dans la mesure où la connaissance des concentrations et de la composition en éléments nutritifs et de leurs flux sur la base de leur relation source-puits est importante pour la gestion des bassins versants et des eaux côtières adjacentes ([Wolanski et McLusky, 2011](#))

L'examen des résultats permet de constater que les teneurs et les flux des différentes formes de NID d'Oued Seybouse se trouvent modifiées considérablement tout au long du continuum aquatique avant de rejoindre la mer. Ces changements biogéochimiques sont en relation surtout avec la régulation des débits des rivières et à la modification des activités agricoles, domestiques et industrielles et se traduisent en particulier par l'augmentation des teneurs de cet élément (N) d'origine anthropique, ces modifications ayant des impacts sur les cycles biogéochimiques et à la structure du réseau trophique côtier, qui serait aujourd'hui généralisée à l'ensemble des côtes mondiales ([Humborg et al., 2000](#) ; [Turner et al., 1998](#) ; [2003](#)) et les côtes algériennes et notamment le golf de Annaba soumis à l'influence des apports de Seybouse n'échappe pas de ce constat ([Ziouch, 2014](#); [Aounallah, 2015](#); [Ounissi et al., 2008, 2014, 2018](#)).

Durant la période d'étude, le NID subit une série de dépôts et de reprises sur son parcours au sein même du bassin versant. On constate que les teneurs des NID s'avèrent toujours supérieures en aval du barrage de Foug elkhanga qu'à son amont quel que soit la période avec un taux de production de 28%. Même si le sous-bassin de Bouhamdane est moins riche en NID que celui de Foug elkhanga, il se comporte similairement où le taux de production est de 29,4µM en moyenne.

Les teneurs en NID au niveau de l'estuaire de Seybouse varient entre 56,3µM à la station amont et 5 fois plus importantes (250µM) à l'embouchure durant la saison sèche.

Par contre durant la saison humide, les valeurs du NID sont presque comparables entre les deux stations. Il faut souligner qu'en termes de moyenne les teneurs les plus élevées sont rencontrées à la station embouchure ce qui traduit une qualité médiocre des eaux, donc on assiste à une véritable production de quantités de NID qui sera déversées en mer ce qui explique non seulement l'origine anthropique du NID mais aussi les processus de remise en suspension à partir du sédiment. Il semble que ces fortes teneurs de NID peuvent être liées à l'activité agricole qui est devenue intensive (200 kg/hectare de fertilisants) qui se développent

dans les bassins moyen et inférieur de Seybouse (3 à 4% de la superficie totale du bassin versant; [UNEP/MAP, 2013](#)), les rejets industriels et domestiques peuvent être relevant.

Affectés par les variations de débits de rivière entre les différents mois, les flux du NID ont présenté des fluctuations plus larges, avec des pics se produisant principalement en saison des pluies. Le barrage de Foug Elkhanga produit annuellement 32t/an. Alors que le barrage de Bouhamdane produit un flux annuel de 4 fois plus (118t/an) en raison peut-être des lâchers de barrages pour des fins agricoles.

. Le Flux du NID au niveau de l'estuaire et plutôt contrôlé en plus du débit de la rivière par la phase estuarienne, en effet, l'estuaire de Seybouse reçoit en amont un flux variant entre 12,4 et 62,6t/an en saison sèche et humide respectivement, à l'embouchure le flux du NID va de 0 à 181t/an, ce qui fait qu'il agit comme producteur de 118t/an en saison humide et un consommateur de 12,4t/an (100%) du NID en période sèche (embouchure fermée en phase lagunaire).

Suite à des débits modérés (0-7 m³/s) les flux du NID introduits à la côte semblent très faibles comparés à ceux des rivières méditerranéens ([El Boukhary 2005](#); [Ludwig et al 2009](#); [UNEP/MAP, 2013](#)), et aussi à des fleuves algériens rapportés précédemment par ([Ounissi et Bouchareb 2013](#); [Ounissi et al 2008, 2014, 2018](#), [Aounallah 2015](#); [Bougdah & Bouchareb 2016](#); [Kebabsa et al 2016](#)). En effet, les flux d'éléments nutritifs introduit à la baie d'Annaba ont été estimés à 10000 t/an de N et 3000 t/an de P, dont 60% sont retournés à Seybouse ([Ounissi et al 2008](#)). Selon [Ziouch \(2014\)](#), les flux de nutriments délivrés par les estuaires de Seybouse et de Mafragh dans la baie d'Annaba au cours de la période 2007-2009 ont atteint 4140t/an (DIN), 100t/an (PO₄) et 4865t/an (SiO₄) via Seybouse et 462 t/an (DIN), 92t/an (PO₄) et 2260 t/an (SiO₄) via Mafragh. Dans le même contexte, [Guillaud \(1983\)](#) a signalé que le flux de silicium dans l'estuaire de la Seine (France) était d'environ 38000 t/an.

À cause de l'anthropisation (fertilisants agricoles, rejets domestiques et industriels) les eaux du bassin de Seybouse se trouvent très riches en NID (250µM à l'embouchure durant la saison sèche), et très riche en PO₄ ([Chenaker et Sifi, 2017](#); [Messaadia, 2018](#)). D'autre part il y a une diminution de Si tout au long du bassin versant (barrages et estuaire) ([Allague, 2017](#)). Les masses de SiO₄ déjà réduites naturellement dans nos estuaires et par le faible écoulement et par la nature géologique des roches et sédiments pauvres en Si (moyennes mondiale 150 µM ([Tréguer et al., 1995](#))). Le Si est d'avantage amoindri par de fortes éliminations dans les barrages (32% au niveau du barrage de Foug Elkhanga construit sur la branche cheref et 54% au niveau du barrage de Hammam Debagh construit sur la branche Bouhamdane) ([Allague, 2017](#)).

A titre de comparaison, d'après [Bouchareb, \(2013\)](#), Les masses de SiO_4 entrant aux barrages sont retenues à des proportions variant entre 50% à Zerdaza, 64% à Zit-Amba et 67% à Beni-Haroun. Ces piégeages sont bien inférieurs à ceux de NID (51 à 93%) et de PID (68 à 97%).

Durant la période d'étude les valeurs du rapport N/P s'écartent fortement de la valeur d'équilibre en toute saison (Tab. 15). A l'embouchure les valeurs de N/P sont en moyenne altérées (48) sous l'influence des apports anthropiques (enrichis en azote apporté par les fertilisants agricoles qu'en phosphates apportés par les rejets urbains) (Tab. 16). En revanche, les faibles valeurs Si/P (13,5) et Si/N (0,4) (enrichis en azote et en phosphates qu'en Silicium) qui peut être expliqué par la dominance des rejets anthropiques d'une part et la rétention du silicium dans les barrages d'autre part.

Tableau 16: Les valeurs du rapport N/P, Si/N et Si/P à l'embouchure durant la période d'étude. ([Chenaker et Sifi, 2017](#) ; [Allague, 2017](#) ; [Messaadia 2018](#)).

Embouchure	Saison sèche	Saison humide	Période d'étude
N/P	69	27	48
Si/N	0,2	0,6	0,4
Si/P	11	16	13,5

En définitive, on assiste à une production ou récompensations de N et du P suite à un apport par les activités anthropiques comme ça été déjà démontée par des travaux antérieurs ([Conley et al., 1993](#); [Billen and Garnier, 2007](#) ; [Seitzinger et al., 2005](#); [Ludwig et al., 2010](#); [Statham, 2012](#)) par contre il y a une rétention et un piégeage de l'élément d'origine naturelle Si ([Ounissi and Bouchareb, 2013](#); [Ziouch, 2014](#); [Aouallah, 2015](#); [Taamallah et al., 2016](#); [Allague, 2017](#)) qui reste toujours tributaire à l'hydrologie et qui n'aboutit à la mer qu'avec un flux minime ([Allague, 2017](#); [Chenaker et Sifi, 2017](#)).

