

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى جيجل

Faculté des Sciences de la Nature et de la
Vie
Département : Sciences de la Terre et de
l'Univers



كلية علوم الطبيعة و الحياة
قسم: علوم الارض و الكون

Mémoire de Master

Filière : Géologie

Option : Hydrogéologie

Thème

Problèmes liés à la présence des composés azotés et
phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de
la basse vallée de la Soummam

Membres de Jury

Président :.....

Examineur:.....

Encadreur: Kessasra Farès

Présenté par :

Abdellouche El Amine

Kerouaz Moussa

Année Universitaire 2018-2019

Numéro d'ordre (bibliothèque) :.....

Table des matières

Table des matières	
Abstract	
Remerciements	
Dédicace	
Problématique de l'étude	1
Première Partie : Présentation du milieu physique.....	3
I. Aperçu général	4
I.1.Situation géographique	4
I.2.Réseau hydrographique.....	5
I.3. Couverture végétale	6
I.4. Contexte socio-économique.....	6
II. Contexte géologique et hydrogéologique	10
II.1.Cadre géologique	10
II.1.1. Terrains sédimentaires	11
II.2. Caractérisation hydrogéologique	13
II.2.1. Principales formations hydrogéologiques	14
II.2.2. Coupe géologique transversale	15
II.2.3. Piézométrie de la nappe alluviale	15
III. Etude climatologique.....	17
III.1. Paramètres météorologiques déterminants	17
III.1.1. Précipitations	17
III.1.2. Température de l'air	18
III.2. Les paramètres météorologiques secondaires	19
III.2.1. L'humidité	19
III.2.2. Le vent.....	20

III.2.3. Durée d'insolation	20
III.3. Estimation du bilan hydrologique	21
III.3.1. Evapotranspiration potentielle (ETP).....	21
III.3.2. Estimation du bilan hydrologique par la Méthode de Thornthwaite.....	22
Deuxième Partie : Matériel et méthode.....	26
I. Matériel et méthode	27
I.1. Justification des paramètres physico-chimiques étudiés.....	27
I.2. Techniques de prélèvement.....	29
I.3. Choix des stations de prélèvement.....	30
I.4. Echantillonnage.....	33
I.5. Conservation et prétraitement des échantillons	33
I.6. Mesures effectuées sur terrain	34
I.7. Nettoyage de la verrerie	34
I.8. Dosage effectuées au laboratoire	34
Troisième partie : Résultats et discussion	37
I. Eaux de surface	38
I.1. Discussion des résultats des paramètres physiques	38
I.1.1. Température	38
I.1.2. Le potentiel hydrogène (pH).....	39
I.1.3. Conductivité électrique	40
I.1.4. Oxygène dissous (O ₂).....	41
I.2. Discussion des résultats des composées azotées et l'orthophosphate :.....	42
I.2.1. Nitrates	42
I.2.2. Nitrite	43
I.2.3. Ammonium	44
I.2.4. Orthophosphate	46
II. Eaux souterraines.....	47

II.1. Discussion des résultats des paramètres physiques	47
II.1.1. Température.....	47
II.1.2. pH	47
II.1.3. Conductivité électrique.....	48
II.1.4. Oxygène dissous	49
II.2. Discussion des résultats des composées azotées et l'orthophosphate	50
II.2.1 Nitrate.....	50
II.2.2. Nitrite.....	55
II.2.3. Ammonium.....	56
II.2.4. Orthophosphate.....	56
Conclusion générale et perspectives de recherche	57
Références bibliographiques	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des photos	
Annexes	
résumé	

Résumé

La plaine alluviale de la basse vallée de la Soummam, située entre Sidi Aich et Bejaia, se caractérise par son contexte géologique très hétérogène, ses caractéristiques hydrogéologiques assez complexes avec la présence d'un seuil hydrogéologique entre Takrietz et Sidi Aich et sa dynamique activité économique. Cette dernière est à l'origine d'une dégradation constatée de la qualité de son écosystème aquatique. Notre étude se focalise donc sur les problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée. La vallée est une région à vocation agricole, industrielle, et par conséquent, ces activités anthropiques la rendent de plus en plus vulnérable à la pollution. En effet, dix-sept stations représentatives et accessibles ont été retenues dans ce travail pour un suivi spatial de l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux. Ainsi, quatre paramètres estimées *In situ*, à savoir la température de l'eau, la conductivité, l'oxygène dissous et le pH et quatre autres paramètres obtenus au laboratoire à savoir, NH_4^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . Les résultats obtenus, indiquent des concentrations variables dans la plupart des stations superficielles ; un excès en ammonium et nitrite particulièrement enregistré dans les eaux de surface, qui dépassent les normes requises. Quant aux eaux souterraines, la nappe souffre d'une réelle contamination par les nitrates, ils dépassent ainsi les normes requises de potabilité.

Mots-clés : composées azotés et phosphatés, activité anthropique, pollution, basse vallée de la Soummam, Algérie.

Abstract:

The alluvial plain of the lower valley of Soummam, between Sidi Aich and Bejaia, is characterized by a very heterogeneous geological setting, his hydrogeological characteristics quite complex with the presence of a hydrogeological threshold between Takrietz and Sidi Aich and dynamic economy. The latter is causing a deterioration in the quality of its aquatic ecosystem. Our study therefore focuses on the problems related to the presence of nitrogen and phosphate compounds in the surface and underground waters of the lower valley. The valley is a region with an agricultural, industrial vocation, and therefore, these anthropogenic activities make it more and more vulnerable to pollution. Indeed, seventeen representative and accessible stations were selected in this work for a spatial follow-up of the evolution of the physicochemical parameters of the waters. Thus, four parameters estimated in situ, namely the water temperature, the conductivity, the dissolved oxygen and the pH and four other parameters obtained in the laboratory namely, NH_4^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . The results obtained indicate varying concentrations in most surface stations; an excess of ammonium and nitrite, particularly in surface water, which exceeds the required standards. As for groundwater, suffers from a real contamination by nitrates, they exceed the required standards of potability.

Keywords: nitrogenous and phosphate compounds, anthropogenic activity, pollution, lower valley Soummam, Algeria.

المخلص:

يتميز السهل الغربي لوادي الصومام السفلي ، الواقع بين سيدي عيش وبجاية ، بسياقه الجيولوجي الغير المتجانس ، وخصائصه الهيدروجيولوجية المعقدة إلى حد ما مع وجود عتبة هيدروجيولوجية بين تكريت وسيدي عيش ونشاطه الاقتصادي الديناميكي . هذا الأخير يسبب تدهور في نوعية النظام البيئي المائي. لذلك تركز دراستنا على المشكلات المتعلقة بوجود مركبات النيتروجين والفوسفات في المياه السطحية والجوفية في الوادي السفلي. الوادي يعتبر منطقة زراعية وصناعية بامتياز، وبالتالي فإن هذه الأنشطة البشرية تجعله أكثر عرضة للتلوث. فبالنتالي، تم اختيار سبعة عشر محطة ممثلة لكل المنطقة مع امكانية الوصول إليها في هذا العمل لمتابعة مكانية لتطور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه. وهكذا، تم تقدير أربعة خصائص تقاس في الموقع ، وهي درجة حرارة الماء والناقلية الكهربائية والأكسجين الذائب ودرجة الحموضة وأربعة عناصر كيميائية أخرى تم قياس تراكيزها في المختبر النترات والنترت و الأمونيوم والفوسفات. تشير النتائج التي تم الحصول عليها إلى تراكيز متفاوتة في معظم المحطات السطحية ؛ فائض من الأمونيوم والنترت ، خاصة في المياه السطحية ، وهو ما يتجاوز المعايير المطلوبة. أما بالنسبة للمياه الجوفية ، فالمياه الجوفية تعاني من تلوث حقيقي بالنترات ، فهي تفوق المعايير المطلوبة لإمكانية الشرب.

الكلمات المفتاحية: مركبات النيتروجين والفوسفات , الأنشطة البشرية , التلوث , وادي الصومام السفلي.

REMERCIEMENTS

Nous remercions avant tout « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné la force, la patience et le courage qui nous ont permis de mener à terme ce travail.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements :

À notre encadreur Farès Kessasra, Dounia ben-Abbes, Foughalia Amal pour leurs précieux soutient et leurs orientations.

Aux membres du jury, pour avoir accepté de consacrer une partie de leurs précieux temps afin d'examiner et évaluer ce modeste travail.

À nos familles, tout simplement de nous avoir donné jour après jour autant d'amour, de soutien et d'encouragement tout le long de nos années d'études.

À toutes les personnes qui nous ont reçus avec une grande disponibilité A toute l'équipe pédagogique qui a participé à notre formation depuis l'école primaire à ce jour.

A tous nos enseignants de département science de la terre et de l'univers qu'ont initié aux valeurs authentiques.

Enfin, tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce mémoire sont vivement remerciés. Signe d'un profond respect et d'un

Profond amour !

ELAMINE & MOUSSA

DEDICACE

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie ce mémoire de

master à :

Aux personnes très chers à mon cœur, mes parents...

*À Mon très cher Père **DJAMEL** : Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*À ma très chère mère **NAIMA** la source de mes efforts*

*Un remerciement spécial à mes chers frères : **DIAA-EDDINE,**
MOHAMMED NIDAL.*

À ma chère future femme.

Qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité. Je vous adore. Vous êtes l'espoir de ma vie.

À toute ma famille, mes cousines et cousins, mes oncles, tantes

*A mes chers amis avant d'être mon binôme **MOUSSA.***

*À mes adorable amis, **AHMED, DJAMEL, OMAR, OKBA,**
ISSAM, MONIM, RABAH, SALAH, MAGGIO, KHALED*

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études

. A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Pour vous tous, Merci.

ELAMINE

DEDICACE

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie ce mémoire de master à :

Aux personnes très chers à mon cœur, mes parents...

*À Mon très cher Père **Djamel** : Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.*

*À ma très chère mère **Rachida** la source de mes efforts*

*Un remerciement spécial à mes chers frères : **Yasser, Fadi***

*Un remerciement spécial à ma chère sœur : **Rania***

À toute ma famille, mes cousines et cousins, mes oncles, tantes

*A mes chers amis avant d'être mon binôme **ELAMINE***

A toute ma promotion 2019

À mes collègues des trois spécialités de la géologie

À mes collègues de la spécialité architecture

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études. A tous ceux qui me sont chers et que j'ai omis de citer.

Pour vous tous, Merci.

MOUSSA

Problématique de l'étude

Les milieux aquatiques ont une importance socio-économique majeure, mais ce sont des milieux fragiles pour lesquelles l'eutrophisation constitue l'une des principales menaces de dégradation de la qualité de l'eau (Brigitte et al. 1994). L'introduction massive des matières organiques et d'éléments nutritifs (azote et phosphore) dans les sols perturbe les équilibres naturels de ces écosystèmes aquatiques. Ces apports sont dus principalement à des rejets directs d'effluents (domestiques, industriels et agricoles), à l'écoulement d'eaux de ruissellement contaminées après leur passage sur des surfaces agricoles et non agricoles et, dans une moindre mesure, aux retombées atmosphériques. La manifestation la plus visible de ce type de pollution est l'eutrophisation des cours d'eau, qui se traduit par un développement anarchique d'algues et un appauvrissement de l'eau en oxygène (Christophe et al., 2011), mais aussi l'augmentation des concentrations en nitrates dans les eaux souterraines destinées à la consommation humaine.

Plusieurs travaux scientifiques ont été réalisés sur les eaux et les sols et ont permis d'aboutir à de pertinents résultats. Nous citerons les travaux de Masetti et al. Concernant l'évaluation de la vulnérabilité des eaux souterraines aux nitrates dans la province de Milan (Nord d'Italie). L'étude montre que les zones les plus sensibles sont concentrées dans le Nord de la province coïncidant avec une forte densité démographique qui représente la source la plus importante en nitrate. EL Bouqdaoui et al (2009) travaillent sur la modélisation de la pollution par les nitrates de la nappe de Berrechid au Maroc, les nitrates ont atteint 67 mg/l en 1993 et 175 mg/l en 2004 dont ces derniers dépassent largement la limite admissible de potabilité recommandée par le Maroc, soit 50 mg/l.

En Algérie, Les eaux souterraines du bassin El Ma El Abiod, à Tébessa présentent des teneurs en nitrates tout aussi importantes qui se localisent au Nord-Est et au Sud-Ouest de la plaine avec 64 mg/l (Lekrine, 2015). Reggam et al. en 2015 ont trouvé des teneurs en nitrate qui peuvent aller jusqu'à 97 mg/l dans les eaux de surface de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie), les activités agricoles et l'élevage intensif en bordures de l'oued ont été incriminés.

Dans la vallée de la Soummam, qui a fait l'objet de nombreux travaux, Mouni en 2009 indique que les teneurs des nutriments en 2003 sont élevées par rapports aux normes admises. Les nitrites oscillent entre 0.19 et 1.85 mg/l, les nitrates entre 21.4 et 126.1 mg/l et l'ammonium entre 0.05 et 1.75 mg/l. Selon Dehbi-Zebboudj et Djouad en 2015, les résultats montrent que les nitrates ont atteints un seuil alarmant frôlant 1028 mg/l.

Kessasra en 2015 a confirmé la forte contamination de l'ensemble de l'écosystème aquatique de la vallée. Incluant oued et nappe, ses résultats indiquent des concentrations en

nitrate qui dépassent les normes, dans le forage des 7 villages avec 59.5 mg/l et le puits Mendi avec 86.2mg/l en 2011. Pendant la campagne de 2013, d'autres puits ont été analysés avec de fortes teneurs au-dessus de la norme telle que Ramdani près de Béjaia avec 111.2mg/l et EAC1 près d'El Kseur avec 110.3 mg/l.

Ce projet de recherche qui rentre dans le cadre d'un projet PRFU agréé en 2019 a pour objet de suivre l'évolution spatiale des nitrates dans la basse vallée de la Soummam. Ce travail se subdivise en deux temps, en premier temps ; un travail de terrain où on établit l'état des connaissances acquises lors des campagnes et missions de terrain que nous avons effectuées en 2019, en second temps la rédaction du manuscrit.

En effet, notre projet de recherche dans sa phase de travail de terrain se répartit en trois principales missions :

-Plusieurs missions de collectes de données sur terrain : Les administrations concernées ayant été visité en avril 2019 sont la direction des ressources en eau de Bejaia (DRE), la direction des services agricoles de Bejaia (DSA), la direction de l'environnement de Bejaia et l'Office Nationale de météorologie (ONM) de Bejaia Aéroport ;

-Campagne d'échantillonnage des eaux de surface et des eaux souterrains et de mesure In Situ des paramètres physiques de l'eau, conduite en deux jours en mai et en juin 2019.

-Dosage des composés azotés et phosphatés dans les échantillons au Laboratoire de Génie Géologique de l'Université de Jijel.

En second temps, le manuscrit est structuré en trois parties fondamentales :

Première partie consacrée à présenter le cadre physique de la zone d'étude, le contexte géologique, hydrogéologique et climatologique de la basse vallée de la Soummam.

Deuxième partie concerne la présentation des méthodes et matériels utilisés et les multiples raisons relatives au de choix des sites d'échantillonnage.

Troisième partie a pour objet d'évaluer et mesurer la pollution en composés azotés et phosphatés des eaux de surface et de la nappe, en interprétant et discutant les résultats obtenus.

Première Partie : Présentation du milieu physique

I. Aperçu général

I.1.Situation géographique

La vallée de la Soummam se situe à 150 km à l'Est d'Alger, elle fait partie du bassin versant de la Soummam, ses limites naturelles sont (figure 1) : Au Nord, la mer méditerranée ; au Sud, les contreforts du mont du Hodna ; à l'Ouest, le plateau de Bouira ; à l'Est, la chaîne des Babors et la mer Méditerranée.

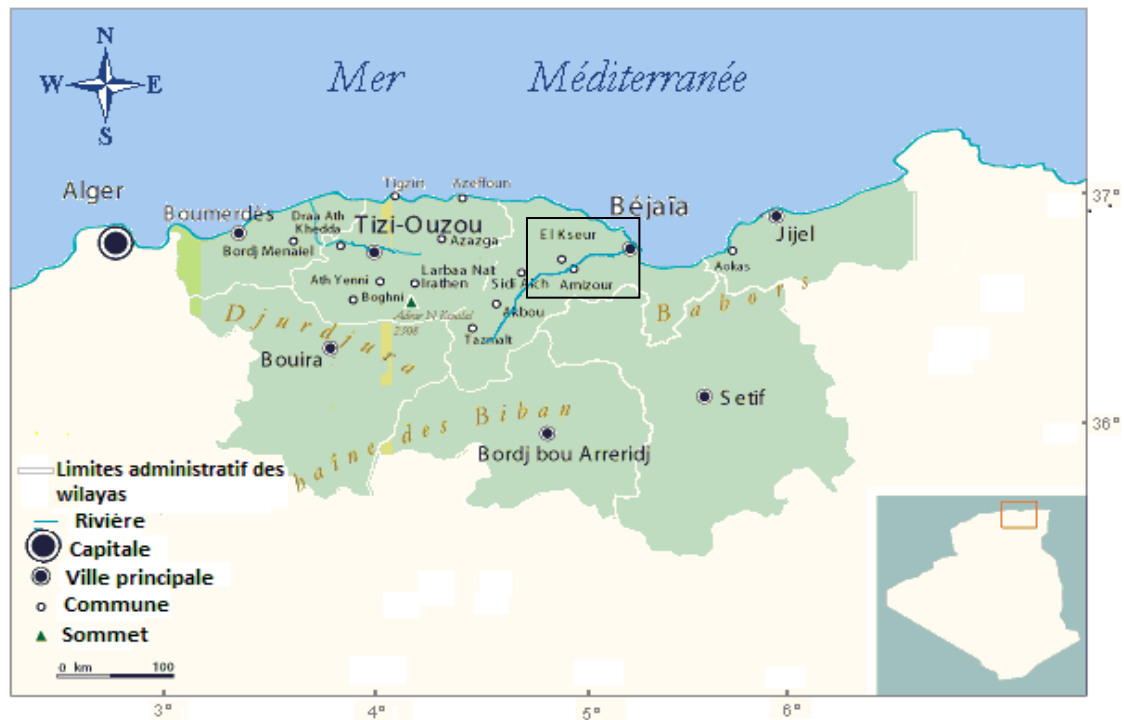


Figure 1. Localisation de la région d'étude

Le bassin versant de la Soummam est formé de la confluence du Sahel qui descend du Djurdjura et du plateau de Bouira, et du Boussellam qui descend du mont de Hodna. La superficie du bassin-versant est d'environ 8 800 km² à l'embouchure (Agence de Bassin., Algérois-Hodna-Soummam 2000).

La vallée de Soummam est subdivisée en trois compartiments selon des critères géologique et morphologique : la haute vallée de Bouira jusqu'à Tazmalt ; la moyenne vallée de tazmalt jusqu'à sidi Aich ; la basse vallée de Sidi-Aich à Béjaïa.

Nous nous intéressons dans cette étude à la partie aval du bassin versant de la Soummam, en l'occurrence, la plaine comprise entre Sidi Aich à l'Ouest et la méditerranée à l'Est, dénommée basse vallée de la Soummam. La région étudiée couvre une superficie de 709 km² et est traversée d'Ouest en Est par l'Oued Soummam décrivant une série de méandres d'autant plus accentué que l'on se rapproche de l'embouchure (Saou, 2012) (Figure 2).

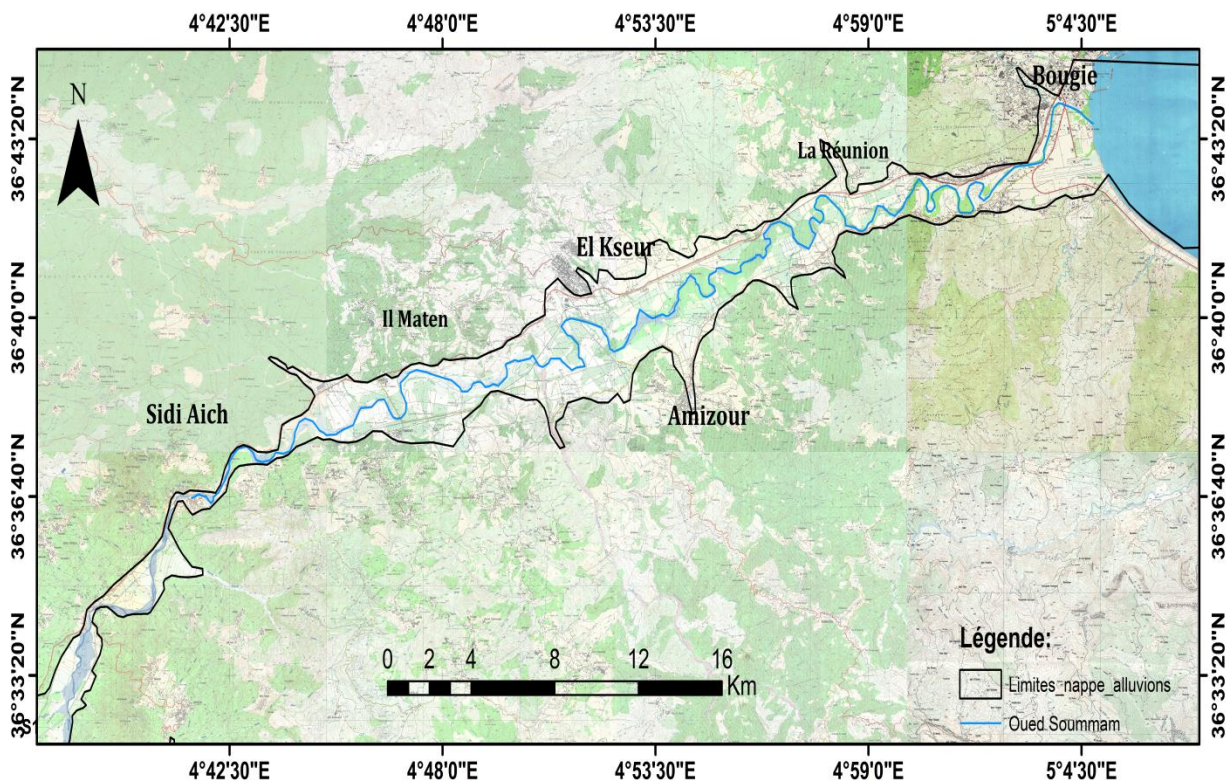


Figure 2. Situation locale de la vallée de la Soummam

I.2.Réseau hydrographique

Le réseau hydrographique du bassin versant de la Soummam compte neuf principaux oueds totalisant une longueur de 726 km qui varie de 23 à 226 Km. Les principaux affluents sont Oued Remila, Oued El Kseur et Oued Ghir sur la rive gauche et Oued Amassine et Oued Amizour sur la rive droite (figure 3).

