



Université Abderrahmane Mira de Bejaia

Faculté de Technologie

Département des Mines et Géologie

Memoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Mines

Option : Valorisation des Ressources Minérales

Présenté par

Mr: KAHELESSENANE Mousaab

Mr: LASSOUED Abdesselam

Thème

Synthèse bibliographique sur la pollution au niveau de la basse et la moyenne vallée de la Soummam

Soutenu devant le jury composé de:

Presidente : Mme SOUICI.Z

M.C.B

U.A.M.B

Promotrice: Mme BOUNAB.S

M.C.B

U.A.M.B

Examineur : Mr MEGHERFI.K

M.A.A

U.A.M.B

Année Universitaire: 2019-2020

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 Madame Bounabe pour leurs précieux soutient et leurs orientations.

Aux membres du jury, Madame Suici et Monsieur Megherfi 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 des mines et géologie 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 !

MOUSAAB et ABDESSELAM

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 **KAHELESSENANE.A** : 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 **BOUROUISSA.S** la source de mes efforts*

Un remerciement spécial à mes chers frères et mon frère

KAHELESSENANE.F

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

*À mes adorables amis : **K. SAMI**, et tous les amis qui ont cru en moi.*

À toute ma promotion 2019/2020

À mes collègues des deux spécialités de département Mines et géologie, et du département d'hydraulique

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études

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

Pour vous tous, Merci.

KH.Mousaab

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...

Un remerciement spécial à mes chers frères

À ma chère future femme.

Ce travail et le fruit de vos sacrifices que vous avez consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

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

À tous mes chers amis

À toute ma promotion 2019/2020

À mes collègues des deux spécialités du Mines et géologie

À tous mes enseignants depuis mes premières années d'études. À

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

Pour vous tous, Merci.

L.A

Sommaire

<i>Liste des tableaux</i>	
<i>Liste des figures</i>	
Introduction générale	1
Chapitre I : Généralités sur la pollution	3
I.1.Introduction :	3
I.2. Généralités sur la pollution, les déchets et la pollution des eaux	3
I.2.1.L'eau :	3
I.2.2.Un déchet :	3
I.2.3.Les eaux usées :	4
I.2.4.La pollution:	5
I.2.5.Les impacts de la pollution sur l'environnement:	9
I.3.pollution dans la Soummam :	10
I.3.1.La pollution d'origine urbaine :	10
I.3.2.La pollution d'origine agricole :	13
I.3.3.La pollution d'origine industrielle:	13
I.4.Conclusion :	16
Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam	17
II.1.Introduction :	17
II.2.Aperçu générale sur la zone d'étude :	17
II.3.Caractéristiques morphologiques:	19
II.3.1.Répartition altimétrique :	19
II.4.Couverture végétale :	20
II.5.Contexte socio-économique :	20
II.5.1.La population :	20
II.5.2.Ressources naturelle :	21
II.6.Aperçu géologique :	26
II.6.1.Géomorphologie de la plaine alluviale :	30
II.7.Aspect climatologique :	30
II.8.Conclusion :	33
Chapitre III : Etude comparative entre les eaux de la basse et la moyenne vallée de la Soummam	34
III.1.Introduction :	34

III.2.Première Partie : Techniques et paramètres étudiés.....	34
III.2.1.Techniques de prélèvement des échantillons:.....	34
III.2.2.Choix des stations de prélèvement:	34
III.2.3.Les mesures effectuées sur terrain:	37
III.2.4.Les analyses effectuées au laboratoire:	37
III.2.5.Les paramètres étudiés:.....	37
III.3.Deuxième partie: comparaison et interprétation des résultats d'analyse des eaux.	38
III.3.1La qualité de l'eau à la moyenne vallée de la Soummam :.....	38
III.3.2.La qualité de l'eau à la basse vallée de la Soummam	46
III.3.3.Comparaison des résultats d'analyse des eaux:	55
III.4.Conclusion:	56
Conclusion générale:	57
Références bibliographiques.....	58

Liste des tableaux

Tableau 1: Les eaux usées domestiques déversées dans le Soummam et ses effluents. (MOUNI, 2004)	10
Tableau 2: Situation de l'assainissement au niveau de la vallée de la Soummam. (MOUNI, 2004)	12
Tableau 3: Pourcentage de quelques types de déchets ménagers générés par la population de la vallée de la Soummam. (IBRAHIM et BOUKENDOUL, 2015)	12
Tableau 4: Quantité des produits phytosanitaires livrée dans les communes de la basse vallée de la Soummam d'après les DSA 2018. (Abdellouche.E et Kerouaz.M, Problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée de la Soummam, 2019).....	13
Tableau 5: Activité industrielle polluante dans la vallée de la Soummam. (IBRAHIM et BOUKENDOUL, 2015).....	14
Tableau 6: Quelques unités industrielles polluantes dans la vallée de la Soummam et leurs différents déchets. (IBRAHIM et BOUKENDOUL, 2015).....	14
Tableau 7: Unités industrielles polluantes au niveau de la vallée de la Soummam. (MOUNI, 2004)	15
Tableau 8: Répartition altimétrique de sous bassin de la partie Sahel-Soummam (Bennabi, 1985).....	19
Tableau 9: Répartition de la population de la vallée de la Soummam (DSP, 2018).	20
Tableau 10: Les principaux effluents de l'oued avec leurs débits annuels. (MOUNI, 2004)	21
Tableau 11: Principales unités industrielles au niveau de la vallée de la Soummam (BEN YAKOUB et BERROUA, 2012).....	25
Tableau 12: Les principaux établissements implantés dans la ville de Bejaia. (BEN YAKOUB et BERROUA, 2012).....	25
Tableau 13: Les moyennes mensuelles de précipitation à la station de Bejaia, de 2002 à 2012 et de 2014 à 2018. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	31
Tableau 14: Les moyennes mensuelles de la température à la station de Bejaia pour les périodes de 2002 à 2012 et de 2014 à 2018. (Abdellouche et Kerouaz, 2019)	32
Tableau 15: Valeurs moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Bejaia pour période de 2014 à 2019 d'après la station météorologique de Bejaia. (Abdellouche et Kerouaz, 2019)	33
Tableau 16: Vitesses moyennes mensuelles du vent à la station de Bejaia entre 2014 et 2018. (Abdellouche et Kerouaz, 2019)	33
Tableau 17: Comparaison entre les résultats d'analyse des eaux superficielles de la basse vallée et de la moyenne vallée de la Soummam.	55
Tableau 18: Comparaison entre les résultats d'analyse des eaux souterraines de la basse vallée et de la moyenne vallée de la Soummam.	55

Liste des figures

Figure 1: Localisation de la vallée de la Soummam (Tazmalt-Béjaia). (BOUKRAA et CHERANA, 2013)...	18
Figure 2: Courbe hypsométrique du sous bassin versant de l’oued Sahel-Soummam.	19
Figure 3: Le sous-bassin versant de la Soummam auquel appartient la nappe alluviale.(KESSASRA, 2014)	23
Figure 4: Répartition de la surface agricole utile d’oued Soummam. (IBRAHIM et BOUKENDOUL, 2015)	24
Figure 5: Carte géologique du bassin versant de la Soummam. (TEBBANI, 2016).....	29
Figure 6: Zones climatiques du bassin versant de la Soummam. (KESSASRA, 2006).....	30
Figure 7: Variation des précipitations mensuelles moyennes pour les périodes entre 2002 et 2012, et entre 2014 et 2018.	31
Figure 8: Variation des températures moyennes mensuelles à Bejaia pendant les périodes entre 2002 et 2012, et entre 2014 et 2018.	32
Figure 9: Stations de prélèvement d’eaux superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	35
Figure 10: Localisation des stations de prélèvement de surface et souterraines de la moyenne vallée de la Soummam. (CHERANA et BOUKRAA, 2013)	35
Figure 11: Valise multi paramètre utilisée pour les mesures In Situ. (Abdellouche.E et Kerouaz.M, Problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée de la Soummam, 2019).....	37
Figure 12: Les valeurs mensuelles moyennes de la température des eaux de surface dans différentes stations. (BOUKRAA et CHERANA, 2013)	39
Figure 13: Valeurs mensuelles moyenne d’oxygène dissous d’eau de surface pour les différentes stations. (BOUKRAA et CHERANA, 2013)	40
Figure 14: Les valeurs moyennes de pH des eaux superficielles pour les différentes stations d’échantillonnages. (BOUKRAA et CHERANA, 2013)	40
Figure 15: Les valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique des eaux de surface pour les différentes stations. (BOUKRAA et CHERANA, 2013)	41
Figure 16: Les concentrations moyennes mensuelles des différents nutriments pour les différentes stations d’échantillonnage dans la moyenne Soummam. (BOUKRAA et CHERANA, 2013).....	42
Figure 17: Variation spatio-temporel des températures des eaux souterraines. (BOUKRAA et CHERANA, 2013).....	43
Figure 18: Les valeurs moyennes mensuelles du pH des eaux souterraines pour les différents points d’échantillonnage. (BOUKRAA et CHERANA, 2013).....	44
Figure 19: Les valeurs mensuelles moyennes des conductivités électriques des eaux souterraines pour les différentes stations d’échantillonnage. (BOUKRAA et CHERANA, 2013).....	44
Figure 20: Concentrations moyennes en sels nutritifs dans les eaux souterraines pour les différentes stations d’échantillonnage. (BOUKRAA et CHERANA, 2013).....	45
Figure 21: La variation de la température des eaux à la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019)	46
Figure 22: Variation de pH des eaux superficielles de la basse Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019). 47	
Figure 23: Variation de la conductivité électrique pour les eaux de surface de la basse Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	47

Figure 24: Les variations de l'oxygène dissous dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	48
Figure 25: La variation de la concentration en azote ammoniacale dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	49
Figure 26: Variation des nitrates dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	49
Figure 27: Variation des concentrations en nitrites dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	50
Figure 28: Variation des températures des eaux souterraines dans la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	51
Figure 29: Variation du pH des eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	51
Figure 30: Variation de la conductivité électrique pour les eaux souterraines. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	52
Figure 31: Variation d'oxygène dissous dans les eaux souterraines de la basse Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	52
Figure 32: Variation des concentrations en ammonium dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	53
Figure 33: Variation des concentrations en nitrate dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	54
Figure 34: Variation des concentrations en nitrites dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. (Abdellouche et Kerouaz, 2019).....	54

Introduction générale

Le sujet de la pollution constitue une problématique inquiétante pour toute la société humaine surtout la communauté scientifique. Ce problème s'en grave au cours du temps, à cause du développement des activités industrielles et de la croissance démographique continue. Ces effets affectent l'être humain ainsi que tous les autres compartiments de l'environnement.

Cette pollution résulte essentiellement du rejet des déchets générés par l'homme et ses activités qui se développent toujours en engendrant des déchets plus complexes et diversifiés en leur nature. Ces déchets peuvent être de différents types, solides, liquides et gazeux, déversés dans l'environnement volontairement ou accidentellement. Leurs effets varient du nuisible visuel à la modification de la nature (physique, chimique, biologique...) du milieu récepteur.

L'eau et les milieux aquatiques sont des éléments très sensibles et représentent l'un des milieux les plus affectés par la pollution, non seulement par les rejets liquides mais aussi solides et gazeux.

Ce qui nous amène à conclure que tout ce qui affecte la qualité de l'eau vont influencer directement sur la qualité de la vie humaine. A cet égard, l'eau a été jugée comme étant la ressource la plus précieuse pour l'homme et la plus indispensable pour sa vie; ainsi que pour le développement des pays.

En Algérie où, d'après l'office national des statistiques, près de 87% du territoire représente une zone désertique, avec les précipitations faibles, irrégulières et localisées surtout dans le nord du pays[1]. Et tant que les données sur la qualité des eaux révèlent que la plupart des écosystèmes sont pollués par les rejets urbains non contrôlés, ou par les effluents industriels non traités. Ce qui affecte surtout la qualité des oueds et des cours d'eau naturelles qui de venue les milieux récepteurs de ces derniers.[2]

La vallée de la Soummam est l'une des régions stratégiques dans le nord algérien, qui englobe plusieurs établissements et zones industrielles, présente une vocation agricole intense et une augmentation démographique remarquable. L'oued est devenu dans la majorité des cas le récepteur et la fin des rejets et des déchets générés par les activités humaines.

Le présent travail qui a été conçu en premier temps pour l'évaluation de la qualité des eaux; et d'étudier spécifiquement l'influence des rejets industriels dans la partie haute de la Soummam. Mais vu les circonstances actuelles, qui nous ont empêchés d'entamer la partie pratique, cette étude comparative évoque la qualité des eaux (superficielles et souterraines), de la basse et moyenne vallée de la Soummam, avec une comparaison aux normes.

Le présent travail comporte trois chapitres :

Le premier chapitre est consacré à une étude bibliographique sur la pollution, et qui englobe deux parties :

- ❖ La première partie représente une synthèse sur les déchets, la pollution, les origines et les différentes formes de la pollution.
- ❖ La deuxième partie évoque l'origine de la pollution au niveau de la vallée de la Soummam.

Le deuxième chapitre présente le bassin de la basse Soummam sous ses différents cadres.

Le troisième chapitre évoque la pollution des eaux de la basse et la moyenne vallée de la Soummam. Sa première partie est consacrée aux techniques et aux paramètres étudiés. Sa deuxième partie comporte les analyses physicochimiques des eaux de surfaces et des eaux souterraines avec une comparaison des résultats aux normes internationales.

Enfin nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre I : Généralités sur la pollution

I.1.Introduction :

L'homme était toujours la première cause de tous les problèmes environnementaux avec ses activités nuisibles directement ou indirectement à ce dernier. D'abord ce sujet n'était pas ennuyeux mais avec le temps et avec l'évolution des activités humaines en termes de type et de grandeur, ces effets deviennent de plus en plus tangibles et le sujet de pollution devient plus inquiétant, alors que le progrès enregistré à travers le monde dans tous les aspects socio-économiques, et qui est en évolution continue, a causé l'augmentation des quantités des déchets. Alors que ces déchets terminent toujours par revenir à l'environnement, où les cours d'eau représentent le milieu récepteur d'une grande partie de ces déchets, et surtout les rejets liquides, qui mis à part leurs origines (domestique, industrielle...) ils restent des sources de pollution.

Le Soummam dans la wilaya de Bejaia, qui représente une richesse patrimoine est l'un des milieux les plus affectés par ce phénomène. Il représente à la fois une région d'agglomération urbaine intense et une zone d'activités économiques diversifiées, il sera évidemment touché par le phénomène de la pollution.

Dans ce chapitre nous allons exposer des notions sur la pollution et les déchets en général, ainsi que les sources de pollution dans la région du Soummam.

I.2. Généralités sur la pollution, les déchets et la pollution des eaux

I.2.1.L'eau :

L'eau est un élément essentiel à la vie des différents êtres vivants, il est composé de la combinaison d'un atome d'oxygène et deux atomes d'hydrogène formant une molécule de H₂O (eau pure). Cette eau (eau pure) a la caractéristique d'être un liquide inodore, incolore est sans goût, avec une température d'évaporation de 100°C alors qu'il se congèle à 0°C en se transformant à l'état solide.[3]

Compte à sa faculté de dissoudre la quasi-totalité des corps qu'elle les rencontre, elle est considérée comme « le solvant universel » c'est pour cette raison il est très difficile de trouver une eau pure dans la nature.

L'énergie de formation d'une molécule d'eau étant 85000 cal/mol, alors que la température de sa décomposition est de 1200°C. De plus l'eau est considérée aussi comme le fluide idéal de chauffage et de refroidissement.[4]

I.2.2.Un déchet :

Selon la législation Algérienne concernant la gestion des déchet(Loi n° 2001-19, 2001) on appelle un déchet : « tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus

généralement toute substance, ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se défaire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. ». Selon cette définition on peut définir comme déchet tous résidus d'une activité humaine destinés à l'abandon, utilisable ou non utilisable, ou qu'il a une valeur économique ou non. Alors qu'on appelle un déchet ultime ceux qui n'ont pas une utilisation ni une valeur économique. Ces résidus peuvent être rejetés sous différentes formes, solides, liquides ou gazeuses, qu'on les appelle rejets.