Les eaux relâchées à partir de l'estuaire et déversées dans la mer ont été ainsi modifiées tout au long du continuum aquatique représentant des teneurs très faible en termes de Si et des concentrations très élevées en N et P, ce qui implique que Seybouse fonctionne comme un véritable égout et connaît un dysfonctionnement qui retentit sur le littoral adjacent.

En terme de comparaison avec d'autres cours d'eau Méditerranéens ([Vörösmarty et al., 1998](#)), l'estuaire de Seybouse paraît plus enrichi en azote inorganique (NID) qu'en phosphate ou le rapport N/P est de l'ordre de 48 qui dépasse largement celui de la plus part des cours d'eau Méditerranéens. Si on compare les résultats des valeurs moyennes du rapport Si/N avec

quelques rivières mondiales, on se retrouve avec un rapport faible ($Si/N=0,4$). Il se positionne parmi les estuaires fortement anthropisés.

Le rapport de Redfield se trouve fortement modifié. Ce déséquilibre provoque d'importants impacts sur le fonctionnement et la productivité des eaux côtières. Il s'agit en particulier de développement d'espèces nuisibles de dinophycées, non exigeantes vis-à-vis du Silicium alors que l'abondance des diatomées diminue, ce qui affecte l'ensemble du réseau trophique marin et notamment le stock halieutique (Humborg et al., 2000; Turner *et al.*, 1998 ; Ziouch, 2014; Aounallah, 2015; Ounissi et al., 2008, 2014, 2016, 2018).

Ces études hydrologiques devront constituer un élément crucial dans l'aide à la décision pour une gestion intégrée du bassin de Seybouse et du littoral d'Annaba selon une perspective de gestion durable des environnements continentaux et côtiers et de leurs ressources renouvelables.



Conclusion

Conclusion

Les résultats obtenus montrent que les teneurs et les flux des différentes formes de NID d'Oued Seybouse se trouvent modifiées considérablement tout au long du continuum aquatique avant de rejoindre la mer. En effet, on constate que :

- le sous bassin de Foum elkhanga est plus riche en NID que celui de Bouhamdane
- les 2 barrages se comportent comme producteurs du NID (30%)
- l'estuaire se comporte aussi comme producteur ou les fortes teneurs de $154\mu\text{M}$ en moyenne sont enregistrés à l'embouchure
- le barrage de Foum Elkhanga produit annuellement 32t/an. Alors que le barrage de Bouhamdane produit un flux annuel de 4 fois plus (118t/an).
- la partie estuarienne agit comme producteur de 118t/an en saison humide et consommateur de 12,4t/an (100%) du NID en période sèche (embouchure fermée en phase lagunaire).
- les valeurs de N/P sont en moyenne altérées (48) à l'embouchure (enrichis en azote qu'en phosphates).
- les valeurs Si/P (13,5) et Si/N (0,4) sont faibles (enrichis en azote et en phosphates qu'en Silicium)
- les valeurs du rapport Si/N/P s'écartent fortement de la valeur d'équilibre en toute saison. Ce déséquilibre provoque d'importants impacts négatifs sur le fonctionnement et la productivité des eaux côtières.

A decorative red border with rounded corners and scroll-like details at the top and bottom edges, framing the text.

Références Bibliographiques

Références bibliographiques

A

- **ABH** :(Agence de bassin hydrographique) Constantinois-Seybouse-Mellegue **2013**.
- **Adam, J. W. H.** (1980) Health aspects of nitrate in drinking-water and possible means of denitrification. *Water SA*, 6: 79.
- **AEE; 1999:** State and pressure of the marine and coastal Mediterranean environment. Environmental assessment series: 137 p.
- **Agence de bassin hydrographique constantinois-Seybouse-mellegue, 2012.** 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”, March 2009.
- **Agence de Bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH) 2009.** Bassin de la Seybouse. Actualisation. Les cahiers de l’agence.
- **Agence de Bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH) ; 1999 :** Bassin de la Seybouse. Actualisation. Les cahiers de l’agence.
- **Agence de Bassins hydrographiques Seybouse-Mellag-constantinois (ABH) ; 2002 :** Bassin de la Seybouse. Actualisation. Les cahiers de l’agence, 7 : 32p.
- **Agence nationale des ressources hydrauliques, qualité des eaux superficielles, (A.N.R.H). 2011.**
- **Allegue, N.H., 2017.** Distribution et flux du Silicium dans le bassin versant de Seybouse. Mémoire de master, Université Abbes Laghrour Khanchela.
- **Almeida M.C., Butler D et Friedler E; 1999:** At-source domestic wastewater quality. *London. Urban Water*, 1: 45-55.
- **Aminot A., Belin C., Chapelle A., Guillaud J.F., Joanny M., Lefebvre A., Ménesguen A., Merceron M., Piriou J.Y., Souchu P., 2001.** L’eutrophisation des eaux marines et saumâtres en Europe, en particulier en France, Rapport IFREMER, Ed., Direction de l’Environnement et de l’Aménagement Littoral, 64p.
- **Aminot A., Chaussied M., 1983 :** Manuel des analyses chimiques en milieu marin. 395p.

- **Aounallah, O., 2015.** Distribution and fluxes of biogeochemical variables in the Seybouse River Estuary, SW Mediterranean. *Advances in Environmental Biology* 9 (11), 101-108.
- **Arnaud P, Jamart B, Bodiguel J et Brosse N., 2004** - Chimie Organique 1^{er} cycle/Licence, PCEM, Pharmacie, Cours, QCM et applications, Dunod, 2004, Broché, 710p.
- **Arrignon J., 1991** – Aménagement piscicole des eaux douces 4^{ème} édition. P : 348.

B

- **Bchitou, R., 2001.** « Le suivi des métaux lourds dans les eaux et les sédiments du moyen Sebou : Elaboration d'un plan d'expérience afin d'éliminer le chrome », Thèse d'Etat, Faculté des Sciences Université Mohammed V-Agdal Rabat.
- **Beaudry T., Henry T.M., 1984** : Chimie des eaux, édition. Les griffons d'argiles, 1^{ère}, édition, INC Canada.537 pp.
- **Bechiri N ; (2011)** : Evolution du chimisme des eaux de surface et Souterraines dans le bassin versant de la Seybouse (Nord-Est Algérien) mémoire de magistère université Badji Mokhtar Annaba 12-52.
- **Benblidia, M., 2011.** L'efficacité d'utilisation de l'eau et approche économique. Etude nationale, Algérie. CAR/PNUE/PAM, Plan Bleu, Sophia Antipolis, 24pp.
- **Benblidia, M., Margat, J. & Vallée, D. 1997.** Water in the Mediterranean sea: situations, perspectives and strategies for sustainable water resources management. Blue Plan for the Mediterranean-Mediterranean Action Plan. 2nd ed. Sophia Antipolis, 91p.
- **Béthoux J.P., Morin P., Rinz-pino D.P; 2002:** Temporal trends in nutrients ratios: chemical evidence of Mediterranean Ecosystem changes driven by human activity. *Deep-sea Research II*, **49**: 2007-2016.
- **Béthoux J.P., Morin P., Rinz-pino D.P; 2002:** Temporal trends in nutrients ratios: chemical evidence of Mediterranean Ecosystem changes driven by human activity. *Deep-sea Research II*, **49**: 2007-2016.
- **Billen, G., Garnier, J., 2007.** River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its potential to sustain new production of non-siliceous algae. *Mar. Chem.* 106: 148-160
- **Billen, G., Garnier, J., 2007.** River basin nutrient delivery to the coastal sea: assessing its pot
- **Blayac J. (1912)** ; Esquisse Géologique du bassin de la Seybouse et de quelques régions voisines. Jourdan, Alger, 491 pages.