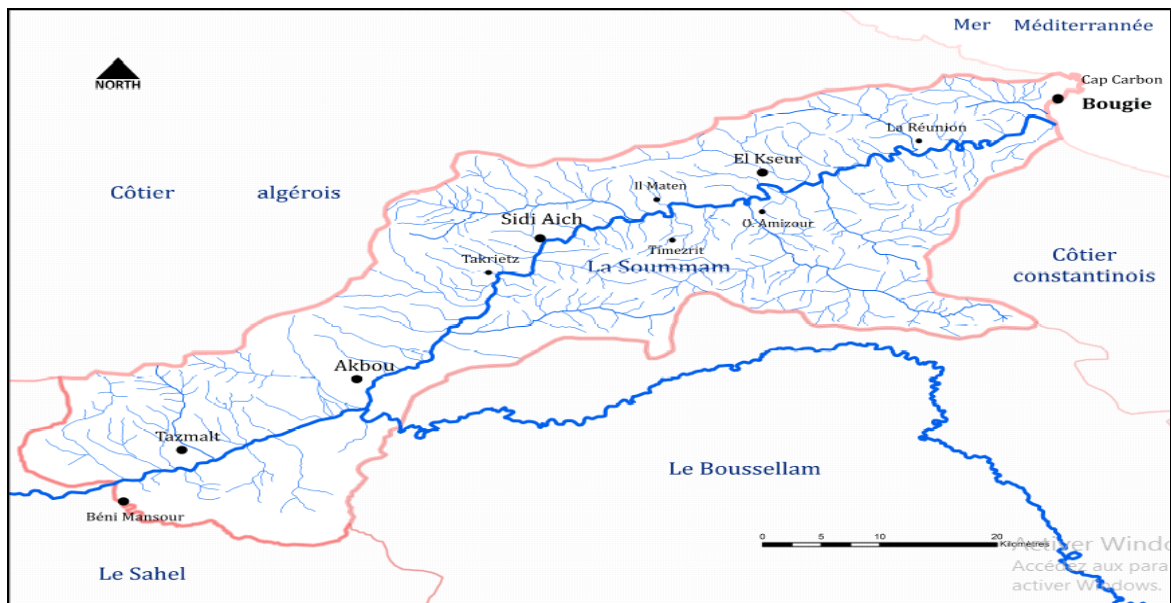


Figure3. Carte du sous bassin versant de la Soummam (1/200 000e) auquel appartient la nappe des alluvions (in Kessasra, 2015)

I.3. Couverture végétale

La végétation appartient dans son ensemble à l'étage bioclimatique de végétation méditerranéenne humide. Dans les régions défrichées et cultivées on y trouve des figuiers, oliviers et céréales. Dans la vallée, les alluvions quaternaires donnent lieu à des cultures de vignes, d'agrumes et de primeurs qui font la richesse de la région et qui nécessitent une quantité appréciable d'eau d'irrigation (Kaous et Brinet, 1990).

I.4. Contexte socio-économique

Population

Cette région est connue par son intense activité agricole et industrielle. La population des communes de l'ensemble de la vallée de la Soummam, incluant la Moyenne et la Basse vallée atteint 796 020 habitants (PNE ; 2010), elle est concentrée généralement au niveau des communes riveraines de la Soummam. La Basse Soummam est peuplée à hauteur 279 627 habitants.

Tableau 1 : Répartition de la population de la basse vallée de la Soummam par commune (PNE, 2010)

Commune	Population (hab.)	Total de la superficie de la commune (km2)
<i>Bejaia</i>	183733	12022
<i>Amizour</i>	31853	10936
<i>Fenaia Ilmaten</i>	10368	4520
Sidi Aich	14350	770
El Kseur	24532	9406
Oued Ghir	14791	4632
Total des Exploitations	279 627	322 348

Industrie

Elle est bien présente dans la vallée, les principales unités industrielles sont au nombre de 105 et sont concentrées en grande partie dans la wilaya de Bejaia. L'activité industrielle est répartie principalement en six filières : Matériaux de construction (27%), Agro-alimentaire (26%), chimie de Plastique et pharmacie (19%), Textile (9%) et la Sidérurgie et Métallurgie (3%).

L'ensemble des rejets urbains et industriels se jette directement dans la Soummam sans traitement préalable (Agence de Bassin Algérois-Hodna-Soummam, 2000).

Agriculture

L'agriculture est pratiquée sur l'ensemble de la plaine, avec une très grande variété de cultures, céréalières (6583 hectares), maraîchères (2885,08 hectares), et vignes de table (430,9 hectares), oliviers (57439 hectares) qui représentent la culture dominante en termes de superficie, suivi de fourrages et de figuiers. La superficie irriguée dans le bassin de la Soummam est de 5346 ha.

Tableau 2 : L'occupation des sols par commune dans la basse vallée de la Soummam
(DSA CAMP : 2017/2018)

Communes	Céréale	légumes secs	Fourrages	agrumes	culture maraichère	vignes tables	oliviers	figuiers	culture industrielle
	Superficie en HA								
<i>Bejaia</i>	18	4,50	58	27	40	0,5	88,45	0	0
<i>Amizour</i>	375	30,00	1775	386,5	160	197	2401	244,5	10
<i>Fenaia Ilmaten</i>	324	5,00	596,88	93,1	19	1	1258	470	1
Sidi Aich	0	0	15	6	18	0	168,1	5	0
El Kseur	610	5	680	334,5	58	24	951,1	87,56	1
Oued Ghir	415	1	494	174,5	86,63	30	158,5	32,5	0
Total des Exploitations (Hectares)	6583	500,25	16424	2019,0	2885,08	430,9	57439	9547,01	79

Produits phytosanitaires :

Ces produits phytosanitaires se trouvent à l'état solide et l'état liquide, le tableau 3 comporte les quantités de ces produits livrées dans chaque commune appartenant à la basse vallée de la Soummam.

Sur l'ensemble de la plaine, une très grande variété marque d'utilisation des pesticides entre les communes, soit à l'état solide avec 725 Kg, soit à l'état liquide avec 2970.1 L. La commune d'Amizour représente la commune dominante en termes de quantité livrée avec 568 kg et 1925 L. Cela coïncide avec la multiplication du nombre des domaines agricoles exploités sur le territoire de la commune.

Tableau3. Quantité des produits phytosanitaires livrée dans les communes de la basse vallée de la Soummam (DSA : 2017-2018)

Produits	Oued ghir	El Kseur	Amizour	Sidi-Aich	Fenia II Maten	Bejaia	Total
SOLIDES (kg)	82,0	-	568,0	54,0	-	21,0	725,0
LIQUIDES (L)	620,0	203,1	1 925,0	110,0	77,0	35,0	2970,1

Les histogrammes consignés dans la figure 4 montrent que les produits le plus utilisés sont les fongicides avec 624 l et les herbicides avec 591 l à l'état liquide. Cependant, les produits chimiques les plus utilisés à l'état solide sont les nématicides avec 276 kg et les fongicides à hauteur de 179 kg. D'une manière générale et d'après les données de la DSA de Béjaïa, le produit végétal le plus fertilisé est les céréales.

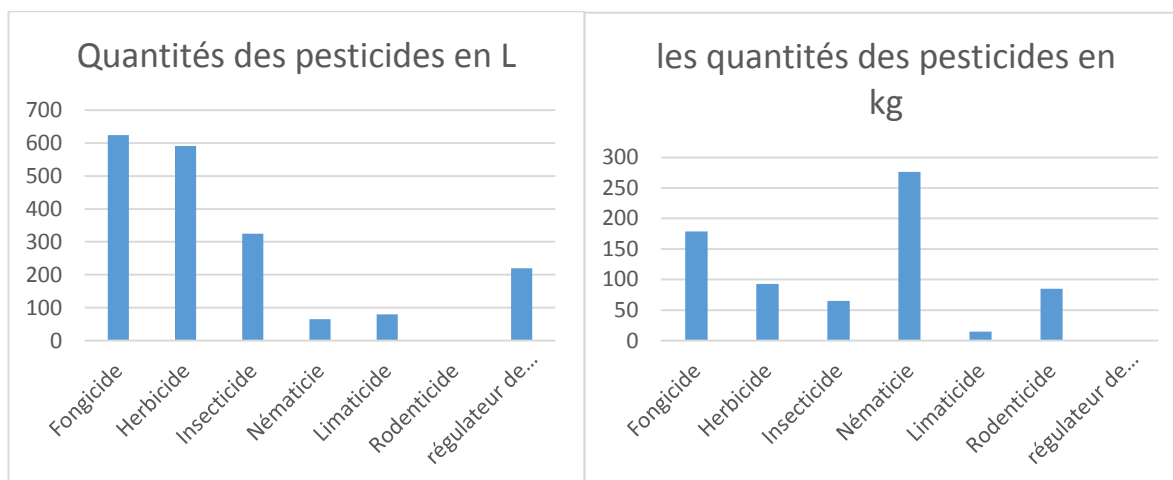


Figure 4. Les quantités des pesticides solides en Kg et liquides en L

Engrais

Le tableau 4 montre les différents types d'engrais utilisés par les agriculteurs dans les communes de la basse vallée de la Soummam. Selon les données de la campagne agricole de 2017-2018 de la direction des services agricoles de Béjaïa, l'engrais le plus appliqué dans la région est l'engrais minéral composé avec ses deux variantes NPK à hauteur de 7 939,7 kg et PK avec 1362 kg. Il est suivi par l'Engrais Minéral simple azoté dont l'urée à hauteur de 5649.9 kg et le sulfazote avec une quantité de 490 kg.

Tableau 4. Quantités livrées et utilisée par filière et par commune

Produits		Oued ghir	El kseur	Amizour	Sidi Aich	Fenia II Maten	Bejaia	Total
Engrais Minéraux simples Azotés (N) 6139,9 Kg	Urée	2 400,0	1 603,2	1 177,0	-	443,8	26,0	5 649,9
	Sulfazote 26 %	-	428,0	40,0	-	22,0	-	490,0
Engrais Minéraux simples Phosphatés (P) 915 Kg	TSP	350,0	57,0	-	-	70,0	-	477,0
	SSP	250,0	-	188,0	-	-	-	438,0
Engrais Minéraux Composés 9301,7 kg	PK	850,0	444,5	-	-	67,5	-	1 362,0
	NPK	1 500,0	1 486,7	4 312,0	-	596,0	45,0	7 939,7

II. Contexte géologique et hydrogéologique

II.1. Cadre géologique

La vallée de la Soummam est une plaine de basses terrasses alluviales, allongée sous forme d'une étroite bande sinueuse orientée SW-NE de Tazmalt à Béjaia. Elle constitue une limite méridionale du Tell algérien, siège de charriages importants datant de l'Oligocène et du Miocène. La vallée est limitée par plusieurs ensembles structuraux :

- au Nord, le massif kabyle, la chaîne calcaire et les flyschs nord et sud kabyles ;
 - au Sud, le Tell méridional auquel appartiennent les chaînons des Bibans et des Babors.
- Ainsi la vallée de la Soummam forme la jonction entre le Tell septentrional au Nord et le Tell méridional au Sud.

Les principales unités structurales peuvent être définies comme suit :

- le socle cristallophyllien et sa couverture sédimentaire tertiaire ;
- Les flyschs créacés et tertiaires qui affleurent de part et d'autre de la plaine ;
- les nappes épitelliennes : Brek-Gouraya, Barbacha et Bou Hamza ;

- les formations post-nappes.

D'un point de vue stratigraphique, la basse vallée de la Soummam est constituée de plusieurs formations affleurant en bordure de la vallée (Kessasra, 2015), en allant de la plus récente à la plus ancienne (figure 5).

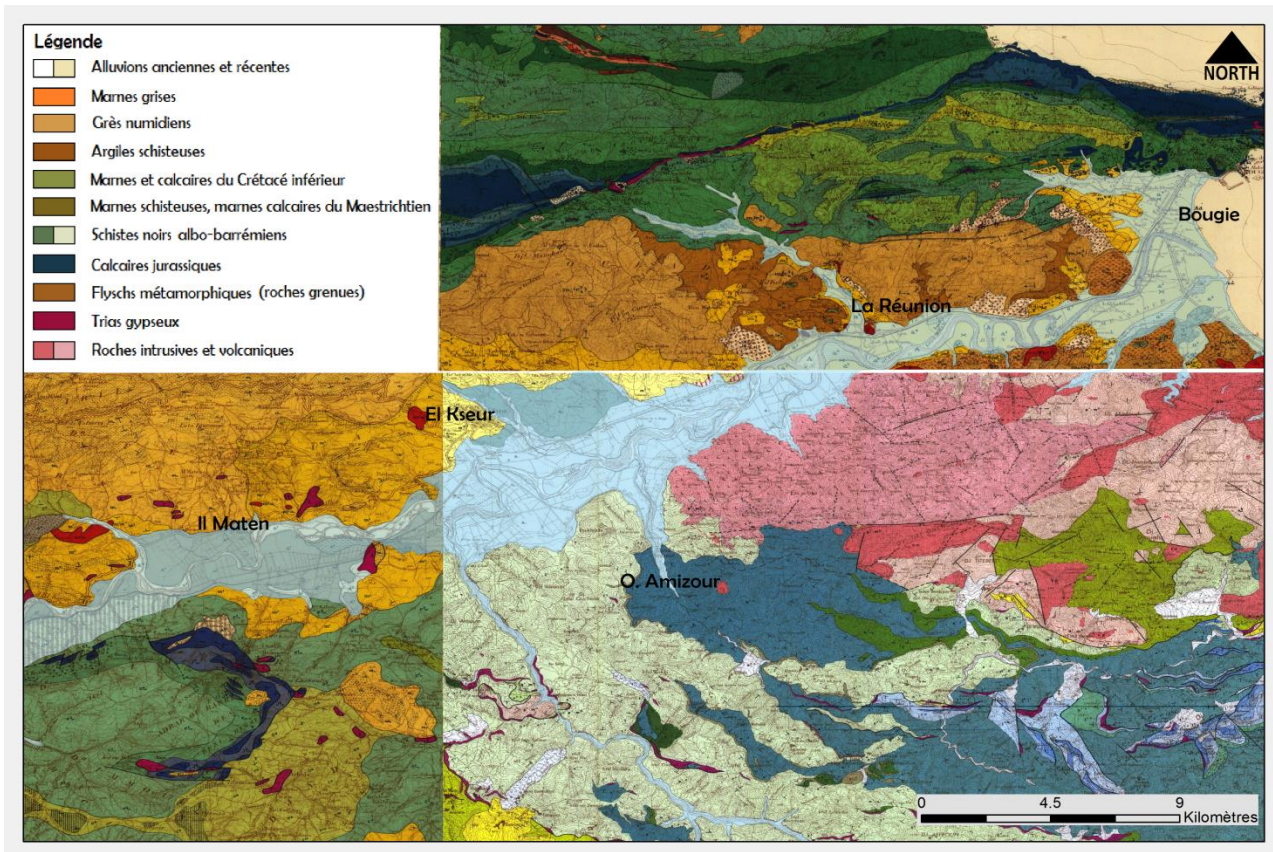


Figure 5. Carte géologique de la basse vallée Soummam,
In Kessasra, 2015

II.1.1. Terrains sédimentaires

Formations quaternaires

Elles occupent le fond de la cuvette creusée par la Soummam et comprend, sur les bordures, des éboulis de pente particulièrement développés en rive droite aux abords de Sidi Aich et au centre des alluvions constituées de galets, graviers et sable avec des intercalations argileuses. Les éléments grossiers sont essentiellement calcaireux et gréseux. Leur épaisseur maximum est de 40 m dans la région sud d'El Kseur. Les limons peu épais en surface dans la partie amont, prennent de plus en plus d'importance, au détriment des éléments grossiers, à mesure que l'on s'approche de l'embouchure où ils peuvent atteindre 50 à 60 m d'épaisseur (Clinckx, 1971).

Formations tertiaires

-**Le Pliocène**, est représenté par deux faciès : un faciès marin marneux, qui affleure sur les bordures d'Oued Ghir et un faciès continental formé de brèches et de poudingues affleurant au pied du Djebel Gouraya et Bejaia-ville.

-**Le Miocène supérieur**, est formé de brèche, sable et grès surmontés d'argiles bleues. On le rencontre à Oued Ghir.

-**Le Miocène inférieur**, est très répandu, on le rencontre sur la rive gauche de Sidi Aich à Oued Ghir et sur la rive droite au Sud d'Il Maten. Il est constitué de marnes gréseuses, conglomérats, grès fins et grossiers et comprend aussi nombreuses lentilles de tufs volcaniques interstratifiés.

-**L'Oligocène**, affleure au Nord de Sidi Aich et El Kseur. Il présente un faciès flysch gréseux composé de grès quartziteux, de marnes schisteuses avec à la base des bancs de grès plus grossiers et lenticulaires.

-**Le Crétacé**, est caractérisé par une grande diversification de faciès, on peut distinguer deux types de faciès :

Le Crétacé tellien, comprend une alternance marno-calcaires débutant par un conglomérat de base et une série de Pélites noires.

Le Crétacé des flyschs massyliens, affleure largement sur le versant nord de la vallée. Il comprend une série gréso-pélitique. Ce Crétacé est dans l'ensemble gréso-carbonaté à gréso-pélitique avec une alternance de bancs de marnes.

Les formations secondaires :

Le Jurassique, la colonne litho stratigraphique synthétique du Jurassique des unités épitelliennes supérieures montre quatre termes principaux :

-**Le Lias inférieur**, est formé à la base par des dolomies, souvent recristallisées parfois marneuses. Dans l'unité de Barbacha, elles sont surmontées par des calcaires massifs.

-**Le Lias moyen**, est formé de calcaire stratifié contenant des silex à la base et un banc de conglomérat au milieu.

-Le Lias supérieur, est formé essentiellement par des calcaires noirs à silex surmontés par une épaisse série de calcaire.

-Le Jurassique moyen supérieur, est composé de trois séries marno-calcaires. Le plus souvent, il est le siège d'une tectonique cassante très intense et est localement karstifié.

Le Trias, est représenté par un faciès tellien de formations gypso-salines à argiles versicolores. Il constitue des épaissements locaux dans la région de Sidi Aich et Il Maten.

II.1.2. Les terrains magmatiques

On peut distinguer :

Les roches plutoniques : représentées par des quartzites, des monzonites et des granodiorites, fortement altérées et fracturées.

Les roches volcaniques, représentées par des tufs andésitiques, profondément altérés et fracturés.

II.2. Caractérisation hydrogéologique

À partir des cartes géologiques, on peut constater que la région de Bejaia se situe dans un contexte favorable à la formation de nappes d'eaux souterraines. La prospection géophysique (Compagne de la Géologie Générale, 1970) et les différents sondages effectués dans la plaine alluviale ont montré la présence, sous les alluvions, d'une formation grossière constituée de galets, de graviers et de sable attribuée au Miocène. Ces deux formations seraient parfois séparées par un niveau argileux. La distinction entre ces deux assises n'a pu se faire sur des critères paléontologiques (absence de microfaune) ou sur des critères lithologiques (similitude des sédiments), mais elle est fondée sur des critères d'ordre géométrique (Clinckx, 1971).

Les formations aquifères de la zone étudiée sont constituées de sables, graviers, galets, et limons. Les limons, peu épais en surface dans la partie amont (Sidi Aich), prennent de plus en plus d'importance au détriment des éléments grossiers et au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'embouchure (50 à 60 m d'épaisseur). Les éléments grossiers sont essentiellement calcaireux et gréseux. Leur épaisseur maximum est de 40m. Au centre, les alluvions sont constituées de galets, graviers et sables avec des intercalations argileuses.

L'alimentation de la nappe alluviale de la basse Soummam se fait en grande partie par les précipitations efficaces sur les alluvions d'où l'intérêt de quantifier les différents

paramètres climatiques dans cette étude. La superficie totale des alluvions est de 709 km² (de Sidi Aich à la mer). La nappe est également alimentée par des eaux superficielles de transition provenant de la haute et moyenne Soummam et de ses affluents où les échanges oued-nappe sont importants mais également de quelques axes qui fournissent une alimentation latérale provenant des massifs environnants (Il Maten, El Kseur, Amizour). Toutefois, les eaux souterraines au verrou hydraulique de Takrietz passent en surface pour rejoindre la basse plaine de la Soummam à Sidi Aich.

II.2.1. Principales formations hydrogéologiques

Formations calcaires jurassiques

Ce sont des formations calcaires karstiques présentes à travers les monts Aghbalou-Gouraya et de Timezrit. Ces formations, à porosité de fracture (failles et diaclases), dont la lithologie est marquée par la présence de masses calcaires et dolomitiques, et susceptibles de constituer d'immenses réservoirs d'eau souterraine où la circulation de l'eau est rapide et à fort débit (**Kessasra, 2006**). Le fait que ces terrains soient fortement karstifiés et entrecoupés par de nombreuses failles, des sources d'eaux souterraines, appelées résurgences, apparaissent en surface à la faveur de ces fractures. Le débit de ces sources est irrégulier au cours de l'année et dépend de l'intensité des précipitations.

- Formations des grés numidiens :

Les grés numidiens présentent une grande extension spatiale et une granulométrie grossière favorable à l'infiltration des eaux. Localement, ils jouent un rôle dans la constitution des nappes de la zone littorale du massif d'Akfadou. Ces formations développent et forment le cours inférieur de la Soummam. Les derniers lambeaux de ces grés s'abaissent jusqu'au niveau de la mer au Cap Sigli, et à l'Est jusqu'à l'embouchure de la Soummam. Ils sont aussi visibles au Sud de Oued Ghir et du massif de Boudrahem, apparaissant au contact, tantôt des flysch crétacés et tertiaires, tantôt des formations crétacés à faciès tellien. Les grés numidiens du massif d'Akfadou alimentent de nombreuses sources de faibles débits. (**Kessasra, 2006**).

- Formations post-nappes : Elles sont formées par

-Les sédiments miocènes discordant sur les unités telliennes et de flysch. On distingue : le Miocène marin à Sidi Aïch; les épanchements volcaniques sous-marins néogènes d'Amizour et du Sud de Bejaïa ; les formations quaternaires représentées par les

alluvions de la Soummam et les cônes de déjection de ces principaux affluents, les éboulis et brèches de pentes consolidées.

II.2.2. Coupe géologique transversale

La coupe transversale a été effectuée au Sud d'El Kseur ; Elle montre la présence, d'une formation grossière constituée de galets graviers et sable attribués au Miocène sous les alluvions limono-sableuses. Les alluvions grossières constituent les principales formations aquifères du remplissage alluvial de la basse Soummam.

Ces deux formations sont parfois séparées par deux niveaux argileux, la distinction ne peut se faire que sur un critère géométrique. On constate en particulier au Sud d'Il Maten et au Sud d'El Kseur, que l'épaisseur des formations grossières est beaucoup plus importante que dans les zones continues. (Compagne Générale de Géophysique, 1969)

A l'aval, l'épaississement du niveau superficiel (alluvions limoneuses sèches et marnes) augmente à mesure que l'on s'approche de l'embouchure où la nappe devient entièrement captive (figure6).

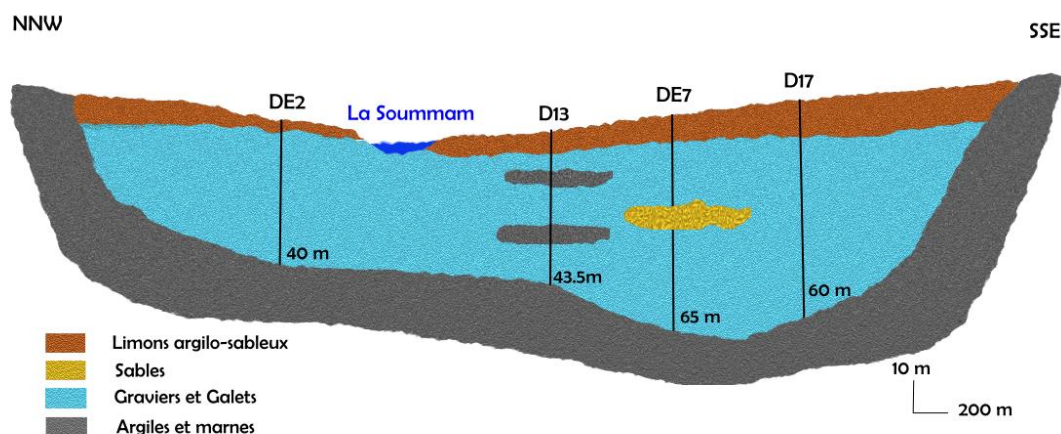


Figure 6. Coupe géologique NNW-SSE réalisée au Sud-Est d'El Kseur en basse Soummam, D'après Kessassra (2015)

II.2.3. Piézométrie de la nappe alluviale

Les cartes piézométriques de la basse vallée de la Soummam sont consignées dans la figure 6. Les niveaux piézométriques montrent des valeurs croissantes du SW au NE, le niveau piézométrique d'eau est compris entre 0 et 83 m. La carte présente un resserrement des courbes entre Sidi Aich et Il Maten, correspondant au seuil hydraulique de Takrietz. Cela est dû probablement à l'existence d'un réseau de fractures profondes mettant en contact des

terrains à perméabilités différentes. D'ailleurs, on constate une infiltration de l'oued dans la nappe et ce jusqu'à El Kseur tandis qu'entre El Kseur et l'embouchure il y a un drainage de la nappe par l'oued.