Dans le premier chapitre de la même loi (Loi n° 2001-19, 2001), on distingue plusieurs types de déchets, dont la classification est faite à la base de leurs caractéristiques:

a) Les déchets ménagers et assimilés: Tous déchets issus des ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles, commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.

b) Déchets encombrants: Tous déchets issus des ménages qui en raison de leur caractère volumineux ne peuvent être collectés dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés.

c) Déchets spéciaux: Tous déchets issus des activités industrielles, agricoles, de soins, de services et toutes autres activités qui, en raison de leur nature et de la composition des matières qu'ils contiennent, ne peuvent être collectés, transportés et traités dans les mêmes conditions que les déchets ménagers et assimilés et les déchets inertes.

d) Déchets spéciaux dangereux: Tous déchets spéciaux qui, par leurs constituants ou par les caractéristiques des matières nocives qu'ils contiennent, sont susceptibles de nuire à la santé publique et/ou à l'environnement.

e) Déchets d'activité de soins: Tous déchets issus des activités de diagnostic, de suivi et de traitement préventif ou curatif, dans les domaines de la médecine humaine et vétérinaire.

f) Déchets inertes: Tous déchets provenant notamment de l'exploitation des carrières, des mines, des travaux de démolition, de construction ou de rénovation, qui ne subissent aucune modification physique, chimique ou biologique lors de leur mise en décharge, et qui ne sont pas contaminés par des substances dangereuses ou autres éléments générateurs de nuisances, susceptibles de nuire à la santé et/ou à l'environnement.[5]

I.2.3. Les eaux usées :

Une eau usée ou résiduaire est une eau issue des activités anthropiques (domestiques, industrielles, agricoles) qui a été dégradée après usage. Le rejet direct de ces eaux dans le milieu naturel représente la forme de pollution la plus nuisible pour l'ensemble des écosystèmes. Ces eaux transportent des concentrations élevées en matières polluantes (azote, phosphore, matière organique, métaux lourds, bactéries pathogènes...), ce qui détériore la qualité des eaux pour les milieux récepteurs (rivières, lac,...).[6]

Les eaux usées sont des eaux qui perdent leur qualité naturelle d'être appropriée à un usage, par leur altération due aux utilisations humaine. D'après l'utilisation qui l'ont subi ces eaux on distingue:

a) Les eaux usées domestiques: Proviennent des différents usages domestiques, et sont riches essentiellement en matières organiques, débris organiques, détergents, graisses,... ;

b) Les eaux usées industrielles : Ces eaux qui sont venues des différentes activités industrielles, sont différentes selon le type d'industrie générant, plus que les matières organiques ils sont riches en plusieurs produits toxiques comme les métaux lourds des éléments traces métalliques (As, Pb, Cr, etc...), des solvants, des colorants, etc..... ;

c) Les eaux usées agricoles : leur usage due aux activités agricoles du lessivage des terres cultivées et traitées avec des engrais et des pesticides, l'utilisation extensive de ces produits sont à l'origine de la présence des nitrates et des éléments traces métalliques (Zn, Cu, Pb,...) dans ces eaux;

Ils existent encore les eaux pluviales qui sont collectées et rejoignent souvent les eaux domestiques au moyen des réseaux de collection.

I.2.4.La pollution:

La pollution est la dégradation d'un milieu naturel par l'introduction directe ou indirecte de substances étrangères ou en teneur supérieure à celle naturelle, ces substances peuvent modifier les différentes caractéristiques (physique, chimique, biologique...) du milieu et perturber leur écosystème naturel en affectant tous les éléments de ce système.

Selon Larousse la pollution est la « Dégradation de l'environnement par des substances (naturelles, chimiques ou radioactives), des déchets (ménagers ou industriels) ou des nuisances diverses (sonores, lumineuses, thermiques, biologiques, etc.). Bien qu'elle puisse avoir une origine entièrement naturelle (éruption volcanique, par exemple), elle est principalement liée aux activités humaines.»

Donc on peut définir un polluant comme un résidu d'une activité humaine, rejeté dans l'environnement, et a un effet négatif sur leur équilibre. Alors que le milieu naturel a le pouvoir d'autoépuration, c'est-à-dire l'élimination d'un polluant en quantité limitée. La quantité limite est appelée un seuil, que l'on ne doit pas dépasser. Et ici vient la différence entre la contamination et la pollution, telle que l'on appelle une pollution quand le seuil est dépassé.

I.2.4.1.La pollution de l'eau :

Projetant la définition de la pollution pour définir la pollution de l'eau ou du milieu aquatique, on peut définir cette pollution comme la dégradation de la qualité du milieu aquatique par l'introduction d'un élément polluant en quantité dépassant la limite (le seuil) de leur élimination naturellement dans milieu.

I.2.4.1.1.Les types de la pollution de l'eau:

Les pollutions peuvent être d'origine naturelle ou provenir des activités humaines, où elles sont classées selon leurs natures.

A-La pollution physique : ce type englobe trois pollution ce sont :

a) La pollution par les matière en suspension (MES) : due à la contamination du milieu par les particules fines, minérales ou organiques, qui ne solubilisent pas dans l'eau, l'accumulation de ces

particules dans le milieu aquatique diminue l'apport de la lumière vers les espèces végétales en gênant leur photosynthèse et par conséquent la diminution du taux d'oxygène dans le milieu, en pouvant aussi modifier les caractéristiques du milieu. Ces particules ont comme origine l'érosion des terres ou d'autres matériaux de surfaces, et peuvent provenir de différentes activités humaines comme la déversement des eaux usées domestiques ou industrielles, l'exploitation minière ou autre.

b) La pollution radioactive : Vient de la contamination du milieu par des substances ou particules qui ont des propriétés radioactives, comme par les retombées des aérosols radioactifs résultant de l'exploitation minière des éléments radioactifs, déversement direct des rejets radioactifs quel que soit leur origine. La radioactivité de ces éléments modifie les caractéristiques et a des effets très dommageables pour le milieu naturel.

c) La pollution calorifique ou thermique : Elle résulte du déversement des eaux de refroidissement des centrales électriques ou nucléaires, ou toute autre activité qui modifie la température naturelle du milieu aquatique. Cette élévation de la température sera la cause de la perturbation et de déséquilibre de l'écosystème en modifiant certaines caractéristiques, comme diminution de l'oxygène dans le milieu. [7]

B-La pollution chimique :

Comme son nom l'indique c'est la pollution résulte de l'introduction des substances chimiques qui modifient la composition naturelle de l'eau et par conséquent leurs caractéristiques. La pollution chimique de l'eau englobe :

a) La pollution par les métaux lourds :

D'habitude on appelle métaux lourds les éléments métalliques de masse volumique supérieure à 5 g/cm^3 comme le plomb ou le mercure, mais cette définition n'est pas stable, parce que parfois on y ajoute d'autres éléments métalliques qui ne sont pas vraiment lourds ou qui ne sont pas métalliques comme l'arsenic, à cause de leur toxicité, mais certains de ces éléments sont essentiels pour la vie des organismes à l'état de trace comme le fer, le cuivre, le zinc...etc.

La pollution métallique peut avoir une origine naturelle comme l'érosion ou l'activité volcanique, mais les sources les plus importantes sont dues aux différentes activités humaines (les industries, le trafic routier...etc.), la contamination par ces métaux a des effets très dangereux pour la santé humaine et les organismes vivants. [8]

b) La pollution par les phosphores :

Cette pollution causée par les produits contenant du phosphore, vient des rejets domestiques, agricoles, industriels ou toutes autres activités utilisant des substances phosphatées. Leurs principaux effets et la génération du phénomène d'eutrophisation qui se manifeste par une augmentation de la quantité des algues et la diminution de l'oxygène dans le milieu aquatique. [7]

c) La pollution par les azotes :

La pollution par l'azote de ses différentes formes (nitrates, nitrites, ammoniacale...) peut survenir de différentes activités humaines, industrielles, agricoles ou domestiques, comme les phosphores

l'excès en azote dans le milieu peut être l'origine d'une eutrophisation, ou d'une intoxication pour les êtres vivants.

C- La pollution organique :

Constitue la pollution par toutes les types de matières organiques (protides, glucides, huiles, goudron, les cyanures...etc.) venues des différents activités humaines, urbaines, industrielles, agricoles ou autres, y inclus la pollution par les microorganismes vivantes (les bactéries, les champignons...), qui sont des polluants évolutifs dans le temps et peuvent constituer la phase la plus dangereuse dans ce type de pollution parce qu'ils représentent un agent pathogène.

Il existe encore un type spécifique de polluant organique dit « persistant » ou POPs, qui sont des composés organiques synthétisés qui persiste dans l'environnement en résistant la biodégradation naturelle tel certain types des pesticides, les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAPs)...., selon le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNEU) plus de 300 élément sont considérés comme POPs et sont soumis à l'interdiction ou aux contrôles spécifiques. [8]

I.2.4.1.2 Les origines de la pollution de l'eau :

Alors que la classification précédente des pollutions d'eau était selon les natures des polluants, on peut considérer cette classification comme une classification de la pollution selon l'origine.

a) La pollution agricole :

C'est la pollution vient des activités d'agriculture et les activités en relation, à cause d'utilisation aléatoire des fumiers, les engrais chimiques, et surtout et les pesticides, pour améliorer les rendements, qui vont infiltrer dans le sol en atteignant les eaux souterraine ou ruisselant vers les eaux de surfaces.

b) La pollution industrielle :

C'est la pollution résulte des différents types industries dans tous secteurs à cause de l'utilisation des eaux dans les différents processus de fabrication ou autres, comme les eaux sanitaires ou de lavage, en rejetant leurs rejets, souvent liquides et riches en polluant de divers toxicité et nature, dans les cours d'eaux sans traitement adéquat ou en les stockant avec une manière inappropriée qui permet aux polluants d'atteindre les sources de l'eau.

c) La pollution domestique :

Causée par le rejet des différents résidus des activités domestiques de l'homme, comme les eaux ménagères et les eaux sanitaires ou autres types de déchet, dans les milieux aquatiques, en les ajoutant les rejets des stations de lavage et les rejets d'assainissement industriels s'il sont reliés aux mêmes réseaux d'évacuation, ces rejets sont riches en détergeant, graisse, matières organiques...etc. pour éviter la pollution urbaine les eaux usées doivent subir un traitement approprié dans des stations d'épuration conçues pour ce but. Cette pollution se développe avec l'urbanisation, la croissance démographique et le changement du mode de vie.

I.2.4.2.La pollution de l'air :

La pollution de l'air peut se définir par l'altération de leur qualité en modifiant leur composition par l'introduction d'un agent polluant qui peut être de différentes formes (gazeux, des particules en suspension,...) à des concentrations et durant des périodes suffisantes pour créer un effet toxique. Où l'air naturel est constituée de 78% d'azote, 21% d'oxygène et 1% d'autres gaz comme le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau..., donc toute variation peut être considérée comme pollution. L'air représente un élément vital pour l'homme et toutes les espèces vivants sur la terre et leur pollution va affecter leur santé et vie.[9]

I.2.4.3.La pollution du sol :

La pollution du sol est l'introduction des composés dangereux, toxique ou qui peuvent altérer les caractéristiques physico-chimique du sol et perturber l'écosystème (substance chimique ou radioactive, microorganisme pathogène...etc.), la pollution du sol peut être causée par plusieurs activités humaines industrielles, agricoles ou urbaines. [9]

I.2.4.4.Les formes de la pollution :

De n'importe quel type ou quelle nature de polluant, la pollution peut prendre plusieurs formes :

a)-La pollution ponctuelle : C'est la pollution provenant d'une source unique, ou de plusieurs sources proches les unes des autres en un seul site (nombre limité de source connues qui peuvent être localisées géographiquement). [7]

b)-La pollution diffusée : Au contraire de la forme précédente, la pollution diffusée peut être de source connue ou non, mais il est impossible de restreindre une zone de pollution, ou de la localiser dans une seule zone. [7]

c)-La pollution temporaire ou chronique :

Suit à l'émission d'une matière polluante la pollution peut être temporaire ou chronique, et ça dépend de la quantité et la nature de ce polluant ainsi que le pouvoir d'autoépuration du milieu naturel, en fonction du temps de leur existence dans le milieu naturel on peut dire que la pollution est temporaire ou chronique, où dans la deuxième cas la pollution est caractérisée par leur permanence à cause de l'émission répété ou de nature rémanente du polluant et sa résistance à la biodégradation naturelle, ce type est plus insidieuse et dommageable. [10]

d)-Pollution linéaire : Dans ce type de pollution la diffusion du polluant accompagne les routes, les autoroutes, des canaux, voies ferrées,...etc.[10]

e)-Pollution historique : Ce type apparait dans les zones qui ont été pollués pendant des périodes où les préoccupations environnementales n'étaient pas prises en compte ou ils étaient inconnus.[10]

f)-Autres types de pollution :

Il existe d'autres types de pollutions, comme la pollution visuelle représenté par la dégradation de l'aspect visuelle d'un milieu naturel. La pollution lumineuse liée surtout aux éclairages artificiels qui

a des effets indésirable sur tous les êtres vivants. La pollution sonore liée aux bruits générés par les différentes activités humaines. Et la pollution olfactive résulter des odeurs nauséabondes et inconfortables.

I.2.5. Les impacts de la pollution sur l'environnement:

Toutes les activités humaines ont un effet sur l'environnement, même si elles ne produisent pas une pollution mais elles restent causer des modifications sur le milieu naturel, donc et à cause de chevauchement de toutes les composés dans un milieu naturel, toutes modifications peuvent affecter tous les éléments dans ce milieu et perturber la balance naturelle et donc presque ont le même qu'une pollution, En vérité on ne peut pas restreindre les impacts d'une pollution, mais on essaie de mentionner les grandes lignes et les effets les plus fréquents.

a) Les pluies acides :

Les principales causes de ce phénomène sont les oxydes de soufre et d'azote conduisant à la formation de l'acide sulfurique et l'acide nitrique, on peut y ajouter l'acide chlorhydrique émis lors de l'incinération des déchets plastiques et l'ammoniac d'activités agricoles, qui peuvent aussi contribuer la formation de ces pluies.

Les pluies acides ont plusieurs effets néfastes sur l'environnement, elles peuvent modifier l'équilibre chimique du milieu récepteur, elles peuvent aussi causer l'appauvrissement des sols par le lessivage des éléments nutritifs causant un manque nutritif remarquable par les chutes de rendement et les lésions chez les végétaux.

b) La destruction de la couche d'ozone:

La cause principale à la destruction de la couche d'ozone est l'utilisation des composés chlorés, comme les CFC (chlorofluorocarbène) qui sont des gaz fréquemment utilisés comme fluide frigorigène ou comme des gaz propulseurs, leur vaste utilisation due à leur stabilité et au fait qu'ils sont considérés comme non toxiques, mais ils restent parmi les premières causes de la destruction de la couche d'ozone protectrice de la terre contre les rayonnements ultra-violet venant du soleil. Notant que 90% de l'ozone de la terre se trouve dans la stratosphère formant cette couche.

c) Le réchauffement climatique:

Le réchauffement climatique est défini par l'augmentation de la température moyenne de la planète, causé essentiellement par les gaz émis par les différentes activités humaines, appelés gaz à effet de serre (CO_2 , NO_2 , NO_3 , O_3 , CH_4 , CFC), ces gaz absorbent les rayonnements infrarouges émis par la terre conduisant à l'augmentation de sa température.

d) L'eutrophisation des milieux aquatiques:

L'eutrophisation est un phénomène qui apparaît dans les milieux aquatiques par la prolifération des algues qui consomment tout l'oxygène nécessaire à la survie des autres organismes, ce qui conduit à l'asphyxie de ces organismes. Elle résulte du versement des rejets contenant des substances nutritives, comme les phosphates et les nitrates, en quantités excessives. Alors que ces algues peuvent

produire des toxines, où ces derniers vont être transportés vers l'homme d'une manière telle la consommation des poissons par exemple.

e) Les impacts sur la santé humaine :

La pollution de toutes ses formes influence la santé humaine d'une manière ou d'autre, directe ou indirectement, cette influence se fait généralement par le passage des éléments toxiques et dommageable du milieu extérieur vers l'intérieur du corps humain. Ce transfert des éléments toxiques peut s'effectuer par l'un de trois voies, la voie pulmonaire, cutanée, ou digestive.

-Les effets de la pollution de l'eau :

La contenance de l'eau polluée en éléments toxiques et/ou de microorganismes pathogènes va conduire à la transmission de ces éléments à l'intérieur du corps humain directement ou au moyen des aliments qui sont affectés par ces éléments causant ce qu'on les appelle maladies à transmission hydrique, dont la symptomatologie est (diarrhée, vomissement, nausée) souvent digestives comme le choléra, la fièvre typhoïde, l'hépatite virale et la dysenterie basilaire, ces maladies restent très réponsus et leur menace peut aller jusqu'à la mortalité surtout dans les pays pauvres cause.