Références bibliographiques

- **Bouchareb, N., 2013** transferts et géochimie de l'azote, du phosphore et du silicium des bassins des oued kebir-rhumel, kebir ouest et saf-saf au littoral, thèse de doctorat université de badji mokhtar Annaba. p, 24.
- **Bougdah M., Bouchareb N. 2016.** Water and nutrient transfers from a SW Mediterranean stream (Kebir West, Algeria) submitted to reservoir retention. *Research journal of fisheries and hydrobiology*. 11(10): 1-9. ISSN: 1816-9112.
- **Bougis, P., 1974.** Ecologie du plancton marin, Tome I le phytoplancton. Masson & Cie, Paris, 192p.
- **Bravard J. P., PETIT F., 2000 ;** Les cours d'eau. Dynamique du système fluvial, Paris, A. Colin, Collection U. Géographie, 222 p.
- **Budgen, G.L., Hargrave, B.T., Sinclair, M.M., Tang, C.J., Therriault, J.C., Yeats, P.A., 1982.** Freshwater runoff effects in the marine environment: the Gulf of St Lawrence example, *Canadian Technical Reports on Fisheries and Aquatic Sciences*, 1078: 1–89.

C

- **CE, 2000.** Directive Européenne 2000/CE/60. Journal officiel de la communauté européenne du 23 octobre 2000 sur la politique de l'eau. PE-LONS 36 39/1/100 REV 1, Bruxelles
- **Chenaker et Sifi, 2017.** Transport des matières nutritives à travers l'estuaire de Seybouse. Mémoire de master, Université Abbes Laghrour Khanchela.
- **Conley, D.J., Schelske, C.L., Stoermer, E.F., 1993.** Modification of the biogeochemical cycle of silica with eutrophication. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 101: 179-192.

D

- **Daniel J.Y., Brahic A., Hoffert M., Schaff A. et Tardy M., 1999,** Sciences de la Terre et de l'Univers. Vuibert, Paris, 634p
- **Daniel, J.Y., Aubourg, C., et De Wever, P., 2000.** Problèmes résolus de Sciences de la Terre et de l'Univers. Vuibert, Paris, 371p.
- **Dubreuil P et Guiscafre J., 1974 :** La planification du réseau hydrométrique minimal, *Cah. O.R.S.T.O.M., Sér. Hydrol.*, vol. VIII, no 2, 1974.

E

- **El Boukhary, M.M.S., 2005.** Impact des activités humaines sur les cycles biogéochimiques en mer Méditerranée. Ph.D.Thesis, University of Paris 6 (UPMC). France, pp. 204.

F

- **Faurie, C., Ferra, C., Medori, P., Devaux, J., Hemptinne, J-L., 2012.** Ecologie Approche scientifique et pratique. 6 éditions. TEC ET DOC .p: 239-240-241-242. Geochemistry and Biogeochemistry .Academicpress, San Diego, pp. 39–76.

G

- **Ghachi A. (1986)** ; Le bassin de la Seybouse: hydrologie et utilisation de la ressource en eau en Algérie. Office des publications universitaires, 508 pages.
- **Gleizes G., Bouleton J., Bossière G et Collomb P., 1988** : Données lithologiques et pétrostructurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est Algérien). Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, 306, (II), 1001-1008.
- **Glibert, P.M., Kana, T.M., Brown, K., 2013.** From limitation to excess: the consequences of substrate excess and stoichiometry for phytoplankton physiology, trophodynamics and biogeochemistry, and the implications for modeling. Journal of Marine Systems 125, 14-28. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmarsys.2012.10.004>.
- **Guillaud J. F., 1983** Les flux de sels nutritifs dans l'estuaire de la Seine (France); rôle et importance du bouchon vaseux au cours du mélange estuarien. Journal canadien des sciences halieutiques et aquatiques, 40(S1):180-187. <https://doi.org/10.1139/f83-280>

H

- **Hammor D., 1992** : Du Panafricain au Miocène : 600 millions d'années d'évolution polycyclique dans le massif de l'Edough (Algérie Nord Orientale). Retraces par la pétrologie, la tectonique et la geochronologie (U/Pb, Rb/Sr, Sm/Nd et ³⁹Ar/⁴⁰Ar). Thèse de l'USTLanguedoc, Univ de Montpellier II, 205 p.
- **Hani, A., Djabri, L., Mania, J., ET Mudry, J., 2002.** Impacts de la surexploitation de l'eau souterraine sur l'aquifère dunaire de Bouteldja, Algérie. Revue VECTEUR environnement, volume 35, numéro 6, novembre 2002.66-71.

- **Hani, A., Lallahem, S., Mania, J., Djabri, L., & Kachi, S., 2003.** Impact of aquifer intensive use on groundwater quality and on wetlands on coastal aquifer. Technologie de l'intrusion d'eau de mer dans les nappes aquifères côtières : Pays méditerranées TIAC'03, Mars 2003, Alicante (Espagne). IGME. Madrid 2003. ISBN. 84-7840-470-8.777-784.
- **Harris, G.P., 2001.** Biogeochemistry of nitrogen and phosphorus in Australian catchments, rivers and estuaries: effects of land use and flow regulation and comparisons with global patterns. *Marine and Freshwater Research* 52, 139-149.
- **Hazourli, S., Boudiba, L., et Ziati, M., Larhyss Journal.** ISSN 1112-3680, n° 06, Décembre 2007, pp. 45-55.
- **Hilly J., 1962 :** Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer (Est-Constantinois). *Bull. Serv. Carte. Géol. Algérie, Nouvelle série, n° 19.*
- **Howarth, R.W., Billen, G., Swaney, D., Townsend, D., Jaworski, N., Lajtha, K., Downing J.A., Elmgren, R., Caraco, N., Jordan, T., Berendse, E., Freney, J., Kudeyarov, V., Murdoch, P., Zhao-Liang, Z., 1996.** Regional nitrogen budgets and riverine N & P fluxes for the drainages to the North Atlantic Ocean: Natural and human influences. *Biogeochemistry* 35: 75-139.
Howarth, R.W., Marino, R., 2006. Nitrogen as the limiting nutrient for eutrophication in coastal marine ecosystems: evolving views over three decades. *Limnol. Oceanogr.*, 51 (1-2):364-376.http://dx.doi.org/10.4319/lo.2006.51.1_part_2.0364.
<http://dx.doi.org/10.12681/mms.1474>.
- **Humborg, C., Conley, D.J., Rahm, L., Wulff, F., Cociasu, A., Ittekkot, V., 2000.** Silicon retention in river basins: Far-reaching effects on Biogeochemistry and aquatic food webs in coastal marine environments. *Ambio*, 29(1): 45-50.
- **Humborg, C., Ittekkot, V., Cociasu A., Bodungen, B.V., 1997.** Effect of Danube River dam on Black Sea biogeochemistry and ecosystem structure. *Nature* 386, 385-388.
- **Humborg, C., Rahm, L.b., Conley, D.J., Tamminen, T., Bodungen, V.O.N., 2008.** Silicon and the Baltic Sea.