On peut y dégager deux principales directions d'écoulement souterrain (Clinckx, 1971, Kessasra, 2015):

- suivant la direction longitudinale, l'écoulement de la nappe se fait du Sud-Ouest vers le Nord-Est conformément au sens d'écoulement des eaux superficielles. Il caractérise la circulation principale des eaux du remplissage alluvial.

- suivant la direction transversale à l'axe de la vallée, l'écoulement de la nappe se fait des bordures vers le centre de la plaine suivant deux sens d'écoulement : Nord-Sud et Sud-Nord, ces deux directions de circulation traduisent les apports latéraux à partir des versants qui bordent la nappe du remplissage alluvial.

L'examen des isopièzes fait ressortir deux modes d'alimentation de la nappe. Lorsque les isopièzes sont parallèles à la limite physique, cela dévoile une alimentation provenant des versants marquant les frontières naturelles du système souterrain. D'une part une alimentation continue étendue sur un axe de quelques dizaines de kilomètres sur la rive gauche. Il en existe trois, l'axe Tazmalt-Akbou (environ 25 km) et l'axe Akbou-Ouzellaguen (25 km) dont une partie non négligeable des eaux ruisselle des hauteurs des reliefs karstiques de la chaîne calcaire de Djurdjura et l'axe El Kseur-La Réunion (20 km) limite au Nord par les versants sud de Dj Arbalou. D'autre part, une alimentation ponctuelle et réduite localisée au droit des cônes de déjection des principaux affluents de la basse Soummam : oued Amassine et oued

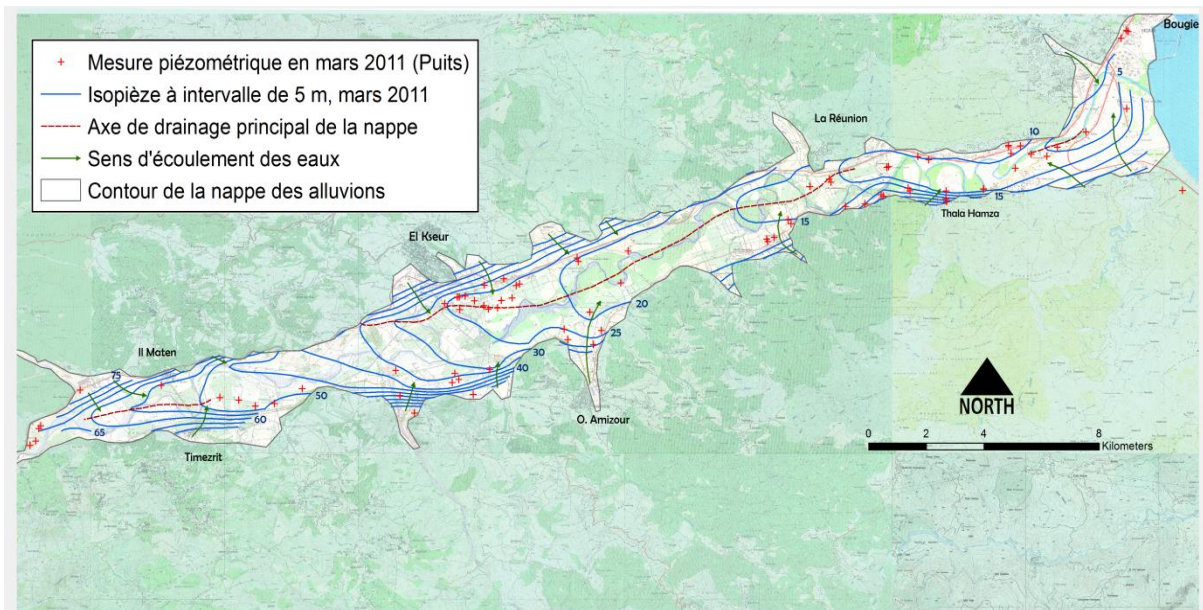


Figure 7. Carte piézométrique de la Basse vallée de la Soummam réalisée à partir des mesures de la campagne de terrain en hautes eaux, mars 2011 (Kessasra, 2015)

III. Etude climatologique

Les données climatiques utilisées dans cette étude sont la pluviométrie, la température de l'air, l'humidité relative de l'air et le vent. Pouvant servir à l'étude de la variabilité climatique dans le temps et dans l'espace ainsi que son impact sur les régimes climatiques saisonniers dans le bassin-versant de la vallée de la basse Soummam, ces données ont été collectées auprès de l'Office National de la Météorologie (ONM de Bejaia), et s'étalent sur une période allant de 2014 à 2019. Elles ont été complétées par des valeurs moyennes mensuelles de la période 2002 -2012 récupérées de la bibliographie existante.

En revanche, les données des différents facteurs climatologiques de l'année 2013 manquent à notre série d'observation

III.1. Paramètres météorologiques déterminants

Ces paramètres ont été analysés à partir de la statistique descriptive (valeurs moyennes) et de représentations graphiques.

III.1.1. Précipitations

La pluviométrie constitue un facteur écologique d'importance fondamentale non seulement pour le fonctionnement et la répartition des écosystèmes terrestres, et aquatiques mais aussi pour la répartition des êtres vivants (Ramade, 1984). Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations de la région de Bejaia sont représentées dans le tableau 6.

Tableau 5. Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations à la station de Bejaia
Aéroport (2002 à 2012 .2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
Précipitations (mm) 2002- 2012	69,81	72,18	118,81	145,45	115,54	105,36	77,36	79,36	42,09	11,36	11,18	16,27	865,1
Précipitations (mm) 2014-2018	36	75.25	79.75	125.7	160.5	127	150.25	51.25	41.7	27.25	2.5	4.25	881.5
Précipitations moyenne (mm)	52,9	73,7	99,28	135,6	138	116,1	113,8	65,3	41,9	19,3	6,84	10,2	873,3

La figure 8 montre que la pluviométrie moyenne varie entre un maximum observé en janvier de l'ordre de 138 mm et un minimum de 6.84mm enregistré dans le mois de juillet. La saison hivernale est la plus arrosée, ce qui produit une recharge de la nappe et une dilution des éléments chimiques. Par contre, l'été est relativement sec, ce qui produira une intense évaporation et par conséquent l'augmentation de la concentration de certains éléments chimiques dans l'eau comme les sels dissous.

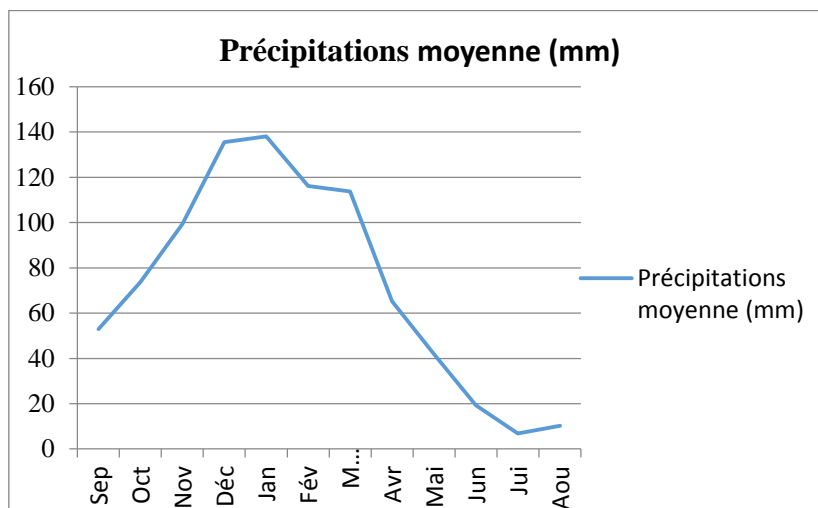


Figure 8. Variation mensuelle des précipitations à la station de Béjaia Aéroport (2002-2018)

III.1.2. Température de l'air

Les valeurs moyennes mensuelles des températures permettent de suivre l'évolution moyenne du régime thermique au niveau de la région de Bejaia.

Tableau 6. Les valeurs moyennes mensuelles des températures à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2012.2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
T (°C) 2002-2012	22,8	20,3	15,5	12,3	10,1	11,4	13,5	15,9	18,7	22	25,4	26,4
T (°C) 2014-2018	23	19.4	15	11.6	7.8	10.8	12	14.6	17	20.8	23.8	24.8
T (°C) Moyenne	22.9	19.85	15.25	11.95	8.95	11.1	12.75	15.25	17.85	21.4	24.6	25.6

Le tableau 6 indique que la zone d'étude est caractérisée par un climat doux et humide en hiver et chaud et sec en été, ces caractéristiques indiquant un climat de type méditerranéen.

Les moyennes mensuelles les plus élevées sont observées essentiellement pendant la période d'été entre juin et août avec des températures variant de 21,4 à 25,6°C. Par contre, les températures les plus basses, de 11 °C en moyenne, sont observées pendant la période d'hiver entre décembre et février dont la plus basse des valeurs est enregistrée minimum pendant le mois de janvier avec 8.95°C. Les autres mois présentent des températures intermédiaires, soit de 12.7 à 25.6°C.

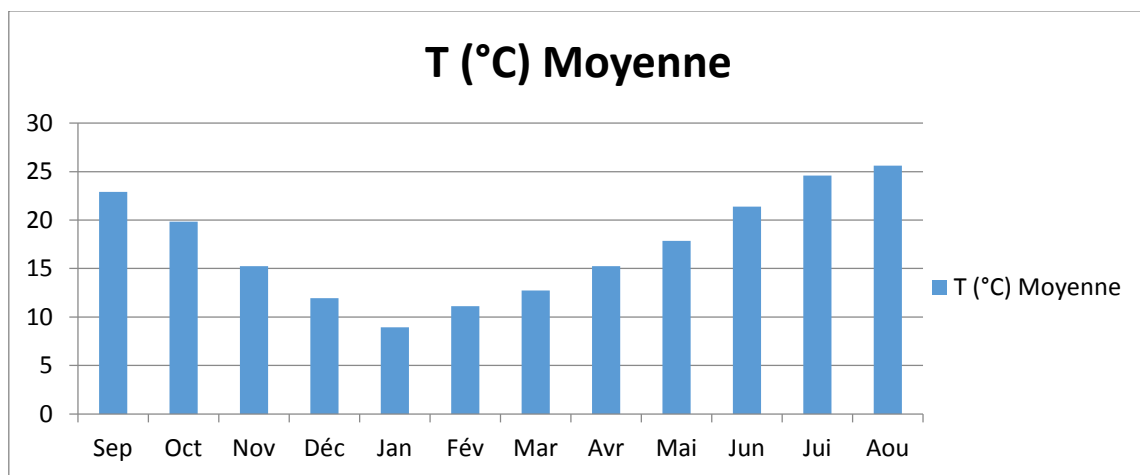


Figure 9. Variation mensuelle des températures à la station de Bejaia Aéroport (2002-2018)

III.2. Les paramètres météorologiques secondaires

III.2.1. L'humidité

L'humidité relative peut nous indiquer l'état plus ou moins proche de la condensation de l'atmosphère. D'après le tableau suivant nous remarquons que les valeurs de l'humidité sont presque homogènes, l'humidité varie en moyenne de 74 à 78,2%.

Tableau 7. Valeurs mensuelles de l'humidité relative moyen à la station de Bejaia Aéroport
(2002 à 2012.2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
Moyenne Mensuelle (2002-2012) en%	76,7	76,4	76,4	77,4	78,5	77,5	78,7	78,8	78,7	77,2	75,3	77,4
Moyenne Mensuelle (2014-2019) en%	74.4	74.8	73	77.8	75.6	75.2	77	77.6	69.8	77.8	74.8	75.4
Humidité Moyenne en %	75.55	75.6	74.7	77.6	77.05	76.35	77.85	78.2	74.25	77.5	75.05	76.4

III.2.2. Le vent

Selon les données de la station météorologique de Bejaia située au sein même de l'aéroport de Béjaia, la région est balayée généralement par des vents modérés, de direction variée entre 100 et 360 degrés. Les valeurs insérées dans le Tableau 9 sont représentés en m.s¹.

Tableau 8. Valeurs mensuelles des vitesses du vent moyen à la station de Bejaia Aéroport
(2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou
Moyennes mensuelles en m.s⁻¹	13,3	13,25	21	17,25	17,25	20,25	16,25	16,25	13	15,5	14,6	14

III.2.3. Durée d'insolation

Elle traduit la durée du rayonnement solaire, elle est exprimée en heures. Nous avons un maximum en Juillet 334.75 heures et un minimum en février 157.2 heures.

Tableau 9. Durée mensuelle de l'insolation totale à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2012).

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Année
Moyennes Mensuelles en Heur (2002-2012)	236	203	163,2	147	154	158,4	195	213	255,1	285	324,5	303,5	219.8
Moyennes Mensuelles en Heur (2014-2018)	228.4	228	176	169.4	202.8	156	202.2	247.2	275.4	327.6	345	301.8	238.31
Insolation moyenne en heure	232.2	215.5	169.6	158.2	178.4	157.2	198.6	230.1	265.25	306.3	334.75	302.65	229.05

III.3. Estimation du bilan hydrologique

Nous allons essayer de dégager les principales caractéristiques climatologiques de la basse vallée de la Soummam.

III.3.1. Evapotranspiration potentielle (ETP)

Partant d'expériences réalisées sur divers climats subhumides, *Thornthwaite*, propose la formule pour le calcul de l'ETP :

$$ETP = 16 (10 T / I)^a \text{ si } 0 \leq T < 26,5^{\circ}\text{C}$$

ETP: Evapotranspiration potentielle mensuelle (mm),

ETPc: Evapotranspiration potentielle mensuelle corrigé (mm),

T: Température moyenne mensuelle ($^{\circ}\text{C}$),

I: Somme des indices thermiques i : $I = \sum i$ où $i = (T / 5)^{1,514}$

a: Exposant climatique : $a = 1.6(I/100)+0.5$

$$a = 1,8$$

K: Coefficient d'ajustement, facteur correctif mensuel en fonction de la latitude et de l'altitude.

Tableau 10. Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles et annuelles calculées par la méthode de Thornthwaite à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2012 et 2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
T moyenne (C°) 2002à 2012 et 2014à2018	22,9	19,85	15,25	11,95	8,95	11,1	12,75	15,25	17,85	21,4	24,6	25,6	-
I	10,01	8,06	5,41	3,74	2,41	3,34	4,13	5,41	6,87	9,04	11,16	11,85	81,44
ETP (mm)	102,88	79,54	49,49	31,91	18,96	27,94	35,85	49,49	65,70	91,07	117,03	125,73	795,58
K	1,03	0,97	0,86	0,84	0,87	0,85	1,03	1,10	1,21	1,22	1,24	1,16	-
ETP corrigé	105,96	77,15	42,56	26,80	16,50	23,75	36,93	54,44	79,50	111,10	145,12	145,85	865,65

III.3.2. Estimation du bilan hydrologique par la Méthode de Thornthwaite

Elle est basée sur la notion de réserve d'eau facilement utilisable (RFU). On admet que la hauteur d'eau stockée dans le sol qui est reprise par l'évapotranspiration est de 100 mm au maximum (Gaude, 1976) :

$$P = ETR + R + I$$

P ; pluviométrie moyenne annuelle (mm).

R : ruissellement moyen annuel de surface en (mm).

I : infiltration moyenne annuelle (mm).

ETR : évapotranspiration réelle (mm).

Déficit : Déficit agricole (mm).

Excédent : le surplus d'eau ou water surplus W_s .

Tableau 11. Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station de Bejaia
Aéroport (de la moyenne du 2002 à 2012 et 2014 à 2018)

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jui	Aou	Total
P moyennes (mm) 2002 à 2012 et 2014 à 2018	52,91	73,72	99,28	135,60	138,02	116,18	113,81	65,31	41,92	19,31	6,84	10,26	873,14
ETPc	105,96	77,15	42,56	26,80	16,50	23,75	36,93	54,44	79,50	111,10	145,12	145,85	865,65
ETR (mm)	52,91	73,72	42,56	26,8	16,5	23,75	36,93	54,44	79,5	81,73	6,84	10,26	505,94
RFU	0	0	56,72	100	100	100	100	100	62,42	0	0	0	-
Excédent	0	0	0	65,52	121,50	92,43	76,88	10,87	0,00	0	0	0	367,20
Déficit agricole	53,05	3,43	0	0	0	0	0	0	0	29,37	138,28	135,59	359,72

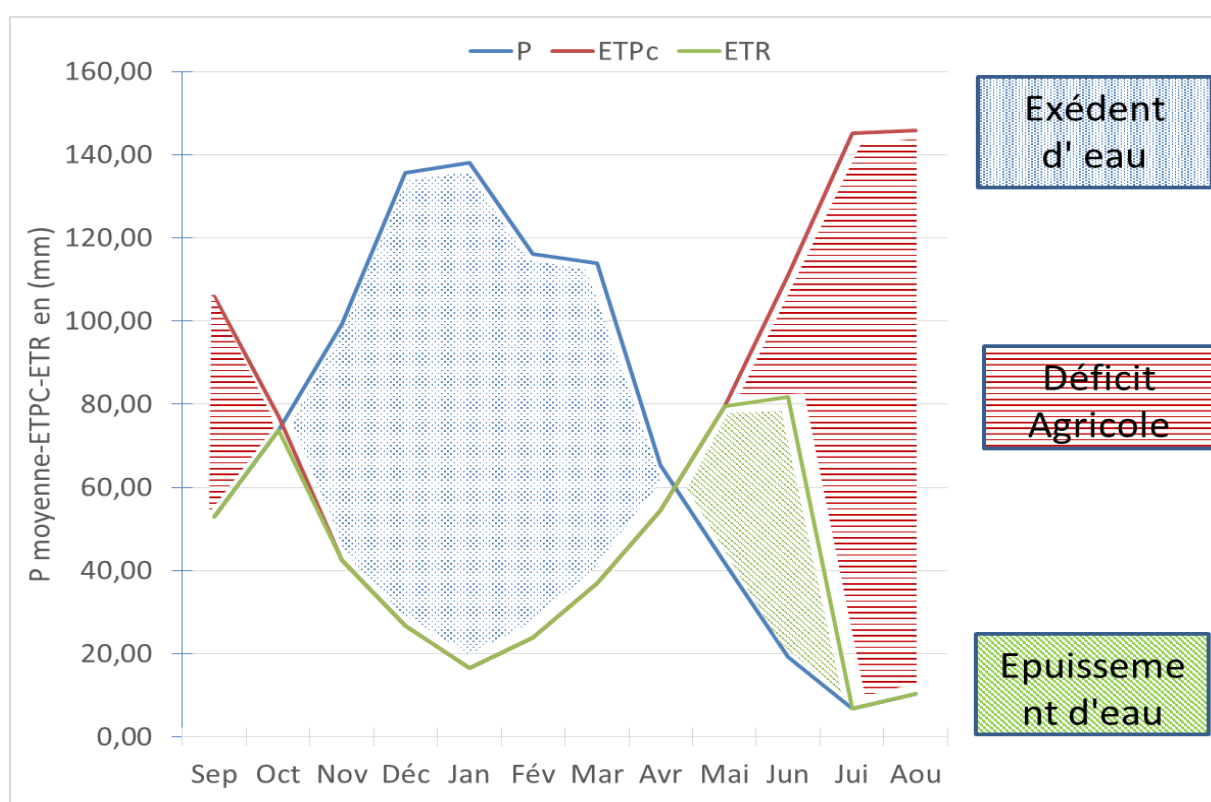


Figure 10. Evolution mensuelle du bilan hydrique selon Thornthwaite pour la Station de Bejaia Aéroport (2002-2012 et 2014-2018)

La figure 10 montre que l'évapotranspiration maximale a été observée pendant les mois de juillet et août à hauteur de 145 mm, ce qui produit un déficit agricole assez marqué respectivement de 138 et 135 mm. Cette situation climatique nécessiterait un recours à l'eau d'irrigation dans les zones à cultures essentiellement dans les domaines agricoles de la basse vallée de la Soummam à Amizour et El Kseur. L'irrigation en été se fait soit à partir des forages dont le niveau piézométrique baisse considérablement, soit à partir d'une prise directe de l'oued. Ce dernier, comme il est concentré en divers éléments chimiques comme les phosphates, l'azote et les nitrates, le return-flux apportera à la nappe ses polluants.

Cependant, d'octobre à avril l'évapotranspiration est comprise entre 73 à 54 mm. On dénote naturellement une recharge de la nappe. Lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir soit sous forme d'infiltration vers la nappe, soit sous forme de ruissellement. La moitié de la quantité du surplus s'écoule dans le réseau hydrographique et l'autre moitié alimente l'écoulement souterrain durant le mois considéré. Nous admettrons comme Thornthwaite que la moitié de l'écoulement souterrain, constituera l'écoulement superficiel du mois suivant et l'autre moitié devra renforcer de la même façon l'écoulement du mois suivant.

Ruissellement :

Le ruissellement (R) peut être calculé par deux formules :

- Tixeront Berkallof par Romantchouk (1974) pour $P > 600$ mm

$$R = P^3/3 \dots \dots \dots (1)$$

- Tixeront Berkallof., pour $P < 600$ mm

$$R = P^3/3. (ETP)^2 \dots \dots \dots (2)$$

Les précipitations enregistrées dans la région d'étude dépassent 600 mm, la formule utilisée est celle de Tixeront (1).

Tableau12. Variation de ruissellement et l'infiltration dans les périodes 2002 à 2012 et 2014 à 2018

P (mm)	R (mm)
873.14	221.88

Lorsque la pluviométrie est forte, principalement pendant la période des crues, le sol se retrouve saturé en eau, ce qui engendre un effet d'excédent d'eau en surface. Cet excédent alimente les eaux de surface et est appelé ruissellement. Ce dernier est estimé à 215.6 mm

Infiltration

L'infiltration aussi un facteur plus importante d'un point de vue hydrologique, pour l'estimer on a la formule suivante;

$$P = ETR + R + I$$

Où,

$$I = P - (ETR + R)$$

Tableau13. Variation de ruissellement et l'infiltration dans les périodes 2002 à 2012 et 2014 à 2018

P (mm)	ETR (mm)	R (mm)	I (mm)
873.14	505.94	221.88	145.52

Lorsque la recharge dépasse la RFU, le surplus d'eau va partir sous forme d'infiltration vers la nappe quand la Réserve Facilement Utilisable est maximale. Donc on peut estimer l'infiltration pour la basse vallée de la Soummam, au niveau de la station de Béjaia-aéroport ; à 145.52 mm. Cette infiltration est souvent observée pendant les mois de décembre, janvier, février, mars et avril. C'est la période la plus propice pour renouveler les stocks de la nappe mio-plio-quaternaire de la basse Soummam.

Conclusion :

Cette première partie nous a permis de déterminer les principales caractéristiques géologiques, climatologiques et hydrodynamiques de la plaine de la basse Soummam. Un climat de type méditerranéen a été mis en évidence avec un hiver pluvieux et un été sec, le ruissellement a été estimé à 215.6 et 228.2 mm et l'infiltration à 120.8 et 171.3 mm dans la première et la deuxième période respectivement. Cela conduit à des modifications physico-chimiques périodiques sur la qualité des eaux par l'effet de dilution pendant les périodes pluvieuses et l'effet de l'évaporation en étiage. La nappe du mio-plio-quaternaire est exploitée à des fins domestiques, agricoles et industrielles, ce qui conduit à des variations du niveau piézométrique au cours des saisons.