Encore que l'eau représente un bon agent de transport, quand elle est polluée il peut transmet les éléments chimiques, comme le mercure ou l'arsenic, à l'intérieur du corps humain, par la consommation directe ou en accumulant ces substance dans les tissus organiques des organismes alimenté de cet eau ou qui vivent dans le milieu aquatique, en causant à l'homme des maladies de différentes nature.

I.3. pollution dans la Soummam :

Les sources de pollution au niveau de la vallée peuvent être divisées en trois catégories selon l'activité origine de cette pollution, une pollution d'origine urbaine, une pollution agricole et une pollution industrielle.

I.3.1. La pollution d'origine urbaine :

I.3.1.1. Les eaux usées domestiques :

Ce sont les eaux venues des différents usages domestiques, ces eaux peuvent être divisées à leur tour en deux catégories, les eaux ménagères et les eaux de vannes.

Les eaux ménagères sont des eaux qui ont pour origine les cuisines, les salles de bains et généralement les eaux de lavages, ces eaux sont chargées en graisses, solvants, détergeant et de débris organiques.

Les eaux de vannes sont les eaux résultant en générale des toilettes. Ils sont riches en matière organiques azotés et en germes fécaux.[9]

La quantité totale des eaux urbaines déversée dans la vallée de Soummam est estimée d'environ 29810 m³/j. [11]

Tableau 1: Les eaux usées domestiques déversées dans le Soummam et ses effluents. [11]

Commune	Volume (m ³ /j)	Milieu Récepteur
BEJAIA	18000	Oued Soummam, Mer
Oued GHIR	322.86	Oued Soummam
BARBACHA	184.5	Oued Amasine
SIDI-AICH	162.06	Oued Soummam
FENAIA EL MATEN	1833	Oued Soummam
EL KSEUR	858	Oued Soummam
CHEMINI	463	Oued Soummam
EL FLAY	202.53	Oued Soummam
TALA HAMZA	243	Oued Soummam
TIBANE	163.62	Oued Soummam
SOUK OUFELA	285.87	Oued Soummam
SEDDOUK	345	Oued Seddouk
AKBOU	1445	Oued Seddouk
TOUDJA	212	Oued Ghir
TIFRA	122.85	Oued Ghir
TIMEZRIT	675	Oued Ghir
SEMAOUN	1683	Oued Ghir
SIDI-AYAD	130.11	Oued Ghir
AMALOU	345	Oued Ghir
AMIZOUR	990	Oued Soummam, oued
FERAOUN	518	Amassine
M' CISNA	106	Oued Soummam
I-OUZELLAGUNE	520	Oued
		Oued
Total	29810	

Pour lutter contre la pollution d'origine urbaine, causée par le déversement direct des eaux usées domestiques des centres urbains situés le long de la vallée, cinq stations d'épuration sont implantées dans ces régions, avec des capacités différentes.[11]:

Tazmalt: 30 000 eq/Hab Q=6400m³/j

Akbou: 80 000 eq/Hab Q=19200m³/j

Sidi-Aiche: 40 000 eq/Hab Q=6400m³/j

El-kseur: 30 000 eq/Hab Q=6400m³/j

Amizour: 30 000 eq/Hab Q=6400m³/j

Les grandes quantités d'eau usée restent déversées sans aucun traitement dans l'oued Soummam, et aussi dans la mer pour la commune de Bejaia, et ça à cause de la pénurie et de l'insuffisance des stations de traitement.

Alors que d'après le service de l'environnement 85% de la population agglomérée sont raccordés au réseau d'égouts publics dans la totalité de la wilaya. [11]

Tableau 2: Situation de l'assainissement au niveau de la vallée de la Soummam. [11]

Commune chef-lieu	Taux de branchement %	Type de branchement	Lieu de rejet	Etat du réseau
OUED GHIR	73	-	BASSIN	-
SIDI-AICH	97	U	OUED	Vétuste
FENAIILMAT	70	U	C.OUVER	Bon
EL-KSEUR	80	U	OUED	Vétuste
AMALOU	85	S	RAVIN	Bon
CHEMINI	92	U	OUED	Bon
EL FLAY	94	-	-	-
SIDI-AYAD	95	-	RAVIN	-
TALA HAMZA	60	-	BASSIN	-
TIBANE	94	-	RAVIN	-
SEDDOUK	92	U/S	OUED	Bon
AKBOU	80	U/S	OUED	-
TOUDJA	50	S	OUED	Bon
TIFRA	45	-	RAVIN	-
SEMAOUN	80	U	OUED	Bon
M' CISNA	90	S	OUED	Bon
TIMEZRIT	70	S	RAVIN	Bon
AMIZOUR	-	U	C.OUVER	Bon
FERRAOUN	80	U/S	STEP	Moyen
BEJAIA	87	U	BASSIN	Bon
BARBACHA	60	U	OUED	Bon
OUZELLAGUEN	35	-	OUED	-
TINEBDAR	95	-	RAVIN	-
SOUKOUFELLA	96	-	-	-

U: Unitaire.

S: Séparatif.

I.3.1.2. Les déchets ménagers :

Les déchets ménagers sont les déchets issus des activités ménagères, ainsi que ceux d'autres activités économiques qui sont collectés et traités de la même manière comme les ordures ménagères résiduelles.

Tableau 3: Pourcentage de quelques types de déchets ménagers générés par la population de la vallée de la Soummam. [9]

Commune	Type de déchet			
	MO%	Plastique%	Papiers/Carton%	Autres%
Tazmalt	68,5	13,7	11,65	05
Akbou	68,5	13,07	11,65	05
Ouzellaguen	69	14	12	05
Seddouk	67,2	10,2	07,3	15,13
Timezrite	67,2	10,2	07,3	15,3
Sidi aich	67,2	13,7	11,65	15,3
Amizour	71,6	8,3	09	11,1

El-kseur	67,4	10,33	11,11	10,01
Oued-Ghir	71,1	8,3	09	11,1
Bejaia	69,4	12,3	11,1	07,2

D'après ces données on remarque que les matières organiques occupent la grande partie dans les déchets ménagers, ils sont issus essentiellement de déchets alimentaires, puis les plastiques, qui résultent de l'utilisation des différents produits en plastique comme les sachets, les emballages...etc. les papiers ont la troisième place, où ils résulte des journaux, des emballage en carton ou toutes autres produit en papiers.

I.3.2.La pollution d'origine agricole :

La pollution d'origine agricole vient essentiellement de l'utilisation des engrais et des pesticides de ses différents forme : insecticide, fongicides et herbicide, dans le but de lutter contre les insectes, les champignons, les mauvaises herbes et d'augmenter la qualité et la quantité des cultures.

Tableau 4: Quantité des produits phytosanitaires livrée dans les communes de la basse vallée de la Soummam d'après les DSA 2018. [12]

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

I.3.3.La pollution d'origine industrielle:

Les polluants d'origine industrielle sont de différentes formes et de différentes natures où ils se différencient dans leur dangerosité, de déchets industriels, qui sont assimilés aux déchets ménagers, aux déchets industriels spéciaux dangereux à très dangereux, alors que ces déchets peuvent être solides liquides, ou des polluants atmosphériques soit sous forme des gaz ou des poussières et des particules fines. Et comme la région représente une activité industrielle intense qui a connu aussi un développement remarquable en qualité tant qu'en quantité, et avec une diversification dans leurs types, ce qui va conduire à l'amplification des quantités ainsi qu'à la diversification des éléments contaminants.

Dans la région de l'oued de la Soummam 1228 unité industrielle ont été comptés, dont ceux de l'industrie agroalimentaire occupent la première place avec 598 unités, tant que la deuxième place est occupé par les industries et les activités concernant les carburants avec 189 unités de NAFTAL district et station des services, alors que ceux de travaux de construction occupe la troisième place avec 180 unités industrielles de matériaux de construction. Concernant les communes, la commune de Tazmalt occupe la première place avec 149 unités polluantes, 97 parmi ces derniers sont spécialisées en ce qui concerne la production d'huiles végétales.[9]

Tableau 5:Activité industrielle polluante dans la vallée de la Soummam. [9]

	Matériaux de construction	Industrie chimique et plastique	Textile et cuire	Agro-alimentaire	Liège-bois-cellulose	Métallurgique	Divers	GSM
Bejaia	41	25	12	34	11	24	40	3
Akbou	39	15	3	115	6	4	22	/
El kseur	13	7	1	77	2	5	18	/
Amisour	27	6	2	108	31	28	49	/
Sidi-Aich	12	17	6	62	2	9	21	/
Seddouk	6	3	/	53	1	10	12	/
Tazmalt	42	8	/	149	2	11	27	/
Total	180	81	24	598	55	91	189	3

Alors que les tableaux suivants illustrent quelques types de déchets générés par différentes unités industrielles dans la région et leurs quantités :

Tableau 6:Quelques unités industrielles polluantes dans la vallée de la Soummam et leurs différents déchets. [9]

Entreprise	Secteur	Types de Déchets	Quantités
SARP Tazmalt	Production d'agrégats	Pièces défectueuses	100-150 U/an
		Huiles usagées	12 000 L/an
ATRPS Akbou	Production d'agrégats	Poussières	/
		Huiles usagées	15 000 L/an
SPA ALCOST Bejaia	Confection et habillement	Batteries	12T/an
		huiles d'askarel	180 L
EPE ALFADITEX Remila	Fabrication et commercialisation de divers textiles en	Boue de la STEP	10 T/an
		huiles d'askarel	1400 L
SIBEA Bejaia	Tréfilage, fabrication de clous, tiges filetées	Mélange de sciure de bois, de copeaux de fer	35 T/an
SONATRACH/TR C Bejaia	Transport, réception, stockage et expédition des hydrocarbures	Boues de pétrole	30 000 T
		PCB	15985 Kg
NAFTAL centre, Bejaia	Distribution de gaz butane et propane	Pneumatiques usagés	1,8T/an
		Batteries usagées	0,27 T/an
Danone Djurdjura	Fabrication des	Sacs en papier	6000 m3

SPA Akbou	produits laitiers	Nylon	
SARL SPC GB El-keseur	Production et mise en bouteille de jus	Débris de verre	24T/an
Complexes Corps Gras Bejaia	Raffinage des huiles végétales, fabrication de savon et la margarine	Braie -mucilage	540 T
		Terre décolorante usée	820 T
		Boues de STEP	1080 T
		Huiles usagées	1000T/an

Tableau 7:Unités industrielles polluantes au niveau de la vallée de la Soummam. [11]

Unité	Rejets Solides		Rejets liquides	
	Types de déchets	Quantités	Volumes d'eau usée rejetée (m ³ /j)	Rejet final
CO.G.B ENCG 04, CHEMINS	Terre Décolorante Usée	0.11 T/J	401,5	Oued Soummam
ALCOVEL AKBOU	Poussières de coton et petites chutes de tissus capots métalliques Boues	11070 Kg/an	2533	Oued Soummam
ALFADITEX Remila	Boues à base de teinte, boue à base de colle	1600 Kg/an	1400	Oued Soummam
Conserverie ENAJUC El-kseur	Boîtes et futs métalliques	2 T/mois	350	Oued Soummam
ERAD Sidi-Aich	Poussières	20 T/mois	120	Oued Soummam
Total		0,878 T/J	4804,5	Oued Soummam

a) Les rejets liquides :

Les rejets liquides sont constituées essentiellement d'eaux usées, qui sont plus ou moins riches en différentes matières (réactifs, colorant,...), donc ces eaux seront différenciées en termes de qualité de l'eau naturelle, selon le type d'industrie et aussi selon le type de procédé utilisant cette eau dedans, et constituent une source de pollution.

L'eau est utilisée dans l'industrie pour différents objectifs, où elle peut être utilisée comme une matière première incorporée au produit fini ou lors des procédés de fabrication, comme matière auxiliaire, ou pour d'autres buts comme le refroidissement. On peut y ajouter, à ces eaux, les eaux sanitaires qui sont similaires à ceux domestiques.

On générale les eaux de procédés, on les trouve souvent contaminées en fonction du type de l'industrie, alors que les eaux de refroidissement sont souvent moins contaminées.

Les rejets liquides contenant des matières hydrocarbures constituent eux même un cas exceptionnel vu de leur large gamme d'utilisations sous différentes formes, avec leurs spécificités de compromettre la potentialité de ré-oxygénation des cours d'eau et leur pouvoir épurateur et aussi vue de leur capacité élevée d'infiltration dans le sol (10 fois supérieur à celle de l'eau), notant que la première source de cette pollution sont les activités de distribution des produits hydrocarbures et ses dérivés, et les stations des services, de lavage et de graissage. Les quantités des rejets liquides générées par les différentes industries dans la Soummam sont mentionnées dans les Tableaux 6 et dans le Tableau 7.

47 stations multiservices de lavage et de graissage du NAFTAL sont situées le long de la vallée de la Soummam, avec une quantité totale de 425m³/j de rejets liquides. [11]

b) Les rejets solides :

Concernant les déchets industriels solides, sont de matériaux solides de natures différentes (duvet de cuir synthétique, emballage en plastiques, sciure de bois, des poussières, pièces usagées...etc.).

Il existe encore les boues qui sont constitués d'un mélange de matériaux solide sous forme de fines particules avec de l'eau, ces boues peuvent contenir des éléments de différentes natures y compris des réactifs utilisés lors des processus de fabrication, et nécessitent des traitements spécifiques. Les quantités des rejets solides générées par les différentes industries dans la Soummam sont mentionnées dans les Tableaux 6 et dans le Tableau 7.

I.4.Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons donné des notions sur la pollution et les déchets ainsi que leurs types, leurs sources et leurs effets sur l'environnement. Nous avons évoqué aussi quelques sources de pollutions dans la zone d'étude (Oued de la Soummam). Nous avons expliqué que l'exposition de l'Oued à plusieurs sources de pollutions urbaines et industrielles nécessite des études et des analyses approfondies pour savoir le degré de cette pollution et la nature physique et chimique des polluants. Ceci dans le but d'élaborer un plan de décontamination, d'élimination des polluants.

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

II.1.Introduction :

La wilaya de Bejaia est connue de sa diversité biologique, sa nature, et son industrie et aussi une concentration démographique considérable.

L'oued Soummam située dans la wilaya, constitue un composant très important du milieu naturel, et un sujet de plusieurs études couvrant plusieurs aspects (biologique, écologique, hydrogéologique...). Cet important oued est exposé à la pollution. Cette dernière a plusieurs sources que ce soit industriel ou bien domestique.

Dans ce chapitre, nous allons donner un aperçu général sur la région de la Soummam et ses caractéristiques afin de présenter la zone notre étude et pour déduire les facteurs qui ont contribué à la pollution de cette région.

II.2.Aperçu générale sur la zone d'étude :

L'oued Soummam est composé par la confluence de l'oued Sahel descendu des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira et de l'oued Bou-Sellam descendu du plateau Sétifien. La partie amont comprise entre Tazmalt à l'ouest et Sidi Aich à l'Est s'appelle la « haute Soummam » ou parfois « la moyenne Soummam ». Cette division est justifiée par la présence d'un seuil hydrogéologique à Sidi Aiche. Où une zone « Sahel-Soummam » de Tazmalt jusqu'à Akbou où il devient alors la Soummam à l'embouchure de l'oued Bou-Sellam. Le bassin versant Bou-Sellam occupe une surface de 4300Km. [11]

Le bassin de la Soummam est composé de trois sous grand bassins :

-Sous bassin Eddous-Sahel : situé dans la partie ouest de la Soummam et est constitué de la réunion de l'oued Eddous et l'oued Zaiane qui constituent les effluents principales de l'oued Sahel.

-Sous bassin Boussellam: situé à la zone sud-est, où leur cours supérieur se trouve dans le plateau de Sétif.

-Sous bassin Soummam: situé au nord et constitue le cours principale de l'oued Soummam, et est formé par la confluence de l'oued Boussellam et l'oued Sahel à Akbou, et se jette dans la mer. [13]

Les principaux affluents de la Soummam sont comme suit :

En rive gauche : Oued Imoula, Oued Ighzer Amokrane, Oued Remila, Oued El Kseur, Oued Ghir.

En rive droite : Oued Seddouk, Oued Amassine.

La région est caractérisée par sa nature montagneuse jusqu'au bassin versant nord (la mer méditerranée) qui est souvent bordée par des terrasses alluviales fertiles, et le versant sud est constitué par des collines plus basse s'élevant progressivement par une succession de croupe. Le fond de la vallée proprement dit, à une longueur moyenne de 2 Km avec une largeur varie de 100m à 4Km.[11]

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

De l'aval vers l'amont, après un coude incliné sur le rivage et oued Ghir vient une zone de 11Km à peu près où l'oued entre Béjaia et se jette dans la mer, avec une largeur qui se réduit jusqu'à 1Km quand on s'éloigne de la cote. Le remplissage alluvial est constitué du limon argilo-sableux implanté généralement en oliviers, vignes, blé, agrume, maraichage...et le champ d'inondation reste limité.