J

- **Jhonson, R.G., 1997.** Climate control requires a dam the strait of Gibraltar. *OES Transaction, American géophysique union* 78, 277-280.
- **Joleaud L ; 1936 :** Etude géologique de la région de Bône-la Calle, *B.S.G.A (2), n°12,* 199 p.

- **JORA, (2011).** Décret exécutif n° 11 - 125 du 17 Rabie Ethani 1432 correspondant au 22 mars 2011 relatif a la qualité de l'eau de consommation humaine, JON°18
- **Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A).** (1993). n° 46 du 10 Juillet 1993, 7-12.

K

- **Kafi-Benyahia, M. 2006.** Variabilité spatiale des caractéristiques et des origines des polluants de temps de pluie dans le réseau d'assainissement unitaire parisien Thèse de Doctorat l'école nationale des ponts et chaussées Spécialité : Sciences et Techniques de l'Environnement, 500 p.- Kamatani A, Riley JP (1979) Rate dissolution of diatom silica walls in seawater. *Marine Biology* 55:29-35.
- **KEBABSA R., MEDDOUR A. R., IDDER M. T. 2016.** Distribution of Nitrogen, Phosphorus and Silicon in The Gulf of Annaba North-East of Algeria. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.*, 6(7)109-124, ISSN: 2090-4274.
- **Khatim, K., 2008** .Atelier sur la protection des eaux du bassin de la Seybouse contre la pollution.INECO.

L

- **Laak R; 1974:** Relative pollution strengths of undiluted waste materials discharged in households and the dilution waters used for each. In: J. H. T. Winneberger, *Manual of grey water treatment practice*. Michigan, USA: Ann Arbor., 68-78.
- **Lahondère J. C. 1987 :** Les séries ultra-telliennes d'Algérie Nord oriental et les formations environnantes dans leur cadre structural. Th. Doct. Es-Scie. Univ. Paul Sabatier, Toulouse, France 238p.
- **Le Gal, Y., 1989.** Biochimie marine. Ed. Masson, Paris, 222p
- **Lefebvre, S., 2003.** Interface eau-sédiments des cours d'eau en région agricole: Rôle dans les cycles biogéochimiques, Thèse de Doctorat, Université de Rennes 1.P, 288.
- **Lenntech, 2011 :** www.lenntech.fr/data-perio/n.htm
- **Lentner C; Wink A; 1981:** Units of measurement, body fluids, Composition of the body, Nutrition. Geigy Scientific tables. Ciba-Geigy, Basle.
- **Levi Y., Harvey M., Cervantès P., 2006,** Rapport sur l'évaluation des risques liés à la présence de cyanobactéries et de leurs toxines dans les eaux destinées à l'alimentation, à la baignade et autres activités récréatives, Ed. Agence française de sécurité sanitaire des aliments (AFSSA), 231p.

Références bibliographiques

- **Liu, K.K., Seitzinger, S., Mayorga, E., Harrison, J., Ittekkot, V., 2008.** Fluxes of nutrients and selected organic pollutants carried by rivers, Chapter 8 in: E. Urban & S. Greenwood (Eds.) Packmeds. Dynamics and vulnerability of semi-enclosed marine systems: the integrated effects of changes in sediment and nutrient input from land. Scientific Committee on Progress in the Environment (SCOPE), New York, 141-167.
- **Louamri A ; 2013 : LE BASSIN - VERSANT DE LA SEYBOUSE (Algérie orientale): HYDROLOGIE ET AMENAGEMENT DES EAUX,** Thèse de Doctorat, Université de Constantine 1.
- **Ludwig W; Dumont E., Meybeck M., Heussner S., 2009 :** River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades. Prog. Oceanogr., doi:10.1016/j.pocean.2009.02.001.
- **Ludwig W; Dumont E., Meybeck M., Heussner S., 2009:** River discharges of water and nutrients to the Mediterranean and Black Sea: Major drivers for ecosystem changes during past and future decades. Prog. Oceanogr., doi:10.1016/j.pocean.2009.02.001.
- **Ludwig, W., Bouwman, A.F., Dumont, E., Lespinas, F., 2010.** Water and nutrient fluxes from major Mediterranean and Black Sea rivers: Past and future trends and their implications for the basin-scale budgets. Global biogeochemical cycles 24 (4), 1-14. <http://dx.doi.org/10.1029/2009GB003594>.

M

- **Margat J., Vallee D ; 1999 :** Ressources en eau et utilisations dans les pays méditerranéens : Repères et statistiques, ed. Plan bleu. 200p.
- **Margat, J., 2004.** L'eau dans le bassin méditerranéen: situation et prospective. Les fascicules du Plan Bleu. MAP Technical Report Series No. 158, Athena, 366p.
- **Martin G.** (1979) Le problème de l'azote dans les eaux. Technique et documentation.
- **Massad, R.S., 2009.** « Le point de compensation stomatique de l'ammoniac : Comprendre et modéliser la relation au métabolisme azote de la plante », Thèse de Doctorat, Université Pierre et Ma
- **Mebarki A., 1982,** Le bassin du Kébir-Rhumel (Algérie). Hydrologie de surface et aménagement des ressources en eau, thèse doctorat de 3^e cycle, Université de Nancy II, 304 p. (Edition: **MEBARKI A., 1984,** Ressources en eau et aménagement en Algérie. Le bassin du Kébir-Rhumel, Office des Publications Universitaires, Alger, 302 p.).
- **Mebarki A., 2005 :** Hydrologie des bassins de l'Est algérien: ressources en eau, aménagement et environnement. Thèse d'Etat, Université Mentouri de Constantine, 360 p.

Références bibliographiques

- **Messaadia, 2018.** Distribution et flux du phosphore dans le bassin versant de Seybouse. Mémoire de master, Université Abbes Laghrour Khanchela.
- **Meybeck, M., 1982.** Carbon, nitrogen, phosphorus transport by world rivers. *Am. J. Sci.*, 282:401-450.
- **Meybeck, M., 2003.** Global analysis of river systems: from Earth system controls to Anthropocene syndromes. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B* 358: 1935-1955.
- **Milliman, J.D., 1997.** Blessed dams or damned dams? *Nature*, 386, 325-327.
- **Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire (M.E.A.T), 1994.** Conférence Med 21 sur le développement durable en Méditerranée. Mise en œuvre de l'Agenda21. Tunis, 16-20 mai 1994, 106p.
- **Moussa, M.D.H., 2005.** Caractéristiques physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surface et les eaux souterraines. 119p.

N

- **Narsis S., 2008** – Contribution à l'étude de la pollution d'Oued Seybousse.
- **Necib A., Rezig H., 2011:** La bio-indication de la pollution aquatique par les algues (cas de l'Oued Seybouse, l'Oued Bounamoussa, le Lac des oiseaux et le Lac El-Mellah, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar-Annaba, 67 p.
- **Nisbet.M and J.Verneaux, 1970.** composante chimiques des eaux courantes, discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques.
- **Nixon, S.W., 2003.** Replacing the Nile: are anthropogenic nutrients providing the fertility once brought to the Mediterranean by Great River? *Ambio*, 32: 30-39.