Deuxième Partie : Matériel et méthode

I. Matériel et méthode

La composition chimique d'une eau joue un rôle important dans la détermination de sa qualité, donc la possibilité de son utilisation pour l'alimentation en eau potable ou d'autres usages tels que l'irrigation, l'industrie...etc. En raison de l'utilisation multiple de ces eaux, cette étude a été menée afin d'évaluer l'état actuel de la chimie des eaux de la basse vallée de la Soummam.

La vallée subit d'importantes dégradations, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation des points de déversement des eaux usées domestiques et l'utilisation des engrais chimiques et pesticides dans les zones agricoles. A cet effet, la stratégie d'échantillonnage développée dans ce travail repose sur l'analyse des eaux d'amont en aval de la Basse vallée de la Soummam, en premier lieu, les eaux de surface (Oued) et en second lieu, les eaux souterraines (puits, forages et sources). Les échantillons prélevés ont été analysés systématiquement en vue de mesurer leurs paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution. Des paramètres mesurés in situ tels que le potentiel Hydrogène (pH), la Température(T), la Conductivité électrique(CE) et l'Oxygène dissous (OD) et les composés azotés et phosphatés comme : les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-), l'azote ammoniacal (NH_4^+) et l'Orthophosphate (PO_4^{3-}).

I.1. Justification des paramètres physico-chimiques étudiés

Toute pollution aigue et source d'eutrophisation. Afin d'estimer la qualité d'une eau naturelle et voir si elle est sujette à une quelconque pollution, il suffit de cibler quelques paramètres indicateurs de pollution. Sachant que l'eutrophisation est un phénomène qui met en relief la présence d'une pollution, il nous suffit donc, de tenir compte de quelques paramètres caractéristiques de ce phénomène qui sont les sels nutritifs : NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} . Néanmoins, d'autres descripteurs comme la température (T), l'oxygène dissous (OD) Potentiel Hydrogène (pH), conductivité électrique(CE). Les composés azotés et phosphatés (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) provenant essentiellement de l'introduction des intrants chimiques en agriculture et des rejets d'eaux usées enrichis en nutriments en l'absence d'infrastructures appropriées qui sont essentiellement des stations d'épuration des eaux usées (STEP) à Sidi Aich, El Kseur et Oued Ghir. L'analyse de ces composés dans l'eau composée peut fournir une précieuse estimation du degré d'enrichissement des eaux par les éléments biogènes, qui sont à l'amont du phénomène d'eutrophisation.

Température (T)

Joue un rôle important dans la solubilité des sels et des gaz comme l'oxygène qui est nécessaire à l'équilibre de l'écosystème aquatique. Par ailleurs, la température accroît les vitesses des réactions chimiques et biochimiques et l'activité métabolique des organismes aquatiques. La valeur de ce paramètre est influencée également par d'éventuels rejets d'eaux résiduelles relativement chaudes. On doit absolument la mesurer sur le terrain, parce qu'elle tend à s'ajuster rapidement à la température ambiante (De viller et al, 2005).

Oxygène Dissous(OD)

Etant l'un des plus importants indicateurs sur le degré de la pollution des eaux, l'oxygène dissous mesure la concentration du dioxygène dissous dans l'eau. Il est exprimé en mg.l^{-1} ou en pourcentage de saturation et participe dans la majorité des processus chimiques et biologiques en milieu aquatique. (Chapman et al, 1996). La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10 mg/L. Elle est fonction de l'origine de l'eau : les eaux superficielles peuvent en contenir des quantités relativement importantes proches de la saturation (Rodier et al ,2005).

Potentiel d'Hydrogène (pH)

C'est une mesure de l'acidité de l'eau, c'est-à-dire de la concentration en ions hydrogène (H^+). Il ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14, 7 étant le pH de neutralité. Des pH faibles (eaux acides) augmentent notamment le risque de présence de métaux sous une forme ionique plus toxique. Le pH doit être impérativement mesuré sur le terrain, à l'aide d'un pH mètre ou par une colorimétrie (De viller et al, 2005).

Conductivité Électrique (CE)

Permet d'apprécier la quantité des sels dissous dans l'eau (chlorures, sulfates, calcium, sodium, magnésium). Elle est plus importante lorsque la température de l'eau est élevée (Salghi, 2002). La conductivité électrique de l'eau pure est relativement faible, elle augmente avec la teneur en sels dissous (Rodier ,1996).

Nitrates (NO_3^-)

Toute forme d'azote (azote organique, ammoniacque, nitrites) est susceptible d'être à l'origine des nitrates par un processus d'oxydation biologique (Rodier, 2009). Les nitrates sont abondamment répandus dans les eaux et dans les plantes où ils sont nécessaires à la synthèse des végétaux. Solubles dans l'eau, ils se retrouvent naturellement en faible concentration dans les eaux souterraines et superficielles. Sans apport artificiel, les eaux de surface ne contiennent pas plus de 10 mg.l^{-1} de nitrate. Les effluents industriels, agricoles,

urbains, les déjections animales et les produits des activités humaines augmentent les teneurs en nitrates dans les eaux de surface et souterraines. (Savary, 2003).

Nitrites (NO_2^-)

Les nitrites proviennent soit d'une oxydation incomplète de l'ammoniaque, soit d'une réduction des nitrates sous l'influence d'une action dénitrifiante. Une eau qui renferme des nitrites est considérée comme suspecte car il lui est souvent associé une détérioration de sa qualité microbiologique (Rodier *et al*, 2005).

Ammonium (NH_4^+)

L'azote ammoniacal des eaux superficielles peut avoir pour origine naturelle suite à la décomposition des déchets végétaux et animaux. L'ammoniaque se transformant assez rapidement en nitrites puis nitrates par oxydation, sa teneur dans les eaux de surface est normalement faible (inférieure à $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$), (Savary, 2003).

Orthophosphates (PO_4^{3-})

Le phosphore existe sous forme minérale ou organique. Les ions phosphates (PO_4^{3-}) contenus dans les eaux de surface ou de nappe peuvent être d'origine naturelle (produit de décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux), mais à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets, domestiques (poly phosphates des détergents), agricoles (engrais, pesticides), voies industrielles (agroalimentaires, laveries, ateliers de traitement de surface). Ils peuvent aussi provenir des traitements des eaux contre la corrosion et l'entartage (poly phosphates).

Dans les eaux de surface, la teneur naturelle en phosphates ou orthophosphates est de l'ordre de $0,1 \text{ mg/l}$ quand elles sont de bonne qualité. La présence de phosphore dans les eaux souterraines est généralement un sérieux indice de pollution. (Savary, 2003).

I.2. Techniques de prélèvement

Pour les eaux de surface (figure 10), les prélèvements d'eau ont été réalisés au milieu du lit de l'oued peu profond en plein courant, généralement au-dessus des ponts traversant la Soummam. Nous avons veillé à éviter les rives et les obstacles naturels ou artificiels, et de prélever en dehors des zones mortes et des remous. Dans chaque station, nous avons prélevé deux flacons d'eau de $0,5 \text{ l}$, étiquetés pour éviter tout risque de confusion et rincés au moins trois fois avec l'eau à analyser ainsi que le matériel utilisé (seau). Le prélèvement d'eau superficielle est réalisé à l'aide d'un seau lié à une corde. Une fois le seau rempli, les bouteilles sont remplies à ras bord, puis fermées immédiatement, de façon à limiter les bulles d'air.



Photo 1. Prélèvement d'eau de surface depuis un pont au-dessus d'un oued.

Quant aux eaux souterraines (Photo 2), les prélèvements d'eau ont été réalisés soit à l'aide d'un seau tout en évitant la remise en suspension des dépôts, soit à l'aide d'une pompe lorsque les forages hydrauliques sont équipés. La pompe est mise en marche pendant un quart d'heure avant le prélèvement pour que l'échantillon soit suffisamment représentatif de la nappe.



Photo 2. Prélèvement d'eau souterraine depuis un puits

I.3. Choix des stations de prélèvement

Dis sept stations accessibles et représentatives de la vallée de la basse Soummam ont été choisies, réparties d'amont en aval comme le montre la figure 11. Elles sont réparties en quatre stations d'eaux superficielles et treize puits et forages, codifiées comme suit :

Stations superficielles : **S1:** La Soummam à Sidi Aich, **S2 :** La Soummam à VSA Fenaia Il Maten, **S3 :** La Soummam à Amizour et **S4 :** La Soummam aux 4 chemins à Béjaia.

Stations souterraines : **p₆ :** Puits Remila à Sidi Aich, **p₇ :** Forage 7 villages Il Maten, **P₈ :** Forage hayani , **p₉ :** Puits EAC1 à El Kseur, **p₁₀ :** Puits EAC5 à El Kseur, **P₅ :** puits ferme Amzel à El kseur, **P₁₁ :** Puits Moullay, **P₁₂ :** Puits Suissi à Tala Hamza, **p₄ :**Forage cevital à la réunion, **P₃ :** Puits djamaa à mellala , **P₁₃ :** puits Mendi à tahanount , **p₂ :** puits Ramdani à Irza, Puits Saidj à Béjaia, **p₁ :** Puits Saidj à Béjaia .

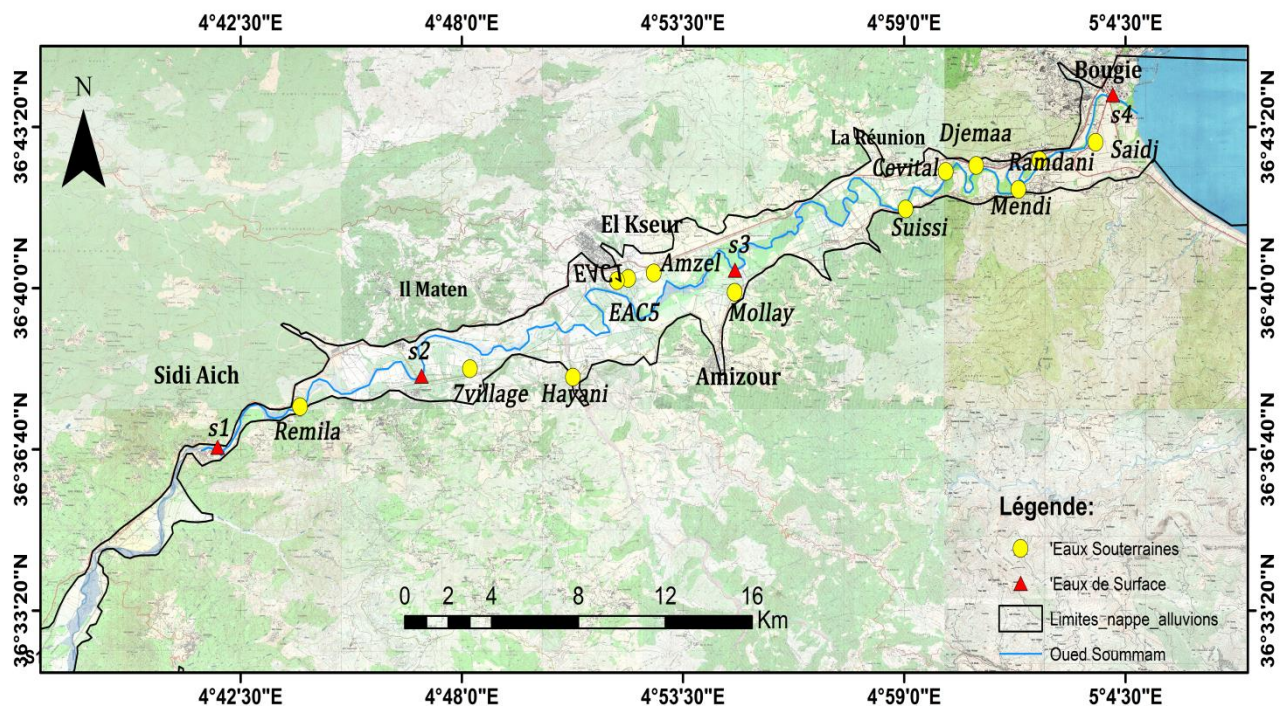


Figure 11. Stations de prélèvement d’eaux superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam.

Avant d’entamer la présentation et l’interprétation des résultats, il nous est apparu judicieux de présenter un bref descriptif de quatre stations sélectionnées et qui ont fait l’objet d’un prélèvement superficiel. Elles sont au nombre de quatre stations superficielles et treize points de prélèvement souterraine (Puits, forages), comme ci-dessous :

Station 1 :(Sidi Aich), Le milieu est parfaitement lotique en raison de la pente mais aussi du lit de l’oued qui se rétrécit à cet endroit précisément. Le débit est important en saison de crues et déborde parfois sur la route communale. Sa proximité à la ville et la

zone industrielle de Sidi Aich est à relever. L'aspect industriel et urbain caractérise le type de pollution que l'on peut identifier rencontrée dans la région.



Photo 3. La station S1

Station 2:(VSA Fenaia II Maten) Elle se trouve à l'aval des rejets d'eaux usées de Sidi Aich et sa zone industrielle. Son débit est très important en hiver.



Photo 4. La station S2

Station 3 : (Amizour), Cette zone est à vocation exclusivement agricole. C'est la zone des domaines agricoles où on cultive des agrumes, et quelques variétés de légumes. Elle se trouve à l'aval des rejets les zones industrielles d'El Kseur et Amizour.



Photo 5. La station S3

Station 4 : (4 chemins à Béjaia) C'est un milieu récepteur par excellence où toutes les eaux drainées par le bassin versant de la Soummam déversent dans la mer. Le milieu est lentique et représente un estuaire de transition entre les deux écosystèmes : terrestre et marin. Une station de raffinage du pétrole est installée à proximité.



Photo 6. Station 4

I.4. Echantillonnage

Une campagne d'échantillonnage a été réalisée en deux temps, le 2 mai et le 22 Avril 2019. Dans chaque station superficielle ou point de prélèvement, deux échantillons d'eau ont été prélevés.

I.5. Conservation et prétraitement des échantillons

Tous les échantillons d'eau ont été conservés dans une glacière, acheminés au laboratoire, et conservés au réfrigérateur à une température inférieure à 4°C et à l'abri de la lumière (photo 7).



Photo 7. Une glacière

I.6. Mesures effectuées sur terrain

Certains paramètres comme le pH, la température, l'oxygène dissous et la conductivité électrique ont été mesurés sur terrain à l'aide d'une valise multi-paramètres étalonnée ; appartenant au département des Sciences de la Terre et de l'Univers de l'Université de Jijel (photo 8).



Photo 8. Valise multi paramètre utilisée pour les mesures *In Situ* (Université de Jijel, 2019)

I.7. Nettoyage de la verrerie

Les flacons destinés au dosage des composés azotés et phosphatés (ammonium, phosphates, nitrates, nitrites) sont nettoyés à l'aide de l'acide chlorhydrique ou l'acide sulfurique, puis rincés à l'eau distillée. (Rodier, 2005).



I.8. Dosage effectuées au laboratoire

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux superficielles et souterraines dans notre étude se limite à mesurer certains paramètres indicateurs de la pollution. Comme il a été mentionné auparavant, nous nous intéresserons dans ce travail, exclusivement au suivi spatial des composés azotés et phosphatés (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-}) dans une approche intégrée incluant les eaux de surface et les eaux souterraines.

Ces composés permettent l'estimation du degré d'enrichissement des eaux par les éléments polluants, qui sont à l'amont du phénomène d'eutrophisation mais aussi de dégradation de la qualité physico-chimique des eaux naturelles. La présence de ces polluants a des conséquences préjudiciables sur le milieu aquatique. Mais affecte également la qualité des eaux potables d'approvisionnement de la population de la vallée étudiée fournies essentiellement par l'exploitation de la nappe des alluvions au niveau des champs captants et de nombreux forages hydrauliques.

A cet égard, les diverses méthodes d'analyse adoptées pour l'estimation des différents descripteurs physico-chimiques sont résumées dans le tableau 10:

Tableau 14. Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisées (Rodier, 2005)

Paramètres	Unités	Méthode de dosage	Appareillages
Température	°C	Mesure in situ	Valise multi paramètres 
Conductivité Electrique	$\mu\text{S.cm}^{-1}$	Mesure in situ	Valise multi paramètres
pH	/	Mesure in situ	Valise multi paramètres
Oxygène Dissous	mg.l^{-1}	Mesure in situ	Valise multi paramètres
Nitrate	mg.l^{-1}	En présence de salicylate de sodium, les nitrates du paranitrosalicylate de sodium, coloré en jaune sont susceptibles d'un dosage spectrophotométrique.	Spectrophotomètre U.V 
Nitrite	mg.l^{-1}	Dans un milieu chlorhydrique, l'acide sulfanilique en présence d'ion d'ammonium et du phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré en jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en nitrite.	Spectrophotomètre U.V

Ammonium	mg.l ⁻¹	En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'adsorption moléculaire.	Spectrophotomètre U.V
Ortho-Phosphate	mg.l ⁻¹	En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les ortho-phosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrométrique, le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.	Spectrophotomètre U.V

Dix-sept stations accessibles et représentatives de la vallée de la basse Soummam ont été retenues dans cette étude. Elles sont réparties, d'amont en aval le long de l'oued, en quatre stations d'eaux superficielles et treize puits et forages. Les paramètres analysés sont les composés azotés et phosphatés : NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} indicateurs par excellence d'une pollution anthropique des eaux naturelles. Néanmoins, d'autres descripteurs comme la température (T), l'oxygène dissous (OD), le potentiel Hydrogène (pH), la conductivité électrique(CE) ont été mesurés In Situ. Les composés étudiés peuvent proposer une estimation du degré d'enrichissement des eaux par ces éléments polluants, qui sont à l'amont du phénomène d'eutrophisation des eaux de surface et de dégradation de la qualité des eaux souterraines.

Troisième partie : Résultats et discussion

Introduction

Les résultats des mesures des différents paramètres sont représentés dans cette dernière partie du manuscrit. La présentation graphique de chaque paramètre permet d'illustrer les éventuelles variations et peuvent faciliter nos interprétations.

Par ailleurs, deux normes de qualité ont été retenues. Nous diviserons nos analyses en deux catégories : les eaux de surface discutées selon les normes du SEQ-Eau (Agence française de l'eau, 2003) ainsi que les eaux souterraines, souvent utilisées dans l'alimentation en eau potable et en raison de la toxicité des substances azotées et phosphatées, nous utiliserons les normes algériennes : Législation algérienne pour les eaux destinées à la consommation humaine (Décret N° 89-3 du 3 janvier 1989 Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine).

I. Eaux de surface

I.1. Discussion des résultats des paramètres physiques

I.1.1. Température

La température de l'eau est un facteur important qui permet de déterminer si une masse d'eau est acceptable pour la consommation et l'utilisation humaine.

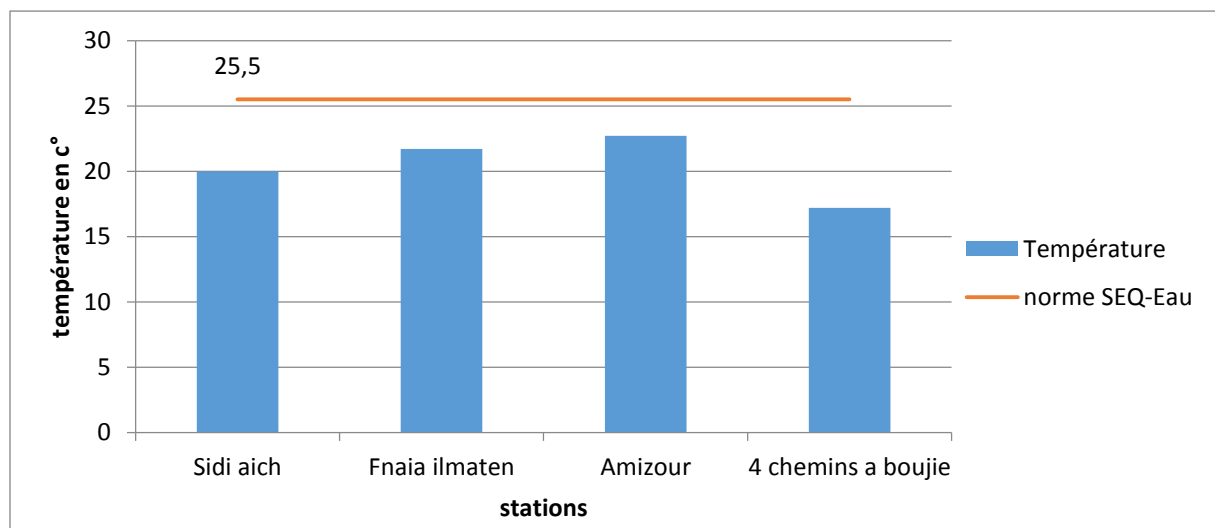


Figure 12. Variation de la température des eaux d'oued Soummam

Les températures enregistrées dans notre zone d'étude (figure 12) oscillent entre 17.2°C et 22.7°C. Selon les normes SEQ-Eau (Agence française de l'eau, 2003), la température de l'eau

de la rivière doit être inférieure à 25.5 °C. Les températures mesurées dans l'oued Soummam sont en-dessous de la norme

I.1.2. Le potentiel hydrogène (pH)

Le pH est un paramètre qui permet de définir si un milieu est acide ou basique. Le pH de l'eau pure à 25°C est égal à 7, c'est cette valeur qui a été choisie comme référence pour désigner un milieu aquatique neutre.

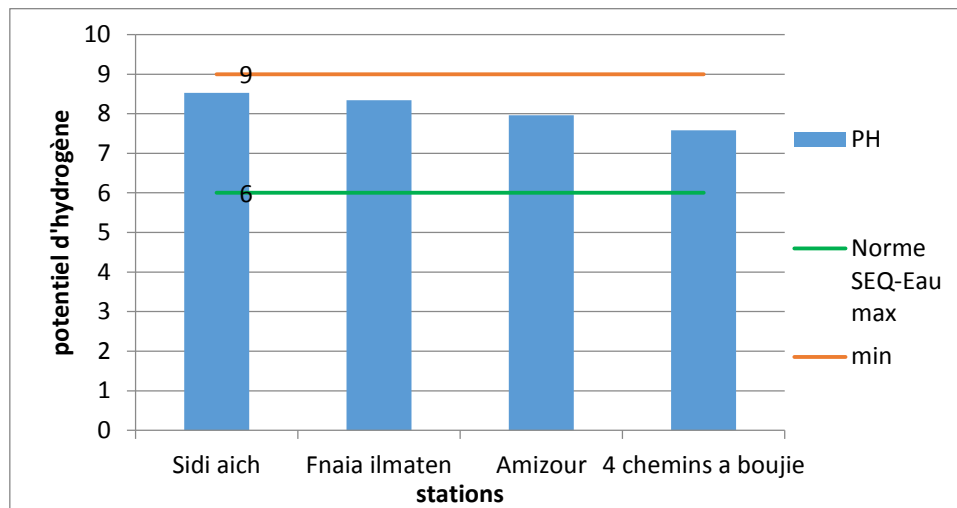


Figure 13. Variation du potentiel d'hydrogène dans les eaux de la Soummam

Les valeurs du pH mesurées dans l'oued de la Soummam montrent que les eaux de surface sont à tendance légèrement neutre dans la majorité des stations de surface. En effet, la valeur maximale enregistrée in Situ est de 8.53 à la station de Sidi Aich et sa valeur minimale est de 7.58 au niveau des 4 chemins à Béjaia, située à l'embouchure du bassin versant de la Soummam.