A l'amont d'El-kseur sur 13Km entre oued Ghir et oued Amassine le lit continue à présenter une série de méandres et les berges sont moins hautes avec une largeur atteigne 3 Km. Cette zone contient la partie majeure des cultures du fond de la vallée comprenant des vignes des céréales, maraichage...avec un champ d'inondation qui atteigne de 1 à 1.5 Km.

La partie entre Oued Amassine et Oued Remila sur 9 Km l'oued ne présente pas une terre cultivable que dans des surfaces restreintes. Dans cette partie, la vallée présente plusieurs ramifications avec une partie occupée par un marais.

A l'amont de Sidi Aiche sur les 10 Km entre Oued Roumila et Oued Imoula, on remarque une diminution dans la largeur de l'oued avec l'absence de terres cultivables ainsi qu'avec la diminution du champ d'inondation.

Sur les 23Km entre Oued Imoula et Oued Sellam à Akbou le cours de l'Oued se répand en formant plusieurs ramifications sur une largeur qui atteint 1.5Km.



Figure 1: Localisation de la vallée de la Soummam (Tazmalt-Béjaia). [2]

II.3. Caractéristiques morphologiques:

II.3.1. Répartition altimétrique :

Tableau 8: Répartition altimétrique de sous bassin de la partie Sahel-Soummam. [14]

Tranche d'altitude	Moyenne	La superficie		
		En km	En %	% Cumulé
>1700		4	1,4	1,4
1500-1700	1600	7	2,6	4
1300-1500	1400	12	4,4	8,4
1100-1300	1200	17	6,4	14,8
900-1100	1000	23	8,6	23,4
700-900	800	25	9,3	32,7
500-700	600	31	11,6	44,3
300-500	400	48	18	62,3
100-300	200	101	37,6	99,9

Les grands pourcentages correspondent aux basses altitudes, mais ils existent aussi des reliefs élevés qui sont situés vers la limite nord du bassin.

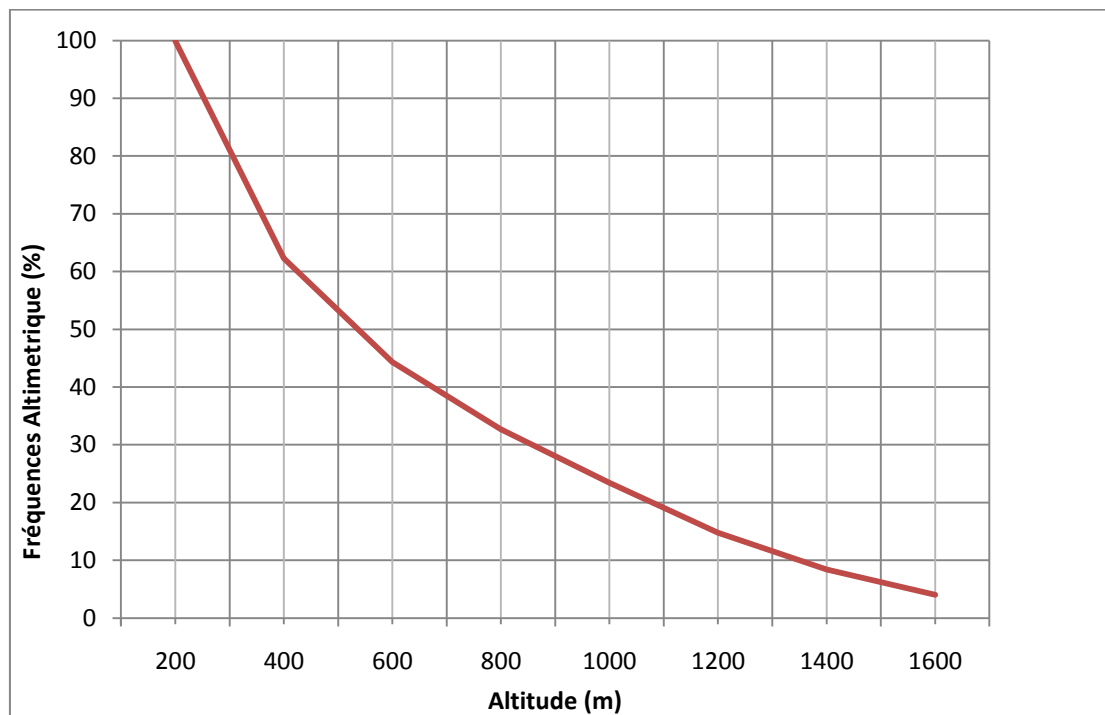


Figure 2: Courbe hypsométrique du sous bassin versant de l'oued Sahel-Soummam.

Ces paramètres ainsi que les altitudes élevées sur les bordures du bassin surtout sur le versant sud de Djurdjura, dont la plus haute altitude de 2308 m au pic de LallaKhadidja, avec les plaines correspondants aux basses altitudes, ont conféré aux cours de l'oued un écoulement assez rapide et des temps de concentration assez courts. [14]

I.4. Couverture végétale :

La végétation dans l'oued appartient généralement au climat méditerranéen humide, où dans les zones défrichées et cultivées on trouve les figuiers, les oliviers et les céréales, alors que dans la vallée où ils dominent les alluvions quaternaires on trouve les vignes, les agrumes et des primeurs qui nécessitent des quantités appréciables en eau d'irrigation. [12]

Les différentes conditions climatiques dans la région laissent apparaître une couverture végétale dominée par des formations de chêne liège, chêne vert, chêne kermès et de pin d'Alep, et ça sur les versants soumis au climat littoral, tant que sur les versants des montagnes intérieures on trouve le massif forestier d'Akfadou formé de chênaies sempervirente (forêts de chêne verts et de cheneliège) en basses et moyennes altitudes, et de chênaies caducifoliées (forêts de chêne zeen, *Quercus canariensis*, de cheneafares *Quercus afares*) en haute altitude. Dans les zones intérieures sud et est la couverture végétale est dominée par des vergers de figuiers, d'oliviers, et des parcelles de polycultures vivrières, tant qu'en plaines on trouve des cultures intensives fruitières et maraichères. [15]

II.5. Contexte socio-économique :

La vallée de Soummam joue un rôle très important dans l'économie de la région.

-L'oued représente un potentiel important de terres agricoles économiquement cultivables irrigables (la fertilité et l'abondance des ressources en eaux);

-La région représente une zone de concentration démographique élevée qui se croit de plus en plus, et abrite un grand nombre de villes, où la ville de Bejaia représente le grand pôle économique dans la région ;

-La région représente un axe de communication routier très important ; [11]

II.5.1. La population :

La population totale de la wilaya est estimée à 551606 habitants en 2002, notant que plus de la moitié de cette population est concentrée le long de la vallée. [11]

Alors que la population atteint 935500 habitants à la fin de 2011. [16]

Nous constatons que l'oued passe par 23 communes dont la répartition de la population selon la direction de la vallée et de la population en 2018 est mentionnée dans le tableau suivant, alors que la population totale de la wilaya atteint 978050 habitants dans la même année et plus de la moitié sont agglomérés aux régions à proximité de la Soummam.

Tableau 9: Répartition de la population de la vallée de la Soummam (DSP, 2018).

Commune	Nombre d'habitants
Bejaia	190 766
Oued Ghir	20 739
Amizour	40 256
Semaoun	14 603

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

Timezrit	27 710
Tala hamza	12 510
Boukhelifa	9 389
AIT R'ZINE	15 606
Akbou	57 103
Seddouk	22 036
M' CISNA	8 507
Amalou	9 217
Bouhamza	9 779
Tazmalt	30 968
Boudjellil	12 312
Chemini	16 371
Souk Oufela	9 571
Ouzellaguen	24 346
Sidi Aiche	14 765
Sidi Ayad	5 802
El Flaye	6 896
El kseur	31 977
F.ElMathen	12 677
Total	603906

II.5.2.Ressources naturelle :

La région est très riche en ressources naturelles qui représentent un potentiel économique important, ces ressources peuvent être divisées en :

II.5.2.1.Ressource hydrique :

a) Les eaux de surface :

La ressource principale dans la région est l'oued Soummam qui occupe une grande superficie estimée de 9200 km², formé par la confluence de l'oued Sahel et l'oued Bou-sellam et a plusieurs effluents comme oued Remila et oued ghir, oued El-kseur, oued Amassine, oued Ighzer Amokrane, oued Imoula et oued Seddouk. L'oued Soummam présente un rapport moyen de 700.10⁶ m³/an. Le débit de l'oued varie entre une saison et une autre, en augmentant dans la période froide et diminuant pendant l'été.

Tableau 10: Les principaux effluents de l'oued avec leurs débits annuels. [11]

Effluent	Quantité d'eau par an
Oued Imoula	4x10 ⁶ m ³ /an
Oued Ighzer Amokrane	12x10 ⁶ m ³ /an
Oued Remila	28x10 ⁶ m ³ /an
Oued El Kseur	12x 10 ⁶ m ³ /an
Oued Ghir	12x10 ⁶ m ³ /an
Oued Seddouk	10x 10 ⁶ m ³ /an
Oued Amassine	15x10 ⁶ m ³ /an



Figure 3: Le sous-bassin versant de la Soummam auquel appartient la nappe alluviale.[17]

b) Les eaux souterraines :

Les ressources souterraines se trouvent au sein des plaines alluviales, où la superficie couverte par ces derniers est de 40 km² dans la région de haute Soummam avec une estimation totale de 78 millions de m³, et de 75km² dans la région de la basse Soummam avec des ressources estimées de 48 m³. [11]

Alors que ces eaux souterraines confinées sous des couches profondes et ne pas atteindre la surface que par des courants ascendants. [9]

II.5.2.2. Les ressources minières :

La wilaya renferme plusieurs gisements et son sous-sol riche en concentrations minérales importantes, comme le gisement poly métaux d'Amizour (Pb, Zn, Cd et Ag), les gisements de Tala Hamza, Remila et Boukhelifa d'argile, et le gisement de calcaire d'Ighile Ali. [9]

II.5.2.3. Agriculture :

La région du Soummam constitue un terrain très peu accidenté, adéquat à l'agriculture, il est formé de plaines fertiles avec des pentes inférieures à 3% dans leur majorité, ce qui amoindrit la contrainte de la mécanisation, formant une surface agricole totale de 75888ha, ce qui représente 35% de la superficie agricole de Bejaia avec 87% représentant l'agricole utile.

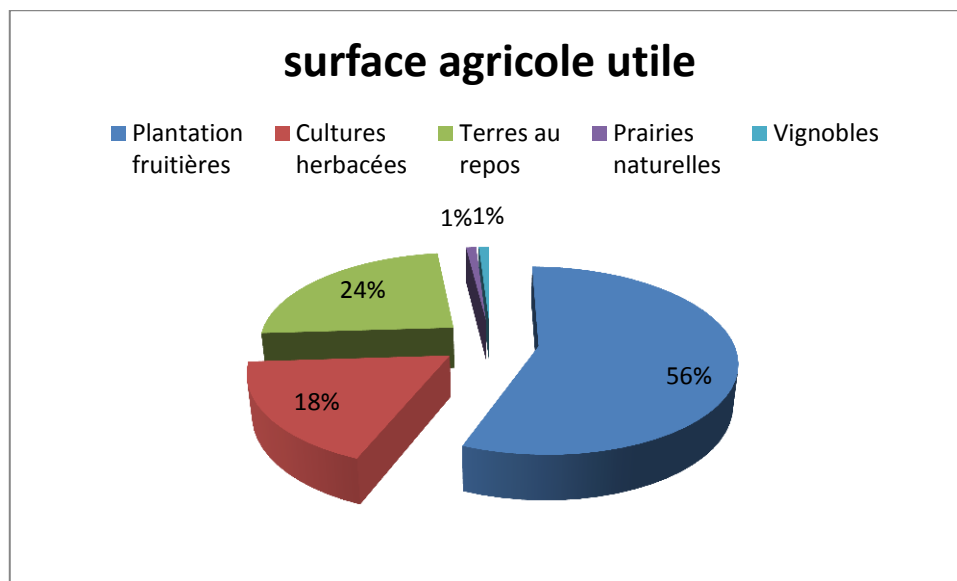


Figure 4: Répartition de la surface agricole utile d'oued Soummam. [9]

II.5.2.4. L'industrie :

La région de Soummam représente une zone d'activité intense, elle renferme plusieurs unités industrielles répartis sur toute la région, dont trois zones principales qui forment des zones de concentration de ces activités, Bejaia, Elkseur et Akbou, constituant un ensemble de 87 unités de production dont 52 sont des unités privées. [9]

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

Parmi les grandes usines implantées dans la région ceux de SONATRACH, NAFTAL et CEVITAL.

Tableau 11: Principales unité industrielles au niveau de la vallée de la Soummam.[16]

Unité	Production	Situation
LAITERIE VALLEE LA	Lait pasteurisé (L'ben)	Tazmalt
VALLEE VIANDES	Viande bovine, ovine et avicole	Akbou
GENERAL EMBALLAGE	Plaques en carton ondulé	Akbou
ALPHADITEX	Textile et cuire	Remila
COJEK	Agroalimentaire	El-kseur
SOUMMAM	Laitière	Akbou
ERIAD	Semoule	SidiAich
SARL DANONE	Agroalimentaire	Akbou
ALCOVEL	Textile	Akbou

Tableau 12: Les principaux établissements implantés dans la ville de Bejaia.[16]

Secteur	Définition de secteur	Etablissement concernés	Quantité de rejet (L/an)
Agroalimentaire	Toutes les activités agroalimentaires : les conserveries, boissons, sucreries, distilleries, levurières, laiteries et activités dérivés, abattoirs, biscuiteries, huileries, confiseries...etc.	- COGB UP17 , route des Aurès Bejaia ; - CEVITAL , nouveau quai.	
Bois-Papier- Carton	Transformation du bois, fabrication de pâte, fabrication de papier, ou carton à partir de fibres primaires ou recyclées...etc.	- TRANSBOIS , arrière port Bejaïa ; - EPE B.E.J.E , fabrication d'emballage. route des Aurès Bejaïa ; - ENL , transformation de liège, route des Aurès Bejaia.	- 4915 L/an - 12608 L/an - 4200 L/an
Industries Textiles	Transformation liée à la fabrication ou à la transformation de fibres textiles, naturelles ou synthétiques telles que, ennoblissement, blanchiment, apprêt, teintureries, filature, blanchisseries, etc.	- ECOTAL , arrière port Bejaïa.	-480 L/an

Chimie - para chimie –Pétrole	Toutes activités de fabrication ou de transformation de substances chimiques ou organiques ou minérales, y compris le raffinage et le stockage d'hydrocarbures, la fabrication d'engrais, la fabrication de produits pharmaceutiques, la fabrication de peintures, la fabrication de vernis ou de résines, la fabrication de produits phytosanitaires, la production ou la transformation de matières plastiques, etc.	- NAFTAL District GPL, Arrière port Bejaïa ; - NAFTAL , agence Commercialisation arrière port Bejaïa ; - SONATRACH , direction régionale de Bejaia.	-3600 L/an - 360000L/an -////////////////////
Sidérurgie Métallurgie	Activités liées à la fabrication ou la transformation des métaux ferreux ou non ferreux.	- SARL SIBEN , de fabrication des tiges.	-////////////////////

II.5.2.5. Infrastructure de base :

La wilaya de Bejaia a l'un des plus denses réseaux routiers en Algérie avec 393.37km de route nationale, 411.7km de chemins de wilaya et 322.3 de chemins communaux, avec une voie ferrée de 90Km, à partir la commune de Bejaia jusqu'au village de Béni Mansour. [9]

II.6. Aperçu géologique :

La vallée de Soummam est constituée d'une plaine de terrasses alluviales basses allongées sous forme d'un sillon ou d'une bande tortueuse orientée SW-NE de Tazmalt jusqu'à Bejaia, où il forme une jonction entre le Tell septentrional et le Tell méridional. La géologie de la vallée comprend plusieurs structures tectoniques comme suite :

Au nord, elle est limitée par le massif kabyle, la chaîne calcaire et les flysch nord et sud kabyles ;

Au sud, elle est limitée par Tell méridional auquel appartiennent les chaînons des Babors et des Bibans ; [12]

La série stratigraphique de la formation affleurant en bordure de la vallée sont comme suit, partant de la plus l'ancienne vers la plus récente :

a) Le Trias :

Il se présente sous forme de masses plus ou moins étendus le long de grands cassures à Djebel Gueldamane, aussi le long de contact des nappes à la région nord d'Akbou.

b) Le jurassique :

Il est présenté par les failles anticlinales du Djebel Guelmane et aussi par les pitons d'Akbou qui appartiennent à la chaîne de Babors occidentaux, qui est considérée comme parautochtone, le

jurassique affleure aussi dans la région de Guendouz, qui est franchement allochtone. OÙ il comprend in lias calcaire et dolomitique à cassure grise ou rouille et un jurassique moyen formé de marne et de calcaire oolithique bien lité.

c) Le crétacé :

Deux types de crétacé, le premier c'est le crétacé parautochtone qui affleure en rive droite de l'oued depuis l'oued El Mahrir jusqu'au Djebel Gueldaman ou il forme un plan synclinal à fond plat, et en rive droite aussi entre Seddouk et Sidi-Aiche.