O

- **OMS, 2006.** La guerre de l'eau -The water conflict -La guerra del agua. www.fsa.ulaval.ca/personnel/vernag/eh/f/cause/eau.htm/ Mise à jour du: 02-04-2010. Con.
- **Ounissi M., Khammar H., Ziouch O., Saker I., Haridi A., 2008 :** Apports d'azote et de phosphate au littoral d'Annaba par les effluents urbains, industriels et par la rivière Seybouse (Algérie). In: International Conference on Rapid Urbanization and Land Use Conflicts in Coastal Cities, vol. 13, INOC, Izmir, Turkey, pp. 181-186.
- **Ounissi M., Ziouch O. R., Aounallah O., 2014:** Variability of the dissolved nutrient (N, P, Si) levels in the Bay of Annaba in relation to the inputs of the Seybouse and Mafragh Estuaries. *Marine pollution bulletin* 80 (1), 234-244. [http:// dx.doi.org/10.1016/](http://dx.doi.org/10.1016/)

j.marpolbul.2013.12.030.

- **Ounissi, M., Bouchareb, N., 2013.** Nutrient distribution and fluxes from three Mediterranean coastal rivers (NE Algeria) under large damming. *Comptes Rendus Geoscience* 345 (2), 81-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.crte.2013.02.002>.
- **Ounissi, M., Khammar, H., Ziouch, O., Saker, I., Haridi, A., 2008.** Apports d'azote et de phosphate au littoral d'Annaba par les effluents urbains, industriels et par la rivière Seybouse (Algérie). In: *International Conference on Rapid Urbanization and Land Use Conflicts in Coastal Cities*, vol. 13, INOC, Izmir, Turkey, pp. 181-186.
- **Ounissi, M., Laskri, H., Khelifi-Touhami, M., 2016.** Net-zooplankton abundance and biomass from Annaba Bay (SW Mediterranean Sea) under estuarine influences. *Mediterranean Marine Science* 17 (2), 519-532.
- **Ounissi, M., Ziouch, O.R., Aounallah, O., 2014.** Variability of the dissolved nutrient (N,P,Si) concentration in the Bay on Annaba in relation to the inputs of the Seybouse and Mafragh estuaries. *Marine pollution bulletin* 80 (1), 234- 244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.030>.
- **Ounissi, M., Amira A. B., Dulac, F., 2018.** Riverine and wet atmospheric inputs of materials to a North Africa coastal site (Annaba Bay, Algeria). *Progress in Oceanography* 165 (19–34).

P

- **Parsons, T.R., Maita, Y., Lalli, C.M., 1989.** A manual of chemical and biological methods for sea water analysis. Pergamum Press, 173 p
- **Peyraud, J., Cellier, P., Donnars, C., Aarts, F., Beline, F., Bockstaller, C., 2012 .** *Les flux d'azote en élevage de ruminants*. *Renc. Rech. Ruminants*, 2012, 19(1), 41–48pp.

Q

- **Quéguiner, B. 2007.** Centre d'Océanologie de Marseille , [www .com. univmrs. fr/ LOB /IMG /pdf/OBGC22 _2007.pdf](http://www.univmrs.fr/LOB/IMG/pdf/OBGC22_2007.pdf).

R

- **Ramade, F., 2003.** *Éléments D'écologie écologique fondamentale*. 3e édition. Dunod-paris. P: 416-428.
- **Redfield, A.C., Ketchum, B.H., Richards, F.A., 1963.** The influence of organisms on the composition of seawater. In: Hill, M. N (Eds.), *the Sea*. John Wiley, New York, pp. 26–77.

- **Remni, B., 2010.** Le problème de l'eau en Algérie du Nord. Larhyss journal, 8 : 27-46
- **Rodier J., Bernard L, Nicole M et coll., 2005 :** L'analyse de l'eau, 9^{ème} Edition, Paris, Dunod, 1529 p.
- **Rodier, J., 1996,** L'analyse de l'eau 'eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer', 8^{ème} Edition, Paris, Dunod, 1394p.
- **Rodier, J., Bernard LEGUBE, Nicole MERLET et coll., 2005,** L'analyse de l'eau, 9^{ème} Edition, Paris, Dunod, 1529 p.

S

- **Sabir Ahmed S (2013).** Les versets de l'eau dans le Coran. Le Ministère égyptien des ressources hydriques et de l'irrigation, 19 p.
- **Santé Canada (1992)** Le nitrate et le nitrite. Recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada. Documentation à l'appui, Accessible à «www.hc-sc.gc.ca/catalogue/dpcpubs/repcoc» appui Nitrate .pdf. Consulté en Mai 2002
- **SAVARY P.(2010).** Guide des analyses de la qualité de l'eau. *Ed. Territorial Voiron.*261p
- **Seitzinger, S.P., Harrison, J.A., Dumont, E., Beusen, A.H.W., Bouwman, A.F., 2005.** Sources and delivery of carbon, nitrogen, and phosphorus to the coastal zone: An overview of global Nutrient Export from Watersheds (NEWS) models and their application. *Global. Biogeochim. Cy.*, 19 (4), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1029/2005GB002606>.
- **Siegrist R., Witt M and Boyle W. C; 1976:** Characteristics of rural household wastewater. *Journal of the Environmental Engineering Division, American Society of Civil Engineers*, 102 (EE), 533-548.
- **Smith, V.H., Tilman G.D. & Nekola, and J.C. 1999:** Eutrophication impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine and terrestrial ecosystems. *Environ. Poll*, 100: 179-196.
- **SONATRCH ; 1969 :** Esquisse structurale de la plaine d'Annaba. Rapport A.N.R.H, inédit. Annaba, Algérie.
- **Statham, P.J., 2012.** Nutrients in estuaries-an overview and the potential impacts of climate change. *Science of the Total Environment*, 434, 213-227. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.09.088> .

Références bibliographiques

- **Sayad lamine, 2015.** Le pouvoir auto épurateur de l'oued Seybouse sur les rejets de la laiterie de l'edough (Annaba algerie) et les objectifs environnementaux des rejets.These de Doctorat, université Badji Mokhtar Annaba.

T

- **Taamallah, F.Z., Laskri, H., Amira, A.B., 2016.** Transport and retention of dissolved and suspended solids across the Mafragh catchment (Algeria). *Advances in Environmental Biology*, 10 (5), 177-186.
- **Tréguer, P., Brzezinski, M. A., Leynaert, A., &Quéguiner, B Nelson, D. M. (1995).** Production and dissolution of biogenic silica in the ocean : Revised global estimates , comparison with regional data and relationship to biogenic sedimentation. *Global Biogeochemical Cycles*, 9(3), 359–372.
- **Tricart J., 1968 :** Méthode de cartographie au 1/1 000 000 du contexte hydrologique élaborée au Centre de géographie appliquée de Strasbourg, Mélanges M. Pardé, Gap, pp. 671- 682.
- **Turley C. M., 1999:** The changing Mediterranean Sea. A sensitive ecosystem,*Progress in oceanography*, **44**: 387 – 400.
- **Turner R.E., Rabalais N., Justic D., Dortch Q., 2003 :** Global patterns of dissolved N, P and Si in large rivers. *Biogeochemistry* 64: 297-317.
- **Turner, R.E., Qureshi, N., Rabalais, N.N., Dortch, Q., Justic, D., Shaw, R.F., Cope, J., 1998.** Fluctuating silicate: nitrate ratios and coastal plankton food webs. *Proceedings of the National Academy of Science USA.*, 95: 13048-13051
- **Turner, R.E., Rabalais, N., Justic, D., Dortch, Q., 2003.** Global patterns of dissolved N, P and Si in large rivers. *Biogeochemistry* 64: 297-317.