Ces eaux possèdent généralement un pH qui est conforme à l'intervalle adopté où $6 < \text{pH} < 9$, selon la classification SEQ-Eau, De ce fait, ses eaux sont excellentes pour l'irrigation. Toutefois, il faut signaler que le pH de ces eaux demeure légèrement alcalin, cette faible variation peut être attribuée à l'effet tampon des ions bicarbonatés contenus dans les marnes et calcaires du Crétacé bordant l'oued essentiellement à Sidi Aich et Fenia Il Maten.

I.1.3. Conductivité électrique

C'est la capacité d'une eau à conduire l'électricité. La conductivité électrique des eaux dépend de leur concentration ionique et de leur température. Elle donne une bonne indication des changements de la composition des eaux, et notamment de leur concentration en sels minéraux.

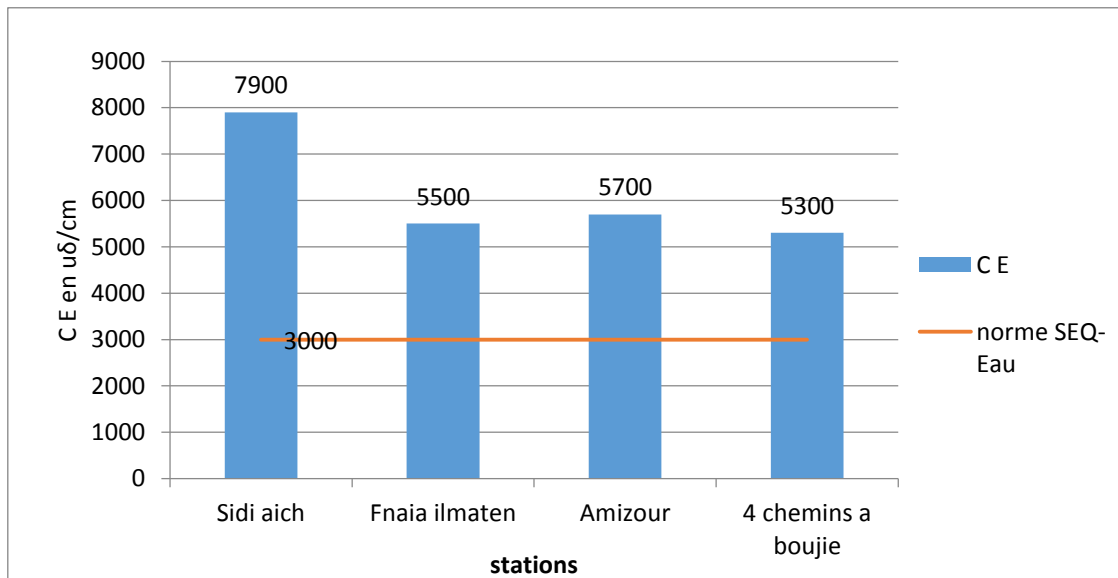


Figure (14) : Variation de la conductivité électrique dans les eaux d'oued Soummam.

La figure 14 montre des variations importantes de ce paramètre dans les eaux de surface de la Soummam. Elles fluctuent entre 5300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 7900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dépassant les normes adoptées dans notre étude. En effet, la vallée de la Soummam présente une conductivité électrique largement supérieure à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et ses eaux sont considérées comme très mauvaises.

Les valeurs élevées de la conductivité électrique correspondent à une minéralisation importante des eaux de la basse vallée de la Soummam. Cette augmentation pourrait être expliquée par la contribution des effluents bruts rejetés dans le milieu récepteur sans traitement préalable, principalement à l'aval des 4 chemins. Celle-ci est globalement supérieure à celles analysées dans les autres stations. Les interactions eau-roches sont mises en évidence, en particulier le processus de dissolution. Comme l'oued draine les formations calcaires des Biban, ses eaux se chargent à fur et à mesure de leur avancée dans les Biban dont les versants nord limitent la rive droite de la Soummam.

Suivant le principe de dilution par la pluie et de concentration de la charge minérale par évaporation, on concède que les valeurs seraient plus élevées dans la période des basses eaux.

Par ailleurs, comme les eaux de la Soummam sont destinées en grande partie à l'irrigation, ces fortes minéralisations présentent un risque de compromettre les rendements agricoles à long terme, par effet d'accumulation des sels dans les agro-sols de la vallée.

I.1.4. Oxygène dissous (O₂)

L'oxygène est présent dans l'eau sous forme de molécules gazeuses, au sein de minuscules bulles d'air. Il se dissout dans cette eau par diffusion, jusqu'à un équilibre appelé "saturation". Cette saturation ou solubilité maximale de l'oxygène dans l'eau est, pour l'essentiel, fonction de la température et de la salinité. Le SEQ-Eau fixe une référence de qualité qui doit être supérieur de 6 mg/l pour l'oxydabilité.

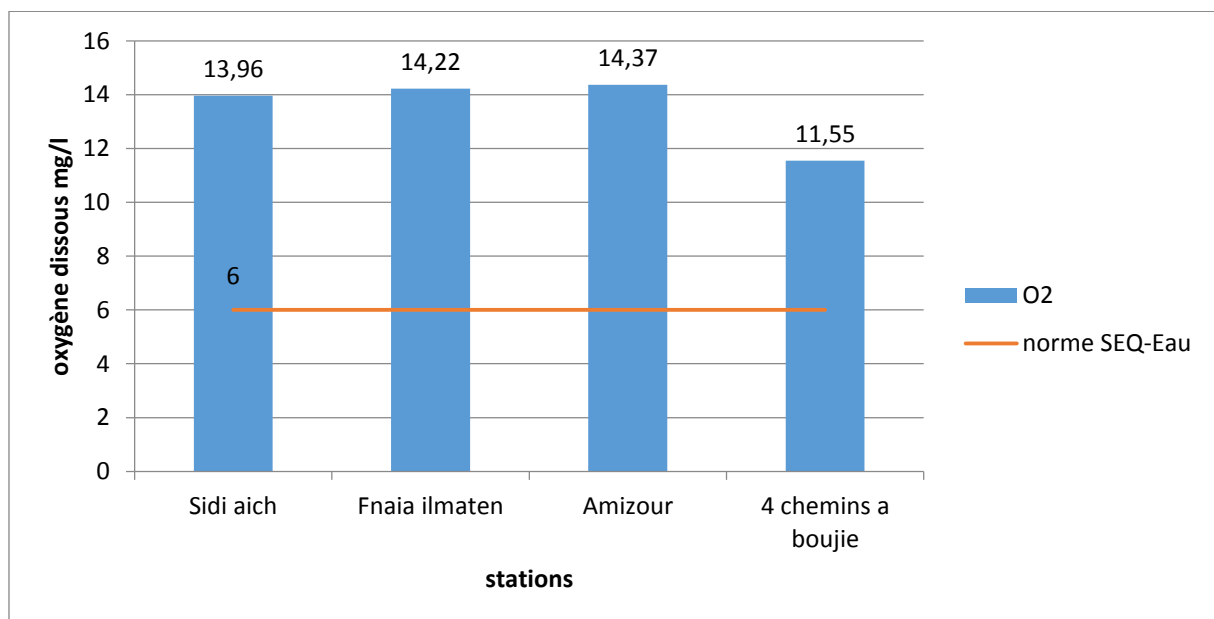


Figure 15. Variation de l'oxygène dissous dans les eaux d'oued Soummam

La figure 15 montre que l'oxygène dissous varie durant la période de l'étude entre une valeur maximale de 14.3 mg/l enregistrée au niveau de la station d'Amizour au centre de la basse vallée de la Soummam et une valeur minimale de 11.5 mg/l au niveau des 4 chemins à Béjaïa à l'embouchure de la vallée.

L'on constate une légère dégradation de la qualité des eaux à l'aval, l'oxygène dissous mesuré de 11.5 mg/l à la station des 4 chemins à l'embouchure, milieu récepteur de tous les rejets urbains et industriels. Ce qui indique une consommation mais pas importante de l'oxygène par des processus d'oxydation de la matière organique.

I.2. Discussion des résultats des composées azotées et l'orthophosphate :

I.2.1. Nitrates

L'ion nitrate constitue le stade final de l'oxydation de l'azote, et représente la forme d'azote au degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. L'ion nitrate à des origines essentiellement agricoles telles que l'épandage d'engrais ou l'élevage du bétail après le lessivage des terres agricoles.

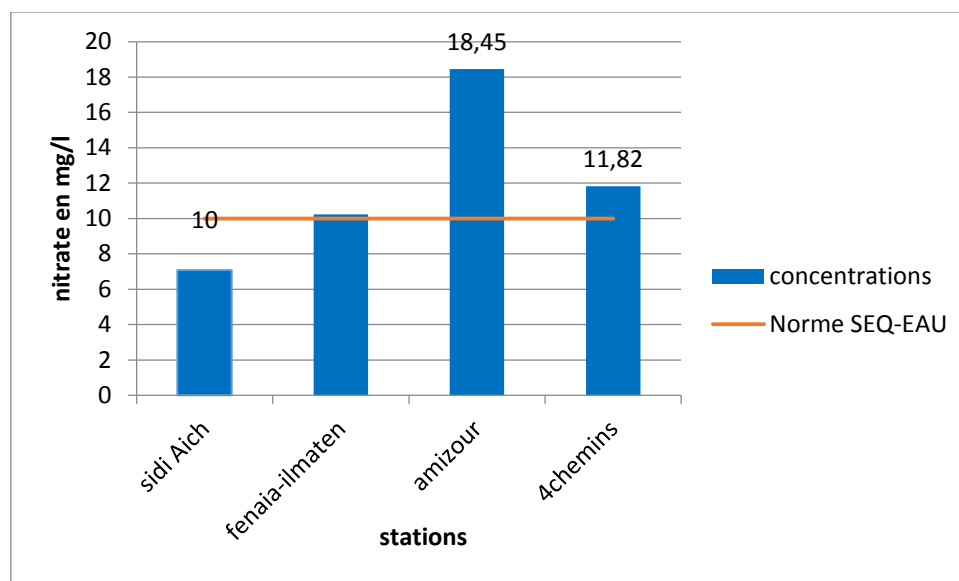


Figure 16. Variation de nitrate dans les eaux de la vallée

L'histogramme des teneurs en ion nitrate dans les eaux de l'oued de la Soummam (figure 16), montre une légère variation de ces concentrations oscillantes entre 5.1 mg/l à Fenaia II Maten et 18.4 mg/l à Sidi Aich.

Pour un milieu naturel et selon la réglementation française SEQ-Eau, les teneurs doivent être inférieures à 10 mg/l. On notera que les stations de Fenaia II Maten, Amizour, et les 4 chemins ne sont pas conformes aux normes de qualité requises.

Nous pouvons expliquer ces teneurs par la prédominance du processus de nitrification accumulée, comme le milieu est riche en oxygène oscillant entre 11.5 et 14.4 mg/l, le milieu devient favorable à l'oxydation de la matière organique.

En effet, la nitrification transforme les produits de la fixation (NH_4^+ , NH_3) en NO_x (soient NO_2^- et NO_3^-), des nitrites et nitrates. C'est une réaction d'oxydation qui se fait par catalyse enzymique reliée à des bactéries du genre *Nitrosomonas* et *Nitrobacter*,

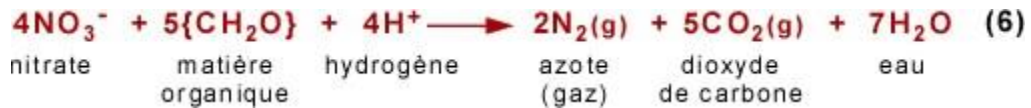
autotrophes, qui exigent un milieu aéré et peu acide dans les sols et dans l'eau. La réaction en chaîne est de type :



Soit :



De son côté, la dénitrification est généralement l'étape qui suit la nitrification. Les nitrates (NO₃) et les nitrites (NO₂) sont transformés en azote (N₂). L'azote gazeux s'échappe de l'eau dans l'air. Un grand nombre de bactéries est capable d'effectuer la dénitrification. Il s'agit d'une réaction de réduction de NO₃⁻ par l'intermédiaire de bactéries transformant la matière organique. La réaction est de type :



L'activité humaine contribue à l'augmentation de la dénitrification, entre autres, par l'utilisation des engrais qui ajoutent aux sols des composés ammoniacés (NH₄⁺, NH₃) et des nitrates (NO₃⁻)

I.2.2. Nitrite

L'ion nitrite constitue un poison dangereux pour les organismes aquatiques, même à de très faibles concentrations. Sa toxicité augmente avec la hausse des températures. Il provoque une dégradation de l'hémoglobine du sang des nourrissons qui ne peut plus véhiculer l'oxygène. Il en résulte la mort par asphyxie (Sevrin et al, 1995).

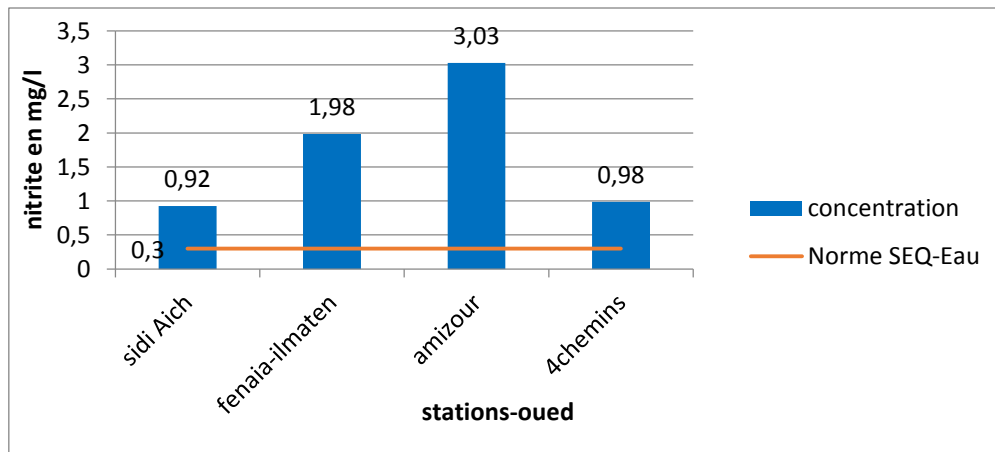


Figure.17 Variation de nitrite dans les eaux de la vallée.

Les résultats de dosage de l'ion nitrite dans les eaux de la basse vallée de la Soummam sont compris entre 0,9 et 3 mg/l. La majorité des concentrations mesurées dépassent largement la norme SEQ-Eau qui est fixées à 0,3 mg/l. Les résultats montrent le minimum de 0,9 mg/l qui est mesuré à sidi Aich. L'augmentation est plus marquée à Il Maten et Amizour avec respectivement 1,9 et 3 mg/l et s'explique par l'accumulation des rejets.

En effet, l'excès en ion nitrite dans les eaux superficielles de l'oued provient d'une oxydation incomplète de l'ammonium qui apparait essentiellement dans les rejets urbains des grandes communes longeant de la vallée. Les volumes des rejets liquides passent de 137 766 m³/j en 2010 à 181 615 m³/j selon la projection de 2020 (PNE, 2010).

I.2.3. Ammonium

L'azote ammoniacal constitue un des maillons du cycle complexe de l'azote dans son état primitif. C'est un gaz soluble dans l'eau. Il existe en faible proportion, généralement inférieure à 0,1 mg/l d'azote ammoniacal dans les eaux naturelles. Il constitue un excellent indicateur de la pollution des cours d'eau par les effluents urbains. Dans les eaux superficielles, il provient de la matière organique azotée et des échanges gazeux entre l'eau et l'atmosphère (Chapman et al, 1996).

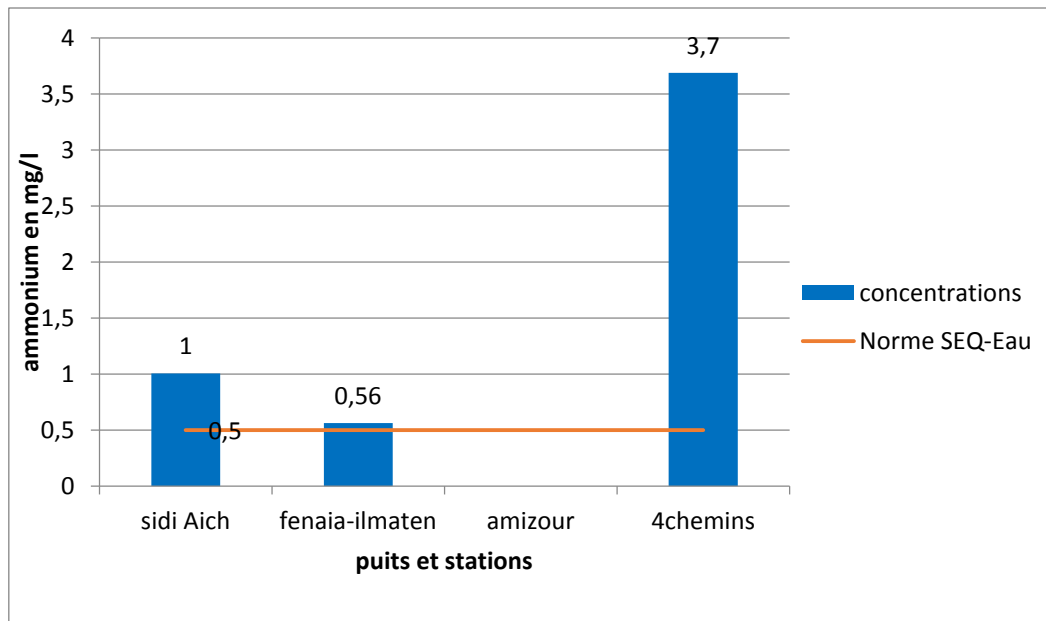


Figure.18 Variation d'ammonium dans les eaux de la vallée.

Les teneurs obtenues dans l'oued Soummam varient entre une absence totale à Amizour et 3.68 mg/L mesurée au niveau de la station des 4 chemins à Béjaia. Les valeurs de la concentration en ion ammonium se trouvent au-dessus de la norme SEQ-Eau dans les 4 chemins, Sidi Aich et Fenaia Il Maten. Ces trois stations sont localisées à proximité des grands centres urbains de la vallée de la Soummam, en l'occurrence, les villes de Sidi Aich, El Kseur et Béjaia-ville, ces deux premières ne sont pas encore équipées de stations d'épuration des eaux usées (STEP), les projets sont en cours de réalisation. Il en résulte, des teneurs remarquablement élevées justifiées par les rejets des eaux usées le long de l'oued comme le montre les photos 9 et 10.

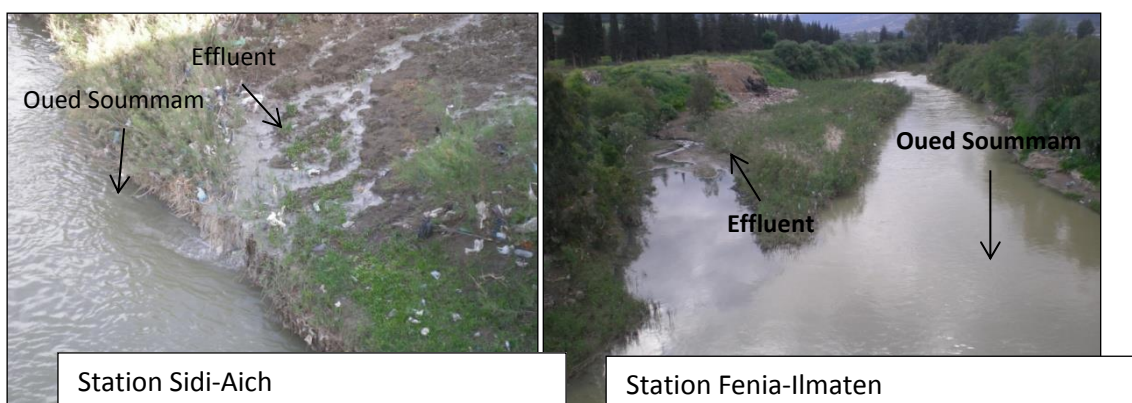


Photo 9. Effluent des eaux usées

Photo 10. Effluent des eaux usées

On dénote que la station des 4 chemins à Béjaia présente la plus forte concentration d'ammonium analysée à 3.68 mg/l. L'excès enregistré pourrait être relié à l'importance des charges polluantes drainées dans les eaux usées des centres urbains, d'autant plus que cette station marque le milieu récepteur du bassin-versant de la Soummam. A Béjaia la concentration démographique s'élève à 183 733 habitants (PNE, 2010), le volume des rejets liquides suit la tendance.

Ces teneurs traduisent, par conséquent, le déclenchement du processus de dégradation de la matière organique issue des rejets d'eaux usées qui demeure incomplet. Son danger augmente avec la concentration démographique. Mais aussi les fortes teneurs d'oxygène dissous enregistrées entre 13 à 14.3 mg/l favorisent l'amorce de la nitrification de l'azote ammoniacal. Cela peut être expliqué par la diminution graduelle des concentrations de NH_4 jusqu'à sa disparition totale à la station d'Amizour. Mais il réapparaît à Béjaia du fait de l'effet des effluents bruts rejetés. Ces rejets représentent 25% du total des habitants de la Willaya dans le milieu récepteur sans traitement préalable.

L'apparition de l'ammonium indique des conditions de milieu réductrices et pauvres en oxygène, c'est le processus d'ammonification. Les variations des teneurs en composés azotés dans les différentes stations de prélèvement des eaux de surface sont probablement justifiées par un jeu de processus de nitrification ou dénitrification. En effet, la diminution des concentrations de NH_4^+ entre Sidi-Aich, Fenia-II Maten et Amizour parallèlement à l'augmentation des concentrations de NO_3^- dans les mêmes stations sous les conditions d'oxygénation favorable est relevé, avec la présence de quantité suffisante en oxygène dissous.

I.2.4. Orthophosphate

Nos analyses montrent des traces négligeables inférieures à 0.001 mg/l de phosphate dans les eaux de la vallée de la basse vallée de la Soummam.

II. Eaux souterraines

II.1. Discussion des résultats des paramètres physiques

II.1.1. Température

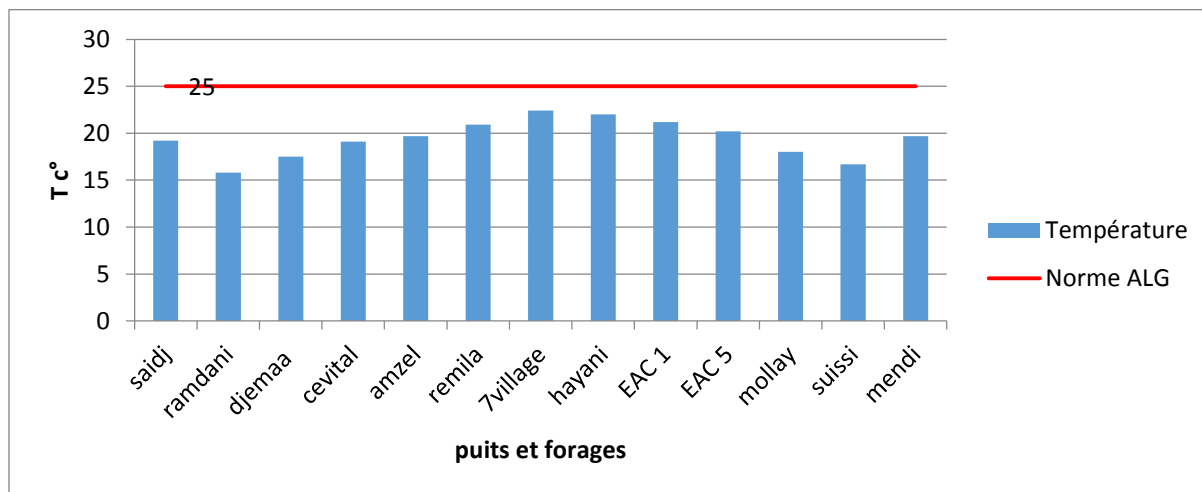


Figure 19. Variation de la Température dans les eaux de la nappe.