Le deuxième est le crétacé allochtone, qui constitue la majeure partie de la rive gauche, on le rencontre aussi sur le flanc nord de Djebel Gueldaman en position chevauchante, aussi à l'est de village de Seddouk. Ce crétacé est constitué de quatre grandes unités tectoniques.

- Les flysch internes.
- L'unité tellienne.
- Les flyshes externes.
- L'Albo-Aptien.

d) Le cénomanien- Turonien : est formé de marnes et de calcaires gris avec des lits en quartzites gris et en phtanites noirs.

e) Le Sénonien : est constitué de pélites bleus sombres avec des bancs espacés de quartzite gris, de micro-brèches argileuses, de conglomérats grossiers, mais les galets sont souvent dispersés dans les pélites.

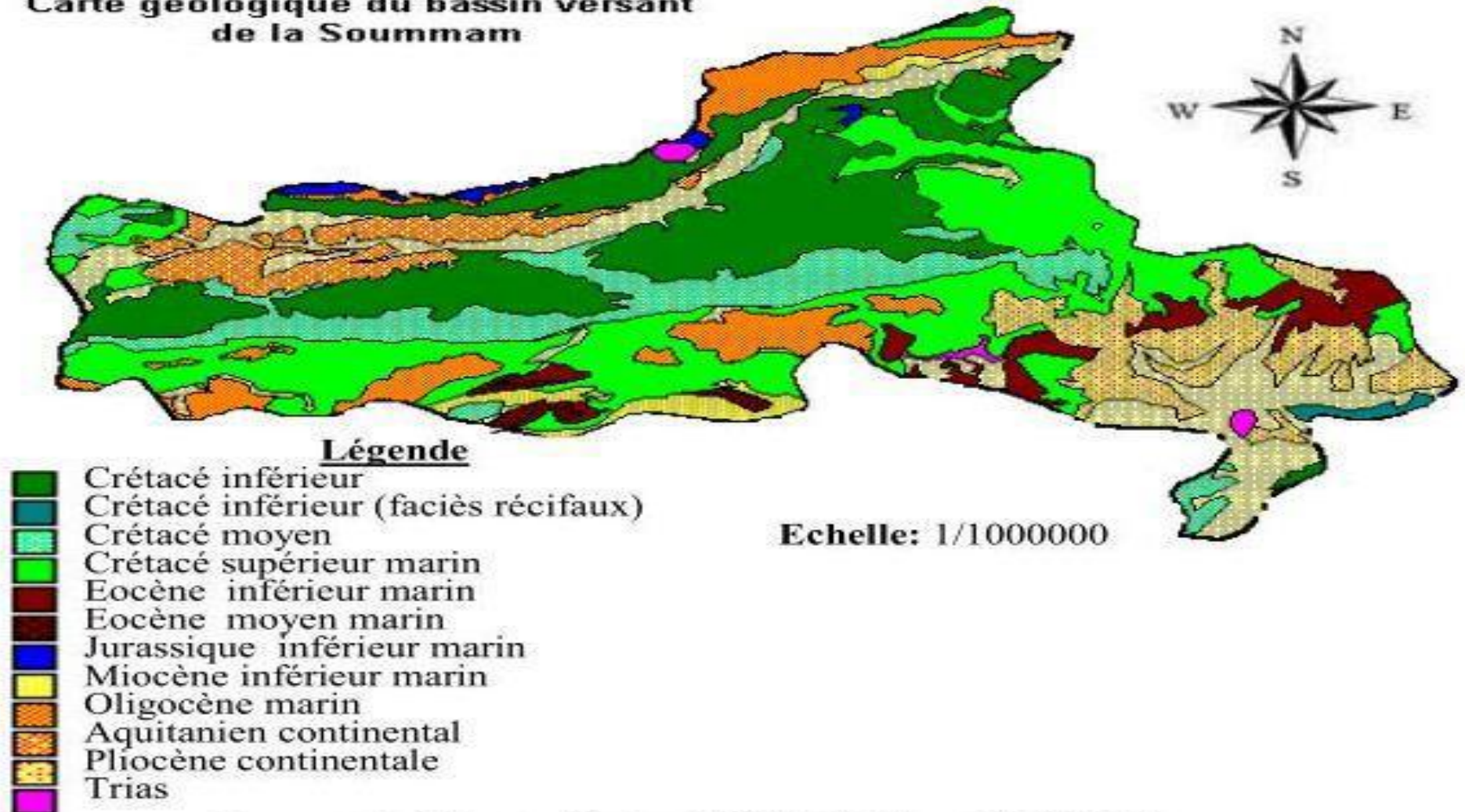
f) La nappe de l'Arbala-Seddouk : qui est constituée de marnes noires avec des boules en calcaires à patine jaune.

g) Le Miocène II :

Le Miocène affleure plutôt en rive gauche de l'oued dans la région d'Akbou, d'Azib, dans le nord de Tazmalt, et aussi dans la plaine alluviale de l'Ouest et de l'Est de Tazmalt, notamment le miocène inférieur, où il vient sous forme d'une épaisse série de conglomérats constitués d'éléments de tailles très variables, avec des couleurs jaunâtres à rouges brique où alternent des niveaux marneux gypseux, cette série étant transgressive ou en contact par failles avec d'autres formations.

h) Le Quaternaire : occupe le fond de la cuvette creusée par l'oued et ces effluents dans la rive droite comme dans la rive gauche aussi, où il comprend les cônes de déjection des certains effluents comme l'oued Beni-Mellikench, IghzerIlloula, IghzerTifrit, IghzerMchaa, IghzerTsiar et Amokrane, l'oued Seddouk, IghzerOukri et l'oued Dessène. Aussi dans le flanc de Djebel Gueldamane dans l'éboulis de pente, et dans les terrasses constituées par les alluvions de l'oued.

Carte géologique du bassin versant de la Soummam



Source: extraite de la carte géologique de l'Algérie (1951), par Charifi S, 2003.

Figure 5: Carte géologique du bassin versant de la Soummam. [18]

II.6.1. Géomorphologie de la plaine alluviale :

L'oued a un lit d'inondation qui atteint une largeur maximale de 1200 m à l'est d'Akbou et d'Azib, et une largeur minimale de 90m à Takrietz et à Sidi-Aiche, avec quatre niveaux de terrasse alluviale qui sont distinguables d'après leurs positions topographiques, et les études sédimentologiques qui permettent de préciser leur corrélation longitudinale et transversale, ils sont différenciés aussi selon leurs altitudes par rapport au lit de l'oued selon leurs âges d'une manière décroissante (du plus ancien au plus récent). Ces terrasses ne sont pas disposées d'une manière symétrique entre les deux rives, on les trouve plus développées en rive gauche de l'oued.

II.7. Aspect climatologique :

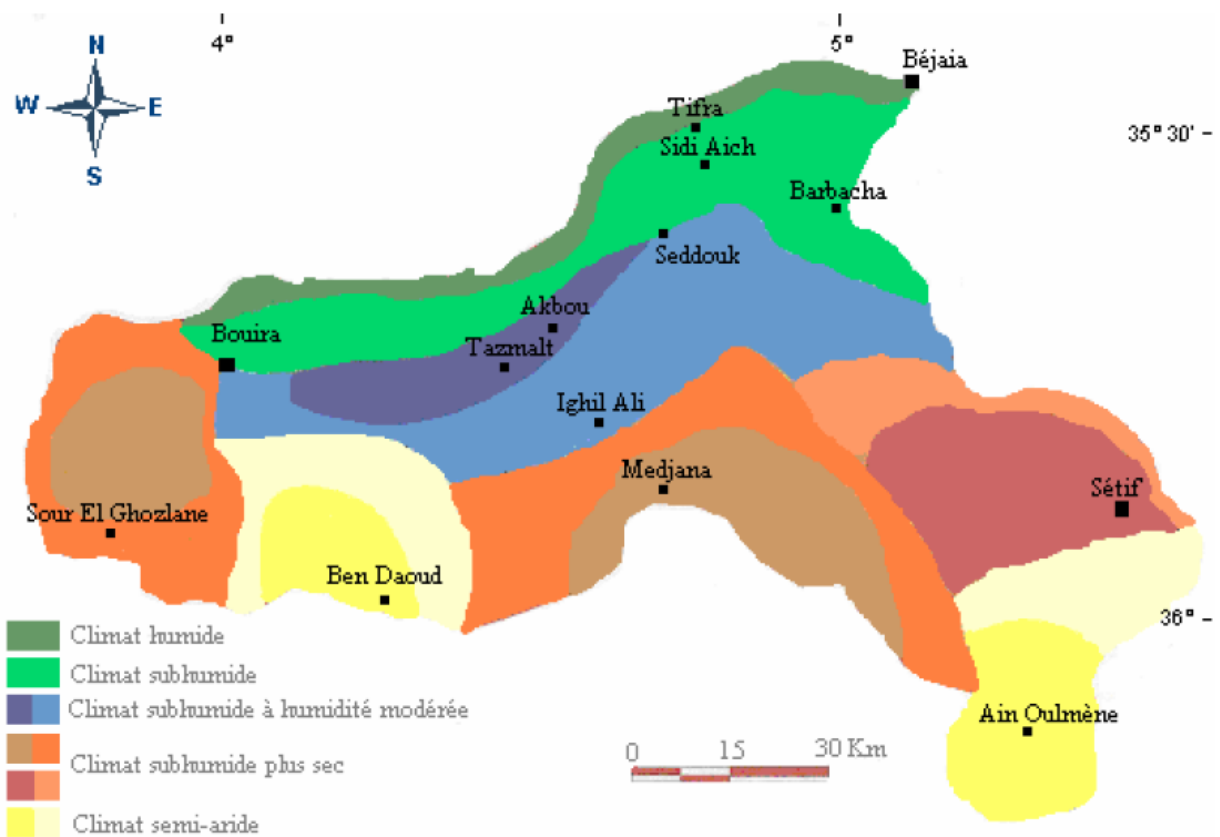


Figure 6: Zones climatiques du bassin versant de la Soummam. [19]

De la cote vers une limite intérieure jusqu'à la ville d'Akfadou la région a un climat méditerranéen généralement humide à subhumide avec un hiver pluvial et chaud et un été sec et chaud, après cette limite le climat devient semi-aride sur toute l'étendue du plateau de Bouira et de Sétif. La région en général passe par une période pluvieuse et parfois neigeuse de septembre vers la fin de mai, et une autre période sèche s'étale pendant le reste de l'année. [15]

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

La température et la précipitation sont les deux grands facteurs déterminants le type de climat d'une région.

Tableau 13: Les moyennes mensuelles de précipitation à la station de Bejaia, de 2002 à 2012 et de 2014 à 2018. [12]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Juil	Aout	Total
Précipitation (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	864.77
Précipitation (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	881.4
Précipitation moyenne (mm)	52.91	73.71	99.28	135.57	138.02	116.18	113.81	65.31	41.90	19.31	6.84	10.26	873.085

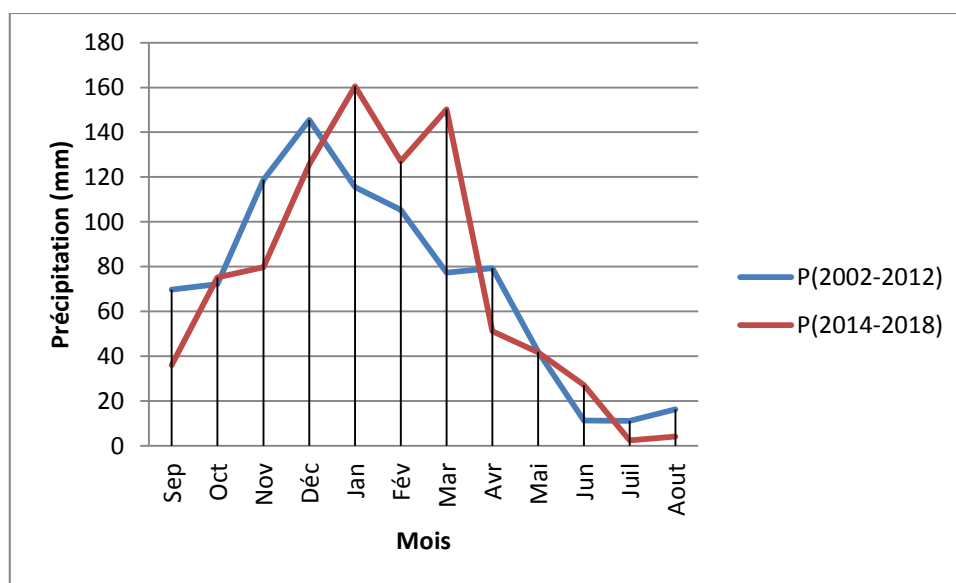


Figure 7: Variation des précipitations mensuelles moyennes pour les périodes entre 2002 et 2012, et entre 2014 et 2018.

D'après ces données, la précipitation atteint une moyenne maximale de 138mm en mois de janvier et une minimale de 6.84mm pendant juillet. Tant que pour la période entre 2002 et 2012 le maximum était 145.45mm en mois de décembre et le minimum était 11.18 en mois de juillet, et pour la période entre 2014 et 2018 le max était 160.5mm en mois de janvier avec une moyenne minimale de 2.5 en mois de juillet.

Tableau 14: Les moyennes mensuelles de la température à la station de Bejaia pour les périodes de 2002 à 2012 et de 2014 à 2018. [12]

Mois	Sep	Oct	Nov	Déc	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout
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 moyennes (C°)	22.9	19.85	15.25	11.95	8.95	11.1	12.75	15.25	17.85	21.4	24.6	25.6

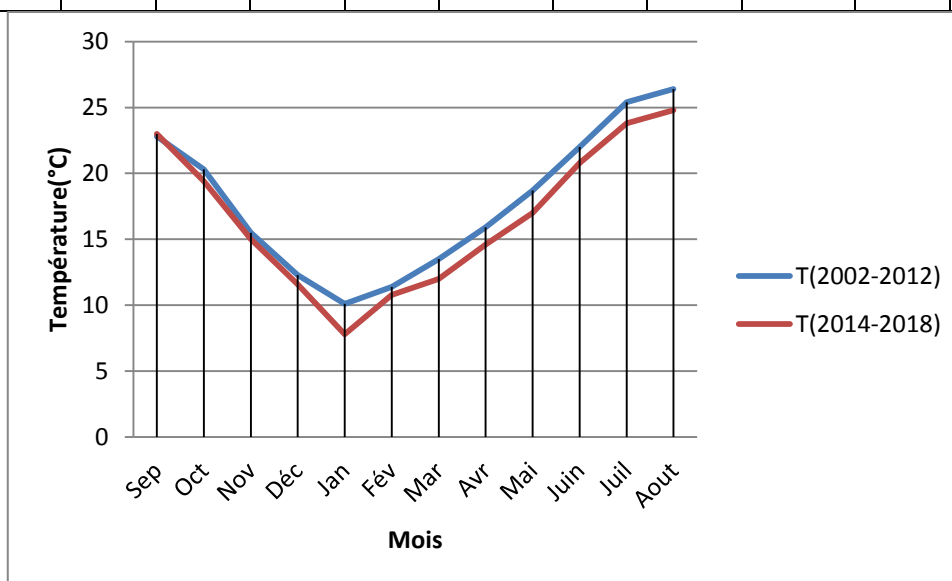


Figure 8: Variation des températures moyennes mensuelles à Bejaia pendant les périodes entre 2002 et 2012, et entre 2014 et 2018.

La température moyenne maximale 26.4C° a été enregistrée en mois d'Aout pour la période entre 2002 et 2012, ainsi que pour la période de 2014 à 2018, la température maximale de 24.8C° a été enregistrée en mois d'Aout, et la moyenne totale étant de 25.6C°.