U

- **UNEP/MAP/MED POL Report, 2013.**Rivers of the Mediterranean Sea: Water discharge and nutrient fluxes. NEP/MAP, MED POL CEFREM 30.

V

- **Vila J.M., 1980 :** La chaîne alpine d'Algérie orientale et des confins algéro-tunisiens, Thèse doctorat d'état ès Sciences, Université de Paris VI, 2 tomes, 586 p.

Références bibliographiques

- **Vörösmarty, Charles J; Fekete, B M; Tucker, B A (1998):** Discharge compilation from The Global River Discharge (RivDIS) Project. Distributed Active Archive Center, Oak Ridge National Laboratory, PANGAEA, <https://doi.org/10.1594/PANGAEA.859439>.

W

- **Wolanski, E., McLusky, D., 2011.** Treatise on Estuarine and Coastal Science, vol. 12. Elsevier, Amsterdam, ISBN 978-0-08-087885-0.

Z

- **Ziouch, O.R., 2007.** Hydrologie et biogéochimie du complexe estuarien du Mafrag et de ses panaches littoraux. Mémoire de Magister, Université d'Annaba, 54p.
- **Ziouch, O.R., 2014.** Nutrient distribution in the Bay of Annaba under the influence of the Seybouse and the Mafragh estuaries inputs (South-Western Mediterranean) These de Doctorat, université Badji Mokhtar Annaba.

A decorative red border that resembles a scroll, with a vertical strip on the left side and rounded corners on the right. The text is centered within this border.

Les Annexes

L'occupation du sol du bassin de Seybouse

1. La population du bassin de Seybouse

Tableau 1 : le nombre de population du bassin de Seybouse (O.N.S 2008)

Wilaya	Commune	Population	Taux d'accroissement
Guelma	Guelma	120847	0.9
	Ben Djerrah	6553	4.6
	Guelaât Bous baâ	5635	1.5
	Nechmeya	9965	0.9
	Belkheir	17649	1.7
	Béni Mezline	4883	0.9
	Boumahra Ahmed	17834	1.6
	Djeballah Khémissi	4487	1.5
	Boucheougouf	25443	2.0
	Oued Fragha	7152	0.8
	Ain Ben Beida	9492	1.4
	Medjez Sfa	7707	0.2
	Oued Zénati	32870	1.9
	Bordj Sabath	10158	0.1
	Ain Regada	7688	0.5
	Ain Makhlouf	12300	1.1
	Tamlouka	18894	1.3
	Ain Larbi	7604	-0.2
	Medjez Ammar	7703	1.9
	Ras El Agba	2699	1.4
	Sellaoua Announa	3244	0.8
	Khézaras	10382	2.5
	Ain Sandal	4760	-0.7
	Bouhachana	5596	0.0
	Hammam Débagh	16391	2.1
	Bouhamdane	4394	-0.3
	Héliopolis	26328	1.6
	El Fedjoudj	9122	2.1
	Hammam N'Bails	16199	0.2
	Dahouara	7889	0.1
Oued Cheham	14043	1.8	
Annaba	El hadjar	37364	1.0
	El bouni	125265	1.2
	Seraidi	7626	0.6
	Ain berda	20611	1.7
	Annaba	257359	0.4
	Cheurfa	9875	0.5
	Oued el aneb	21088	2.0
	Sidi amar	83254	1.4

El Tarf	Besbes	46341	0.8
	Chebaita kokhtar	23135	1.0
	Chihani	10094	0.9
	Dréan	37686	1.7
	Chatt	34378	2.6
	Hammam beni salah	5235	0.7
Souk Ahras	Aïn Soltane	3091	-0.6
	Bir Bou Haouch	6380	1.4
	Hanancha	15790	-0.2
	Khemissa	3517	-0.3
	Mechroha	21802	2.5
	Oum El Adhaim	8539	1.1
	Ragouba	5160	0.2
	Safel El Ouiden	2731	-1.0
	Sedrata	53218	1.2
	Terraguelt	4376	-0.6
	Tiffech	6037	0.6
	Zouabi	2792	-1.8
Constantine	Ain Abid	31743	2.1
	Ibn badis	18735	3.1
Skikda	Ouled hbaba	8369	0.5
Oum el bouaghi	El Amiria	10416	0.6
	Ain babouch	16129	1.0
	Berriche	17609	0.8
	Oum el bouaghi	80359	3.0
	Zorg	2281	2.8
	Ain diss	2767	0.1
	Ksar sbahi	11833	0.7
La somme de population de 68 communes		1508896	

2.Terres agricoles irriguées du bassin de Seybouse

Tableau 2 : les terres agricoles irriguées de l'estuaire de Seybouse (A B H ,2002)

Secteur	communes	Superficie irriguée	culture	Ressources en eau	Dotation	Mode d'irrigation	Point de rejet
Ksar sbiha Ain babouche	Ksar sbiha Ain babouche	0	Maraîchère arboricole	Puits + barrage oued cherf	P.I	P.I	Oued SETTARA
Berriche	Berriche	10	Maraîchère	Retenue collinaire Oudene djedj	0.05	Submersion Aspersion	Oued Oudene djedj
Sedrata	Sedrata	150	céréalière	Bage oued cherf	P.I.	P.I.	oued hamimime

Bir bouhouche	Zouabi	0	Céréalière	Bage Oued Cherf	P.I.	P.I.	Oued cherf
Tiffech	Tiffech	360	Céréalière .Maraîchère .Industrielle	Retenue collinaire et Petit barrage Tiffech	0.2 2.99	Aspersion	Oued Tiffech
Bir bouhouche	Safel el ouiden	120	céréalière Maraîchère.	Forage et puits	P.I.	Aspersion Submersion	Oued
	Bir bouhouche	350	céréalière Maraîchère.	Retenue collinaire Bir bouhouche Barrage oued cherf	P.I P.I	Aspersion Aspersion	Oued
	Terraguelt	15	céréalière Maraîchère.	Forage Terraguelt	0.08	Aspersion	Oued
	Oum El adhaim	70	céréalière Maraîchère.	Retenue collinaire Oum El adhaim	P.I.	Aspersion	Oued
Ain makhlouf	Ain makhlouf	317	céréalière Maraîchère.	Bge Medjez El bgare	2	Aspersion	Oued cherf
Oued zenati	Oued zenati Tamlouka Ras Elagba	200	céréalière Maraîchère	6 Retenues collinaires Et fil d'eau	0.72	Aspersion	Oued zenati
Cherf	H.Boumedienne Medjez Amar	650	Céréalières arboriculture Maraîchère	Barrage Hammam debagh	3.9	Aspersion	Oued cherf
El Fedjoudj	El Fedjoudj	2355	Céréalière arboriculture Maraîchère	Barrage Hammam Debagh	14.1 3	Aspersion	Oued Seybouse
Guelma	Guelma	3500	Céréalière arboriculture Maraîchère	Barrage Hammam Debagh	21	Aspersion	Oued
Boumahra Ahmad	Boumahra.A Belkheir	2600	Céréalière arboriculture Maraîchère	Barrage Hammam Debagh	15.6	Aspersion	Oued Seybouse
Belkheir	Belkheir	11	Maraîchère	Retenue collinaire Medraoua	0.01	Aspersion	Oued
Boucheougouf	Boucheougouf Oued Fraga	880	Céréalière arboriculture Maraîchère	Barrage Hammam Debagh	5.28	Aspersion	Oued Seybouse
Medjez Sfa	Medjez Sfa	65	Maraîchère	Retenue collinaire Medhez Sfa	0.02	Aspersion	Oued
		36	Maraîchère et industrielle	Retenue collinaire Bir Chougrane et Ladrâou	0.02	Aspersion	Oued
Ain Ben Beida Drean	Ain ben Beida Drean	0	Céréalière arboriculture	Barrage Hammam Debagh	P.I	Aspersion	Oued Seybouse