Les températures enregistrées figure 19 oscillent entre 15.8 et 22.4°C. Les températures mesurées dans les eaux de la nappe appartiennent à l'intervalle de la norme algérienne adoptée pour les eaux souterraines destinée à la consommation humaine stipule que les eaux de bonne qualité doivent être inférieure à 25°C. Ces eaux sont aptes à la consommation humaine. La température influence la solubilité des sels et des gaz et notamment la quantité d'oxygène dissous.

II.1.2. pH

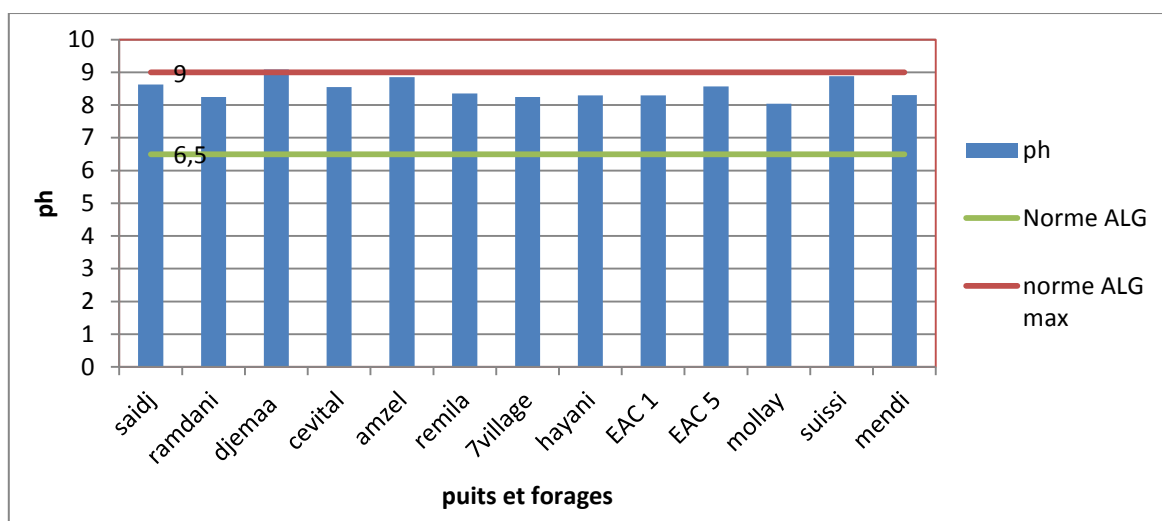


Figure20. Variation de Ph dans les eaux de la nappe.

Les valeurs observées dans la basse vallée révèlent que le pH est généralement alcalin dans la majorité des puits et forages analysés. Ce paramètre a été mesuré entre 8 au Puits Moulay près d'Amizour et 9.1 au Puits Djemaa à l'aval d'Oued Ghir. Ces eaux ont un pH qui ne dépasse pas les normes algériennes ($6.5 < \text{pH} < 9$). En plus, le pH des eaux considéré faiblement alcalin, cette alcalinité est attribuable à la présence des formations carbonatées dans la zone d'étude, le marno-calcaire localement karstifié du Jurassique moyen, le calcaire noir du Lias moyen et supérieur et les dolomies du Lias inférieur.

II.1.3. Conductivité électrique

La figure 21 montre des variations importantes de la conductivité électrique dans les eaux de la nappe. Elles fluctuent entre 3630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au Puits Suissi près de Thala Hamza et 5300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au puits Remila à l'amont de la vallée. La quasi-majorité des puits analysés sont en dessous de la norme algérienne des eaux destinées à la consommation humaine potable fixée à 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sauf quatre puits, en l'occurrence, Remila (5300 $\mu\text{S}/\text{cm}$), 7 villages (2910 $\mu\text{S}/\text{cm}$), Hayani (2820 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et EAC 1 (2670 $\mu\text{S}/\text{cm}$) dépassant significativement la norme de potabilité. Et pourtant ces puits et forage continuent à alimenter la population en eau potable surtout le forage des 7 villages qui est géré l'ADE alimentant les villages de Timizert et Fenaia.

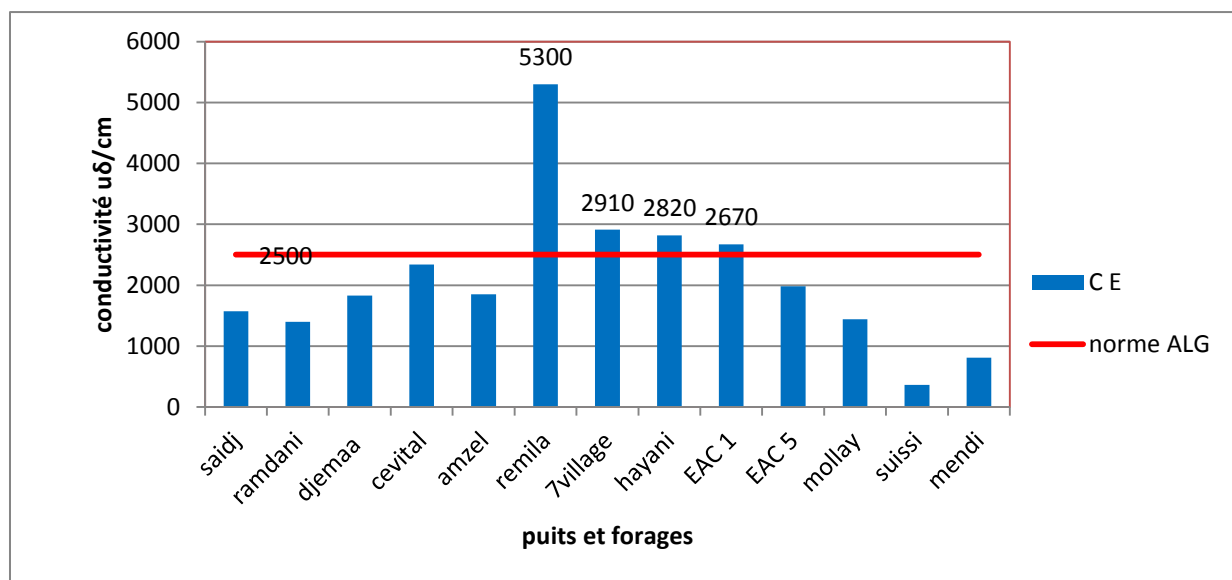


Figure 21. Variation de la CE dans les eaux de la nappe.

Les valeurs élevées de la conductivité électrique correspondent à une minéralisation des eaux de la nappe assez marquée qui peuvent être le résultat du lessivage des sols. Kessasra en 2015 a trouvé que les fortes valeurs de la conductivité sont liées à la présence des formations

gypseuses triasiques dans la région et la dissolution des formations carbonatées. Généralement influencée par les formations gypseuses salines affleurant dans la région de Sidi Aich et Fenja II Maten sur les deux rives, comme le montre la carte géologique, tous les puits affectés sont localisés près des poches gypseuses.

II.1.4. Oxygène dissous

La figure (22) montre que l'oxydabilité varie dans la nappe de 2.69 mg/l au niveau du puits Suissi à 5.46 mg/l, enregistrée au niveau du puits EAC5 près d'El Kseur. Ces eaux souterraines sont relativement chargées en matières oxydables, par conséquent, les eaux de la nappe sont de bonne qualité.

En revanche, comparées aux normes algériennes qu'elles fixent à 7 mg/l, cinq puits présentent des concentrations inférieures à celles proposées pour la qualité des eaux potables : les puits Djemaa, Remila, 7village, Suissi et Mendi avec respectivement 5.59, 5.52, 6.53, 2.69 et 3.59 mg/l.

La nature des formations géologiques est à l'origine des variations en oxygène dissous. Les fortes concentrations reflètent un horizon perméable et les faibles teneurs un niveau peu perméable à imperméable. Toutefois, ces tendances ne sont pas relevées dans la nappe. En effet, la nappe dans l'axe El Kseur-Béjaia est recouverte de limons d'une épaisseur moyenne de 20 m, conjugué à la présence de passées argileuses, la perméabilité des alluvions diminue. Les valeurs mesurées sont très faibles sur cet axe variant entre Mendi et EAC 1 à El Kseur, soit respectivement 2.69 et 7.5 mg/l.

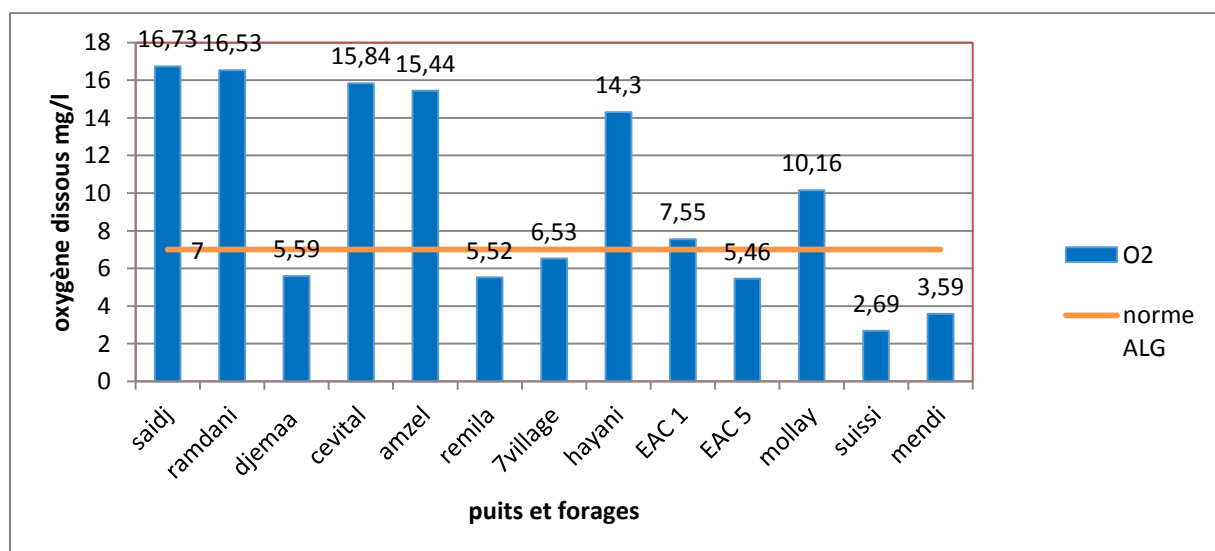


Figure 22. Variation de l'oxygène dissous dans les eaux de la nappe.

II.2. Discussion des résultats des composées azotées et l'orthophosphate

II.2.1 Nitrates

Ils sont parmi des éléments utilisés dans les intrants des exploitations agricoles, il est également possible de les retrouver dans les déchets organiques d'origine animale et humaine. Dans l'eau souterraine, les sources de nitrates peuvent provenir de l'utilisation d'engrais pour la fertilisation des cultures agricoles mais également des déjections humaines et animales voire des rejets d'eaux usées domestiques (Robins, 1998).

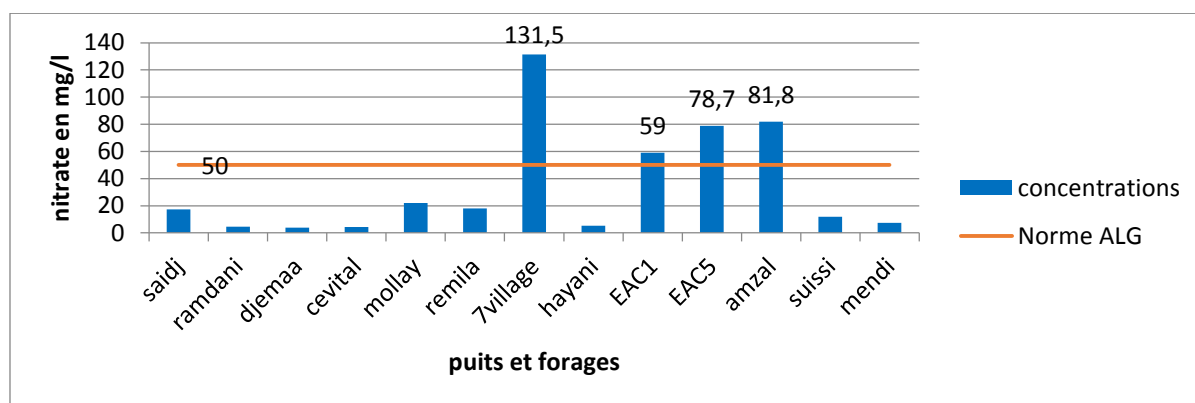


Figure23. Variation de nitrate dans les eaux de la nappe.

L'histogramme des teneurs en ions nitrate analysées dans les eaux de la nappe (figure 23), illustre une grande variabilité, ce qui confirme le caractère très instable de l'ion NO_3 dans les milieux souterrains. Ces teneurs oscillent entre 3.9 et 131.5 mg/l, mesurées respectivement dans les puits Djemaa et 7 villages. Si l'on compare ces concentrations avec celles analysées en 2011 et 2013 (Kessasra, 2015), il en ressort une parfaite concordance. Il faut signaler que la rémanence des composés azotés issus des engrais appliqués dans les sols agricoles de la vallée est confirmée par la tendance générale de distribution des composés azotés et phosphatés dans les eaux de la nappe de la Soummam.

Les normes algériennes de potabilité sont fixées à 50 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine (Décret N° 89-3 du 3 janvier 1989). On constate que la majorité des teneurs en nitrate enregistrées dans les eaux de la nappe sont inférieures aux teneurs seuils suggérées.

Par ailleurs, la carte de répartition spatiale des nitrates figure 24 montre deux zones distinctes. L'une, représentée en rouge, est comprise entre Il Maten et El Kseur, concentrée dans un intervalle de 81 et 131.7 mg/l; l'autre est localisée à l'aval de la vallée avec un

intervalle de concentration qui oscille entre 3.5 et 59 mg/l. Ces zones coïncident avec la cartographie de la vulnérabilité de la nappe au nitrate établi par Kessasra en 2015.

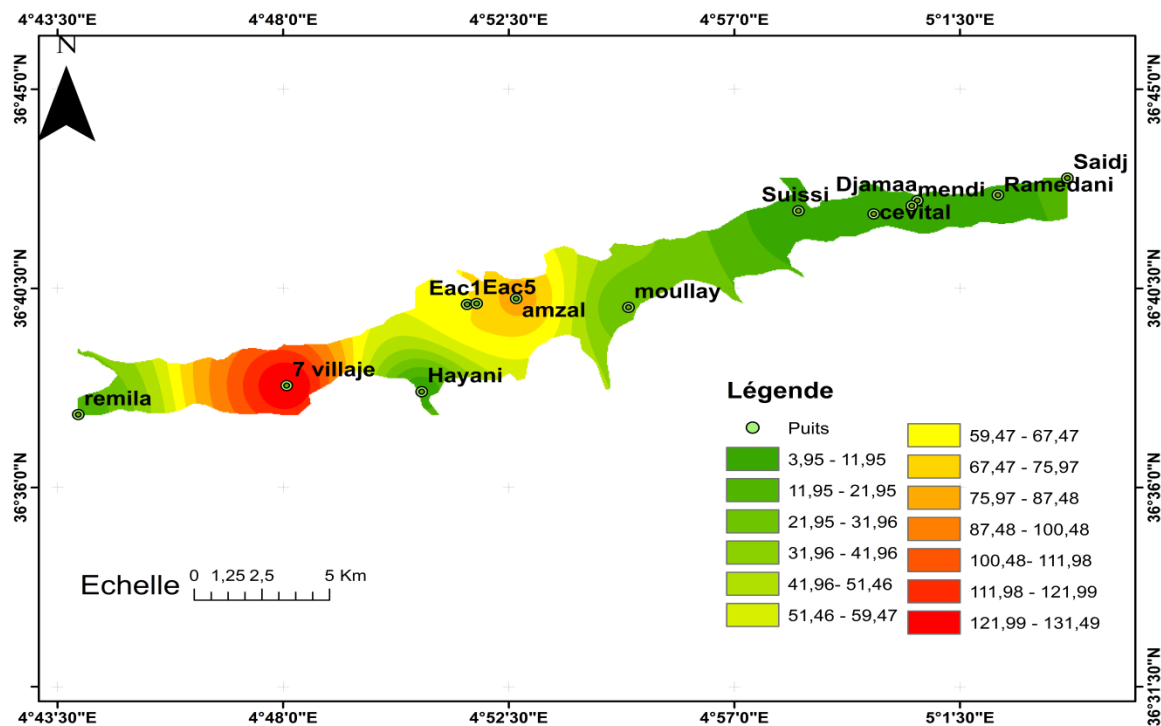


Figure 24. Répartition spatiale des nitrates dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam, juin 2019

Les nitrates présents dans les eaux souterraines peuvent avoir une origine naturelle en premier lieu notamment au travers des eaux météoriques et des interactions entre le sol et la végétation. D'autant plus que les sols de la région d'étude sont agricoles et leur fertilité dépend largement de la présence de la matière organique et des composés azotés. En effet, une fraction des nitrates présente dans les sols est lessivée par l'eau de pluie et peut rejoindre soit directement les cours d'eau (par ruissellement ou écoulement) soit s'infiltrer vers la nappe.

En second lieu, les nitrates peuvent être d'origine anthropique, l'épandage d'engrais et leur lessivage, l'élevage et les rejets d'eaux usées domestiques sont des causes des plus communes de pollution des eaux. Généralement, des teneurs supérieures à 10 mg/l reflètent une contamination anthropique en nitrate (Kloppmaan, 2003 ; Ollagnier et al, 2007).

Selon les directives précédentes, nous pouvons identifier les puits de 7 villages à Fenaia II Maten (Domaine AbaneRamdane) et EAC_1 , EAC_5 et Amzel à El Kseur (Domaine Salhi) qui présentent respectivement des teneurs de 131.5, 59, 78.7 et 81.8 mg/l.

En utilisant notre base de données SIG établie dans la vallée, nous avons pu relever que les échantillons les plus concentrés sont localisés dans les domaines agricoles que compte la région comme le Domaine Aifa, le Domaine Salhi et le Domaine Messaoudi compris entre Fenaia Il Maten et Oued Ghir. A ces endroits, les activités agricoles sont pratiquées à grande échelle, connues par l'usage intensif des produits fertilisants organiques et inorganiques.

Il est largement admis que la source majeure des nitrates dans la vallée est apportée sous forme d'engrais, les nitrates en excès vont être entraînés en profondeur par l'eau de pluie qui s'infiltré graduellement dans le sol en traversant sa zone racinaire et sa zone non-saturée pour ensuite atteindre la nappe qui n'est profonde que de 5 à 10 m.

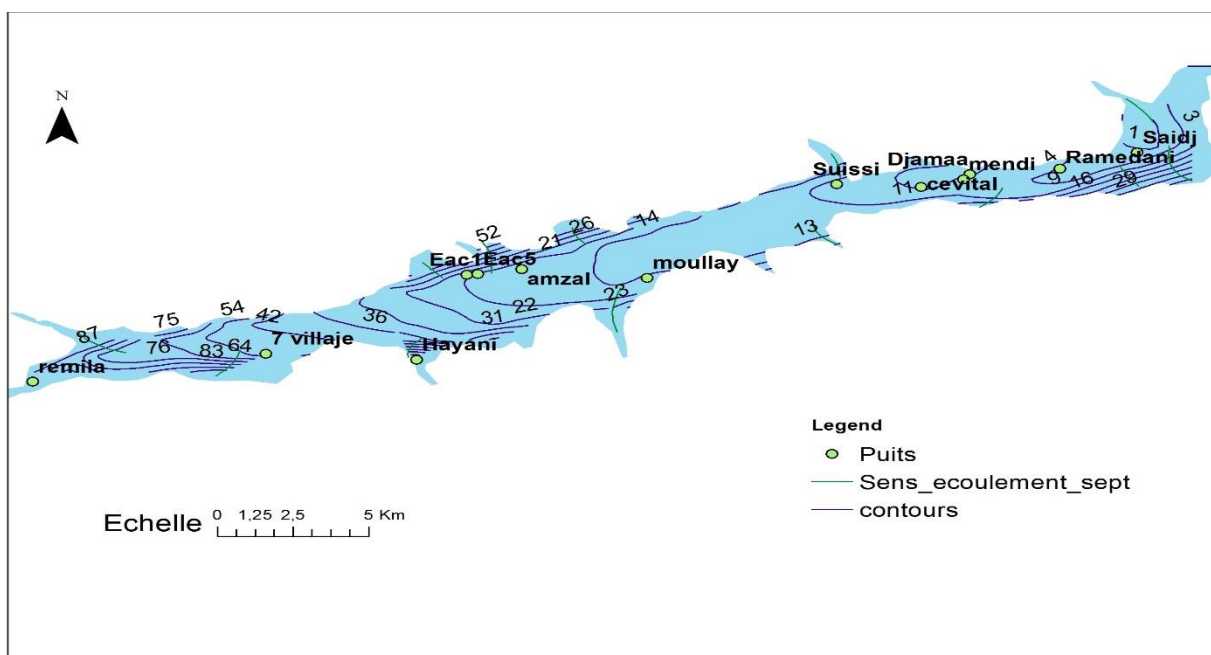
Dans notre mission de collecte de données, les services agricoles de Béjaia nous ont fourni des documents qu'on a utilisés pour comprendre l'ampleur de l'usage des fertilisants chimiques dans la vallée de la Soummam. En effet, 16366,2 kg d'engrais minéraux composées et les produits phytosanitaires en deux formes : liquide avec une quantité de 1905,1L et sous forme solide avec 713 Kg. Ces produits sont répartis en fongicides, herbicides et insecticides livrés dans les communes agricoles de Sidi Aich, EL Kseur, Fenaia Il Maten, Amizour, Oued Ghir et Béjaia. Ces intrants chimiques sont destinés à être dispersés sur environ 5810 ha de superficie irriguée. (DSA, 2017-2018)

On y applique deux catégories d'engrais, des engrais minéraux simples et des engrais azotés composés. Les premiers sont de type azoté (N) comme l'Urée ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$), le Sulfazote 26 %, le nitrate d'ammonium (NH_4NO_3), le Sulfate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), l'Azofert N 21 %, de type phosphaté comme le TSP (superphosphate triple), le SSP (superphosphate simple) et le phosphate d'ammonium ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) et enfin de type potassique (K) comme le Potasse K_2O . En outre, les seconds sont essentiellement composés de NPK, NP, NK et PK. Ils peuvent directement contenir l'ion NO_3^- ou peuvent être constitués de l'ion NH_4^+ qui se transformera progressivement en NO_3^- .

Photo 11. Fertilisants et engrais utilisée (ferme Hayani, 2019)

Relation nitrates et piézométrie

En superposant les puits échantillonnés sur la carte piézométrique, plusieurs remarques ont été mises en évidence, principalement :

**Figure 25.** Carte piézométrique de la basse vallée de la Soummam

Il apparait claire que la concentration en nitrate dans le puits Hayani analysée à 5 mg/l, l'une des plus faibles dans la nappe, subit des effets piézométriques. En effet, le puits est situé dans une zone caractérisée par un très fort gradient hydraulique, il en résulte une forte vitesse

d'écoulement affectant ainsi le pouvoir de dilution des composés chimiques, autrement dit, la nappe se renouvelle assez rapidement pour permettre aux éléments chimiques soit de se diluer dans la masse aqueuse soit de se déplacer sur l'axe d'écoulement principal. On peut l'expliquer également par l'effet des affluents moins chargés en éléments chimiques qui prennent source dans les massifs montagneux bordant la plaine alluviale. Ce puits est situé à proximité de l'oued Amassine.