Par contre la moyenne la plus basse de 8.95C° a été enregistrée en mois de janvier, avec 10.1C° pour la période 2002-2012 et 7.8C° pour 2014-2018.

La précipitation et la température sont les paramètres météorologiques les plus importants par ce qu'à partir de ceux-ci on définit le type de climat en grandes lignes, ainsi qu'ils déterminent la répartition des écosystèmes et des êtres vivants. L'influence de ces paramètres sur l'oued est aussi très importante parce que pendant la période d'hiver où la précipitation étant de haute quantité, et la température est plus basse on note que le phénomène de recharge de la nappe de l'oued s'y produit, avec une augmentation de la dilution qui conduit à la diminution des concentrations des éléments chimiques. Par contre pendant la période d'été avec l'augmentation de la température et la diminution des quantités de précipitation on note l'augmentation de l'évaporation, ce qui conduit au

Chapitre II : Caractéristiques générales de la Soummam

phénomène d'étiage et par conséquent l'augmentation des concentrations des éléments chimiques dans le cours d'oued.

Tableau 15: Valeurs moyenne mensuelle de l'humidité relative à la station de Bejaia pour période de 2014 à 2019 d'après la station météorologique de Bejaia. [12]

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aou
Moyenne Mensuelle (%)	74.4	74.8	73	77.8	75.6	75.2	77	77.6	69.8	77.8	74.8	75.4

L'humidité dans la région varie entre 73% et 77.8% avec une moyenne de 75.27% pour cette période.

La région est soumise à des vents modérés variés de 100 à 360 degré de vitesses allant de 13 à 21m/s selon la station météorologique de Bejaia. [12]

Tableau 16: Vitesses moyennes mensuelles du vent à la station de Bejaia entre 2014 et 2018. [12]

Mois	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	juil	Aou
Moyenne Mensuelle (m/s)	13.3	13.25	21	17.25	17.25	20.25	16.25	16.25	13	15.5	14.6	14

II.8. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons donné un aperçu général sur la vallée de la Soummam et de la région en générale. Nous avons exposé la position géographique, les effluents principaux, avec une brève description du lit de l'oued et de la couverture végétale.

Chapitre III : Etude comparative entre les eaux de la basse et la moyenne vallée de la Soummam

III.1.Introduction :

Plusieurs études ont élaboré des protocoles d'échantillonnage et des analyses pour déterminer le degré de pollution des eaux de la vallée de la Soummam. Les paramètres mesurés lors de ces études sont la température, le pH, la conductivité électrique, l'oxygène dissous, ainsi que certains composés azoté ou phosphaté (l'ammonium, les nitrates, les nitrites et les orthophosphates), qui représentent les indicateurs principaux de la pollution.

Le présent chapitre est divisé en deux parties: dans la première, nous allons montrer les techniques utilisées et les paramètres étudiés. Dans la deuxième partie nous allons discuter et interpréter les résultats des analyses en faisant une comparaison entre les eaux de la moyenne vallée et celles de la basse vallée.

III.2.Première Partie : Techniques et paramètres étudiés

III.2.1.Techniques de prélèvement des échantillons:

Nous nous sommes basé sur les résultats de deux études: une première étude qui a été réalisée en 2013 sur les eaux de la moyenne Soummam, [2].

La deuxième a été réalisée en 2019 sur les eaux de la basse Soummam,[12].

D'après les deux références [2] et [12], les prélèvements des eaux de surface ont été réalisés au milieu du lit de l'oued peu profond, au-dessus des ponts traversant la Soummam. Quant aux eaux souterraines, les prélèvements 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 (dégagement des eaux stagnantes).

III.2.2.Choix des stations de prélèvement:

Pour l'étude effectuée sur la basse vallée, dix-sept stations accessibles et considérées représentatives de cette partie la vallée ont été choisies par les réalisateurs de cette étude. Quatre stations d'eaux superficielles et treize puits et forages (eau souterraine). Figure 9.

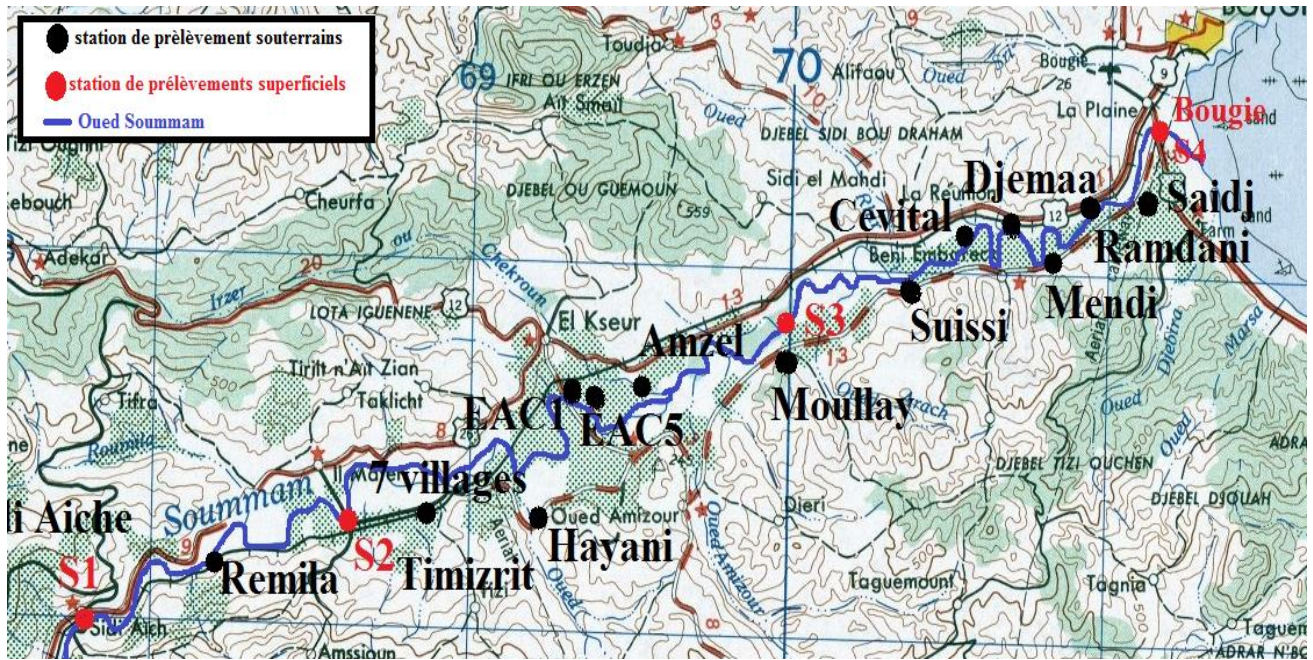


Figure 9: Stations de prélèvement d’eau superficielles et souterraines dans la basse vallée de la Soummam. [12]

Pour la moyenne vallée treize points de prélèvement ont été choisis, dont quatre pour les prélèvements des échantillons des eaux de surface et neuf pour les prélèvements souterraines. Figure 10.

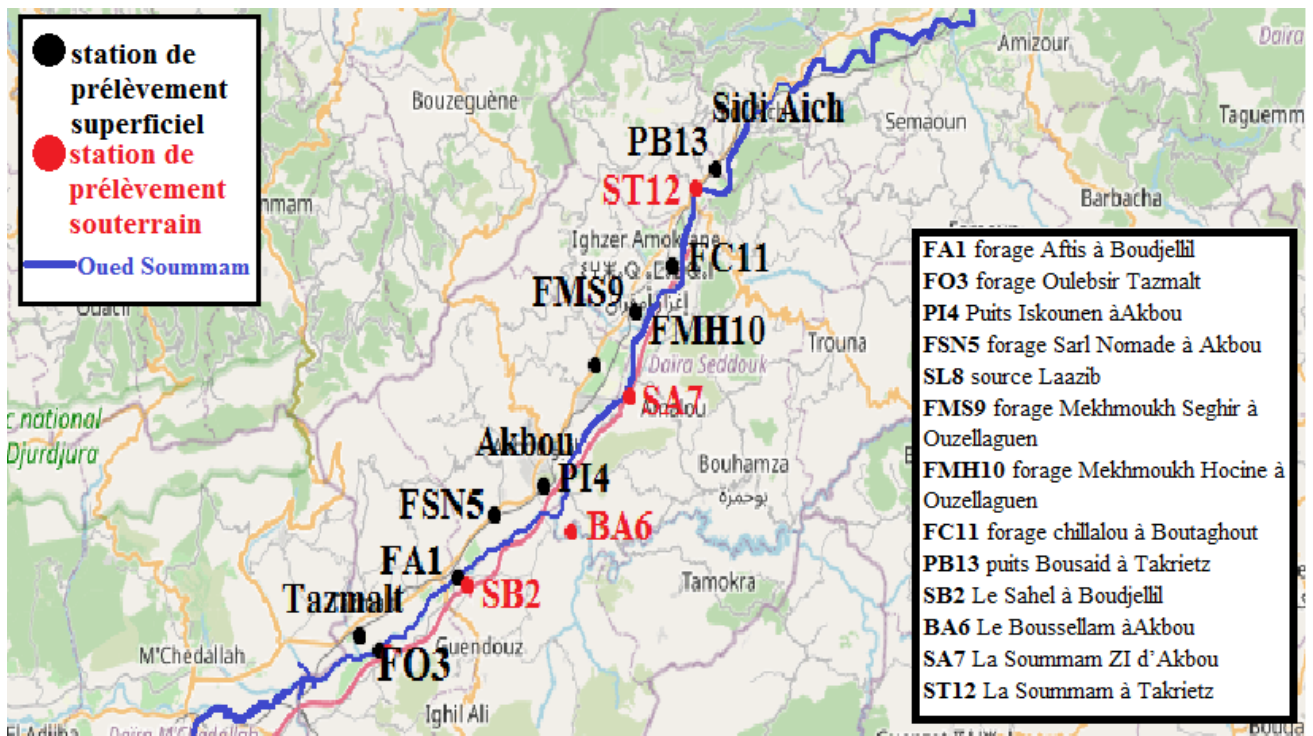


Figure 10: Localisation des stations de prélèvement de surface et souterraines de la moyenne vallée de la Soummam. [2]

Chapitre III : Etude comparative entre les eaux de la basse et la moyenne vallée de la Soummam

Les stations ont été choisies dans le but d'être représentatifs, et de permettre de suivre les variations de la qualité des eaux, telle que pour la première étude (la moyenne vallée), le choix a été comme suit :

- Les stations de prélèvements superficielles :

La station BA6 de Boussellam se trouve à l'aval du barrage de TichyHaf qui est implanté sur le Boussellam. Ce dernier passe à travers des terrains calcaires de Biban avant d'atteindre le Soummam.

La station SB2 située à l'amont de la zone industrielle d'Akbou, pour identifier la qualité des eaux avant d'atteindre la zone industrielle.

La station ST12 de Taktietz où se trouve un bidonville dans la rive gauche qui verse ses eaux usées directement dans l'oued.

La station SA7, située à l'aval de la zone d'activités de Tahracht.

- Les stations de prélèvements souterraines :

La station FA1, située à l'amont de la zone industrielle de Tahracht.

La station FMS9, situé à l'aval de la zone industrielle de Tahracht, dans une zone d'agriculture.

La station PI4, située sur la route nationale reliant les zones d'activités à Bouira et Alger.

La station FO3, située dans une ferme, marquant la transition entre la haute et la moyenne Soummam, où se trouvent des entreprises fabricant des matériaux de constructions dans la région.

La station FSN5, représente un forage exploité par la société Nomade, située dans une zone urbaine à l'amont de la zone industrielle d'Akbou.

La station SL8 (source d'Azib), située sur la route nationale reliant Béjaia à Alger.

La station FC11, représente un forage profond qui capte la nappe, et est caractérisée par le goût ferrugineux de ces eaux.

La station PB13, situé à Takrietz à proximité d'écuries d'élevage bovin.

Alors telle que pour la deuxième étude (la basse vallée), le choix a été comme suit :

La station 1 de Sidi Aich, située à proximité à la ville et la zone industrielle de Sidi Aich. L'aspect industriel et urbain caractérise le type de pollution que l'on peut identifier rencontrée dans la région.

La station 2 (Fenaia Il Maten) Elle se trouve à l'aval des rejets d'eaux usées de Sidi Aich et sa zone industrielle.

La station 3 d'Amizour, représente une zone à vocation agricole. Elle se trouve ainsi à l'aval des rejets les zones industrielles d'El Kseur et Amizour.

La 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 représente un estuaire de transition entre les deux écosystèmes : terrestre et marin. Une station de raffinage du pétrole est installée à proximité.

Durant ces deux études les mesures et les prélèvements des échantillons ont été réalisés pendant les mois de mars et d'avril.

III.2.3. Les mesures effectuées sur terrain:

D'après [2], la température, le pH, l'oxygène dissous et la conductivité ont été effectués sur terrain au moyen d'une valise multi-paramètres étalonnée.



Figure 11: Valise multi paramètre utilisée pour les mesures In Situ. [12]

III.2.4. Les analyses effectuées au laboratoire:

Les mesures des concentrations des éléments azotés et phosphatés (l'ammonium, les nitrates, les nitrites et les orthophosphates) sont effectuées au laboratoire, d'où le dosage de ces éléments a été fait à l'aide d'un spectrophotomètre UV. [12]

III.2.5. Les paramètres étudiés:

III.2.5.1. La température (°C):

La température représente un paramètre très important car elle influe sur la solubilité des éléments chimiques tels que les sels, et les gaz comme l'oxygène dans l'eau, et aussi sur la vitesse des réactions chimiques et biochimiques, sur l'activité des microorganismes et sur le métabolisme des êtres vivants aquatiques.

III.2.5.2. Oxygène Dissous (mg/l):

L'oxygène dissous représenté en mg/l, est un paramètre important, puisqu'il entre dans la plupart des réactions chimiques et biologiques, la mesure de l'oxygène dissous représente la mesure de la concentration du dioxygène dissous dans l'eau.

III.2.5.3. Conductivité Électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$):

Elle nous indique la quantité des sels dissous (chlorure, sulfates, magnésium...) dans l'eau.

III.2.5.4. Les nitrates (NO_3^-) (mg/l):

Ce sont des éléments solubles dans l'eau et nécessaires à la synthèse des végétaux et peuvent être le résultat de l'oxydation de toutes formes d'azote, mais ils se trouvent en faibles quantités en eaux naturelles, alors que leur abondance en concentrations élevées nous indique une pollution qui peut être de différentes sources (industrielles, urbaines ou agriculteurs).

III.2.5.5. Les nitrites (NO_2^-) (mg/l):

Les nitrites proviennent essentiellement de l'oxydation incomplète de l'ammonium ou de la dénitrification des nitrates. Une eau qui renferme des nitrites est considérée comme suspecte car il lui est souvent associé une détérioration de sa qualité microbiologique.

III.2.5.6. L'ammonium (NH_4^+) (mg/l):

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.

III.2.5.7. Les 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 la décomposition de la matière organique, lessivage des minéraux), mais à l'heure actuelle, leur présence dans les eaux est essentiellement due aux rejets: domestiques (polyphosphates des détergents), agricoles (engrais, pesticides), voies industrielles (agroalimentaires, laveries, ateliers de traitement de surface).

III.3. Deuxième partie: comparaison et interprétation des résultats d'analyse des eaux.