	Chetaiba Chihani		Maraîchère et industrielle				
Ain berda	Ain berda	400	Maraîchère et industrielle	21 Retenue collinaires Puits et fil d'eau	1.95 1	Aspersion	Oued Derdara
El-Hadjar Seybouse Nord et sud	El-Hadjar Sidi Amar	1446.5	Maraîchère et industrielle	Retenue collinaires et Barrage Bouna moussa	5.20 5	Aspersion	Oued Meboudja
Seybouse nord	El bouni	673	Maraîchère et industrielle	Retenue collinaire, forage, puits et fil d'eau	2.42 2	Aspersion	Oued Seybouse
Annaba	Annaba	82.5	Maraîchère et industrielle	Forage Puits et fil d'eau	0.29 5	Aspersion	Oued Boudjema
Total		13976			75.8 7		

3. les activités industrielles du bassin de seybouse

Tableau 3 : les activités industrielles de l'estuaire seybouse (ABH ,2002).

			Caractéristiques			A.E industrielle		
communes	Lieu d'implantat ion	Willa ya	Nom	Nature	Besoins	V. alloué	V. Recyc lé	V. Rejeté
Sedrata	Sedrata	41	C.A.P mansouri	Fabrication des cahiers	N.C	8	Néant	8
Sedrata	Sedrata	41	ENAQS	Serrurerie	18	15	7	N.C
Guelma	Guelma	24	EN-CYCMA	Fabrication et commercialisat ion de cycles et motocycles	350	300	263	96
Guelma	Guelma	24	ENA SUCRE	Raffinage de sucre	2000	1500	206	1000
Guelma	Guelma	24	ECVE	Céramique réfractaires	500	300	Néant	50
bouhamra	Bouhamra	24	ERC Boumahra	Elevage avicole	160	144	Néant	40
bouhamra	Bouhamra	24	EN AMARBRE	Transformation de marbres	N.C.	6	Néant	1.89
bouhamra	Bouhamra	24	Conserverie de tomate	Transformation de tomate	300	200	Néant	180
Héliopolis	Héliopolis	24	ERIAS Filiale Mermoura	Semoule ; blé dur	N.C.	20	Néant	20
Bouchehouf	Bouchagef	24	ERIAS	Semoule	N.C.	4	Néant	4

Bouhegou f	Bouhegouf	24	ERIAD dépôt	Dépote de semoule	N.C.	1	Néant	1
Bouhegou f	Bouhegouf	24	EPE les levures de l'Est	Fabrication de levures sèche et fraiche	N.C.	482	100	100
Drean	Drean	36	SACA (Privé)	Transformation de tomate	N.C.	35	Néant	28
Drean	Dean	36	LES AURS(Privé)	Transformation de tomate	N.C.	231	Néant	28
El-Hadjar	Z.I. Pt Bouchete	23	Sarl E.R.W.A. EST	Acierie	N.C.	6	Néant	5
El-Hadjar	Z.I. Pt Bouchete	23	EPBTP	Entreprise publique de bâtiments et de travaux publics	N.C.	N.C.	N.C.	N.C.
El-Hadjar	Z.I. Pt Bouchete	23	EPE-ENCC	Charpenterie métallique ;cha uderonomie ; mécanique et usinage	N.C.	125	16	N.C.
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	TRANSE CANAL EST	Production tuyaux en béton armé	N.C.	20	8	
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	CHO-CO- TEK(Privé)	Chocolaterie et confiserie	15	13	Néant	9
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	ETS Khouatmia (Privé)	Transporte	2 à 4	2	Néant	2
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	S.N.C. Belkheri (Privé)	Confiserie	N.C.	30	Néant	N.C.
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	SAT.PAP ALIF (Privé)	Transformation du papier	N.C.	9	Néant	9
El-Hadjar	Z.I.Pt bouchete	23	M.T.A.	Maintenance ; transporte ; transite et agréage.	4	4	Néant	4
El-Hadjar	Z.I.Pt bouchete	23	C.M.P. Cheriak(Privé)	Mécanique de precision	N.C.	4	Néant	4
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	ETS Boutra (Privé)	Fabrication des sachets en plastique	N.C.	14	Néant	10
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	Sarl Rhumel Gum	Fabrication de Chewing-gum	N.C.	1	Néant	1
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	Sarl EST (Privé)	Transport Est	N.C.	2	Néant	2
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	SOFARM(Pri vé)	Fabrication article médicaux	N.C.	2	Néant	2
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	T.M.P.K (privé)	Transformation du plastique	N.C.	2	Néant	2

El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	SIDER G.C.L.	Commercialisation de produits sidérurgique.	N.C.	1	Néant	1
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	E.N.G.I.	Production et distribution de gaz industriel	N.C.	840	Néant	600
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	E.P.T.R./EST	Réalisation des travaux routiers	N.C.	60	Néant	12
El-Hadjar	Z.I.Pt Bouchete	23	TREFIL EST ex E.N.T.P.L.	Transformation de produits longs (acier)	N.C.	10	Néant	10
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	E.N.A.E.D.	Commercialisation d'équipement ménager et électro ménager	N.C.	1	Néant	
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	EN SIDER	Sidérurgie	38880	24338	Néant	10429
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	SARL PROCOMAC (privé)	Fabrication de Carrelage GRANITO	N.C.	1	1	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	S.N.T.R.	Transport public et maintenance	7	10	Néant	4
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	PLASTINATE(Privé)	Transformation du plastique	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	Sarl Vitre khezzane	Fabrication de pare brise ; vitres et miroirs	1	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	E.P.E-T.V.E.	Transport des voyageurs	N.C.	2	Néant	2
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	E.N.A.B.	Bois et dérivés	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	HIPPONE NATTES (privé)	Fabrication de nattes plastiques	N.C.	10	5	5
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	S.N.C.SOFA MEST (Privé)	Fabrication de meuble	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	S.N.C. C.E.C.C.O. (privé)	Transformation du papier	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	Sarl S.T.C.M. (privé)	Torréfaction de café	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	G.I.P.C. CELPAP ENEPAC	Récupération et compactage des déchets papier et carton	N.C.	1	Néant	1
Sidi Amar	Z.I. Sidi Amar	23	PROCIM ex (PROSIDER)	Construction métallique et galvanisation	N.C.	5	Néant	5
El bouni	Z.I. Allelick	23	G.T.H ex (ETHAN)	Travaux hydrauliques	5	5	Néant	5
El bouni	Z.I. Allelick	23	S.N.V.I/URD	Unité de	N.C.	106	Néant	99