Une différence de 20 mg/l en NO_3^- a été relevée entre les deux puits, EAC1 (59,01mg/l), et EAC5 (78,72mg/l) alors que la distance séparant les deux ouvrages ne dépasse pas 200 m. Il apparaît également que les deux puits précités se retrouvent sur le même axe d'écoulement que le puits Ferme Amzal. Ce dernier est concentré à hauteur de 81,8 mg/l. Nous soupçonnons que la piézométrie a un effet direct sur cette concentration.

La concentration de EAC1 est soutenue par la présence des activités agricoles de type élevage. En effet, le déchet sous forme de fumier et lisier qui seront progressivement transformés en nitrates de ce dernier est stocké à l'air libre comme le montre la photo (4), il se trouve à quelques mètres du puits. Il est clair que l'infiltration directe du lixiviat, très riche en ammoniac et en urée dans la nappe augmente la présence des nitrates dans l'eau souterraine. Il faut signaler que l'épaisseur de la zone non-saturée ne dépasse pas 9 m.



Photo 12. Fumée stockée à l'air libre ; EAC1, 2019

Par ailleurs, l'augmentation de la concentration en nitrates au niveau de EAC5 est argumentée par l'utilisation des engrais et pesticides mais aussi sous l'effet du panache de polluant formé en dessous du puits EAC1, se déplaçant dans le sens d'écoulement. Ce panache

est d'un apport supplémentaire en ion nitrates où le gradient hydraulique, assez fort dans la zone, augmenterait sa vitesse d'avancée jusqu'à atteindre le puits Amzal situé à environ 10 km.

A cet égard, le puits Ferme Amzal présente une teneur de l'ordre de 82 mg/l. Cela indique un apport externe comme la fertilisation des terrains agricoles et l'infiltration des eaux de surface au niveau de la Station d'Amizour. La disparition complète de NH_4 est probablement infiltrée et transformé en nitrates en présence de l'oxygène dissous concentré à 14,4 mg/l.

II.2.2. Nitrite

Les résultats du dosage de l'ion nitrite obtenus dans les eaux de la nappe sont compris entre 0 à 2.11 mg/l. Cependant toutes ces teneurs demeurent conformes à la norme algérienne fixée à 0.1 mg/l sauf au puits Remila et mollay. La dénitrification de NO_3 en l'absence d'oxygène dissous qui est mesurée à hauteur de 5,25 mg/l ou bien la nitrification de NH_4 peut en être à l'origine de cette hausse.

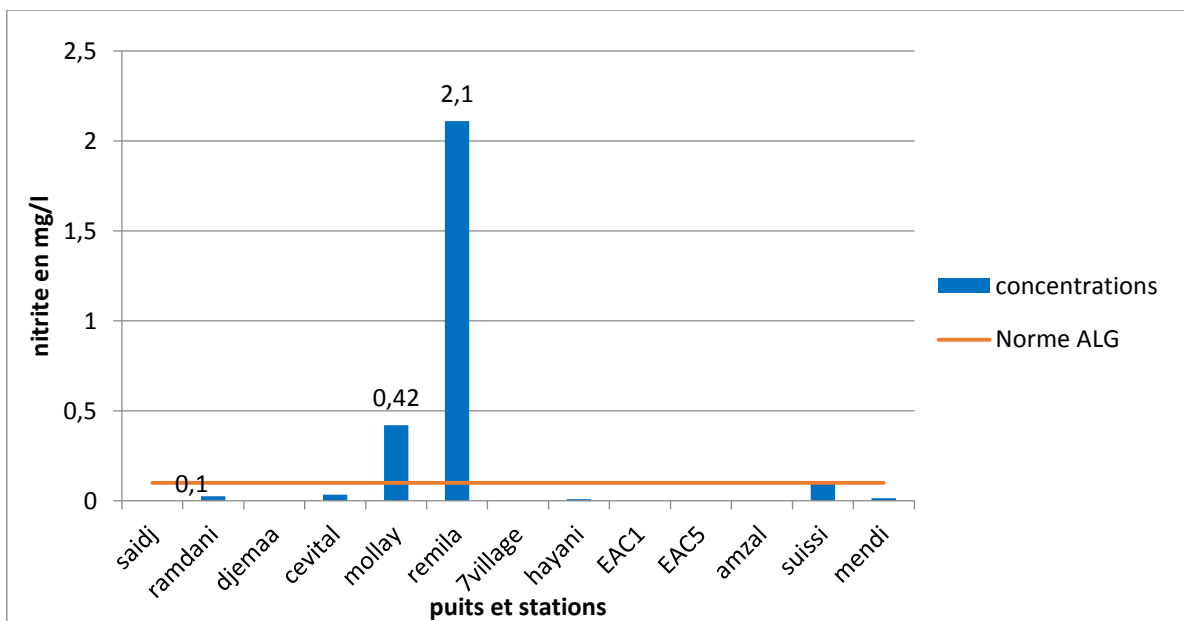


Figure 26. Variation de nitrite dans les eaux de la nappe

II.2.3. Ammonium

Les valeurs de la concentration en ion ammonium trouvées dans la nappe sont nulles sauf dans le puits Cevital avec 0.12 mg/l mais reste en dessous des normes de potabilité requises (0.5 mg/l). Il est nettement très inférieur à la norme. Comparées aux fortes concentrations en nitrates dans les puits analysés et la présence de l'oxygène dissous, la nitrification de l'ammonium est amplifiée d'où son absence totale dans les eaux de la nappe. Les concentrations en ammonium sont généralement faibles dans les eaux souterraines. L'apparition de l'ammonium indique généralement des conditions de milieu réductrices et généralement pauvres en oxygène.

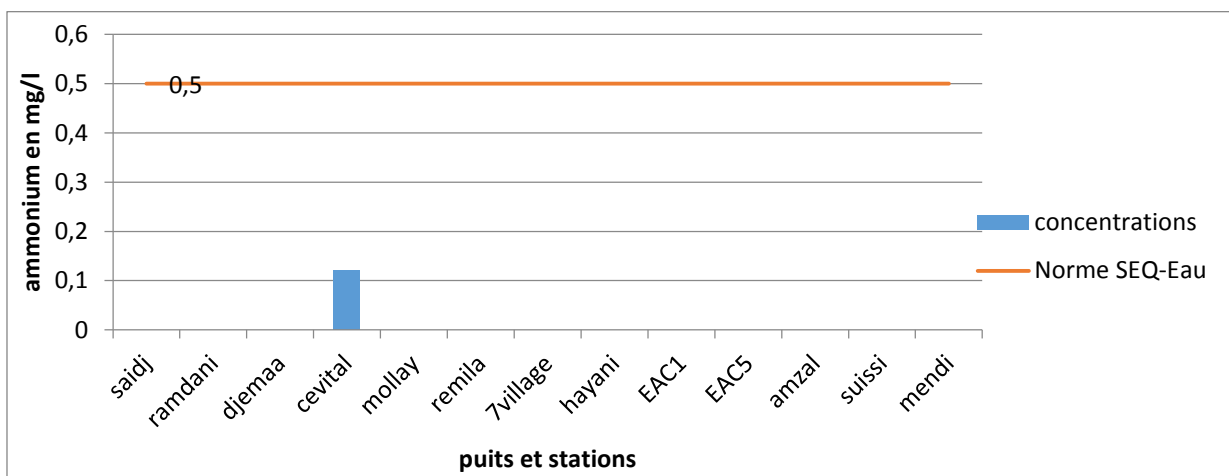


Figure 27. Variation d'ammonium dans les eaux de la nappe

II.2.4. Orthophosphate

Les résultats d'analyse montrent l'absence totale des phosphates dans les eaux de la nappe de la basse vallée de la Soummam.

Conclusion générale et perspectives de recherche

L'étude présente est une caractérisation de la pollution des eaux superficielles et souterraines de la basse vallée de la Soummam par les composés azotés et phosphatés d'origine agricole et urbaine. La vallée de la basse Soummam se situe dans un contexte, tant géologique qu'hydrogéologique, favorable à la formation des nappes d'eau souterraine. L'écoulement de surface de l'oued et les précipitations directes sur les alluvions assurent l'infiltration vers la nappe. La croissance de la population dans la plaine a un effet négatif sur la qualité des ressources en eau de par les volumes d'eaux usées que produit les villes jalonnant le cours de l'oued, certaines ne sont pas équipés de STEP. L'attractivité économique de la vallée (usines, ressources naturelles, fertilités des terrasses alluviales,...) est un élément amplificateur du problème de pollution.

L'un des problèmes majeurs que fait face la vallée de la Soummam est la contamination de ses eaux superficielles et souterraines essentiellement altérées par les nitrates. Ces derniers ont pour source éventuelle les différentes activités anthropiques. En premier lieu, les pratiques agricoles (épandage de fertilisants et produits phytosanitaires, élevage intensif des animaux...), en second lieu, les rejets domestiques (eaux usées et ordures ménagères) et les rejets industriels (industrie agro-alimentaire et autres).

Sur la base des résultats préliminaires obtenus, les eaux de la basse Soummam sont sujettes à une contamination relativement importante suite à une forte pression anthropique sur l'écosystème. Cela est confirmé par les résultats suivants :

- Les eaux de surface sont qualifiées d'inaptes aux usages, avec des teneurs assez élevées en nitrite dans toutes les stations avec des teneurs confinées entre 0.9 à Sidi-Aich et 3 mg/l à Amizour. On dénote aussi un excès en ammonium enregistré dans les stations de Sidi-Aich avec 1 mg/l, Fenaia Il Maten avec 0.56 mg/l et les 4 chemins à Béjaia avec 3.68 mg/l. Elles dépassent ainsi les normes SEQ-eaux.
- Les eaux souterraines sont plus ou moins aptes à la plupart des usages sauf qu'elles constituent une menace pour l'environnement et la santé publique. Les principaux contaminants sont les nitrates (NO_3^-) à 7 Villages, EAC₁, EAC₅ et Amzel dont les teneurs atteindront respectivement 131.5, 59, 78.72 et 81.78 mg/l, les nitrites (NO_2^-) à Remila Sidi-Aich avec une teneur de 2.11 mg/l ; elles dépassent ainsi les normes de potabilité algériennes.

Nous tenons, aussi à signaler que les eaux superficielles sont plus souillées en composés azotés (ammonium, nitrites et nitrates) que les eaux souterraines, qui sont plus contaminées essentiellement par les nitrates. Cet apport en sels nutritifs peut avoir diverses sources anthropiques. La présence des nitrates altère considérablement l'usage des eaux de la nappe, eu égard, de la forte toxicité de ce composé et des problèmes engendrés en matière d'environnement et de santé publique.

En perspective, nous pensons, qu'il serait plus judicieux d'étendre nos investigations sur une longue période. La présente recherche étant faite que durant la période des hautes eaux. Il serait donc, intéressant de compléter ce travail par des prélèvements d'eau en période d'étiage, pour mieux apprécier les variations des différents teneurs des descripteurs choisis, et par conséquent, cerner leur comportement et leur évolution dans l'écosystème aquatique de la Soummam.

Beaucoup d'aspects importants doivent être développés que nous pouvons résumer comme suit :

- Sachant que cette eau est utilisée à des fins agricoles et domestiques, il nous semble important de bien estimer son degré de contamination et son incidence sur les organismes aquatiques et sur la santé publique.
- De réaliser des études complémentaires concernant le transfert des polluants en général et les pesticides en particulier dans les plantes pour optimiser les pratiques culturales et diminuer les doses aux champs.
- Il est également important de bien situer les origines des contaminations et essayer d'y remédier, en diffusant l'information auprès des paysans et les habitants de la région.
- Installer des stations d'épuration des eaux usées (STEP) au niveau des grandes agglomérations urbaines longeant la vallée;
- De faire des campagnes de sensibilisation auprès des agriculteurs par les autorités compétentes concernant l'utilisation optimale des engrais et des produits phytosanitaires.
- Appliquer rigoureusement la réglementation quant aux usages de l'eau par les industriels, surveiller leur consommation et surtout leurs rejets en eau usée industrielle. Appliquer la taxe des pollueurs-payeurs afin de constituer un fonds qui servira à financer les travaux de réparation tels que l'installation des stations d'épuration et de collecte des eaux usées.

- Il est également primordial d'adopter une politique de tri des déchets et ordures et leur recyclage (collectes des piles batteries, plastique, pneus des véhicules, papier et cartons).

Références bibliographiques

Agence de Bassin., Algérois-Hodna-Soummam 2000 Présentation générale du bassin de la Soummam sur le plan administratif, géologique et hydrologique (mission I), Potentialités et mobilisations en eau (mission II, septembre 2001), Confrontation ressources-besoins (mission III, janvier), Etat de pollution dans le bassin (mission IV).

Agence nationale de l'eau potable et industrielles et de l'assainissement (A.G.E.P.), 1999. Alimentation en eau potable et industrielle des agglomérations situées dans le couloir Akbou-Béjaia à partir du barrage de Tichi-Haff. Etude d'impact sur l'environnement. Tome I : Collecte et analyse des données existantes (120p). Tome II : Caractérisation environnementale de la situation actuelle, 56p.

Bennabi MS., 1985. Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'oued Sahel-Soummam (Algérie). Th Doctorat 3ème cycle USM Grenoble, 156p.

Bloundi M.K., 2005. Etude géochimique de la lagune de Nador (Maroc oriental) Impactes des facteurs anthropiques. Thèse de Doctorat, Université Mohamed V-Agdal Faculté des Sciences de Rabat, 180p.

Chapman D, Kimstache V., 1996. Selection of water quality variables, 2^e édition, London, 126 p.

Clinckx C., 1971. Etude hydrogéologique de la nappe alluviale de la basse Soummam, Sidi-Aiche – Bejaia, N°74.HYG.02.RS, D.E.M.R.H Algérie, 80p.

Clinckx C., 1973. Etude hydrogéologique de la nappe alluviale de la basse Soummam, (Sidi-Aiche – Bejaia). Université des sciences et techniques du Languedoc thèse 62p.

Compagne de Géologie General., 1969. Etude hydrogéologique par prospection électrique et sismique de la vallée de la Soummam Tazmalt-Béjaia.

Decaux A., 2000. pollution des eaux superficielles et solution de traitement 44p.

De villers J., Squilbin M., Yourassowsky C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : cadre général, institut Bruxellois pour la gestion de l'environnement / observatoire des données de l'environnement (fiche 2), 16p.

DEHBI-ZEBBOUDJ Aicha & DJOUAD Salima., 2015. LES ALGUES, LES CYANOBACTERIES ET LA QUALITE DES EAUX DE L'OUED SOUMMAM (BEJAIA, ALGERIE), INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE HYDROLOGY OF LARGE RIVER BASINS OF AFRICA HAMMAMET, TUNISIE , 26-30 OCTOBRE 2015.

D.S.A., 2019. direction des services agricole.

El bouqdaoui K., Al., 2009.modelisation de la pollution par les nitrates de la nappe de berrechid ,au Maroc

Hassissène M., 1989.Etude géologique des DJs Gouraya et Arbalou : éléments occidentaux du domaine des Babors (région de Béjaia). Thèse de Magister, IST-USTHB, 95p.

Kessasra F., 2006. Etude hydrogéologique sous l'aspect de la modélisation mathématique en vue d'une gestion rationnelle des écoulements souterrains de la vallée de la Soummam. Thèse de Magister, Université Houari Boumediene, 167p.

Kessasra F., 2015. Modélisation hydrogéologique des écoulements des eaux souterraines et de surface de la nappe des alluvions de la vallée de la Soummam (Nord-Est Algérie) Impacts sur l'environnement et les écosystèmes.

La direction de l'environnement de Bejaia., 2019.

LEKRINE Yacine., 2015.hydrodynamisme et minéralisation du complexe aquifère du bassin frontalier d'El Ma El Abiod Wilaya de tébessa (S-E Algérien) thèse de Magister, MENTOURI 1 CONSTANTINE, 97p.

Maza M., Hamdi L., Saou A., 2008.Géologie de la basse Soummam séminaire internationale, (p .présentation oral) .Bejaia.

Meneroud J P., Rognon P ., 1970.Carte géologique de la vallée de la Soummam.

Mouni L., Merabet D., Arkoub H., Moussaceb K., 2009. Etude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie), Université de Bejaia.

O.N.M., 2019.Office national de la station météorologique de Bénéjia Aéroport.

PNE Bougie 2010.

Ramade F., 1984.Elément d'écologie-écologie fondamentale .Ed Mac Graw-Hill .Paris.

A. Reggam, H. Bouchelaghem, M. Houhamdi ., 2015. Qualité Physico-Chimique des Eaux de l'Oued Seybouse (Nord-Est de l'Algérie): Caractérisation et Analyse en Composantes Principales (Physico-chemical quality of the waters of the Oued Seybouse (Northeastern Algeria): Characterization and Principal Component Analysis), J. Mater. Environ. Sci. 6 (5) (2015) 1417-1425

Rodier J., 1984. L'analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, Ed BORDAS, Paris, 1365 p.

Rodier J ., 1996.Analyse des eaux naturelles et des eaux résiduaires et eaux de mers 8^e édition Dunod, Paris, 1383 p.

Rodier J ., 2005.L'analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer, Edition Dunod, Paris, 1320 p.

Rodier J., 2009. L'analyse de l'eau, eaux naturelle, eaux résiduaires, eaux de mer,9 édition Dunod, Paris, 1383 p.

Salghi R., 2002 .Différents filières de traitement des eaux, université IBN Zohr école nationale des sciences appliquées d'Agadir.150 p.

Saou A., Maza M., 2008.Hydrochimie des eaux souterraines de la basse Soummam .4eme conférence internationale sur les ressources en eau dans le bassin méditerranéen.

Saou A., 2012. Hydrogéochimie des eaux de la vallée de la basse Soummam Bejaia Algérie. Thèse de doctorat, Université de Bejaia.415p.

Savary P ., 2003 .Guide des analyses de la qualité de l'eau, Edition Techni-cités, Paris, 283p.

Sevrin-Reyssac, J., De La Noüe, J., & Proulx, D. 1995. Le recyclage du lisier de porc par lagunage, Edition Technique et Documentation Lavoisier, pp118.

Liste des figures

Figure 1. Localisation de la région d'étude.....	4
Figure 2. Situation locale de la vallée de la Soummam	5
Figure 3. Carte du bassin versant de la Soummam (1/200 000e) et du sous bassin Versant auquel appartient la nappe des alluvions (Kessasra, 2015).....	6
Figure 4. Les quantités des pesticides solides en KG et liquides en	9
Figure 5. Carte géologique de la basse vallée Soummam d'après Kessasra (2015).	11
Figure 6. Coupe géologique NS réalisée au Sud-Est d'El Kseur en basse Soummam, D'après kessasra (2015).....	15
Figure 7. Carte piézométrique de la Basse vallée de la Soummam réalisée à partir des mesures de la campagne de terrain en basses eaux, mars 2011 (1/25 000e), (kessasra).	16
Figure 8. Variation mensuelle des précipitations à la station de Béjaia Aéroport (2002-2018).....	18
Figure 9. Variation mensuelle des températures à la station de Bejaia Aéroport.(2002-2018).....	19
Figure 10. Evolution mensuelle du bilan hydrique selon Thornthwaite pour la Station de Bejaia Aéroport (2002-2012 et 2014-2018).....	23
Figure 11. Stations de prélèvement d'eaux superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam.....	31
Figure 12 . Variation de la température des eaux d'oued Soummam	38
Figure 13 . Variation du potentiel d'hydrogène dans les eaux de la Soummam.....	39
Figure 14. Variation de la conductivité électrique dans les eaux d'oued Soummam	40
Figure 15. Variation de l'oxygène dissous dans les eaux d'oued Soummam	41
Figure 16. Variation de nitrate dans les eaux de la vallée.....	42
Figure 17. Variation de nitrite dans les eaux de la vallée	44
Figure 18. Variation d'ammonium dans les eaux de la vallée	45
Figure 19. Variation de la Température dans les eaux de la nappe.....	47
Figure 20. Variation de Ph dans les eaux de la nappe.....	47
Figure 21. Variation de la CE dans les eaux de la nappe	48
Figure 22. Variation de l'oxygène dissous dans les eaux de la nappe	49
Figure 23. Variation de nitrate dans les eaux de la nappe.....	50
Figure 24. Répartition spatiale des nitrates dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam, juin 2019	51

Figure 25. Carte piézométrique (Kessasra, 2015).	53
Figure 26. Variation de nitrite dans les eaux de la nappe	55
Figure 27. Variation de d'ammonium dans les eaux de la nappe	56

Liste des tableaux

Tableau 1 : Répartition de la population de la basse vallée de la Soummam par commune	7
Tableau 2 : L'occupation des sols par commune dans la basse vallée de la Soummam (DSA CAMP: 2017/2018).....	8
Tableau 3 : Quantité des produits phytosanitaires livrée dans les communes de la basse vallée de la Soummam	9
Tableau 4: Quantités livrées et utilisée par filière et par commune	10
Tableau 5 : Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2012 .2014 à 2018)	17
Tableau 6 : Les valeurs moyennes mensuelles des températures à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2012.2014 à 2018)	18
Tableau 7 : Valeurs mensuelles de l'humidité relative moyenne à la station de Bejaia Aéroport(2002 à 2012.2014 à 2018)	19
Tableau 8 : Valeurs mensuelles des vitesses du vent moyen à la station de Bejaia Aéroport (2014 à 2018).....	20
Tableau 9 : Durée mensuelle de l'insolation totale à la station de Bejaia Aéroport (2002 à 2000.2002 à 2012).....	21
Tableau 10 : Evapotranspirations potentielles moyennes mensuelles et annuelles calculées par la méthode de Thornthwaite à la station de Bejaia Aéroport de 2002 à 2012 et 2014à 2018	22
Tableau 11 : Bilan hydrologique selon la méthode de Thornthwaite à la station de Bejaia Aéroport (de 2002 à 2012)	23
Tableau 12 : Variation de ruissellement dans les périodes 2002 à 2012 et 2014 à 2018.	24
Tableau 13 : Variation de l'infiltration dans les périodes 2002 à 2012 et 2014 à 2018...	25
Tableau 14 : Les différentes méthodes d'analyses physico-chimiques et biologiques de l'eau utilisées (Rodier, 2005)	35

Liste des photos

Photo 1. Prélèvement d'eau de surface depuis un pont au-dessus d'un oued	30
Photo 2. Prélèvement d'eau souterraine depuis un puits.....	30
Photo 3. La station S1	32
Photo 4. La station S2	32
Photo 5. La station S3	32
Photo 6. La station S4	33
Photo 7. Une glacière	33
Photo 8. Valise multiparamètre utilisée pour les mesures In Situ (Université de Jijel,2019)	34
Photo 9. Effluent des eaux usées (station sidi aiche)	45
Photo 10. Effluent des eaux usées (station fenja-ilmaten)	45
Photo 11. Fertilisants et engrais utilisée (ferme Hayani, 2019)	53
Photo 12. Fumée stockée à l'air libre ; EAC1, 2019.....	54

Abréviations

ABH CSM : Agence du bassin hydrographique Constantinois-Seybouse-Mellegue.

AEP : Alimentation en Eau Potable.

ANRH : Agence National des Ressources Hydrique.

CE : Conductivité électrique.

Déficit : Déficit agricole.

EAC : Exploitation Agricole Collective.

ETP : Evapotranspiration Potentiel.

ETR : Evapotranspiration Réel.

I : Infiltration.

mg.l⁻¹ : milligramme par litre.

mm: millimeter.

NO₂⁻ : Nitrites.

NO₃⁻ : Nitrates.

NH₄⁺ : Ammonium.

OD : Oxygène Dissous.

ONM : Office Nationale de la Météorologie : station météo de Bejaia aéroport.

PH : potentiel Hydrogène.

PO₄⁻³ : Orthophosphate.

P : Pluviométrie.

R : Ruissellement.

T : Température.