III.3.1 La qualité de l'eau à la moyenne vallée de la Soummam :

A.1. Les eaux superficielles:

A.1.1. La température :

Les mesures de la température de différentes stations sont illustrées dans la figure suivante :

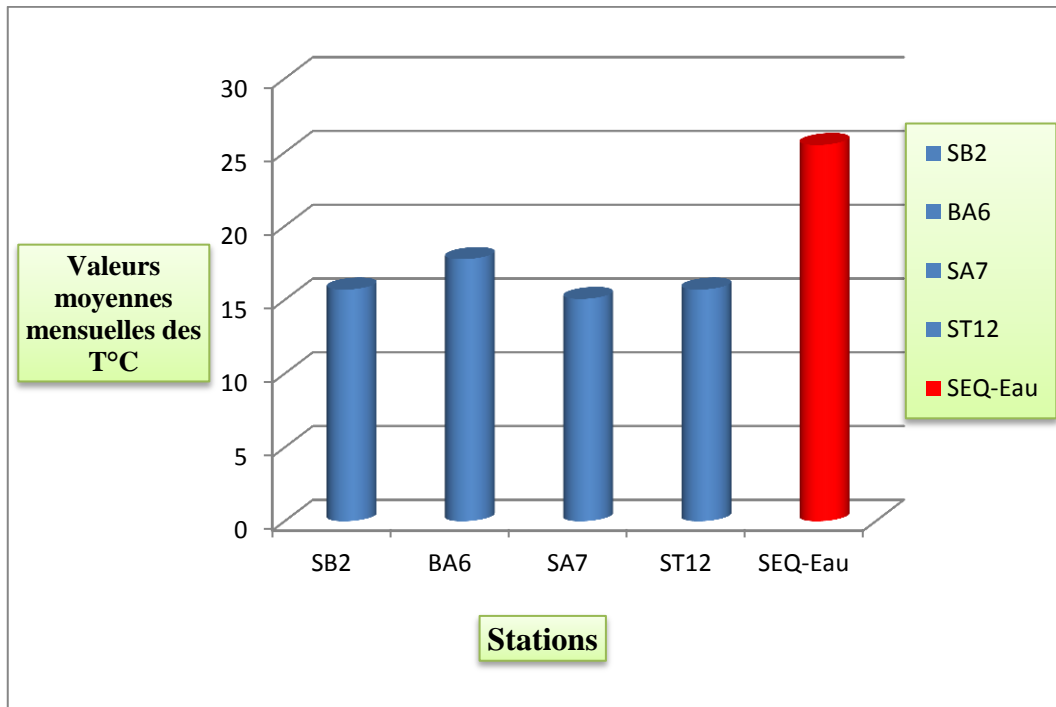


Figure 12: Les valeurs mensuelles moyennes de la température des eaux de surface dans différentes stations. [2]

Les températures dans ces stations sont comprises entre 15.5C° à SA7 et 17.7 C° à BA6, ces valeurs restent inférieures à 25.5C°, la limite préconisée par le système d'évaluation de la qualité de l'eau des cours SEQ-eau. Donc d'après ce paramètre il y a une bonne aptitude à la biologie.

A.1.2.L'oxygène dissous :

Les résultats de l'analyse d'oxygène dissout dans l'eau de surface pour les mêmes stations montrent que les concentrations d'oxygène dissous varient de 3.97 mg/l à ST12 à 4.99 mg/l à la station S7. Toutes ces concentrations sont au-dessous de la limite de SEQ-eau (6mg/l), donc'il y a un déficit d'oxygène dissout nécessaire pour les organismes vivants, et par conséquent cette eau peut être qualifiée d'aptitude passable à biologie et aux différents usages comme l'aquaculture. Figure 12.

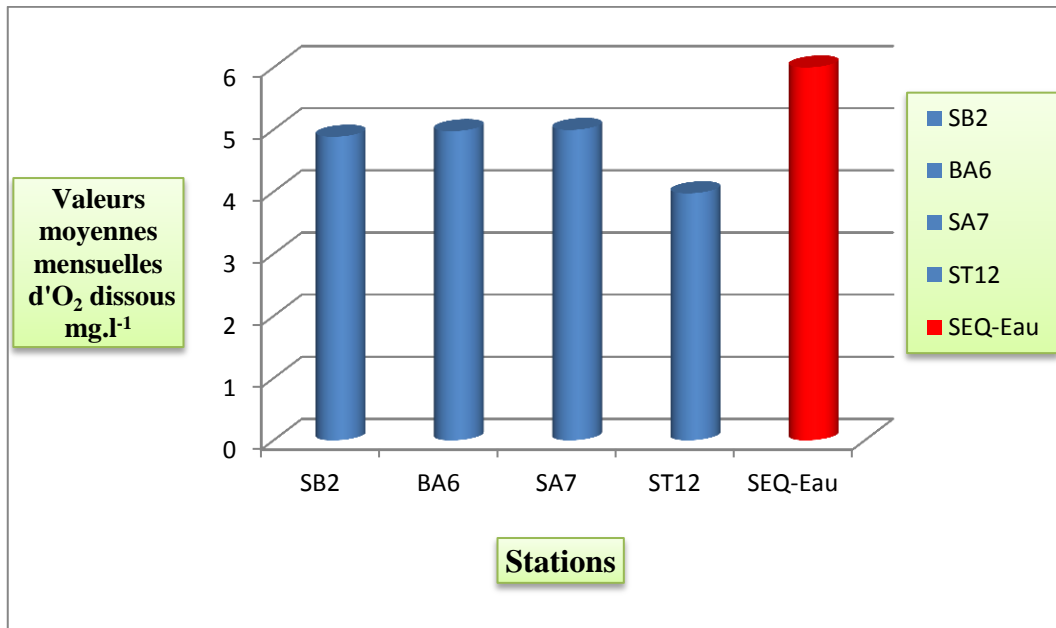


Figure 13: Valeurs mensuelles moyenne d'oxygène dissous d'eau de surface pour les différentes stations. [2]

a.1.3. Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH varie d'une valeur minimale de 7.76 à SA7 à une valeur maximale de 8.27 à SB2. Dans ce cas, l'eau peut être qualifiée comme légèrement basique, tant que ces valeurs sont toujours dans la limite du SEQ-eau, et par conséquent l'eau est qualifiée d'une bonne aptitude à un usage de biologie et aux autres différents usages, figure 13.

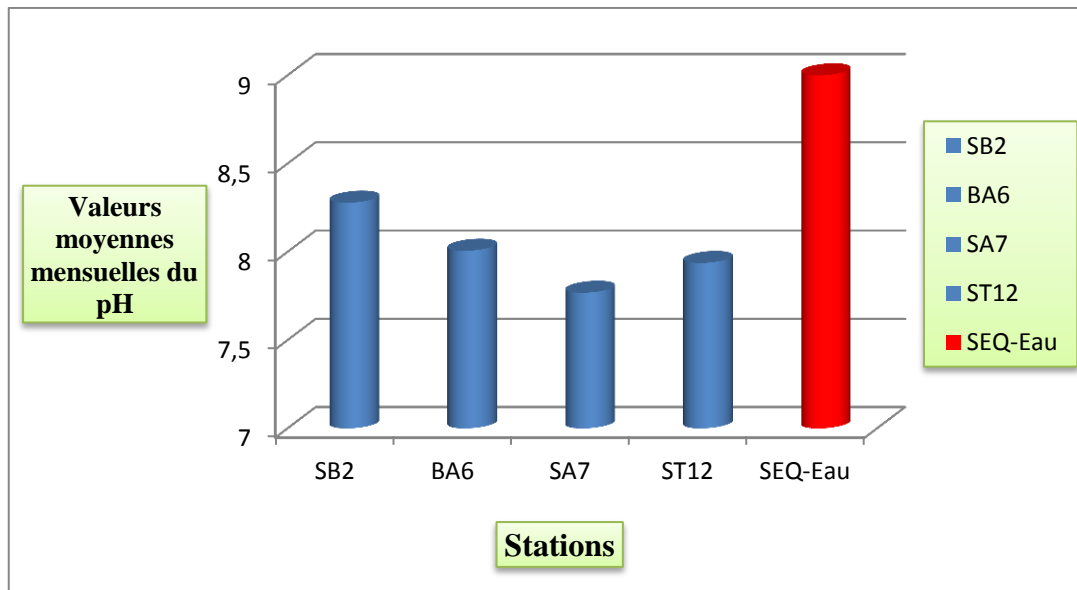


Figure 14: Les valeurs moyennes de pH des eaux superficielles pour les différentes stations d'échantillonnages. [2]

A.1.4. La conductivité électrique:

Les valeurs de la conductivité varient de 943.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à SB2 jusqu'à 8783.33 à BA6, la station SB2 la valeur de la conductivité est supérieure à la norme du SEQ-eau fixé entre 180 et 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, surtout à la station BA6 à Bousellam. Figure 14.

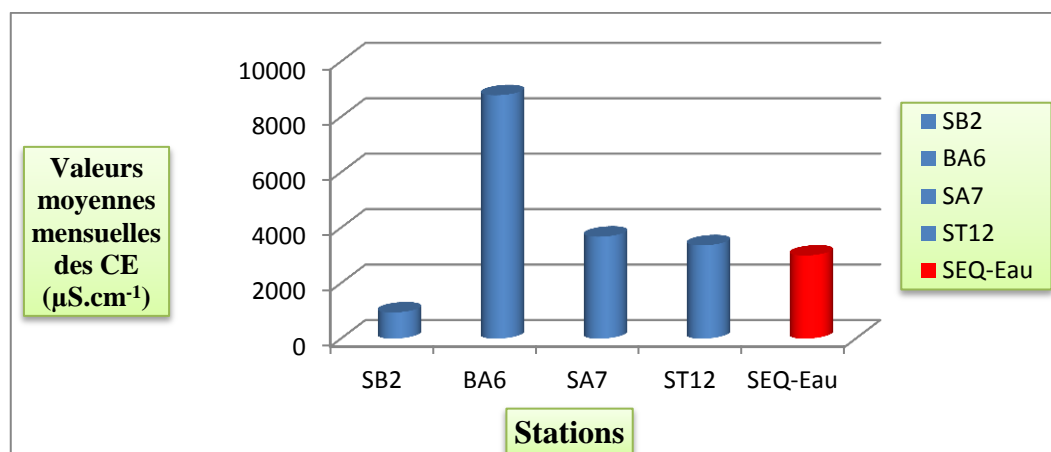


Figure 15: Les valeurs moyennes mensuelles de la conductivité électrique des eaux de surface pour les différentes stations. [2]

L'augmentation de la conductivité est probablement due au chargement des eaux, mais la différence vient dans la source de ces ions. Pour la station BA6 de Bousellam la valeur élevée de la conductivité est probablement due au grand parcours que les eaux suivent des hautes plaines sétifiennes jusqu'à l'embouchure traversant les massifs calcaireux de Bibans, tandis que le barrage de TichyHaf a aussi une influence sur la concentration des ions et donc sur la conductivité suite au charriage pendant la période de crues, d'étiage ou par ces lâchers régulières d'eau.

Pour la station SA7 (située à l'aval de la zone industrielle de Tahracht à Akbou), l'augmentation de la conductivité à 3678.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ est probablement due au déversement des rejets des eaux riches en éléments minéralisés.

La station ST12 de Taretz la conductivité atteint 3366.33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et cette augmentation est probablement due à aux eaux usée de bidonville et de l'agglomération à proximité.

Dans le cas de la station SB2 à Aftis, qui enregistre une valeur minimale, il semble que la diminution de la conductivité est à cause que la zone qui se situe en amont de la zone industrielle, et dans cette région l'eau peut être considérée comme apte aux différents usages selon le SEQ-eau, mais à l'aval il semble que l'eau est de mauvaise qualité.

A.1.5. Les sels nutritifs:

Les résultats des analyses pour les différents nutriments sont illustrés dans la figure 15.

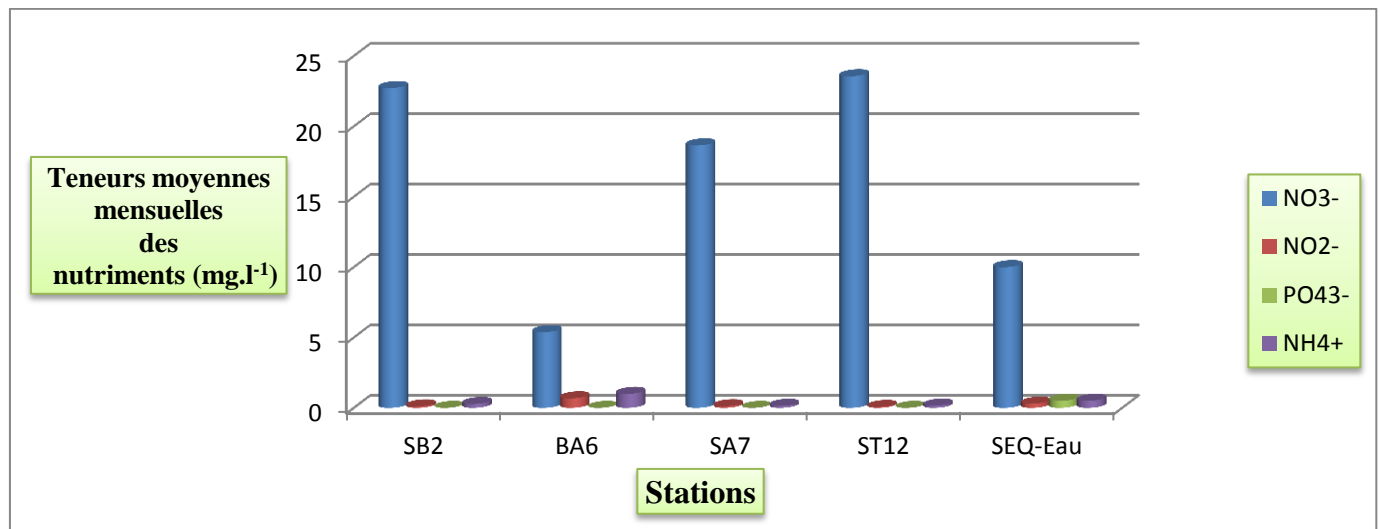


Figure 16: Les concentrations moyennes mensuelles des différents nutriments pour les différentes stations d'échantillonnage dans la moyenne Soummam. [2]

a) L'ammonium (NH₄⁺):

Les concentrations en azote ammoniacal sont comprises entre 0.15mg/l comme valeur minimale à la station SA7 et 0.99 mg/l comme valeur maximale à la station BA6. Notant que la norme fixée par le SEQ-eau, et par l'agence des bassins hydrogéologiques constantinois-Seybousse-Mellegue, est de 0.5mg/l. dans toutes les stations sauf celle de BA6. Les concentrations restent dans la norme du SEQ-eau et donc l'eau est qualifiée de bonne aptitude.

Il est important de constater que dans la station BA6 de Boussellam, l'eau semble avoir une concentration élevée en azote ammoniacale, ceci est lié à la situation de la station en aval de le barrage de TichyHaf qui représente avec ses lâchers une source des eaux riches en matières organiques putrides, qui représente la cause principale d'augmentation des conditions réductrices.

b) Les Nitrites (NO₂⁻):

Toutes les concentrations du NO₂, sauf ceux de la station BA6 de Boussellam, sont dans la norme du SEQ-eau et de l'ABH-CSM fixée à 0.3mg/l, avec une valeur minimale de 0.067mg/l à la station ST12 de Takrietz. La station BA6 fait l'exception avec une valeur maximale de 0.68mg/l, ce qui laisse à supposer que les conditions réductrices et l'effet des lâchers du barrage, ainsi on peut dire qu'à cette station l'eau est conférée d'une mauvaise aptitude à la vie biologique.

c) Les Nitrates (NO₃⁻):

Les valeurs de la concentration en nitrates dépassent la norme de SEQ-eau fixée à 10mg/l, sauf à la station BA6 de Boussellam qui a la valeur minimale de 5.38 mg/l, et la valeur maximale 23.56 mg/l est enregistrée à la station d'échantillonnage ST12 de Takrietz. On peut dire que dans tous les points d'échantillonnage l'eau est altérée par les nitrates et est conférée d'une aptitude passable à la biologie et sauf que dans la station de Boussellam où on peut dire qu'elle est conférée d'une bonne aptitude à la biologie vis à vis de ce paramètre.

Les concentrations élevées en nitrates ont plusieurs raisons comme :

-Le lessivage des sols agricoles riche en nitrates qui peut expliquer l'élévation de la teneur à la station SB2 ;

- Les déversements des rejets industriels, ce qui peut être la raison de cette augmentation à la station SA7 située à l'aval de la zone industrielle ;

-Les Déversements des rejets domestiques, ce qu'explique l'augmentation de la teneur à la station ST12.

d) L'orthophosphates (PO_4^{3-}) :

Les concentrations en ces éléments sont nulles, selon le SEQ-eau même les eaux de bonne qualité peut contenir jusqu'à 0.5mg/l, cela peut être expliqué par : les orthophosphates dans les eaux avec un pH entre 7 et 8 se transforment en H_2PO_4^- et en HPO_4^- , et que ces derniers sont des formes solubles dans l'eau et facilement assimilables par les organismes vivants et par les végétaux aquatiques.

A.2.Les eaux souterraines :

A.2.1.La température:

Les valeurs moyennes mensuelles de la température des eaux souterraines sont situées entre une valeur minimale de 15.5C° à la station FC11 et une valeur maximale de 20.46C° à la station FA1, et comparativement aux normes utilisées définissant les températures de 8C° à 15C° , ces températures sont plus élevées et on peut dire que la qualité de ces eaux peu mauvaise. Figure 16.