			801	rénovation et de la distribution de véhicules				
El bouni	Z.I. Allelick	23	FERROVAL	Construction de matériels et équipement ferroviaires	N.C.	102	Néant	102
El bouni	Z.I. Allelick	23	ORELAIT	Production et commercialisation du lait et des produits laitiers	N.C.	1296	Néant	666
El bouni	Z.I. Allelick	23	(Ex. EBAN) ETCA	Bâtiments et travaux publics	N.C.	9	Néant	9
EL BOUNI	Rte des salines	23	ORAVIEST	Production et commercialisation des Produits avicoles	88	80	Néant	80
El bouni	Gharbi aissa	23	G.A.E.- U.A.B.ANN ABA	Production et commercialisation des aliments de bétail	N.C.	4	Néant	4
EL bouni	Z.I. Sidi Salam	23	S.N.C. Zemouli frères	Boissons gazeuses	N.C.	1	Néant	1
El bouni	Z.I. SIDI Salam	23	ASMIDAL	Production des engrais phosphatés et azotés	10080	10080 93	3360	2800
EL bouni	Kherraza	23	Limonaderire BOCHRA (privé)	Boissons gazeuse	93	93	Néant	440
EL bouni	Annaba	23	Sarl SIPA (privé)	Conserverie alimentaire	137	67	Néant	65
Annaba	Annaba	23	NAFTAL	Stockage et distribution des produits pétroliers	N.C.	5	Néant	5
Annaba	Port Annaba	23	Centrale électrique	Production d'énergie électrique	N.C.	400	Néant	330
Annaba	Annaba	23	FERPHOS	Chargement de minerais et de Phosphates	161	161	Néant	161
Annaba	Annaba	23	O.N.C.V	Commercialisation des produits Vitivinicoles	N.C.	37	Néant	36
Annaba	Annaba	23	Imprimerie centrale	Impression et reliure	3	3	Néant	3
Annaba	Annaba	23	Boumaiza Saïd	Boissons gazeuses	N.C.	12	Néant	11
Annaba	Annaba	23	EMIB	Boissons gazeuses et bières	N.C.	1750	Néant	10
Annaba	Annaba	23	Ets Bicha et	Boissons	N.C.	17	Néant	11

			frère	gazeuses				
Annaba	Annaba	23	E.N.A.T.B.	Mobilier scolaire et administratif	500	867	Néant	N.C.
Annaba	Annaba	23	E.R.I.A.D. Moulin Seybouse	Semoulerie	N.C.	606	Néant	455
Annaba	Annaba	23	CARSCIS Lalaymai	Transformation de tomate	N.C.	52	Néant	42
TOTALE						44895		

Résumé

Résumé

Cette étude a concerné pour la première fois la distribution et le flux de l'azote du bassin de Seybouse durant la période s'étendant entre Septembre 2016 (Saison sèche) et Avril 2017 (Saison humide). Il s'agit de suivre l'évolution de cet éléments depuis l'amont du bassin versant jusqu'à l'embouchure dans le but de comprendre ces transformations biogéochimiques sous l'effet des barrages et de l'estuaire.

Les résultats obtenus montrent que les teneurs et les flux des différentes formes de NID d'Oued Seybouse se trouvent modifiées considérablement tout au long du continuum aquatique avant de rejoindre la mer. En effet, on constate que :

- le sous bassin de foug elkhanga est plus riche en NID que celui de Bouhamdane
- les 2 barrages se comportent comme producteurs du NID (30%)
- l'estuaire se comporte aussi comme producteur ou les fortes teneurs de $154\mu\text{M}$ en moyenne sont enregistré à l'embouchure
- le barrage de Foug Elkhanga produit annuellement 32t/an. Alors que le barrage de Bouhamdane produit un flux annuel de 4 fois plus (118t/an).
- la partie estuarienne agit comme producteur de 118t/an en saison humide et consommateur de 12,4t/an (100%) du NID en période sèche (embouchure fermée en phase lagunaire).
- les valeurs de N/P sont en moyenne altérées (48) à l'embouchure (enrichis en azote qu'en phosphates).
- les valeurs Si/P (13,5) et Si/N (0,4) sont faibles (enrichis en azote et en phosphates qu'en Silicium).
- les valeurs du rapport Si/N/P s'écartent fortement de la valeur d'équilibre en toute saison. Ces conditions hydrologiques et biogéochimiques devraient avoir de sévères impacts sur le système rivière et sur le fonctionnement et la production des ressources renouvelables du littoral récepteur.

Mots-clés : L'azote, Barrage, Foug elkhanga, Bouhamdane, Oued Seybouse.

Abstract

This study has covered for the first time the distribution and flow of nitrogen from the Seybouse Basin during the period between September 2016 (dry season) and April 2017 (wet season). It is concerned with following the evolution of this element from the upstream of the catchment up to the mouth in order to understand these biogeochemical transformations under the effect of the dams and the estuary.

The results obtained show that the levels and fluxes of the different forms of NID of Oued Seybouse are significantly modified along the aquatic continuum before reaching the sea. Indeed, we find that:

- The sub-basin of foug elkhanga is richer in NID than that of Bouhamdane
- The 2 dams act as producers of the NID (30%)
- The estuary also behaves like a producer or the strong contents of $154\mu\text{M}$ on average are recorded at the mouth
- The Foug Elkhanga dam produces annually 32 t/year. While the Bouhamdane dam produces an annual flow of 4 times more (118 t/year).
- The estuarine part acts as a producer of 118 t/year in the wet season and consumes 12.4t/year (100%) of the NID during the dry period (closed mouth in the lagoon phase).
- The values of N/P are on average altered (48) at the mouth (enriched in nitrogen than in phosphates).
- Si/P (13.5) and Si/N (0.4) values are low (enriched in nitrogen and phosphates than in silicon)
- Si/N/P values deviate significantly from the equilibrium value in any season.

These hydrological and biogeochemical conditions are expected to have severe impacts on the river system and on the functioning and production of the renewable resources of the receiving littoral.

Keywords: Nitrogen, Dam, Foug elkhanga, Bouhamdane, Oued Seybouse.

الملخص

تعتبر دراسة توزيع تدفق النيتروجين من حوض سييوس هي الأولى من نوعها من الفترة الممتدة بين سبتمبر 2016 (موسم الجفاف) وأبريل 2017 (موسم الامطار). إنها مسألة متابعة تطور هذا العنصر من المنبع العلوي من مستجمعات المياه حتى المصب من أجل فهم هذه التحولات الجيوكيميائية الحيوية تحت تأثير السدود و المصب. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن مستويات وتدفقات الأشكال المختلفة من NID لواد سييوس يتم تعديلها بشكل كبير على طول السلسلة المائية قبل الوصول إلى البحر.

- الحوض الفرعي لفوم الخنجة أغنى بالـ NID من حوض بوحمدان

- يعمل السدين كمنتجين لـ NID (30%)

- مصب النهر يتصرف أيضا مثل منتج أين تم تسجيل محتويات عالية من 154 ميكرومول في المتوسط في المصب.

- سد فوم الخنجة ينتج سنوياً 32 طن/سنة. في حين ينتج سد بوحمدان تدفقاً سنوياً يبلغ 4 أضعاف (118 طن / سنة).

- يعمل جزء المصب كمنتج يبلغ 118 طن/سنة في موسم الأمطار و يستهلك 12.4 طن/سنة (100٪) من

NID خلال فترة الجفاف (فم مغلق في مرحلة البحيرة).

- يتم تغيير قيم N/ P في المتوسط (48) عند الفم (المخصب بالنيتروجين أكثر من الفوسفات).

- قيم Si / P (13.5) و Si / N (0.4) منخفضة (المخصب بالنيتروجين والفوسفات مقارنة بالسليكون)

- قيم Si/N/P تنحرف بشكل كبير عن قيمة التوازن في الموسم. من المتوقع أن يكون لهذه الظروف الهيدرولوجية

والكيميائية الجيولوجية آثار شديدة على نظام النهر وعلى تشغيل وإنتاج الموارد المتجددة في الساحل المتلقي.

الكلمات المفتاحية: النيتروجين، السد، فوم الخنجة، بوحمدان، واد سييوس.