μS.cm⁻¹ : Microséismens par centimètre.

ANNEXE I

Les méthodes de dosages utilisées

1- dosages des orthophosphates (PO_4^{3-})

▪ Principe de dosage :

En milieu acide et en présence de molybdate d'ammonium, les orthophosphates donnent un complexe phosphomolybdique qui, réduit par l'acide ascorbique, développe une coloration bleue susceptible d'un dosage spectrophotométrique. Le développement de la coloration est accéléré par l'utilisation d'un catalyseur, le tartrate double d'antimoine et de potassium.

▪ Réactifs :

_Solution d'acide sulfurique ($d=1.84$) à 15% environ en volume.

_Solution de molybdate d'ammonium à 40 g/l

_Solution d'acide ascorbique à 20 g/l :

-acide ascorbique.....2 g.

-eau permutée.....q.s.p. 100ml.

_Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium à 2.8 g/l :

-Tartrate double d'antimoine et de potassium.....0.28 g.

-Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

_Réactifs :

_Solution d'acide sulfurique..... 50 ml.

_Solution de tartrate double d'antimoine et de potassium..... 5 ml.

_Solution de molybdate d'ammonium.....15 ml.

_Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

Conserver le réactif au réfrigérateur à 4°C.

_Solution mère étalon à 50 mg/l de phosphore :

-Dihydrogénophosphate de potassium desséché au préalable à l'étuve à 100°C...219,7 mg.

-Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

Acidifier la solution par 1 ml d'acide sulfurique à 15% avant d'ajuster le volume.

_la solution fille étalon à 1 mg/l de phosphate :

Diluer au 1/50 la solution précédente avec de l'eau distillée au moment de l'emploi.

- **Mode opératoire**
- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Introduire dans une série de fioles jaugées de 25 ml :

N° des fioles	T	1	2	3	4	5
Solutions						
Solution fille étalon de phosphore à 1mg/l (ml)	0	1	5	10	15	20
eau permutée en (ml)	20	19	15	10	5	0
correspondance en mg de phosphore	0	0.001	0.005	0.010	0.015	0.020

- Introduire dans chaque fiole 1 ml de solution d'acide ascorbique.
- agiter.
- ajouter 4 ml de réactif, mélanger soigneusement.
- compléter éventuellement le volume à 25ml.
- Attendre 30 minutes la stabilisation de la coloration.
- Effectuer les mesures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 700 à 800 nm.
- Construire la courbe d'étalonnage.
 - **Essai**
 - vérifier le pH de l'échantillon qui doit être compris entre 2 et 7, l'ajuster si nécessaire.
 - introduire 20 ml d'eau dans une fiole jaugée de 25 ml.
 - ajouter 1ml de solution d'acide ascorbique puis poursuivre comme pour l'établissement de la courbe d'étalonnage.
 - tenir compte de la valeur lue pour le témoin.
 - se reporter à la courbe d'étalonnage.

2- Dosages des nitrates (NO_3^-)

▪ Principe de dosage

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

▪ Réactifs

_Solution de salicylate de Na à 1% (cette solution est renouvelable toutes les 24heures).

_Acide sulfurique concentré ($d=1.84$)

_Solution d'hydroxyde de sodium :

-Hydroxyde de sodium.....20 g.

-Sel disodique de l'EDTA.....5 g.

-Eau permutée.....q.s.p. 100 ml

Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium dans 80 ml d'eau permutée, ajouter le sel disodique EDTA. Après dissolution et refroidissement, transvaser la solution dans une fiole jaugée, ajuster le volume à 100 ml.

_Solution d'azote de sodium :

-Azote de sodium.....50 mg.

-Eau permutée.....q.s.p. 100 ml.

_Solution mère étalon d'azote nitrique à 100ml/l :

-Nitrate de potassium anhydre..... 72.2 mg.

-Eau permuté.....q.s.p. 100 ml.

Á renouveler tous les deux mois

_Solution fille étalon d'azote nitrique à 5 mg/l :

Amener 50 ml de la solution mère à 1000 ml avec de l'eau permutée.

▪ mode opératoire

▪ Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans une série de béchers numérotés de 50 ml, introduire successivement les réactifs en agitant après chaque addition.

N° des fioles	T	1	2	3	4
Solutions					
Solution fille étalon d'azote nitrique à 5mg/l (ml)	0	1	2	5	10
eau permutée en (ml)	10	9	8	5	0
correspondance en mg/l d'azote nitrique	0	0.5	1	2.5	5
Solution d'azoture de Sodium (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
acide acétique (ml)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

-Attendre 5 minutes.

-Evapore à sec au bain marie les béchers porté à 75 à 80° C5 (l'évaporation dure entre 45min et 1 heure).

-Ajoute 1 ml de la solution de salicylate de sodium, mélanger puis évaporer, (temps d'évaporation : 15-20 minutes), laisser refroidir.

-Reprendre le résidu par 1 ml de l'acide sulfurique concentré.

-Après 10 minutes, on ajoute 15 ml de l'eau permutée.

-Ajoute 10 ml de la solution d'hydroxyde de sodium.

-Une coloration jaune se développera, effectuer la lecture au Spectrophotomètre à la longueur d'onde 415 nm. Soustraire des unités d'absorbance, lues pour les étalons, la valeur relevée par le témoin.

▪ **Essai**

Introduire 10 ml d'eau dans un bécher de 50 ml. Alcaliniser faiblement avec la solution d'hydroxyde de sodium. Poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage.

▪ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 10 ml, la courbe donne directement la teneur en azote nitrique exprimée en milligrammes par litre d'eau. Pour obtenir la teneur en nitrate (NO_3^-), multiplier ce résultat par 4,43.

3- Dosages de l'ammonium

▪ **Principe de dosage**

En milieu alcalin et en présence de nitroprussiate qui agit comme un catalyseur, les ions ammonium traités par une solution de chlore et de phénol donnent du bleu d'indophénol susceptible d'un dosage par spectrophotométrie d'absorption moléculaire.

▪ **Réactifs**

Utiliser pour la préparation des réactifs de l'eau fraîchement distillée

_Solution chlorée :

- Hydroxyde de sodium en pastilles.....20 g.
- Citrates trisodique ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7, 2\text{H}_2\text{O}$)..... 380 g.
- Acide dichlorocyanurique ($\text{C}_3\text{HCl}_2\text{N}_3\text{O}_3$).....4g
- Eau permutée.....1000 ml

-Dissoudre avec précaution l'hydroxyde de sodium et le citrate trisodique dans 800 ml d'eau environ.

-Porter la solution à ébullition, maintenir celle-ci pendant 20 min.

Après refroidissement, ajouter l'acide dichlorocyanurique et ajuster le volume à 1000 ml.

-Conserver cette solution au réfrigérateur.

_Solution de nitroprussiate et de phénol :

- Phénol.....35 g.
- nitroprussiate de sodium.....0.4 g.
- Eau distillée.....1000 ml.

-Transvaser cette solution dans un flacon de verre brun et la conserver au réfrigérateur.

_Solution mère étalon à 100mg.l^{-1} d'ion ammonium :

-chlorure d'ammonium.....297 mg.

-Eau distillée.....1000 ml.

_Solution fille étalon à 1mg.l^{-1} d'ion ammonium :

Diluer 1ml de la solution mère étalon au 1/100.préparer cette solution au moment d'emploi.

- **mode opératoire**
- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

N° des fioles	T	1	2	3	4	5	6
Solutions							
Solution fille étalon à 1mg/l d'ammonium (ml)	0	1	2	5	10	15	20
eau distillée (q.s.p) (ml)	100	100	100	100	100	100	100
correspondance en mg.l^{-1} d'ammonium	0	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.20

- Dans une série de fioles coniques de 100 ml numérotées, introduire 20 ml de chacune des dilutions ci- dessus, ajouter rapidement dans chaque tube :
 - 1 ml de solution de Nitroprussiate de sodium et de phénol.
 - 1 ml de solution chloré.
 - Agiter et placer les fioles à l'obscurité pendant 6 heures au moins.
 - Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longe d'onde de 630 nm.
 - construire la courbe d'étalonnage.

- **Essai**

Introduire dans une fiole conique de 100 ml, 20 ml d'eau à analyser puis poursuivre le dosage comme pour la courbe d'étalonnage. Préparer de la même façon un témoin avec 20 ml d'eau.

4-Dosage des nitrites NO_2^- (Méthode de réactif de ZAMBELLI)

- **Principe**

L'acide sulfanilique, en milieu chlorhydrique en présence d' NH_4^+ et de phénol, forme avec les ions NO_2^- un complexe coloré jaune dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en Nitrite.

- **Réactifs**

_Ammoniaque pure (d= 0,925).

_Réactif de ZAMBELLI :(qsp : 100ml)

-Acide chlorhydrique (HCl)	26 ml
-Acide sulfanilique.....	0,5 g
-Phénol cristallisé	0,75g
-Chlorure d'ammonium	13,5g
-Eau distillée (exempte d'ion NO_2^-).....	62.5ml

_Nitrite de sodium.

Mode opératoire

- **préparation du réactif de ZAMBELLI**

Introduire dans une fiole de jauge de 100 ml, l'acide chlorhydrique et l'eau distillée. Puis y dissoudre l'acide sulfanilique et le phénol en chauffant légèrement au bain-marie. Après dissolution complète ajouter le chlorure d'ammonium et agiter jusqu'à dissolution. Après refroidissement ajuster le volume solution à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **préparation de la solution mère étalon de NO_2^- à 0,23 g /l**

-Nitrite de sodium.	0.0345g
-Eau fraîchement distillée.....	100ml

- **préparation de la solution fille étalon de NO_2^- à 0,0023g /l**

Amener 1ml de la solution mère à 100 ml avec de l'eau distillée.

- **Etablissement de la courbe d'étalonnage**

Dans une série de fiole de jaugées à 50 ml et numérotés, introduire successivement en agitant après chaque addition :

N° des fioles Solutions	T	1	2	3	4	5
Solution fille étalon à 0,0023g/l (ml)	0	1	5	10	15	20
Eau distillée (ml)	50	49	45	40	35	30
Réactif de ZAMBELLI (ml)	2	2	2	2	2	2

Attendre 10 minutes et ajouter:

Ammoniaque pure (ml)	2	2	2	2	2	2
Correspondance en mg/l de NO₂⁻	0	0,046	0,23	0,46	0,69	0,92

Effectuer les lectures au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435 nm. Construire la courbe d'étalonnage.

- **Essai**

Prélever 50ml d'eau à analyser, ajouter 2ml de réactif de ZAMBELLI. Agiter et laisser au repos 10minutes. Ajouter ensuite 2ml d'ammoniaque pure et effectuer la lecture au spectrophotomètre à la longueur d'onde de 435nm en tenant compte de la valeur lue pour le témoin. Se reporter à la courbe d'étalonnage.

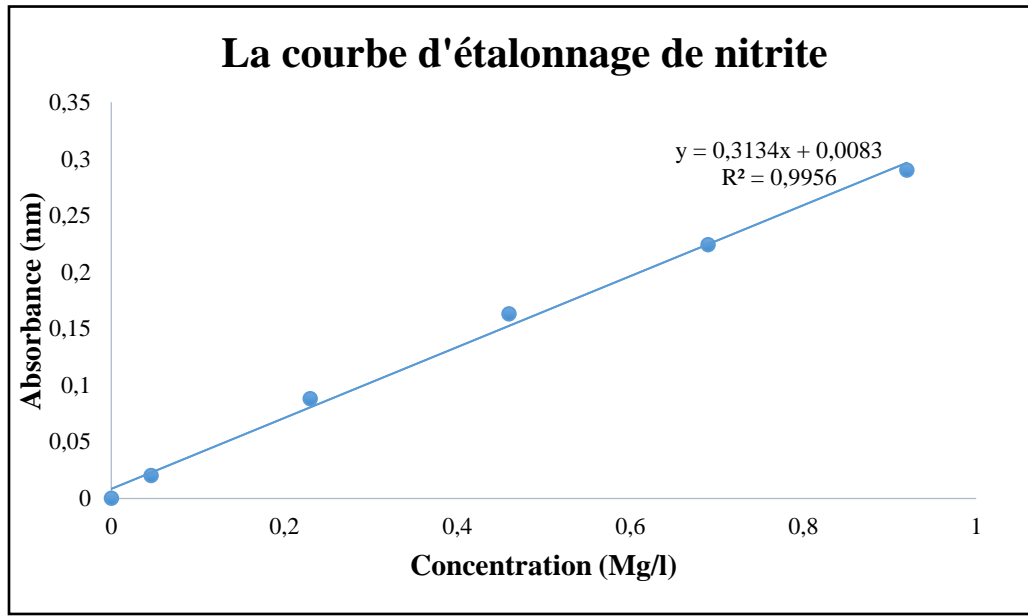
- **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 50 ml, la courbe donne directement la teneur en NO₂⁻, exprimée en milligrammes par litre d'eau.

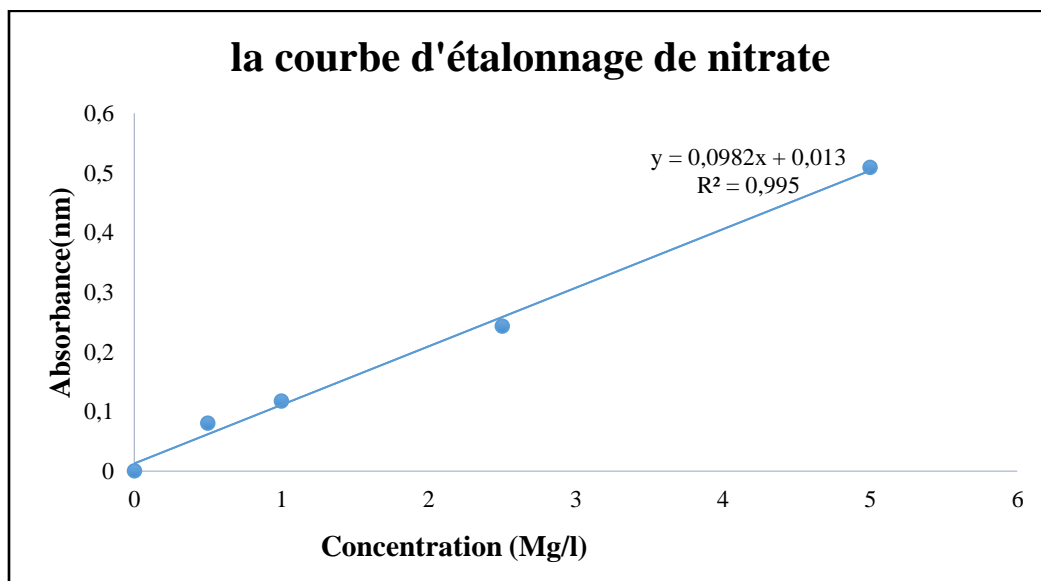
ANNEXE II

Courbes d'étalonnage des analyses des eaux

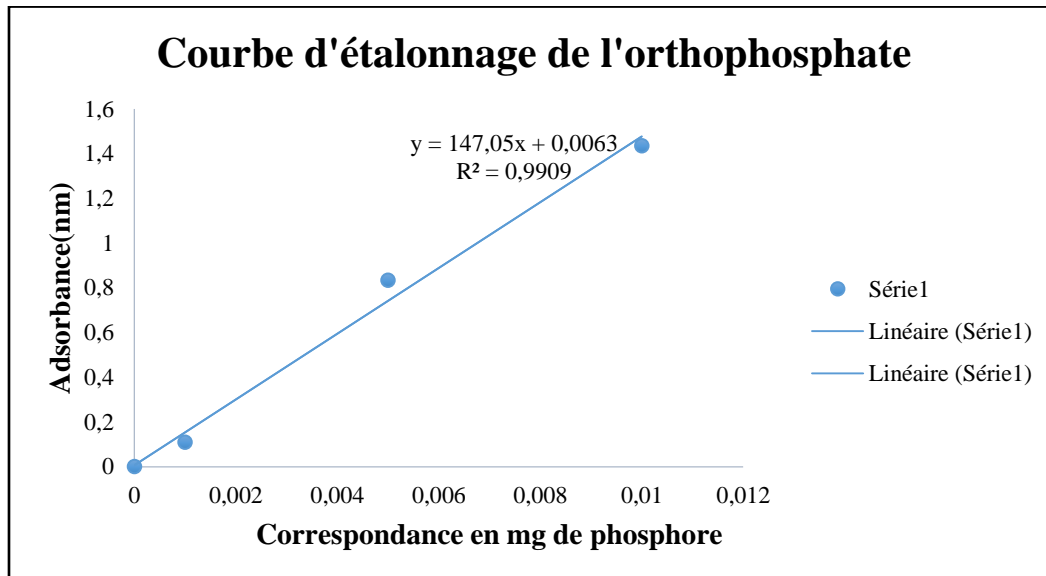
1-la courbe d'étalonnage de nitrite



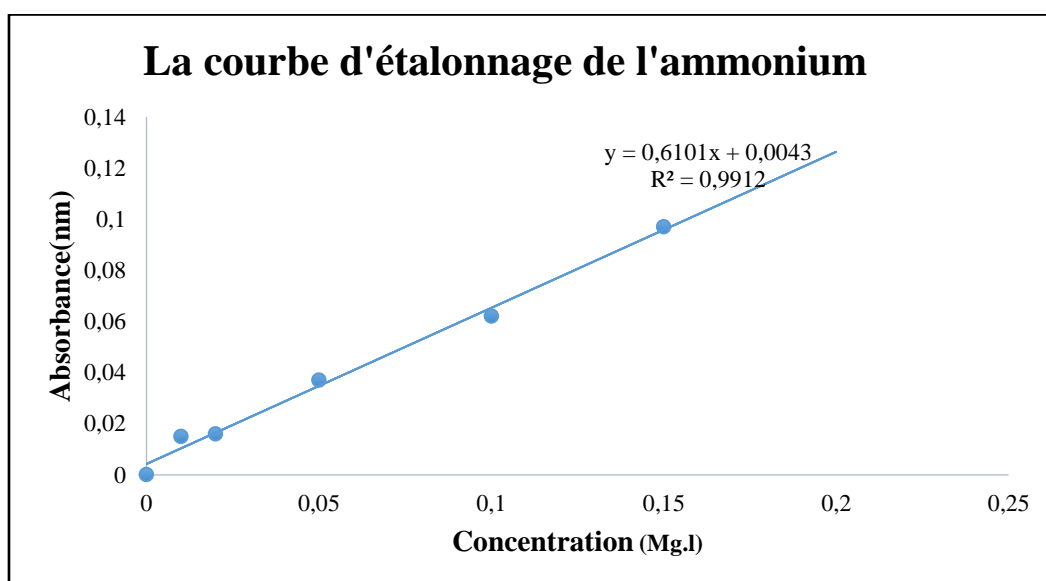
2- la courbe d'étalonnage de nitrate



3-la courbe d'étalonnage d'orthophosphate



4-la courbe d'étalonnage de l'ammonium



ANNEXE III

Tableaux I .Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques et biologiques des différentes stations

Paramètres	Référence	T	pH	CE	O ₂ dissous	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	PO ₄ ³⁻
Stations		(°C)		(μS.cm ⁻¹)	mg.l ⁻¹	mg.l ⁻¹			
La Soummam aux 4 chemins à Bejaia	S1	17,2	7,58	5300	11,55	3.69	0.99	11.82	0.0004
La Soummam à Sidi Aich	S2	20	8,53	7900	13,96	1,00	0,93	7,08	0
La Soummam à Fnaia ilmaten	S3	21,7	8,34	5500	14,22	0,56	1,98	10.24	0
La Soummam à Amizour	S4	22,7	7,96	5700	14,37	0	3,03	18.45	0.0002
Norme SEQ-Eau	-	25,5	6 à 9	3000	6	0,5	0,3	10	0.5
Puits saidj à Bejaia	P1	19,2	8,63	1570	16,73	0	0	14.71	0
puits ramdani à Irza	P2	15,8	8,25	1400	16,53	0	0.024	4.70	0
Puits djemaa à Mellala	P3	17,5	9,09	1830	5,59	0	0	3.92	0
Forage Cevital 1 à La réunion	P4	19,1	8,55	2340	15,84	0.120	0,03	4.24	0
Puits Ferme amzal à El kseur	P5	19,7	8,85	1850	15,44	0	0	81.79	0
Puits Remila à Sidi Aich	P6	20,9	8,35	5300	5,52	0	2.11	18.09	0
Forage 7village à ilmaten	P7	22,4	8,25	2110	6,53	0	0,002	131.5	0
Forage Hayani M.A	P8	22	8,3	2820	14,3	0	0,008	5.19	0
Puits EAC3 à El Kseur	P9	21,2	8,3	2670	7,55	0	0	59	0
Puits EAC5 à El Kseur	P10	20,9	8,57	1980	65,4	0	0	78.72	0
Puits Moullay à Amizour	P11	18	8,04	1440	10,16	0	0.018	21.97	0
Puits Suissi à Tala Hamza	P12	16,7	8,88	3630	2,69	0	0.094	5.14	0
Puits Mendi à Tahanount	P13	19,7	8,31	8100	3,59	0	0.01	14.84	0
Norme algérienne	-	25	6.5 à 9	2500	Sup à 5	0.5	0.1	50	0.5

Résumé

La plaine alluviale de la basse vallée de la Soummam, située entre Sidi Aich et Bejaia, se caractérise par son contexte géologique très hétérogène, ses caractéristiques hydrogéologiques assez complexes avec la présence d'un seuil hydrogéologique entre Takrietz et Sidi Aich et sa dynamique activité économique. Cette dernière est à l'origine d'une dégradation constatée de la qualité de son écosystème aquatique. Notre étude se focalise donc sur les problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée. La vallée est une région à vocation agricole, industrielle, et par conséquent, ces activités anthropiques la rendent de plus en plus vulnérable à la pollution. En effet, dix-sept stations représentatives et accessibles ont été retenues dans ce travail pour un suivi spatial de l'évolution des paramètres physico-chimiques des eaux. Ainsi, quatre paramètres estimées *In situ*, à savoir la température de l'eau, la conductivité, l'oxygène dissous et le pH et quatre autres paramètres obtenus au laboratoire à savoir, NH_4^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . Les résultats obtenus, indiquent des concentrations variables dans la plupart des stations superficielles ; un excès en ammonium et nitrite particulièrement enregistré dans les eaux de surface, qui dépassent les normes requises. Quant aux eaux souterraines, la nappe souffre d'une réelle contamination par les nitrates, ils dépassent ainsi les normes requises de potabilité.

Mots-clés : composées azotés et phosphatés, activité anthropique, pollution, basse vallée de la Soummam, Algérie.

Abstract

The alluvial plain of the lower valley of Soummam, between Sidi Aich and Bejaia, is characterized by a very heterogeneous geological setting, his hydrogeological characteristics quite complex with the presence of a hydrogeological threshold between Takrietz and Sidi Aich and dynamic economy. The latter is causing a deterioration in the quality of its aquatic ecosystem. Our study therefore focuses on the problems related to the presence of nitrogen and phosphate compounds in the surface and underground waters of the lower valley. The valley is a region with an agricultural, industrial vocation, and therefore, these anthropogenic activities make it more and more vulnerable to pollution. Indeed, seventeen representative and accessible stations were selected in this work for a spatial follow-up of the evolution of the physicochemical parameters of the waters. Thus, four parameters estimated in situ, namely the water temperature, the conductivity, the dissolved oxygen and the pH and four other parameters obtained in the laboratory namely, NH_4^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} . The results obtained indicate varying concentrations in most surface stations; an excess of ammonium and nitrite, particularly in surface water, which exceeds the required standards. As for groundwater, suffers from a real contamination by nitrates, they exceed the required standards of potability.

Keywords: nitrogenous and phosphate compounds, anthropogenic activity, pollution, lower valley Soummam, Algeria.