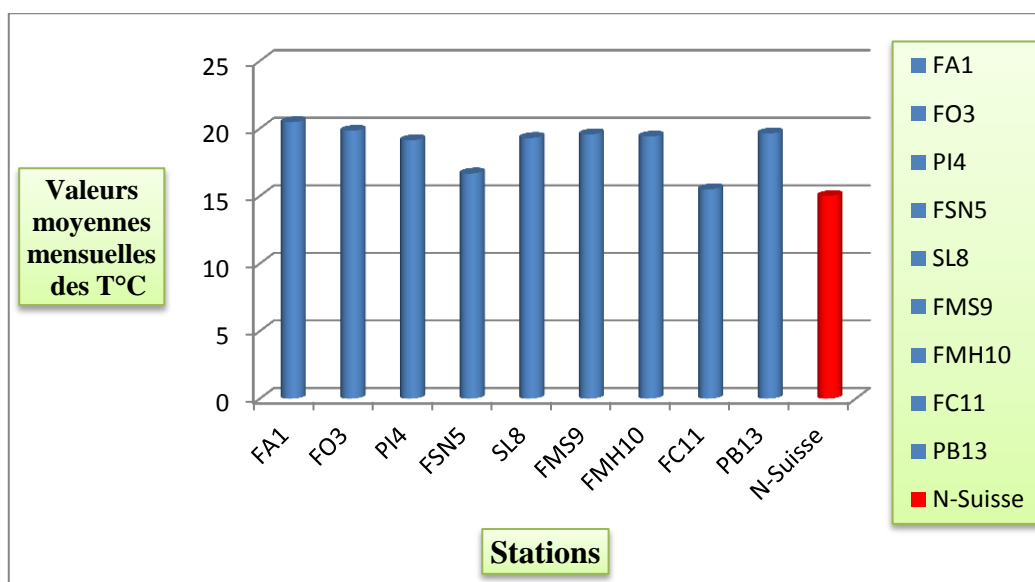


Figure 17: Variation spatio-temporel des températures des eaux souterraines. [2]

A.2.2.Le potentiel d'hydrogène (pH):

Le pH des eaux souterraines dans tous les points situés entre 6.64 à la station FC11 et 7.82 à la station FSN5, tant que dans certains points l'eau semble avoir un pH légèrement acide, notamment

dans les points PB13 et FC11, probablement le passage des eaux par des terrains riches en silice contribue à cette acidité. En vue de ce paramètre comparativement à la norme utilisée (SEQ-eau ST) qui déduit les valeurs de pH entre 6.5 et 8.5, ces eaux ont une bonne aptitude à la biologie et aux autres usages. Figure 17.

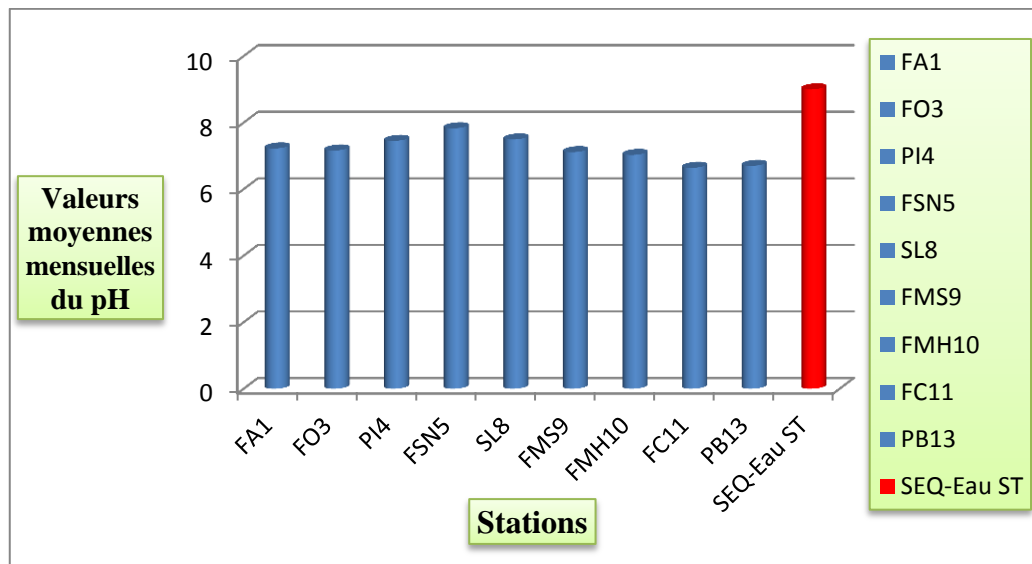


Figure 18: Les valeurs moyennes mensuelles du pH des eaux souterraines pour les différents points d'échantillonnage. [2]

A.2.3. La conductivité électrique:

Les valeurs de la conductivité sont dans les limites de norme du SEQ-eau ST, entre 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, avec une valeur minimale de 459 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station FSN5 à Akbou et une maximale de 2356.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au point PB13 à Takrietz, ces valeurs élevées (à PB13 et à PI4) sont probablement dues à l'urbanisation ainsi qu'aux terrains calcaires environnants. Généralement en vue de ce paramètre l'eau dans tous les points a une qualité acceptable à la consommation. Figure 18.

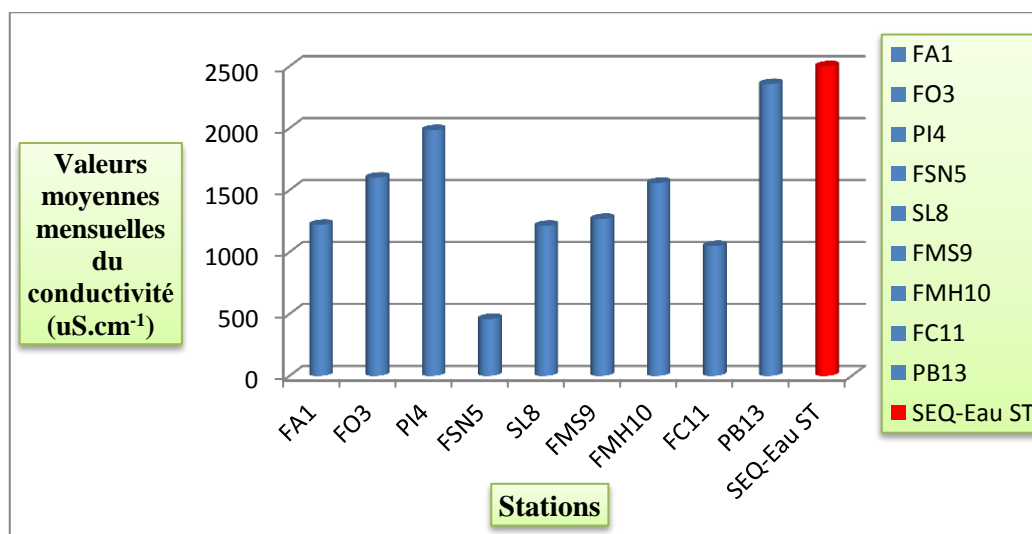


Figure 19: Les valeurs mensuelles moyennes des conductivités électriques des eaux souterraines pour les différentes stations d'échantillonnage. [2]

A.2.4. Les sels nutritifs:

La figure 18, enregistre les concentrations des NO_3 , NO_2 , PO_4^{-3} , NH_4 .

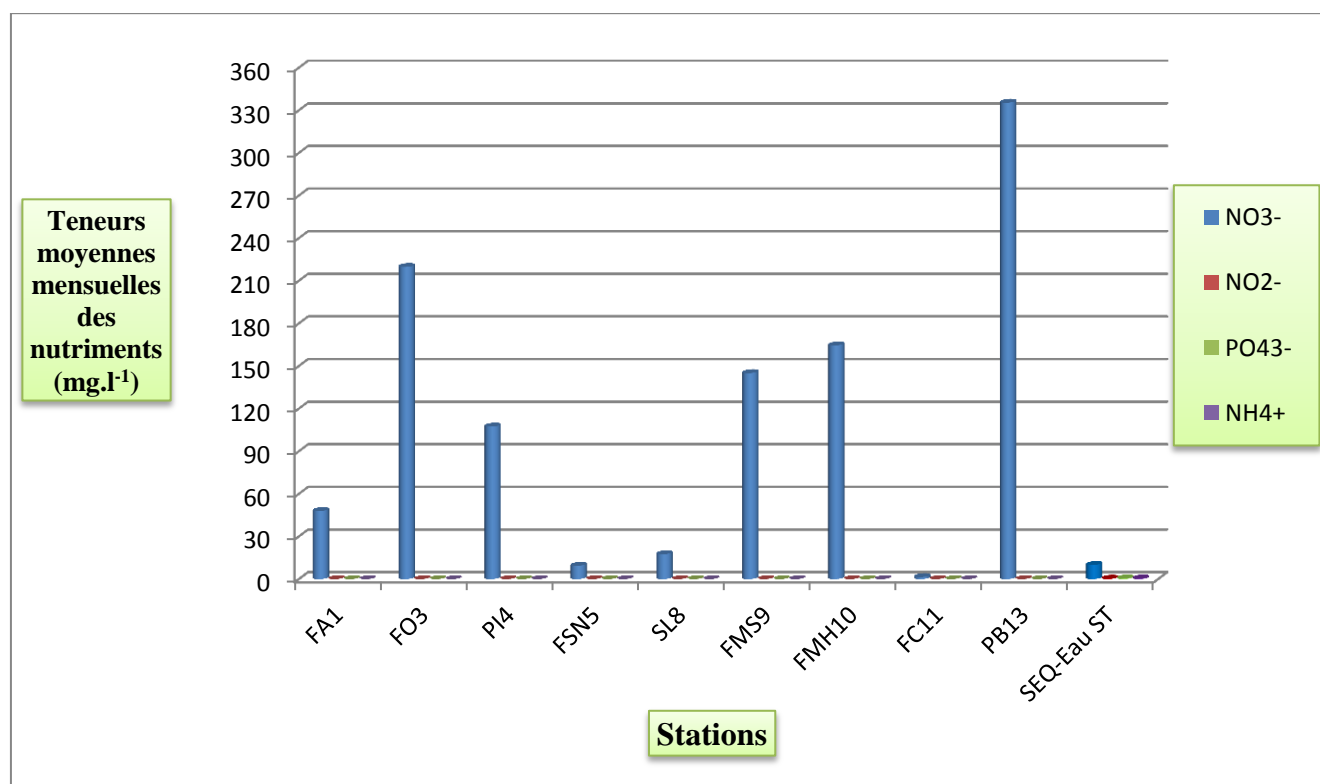


Figure 20: Concentrations moyennes en sels nutritifs dans les eaux souterraines pour les différentes stations d'échantillonnage. [2]

a) L'ammonium (NH_4^+):

Les concentrations en ammonium sont presque nulles dans toutes les stations, avec un maximum de 0.015mg/l à la station FMH10 près d'Ouzellaguen, et reste toujours inférieur à la limite de la norme SEQ-eau ST définit de 0.5mg/l. l'eau compte à ce paramètre a une bonne aptitude à la biologie et aux autres usages.

b) Les nitrites (NO_2^-):

Les nitrites ont des faibles concentrations variants de 0mg/l à la station FMH10 près d'Ouzellaguen, à une concentration maximale de 0.023mg/l à la station FSN5 près d'Akbou. Ces valeurs sont inférieures à la limite fixée par le SEQ-eau ST de 0.1mg/l pour la production de l'eau potable et 0.3mg/l par rapport au potentiel biologique. L'eau a une bonne aptitude à la biologie et aux autres usages comme la production d'eau potable.

c) Les nitrates (NO_3^-):

Les concentrations en nitrates varient de 1.46mg/l à la station FC11 jusqu'à 335.37mg/l à station PB13, alors que les concentrations les plus élevées dépassant la limite du SEQ-eau ST (dépassant 10mg/l) sont remarqué aux stations FO3, PB13, PI4 et FMS9. Ces eaux sont polluées, et cette

pollution peut être attribuée à différentes sources comme les industries agroalimentaires, les agricultures et les rejets des eaux usées

La forte concentration en nitrates dans la station FO3 située à Tazmalt est due à sa localisation dans une zone agriculture, et pour le point PB13 peut être due à la présence d'écuries d'élevage bovin à proximité du puits.

d) Les orthophosphates :

Le résultat d'analyse montre l'absence quasi totale des orthophosphates, ce qui indique l'absence de pollution par ce paramètre.

III.3.2.La qualité de l'eau à la basse vallée de la Soummam

B.1.Les eaux de surface:

B.1.1.La température:

Les températures enregistrées dans la zone d'étude 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 au-dessous de la norme. Figure 20.

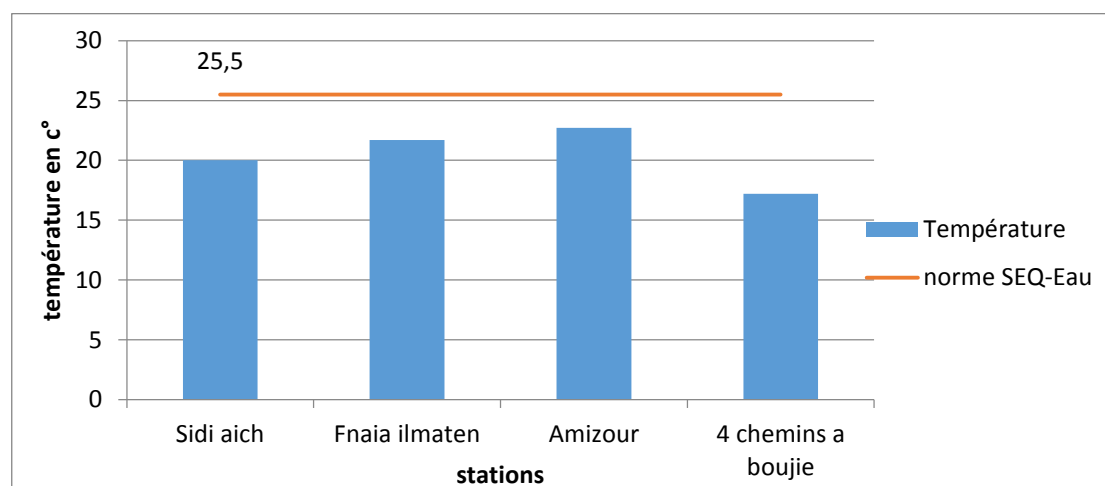


Figure 21:La variation de la température des eaux à la basse vallée de la Soummam. [12]

B.1.2.Le potentiel hydrogène (pH):

Les valeurs du pH mesurées, montrent que les eaux de surface ont la tendance d'être presque neutre dans la majorité des stations de surface. En effet, la valeur maximale enregistrée in Situ est de

l'ordre de 8.53 à la station de Sidi Aich et la valeur minimale est de l'ordre de 7.58 au niveau des 4 chemins à Béjaia, située à l'embouchure du bassin versant de la Soummam. Figure 21.

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.

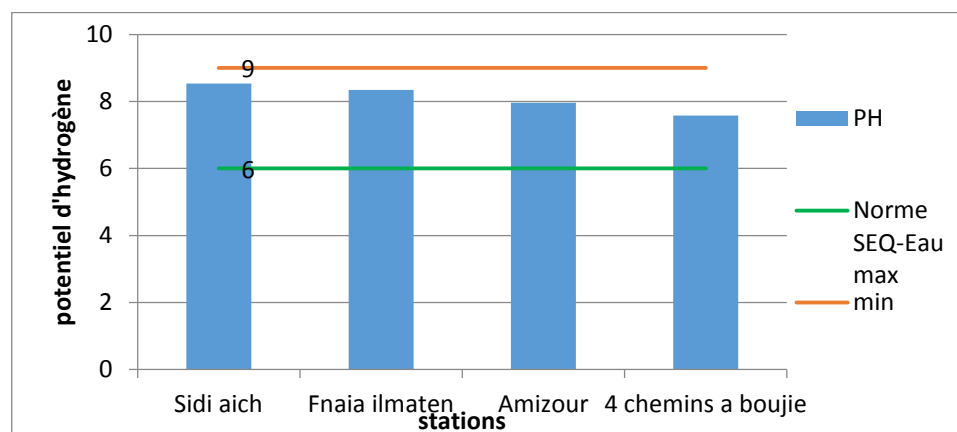


Figure 22: Variation de pH des eaux superficielles de la basse Soummam.[12]

B.1.3.La conductivité électrique :

Les conductivités fluctuent entre 5300 $\mu\text{s}/\text{cm}$ et 7900 $\mu\text{s}/\text{cm}$ dépassant les normes. En effet, la vallée de la Soummam présente une conductivité électrique largement supérieure à 3000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, ces eaux sont considérées comme de très mauvaises qualités. Figure 22.

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.

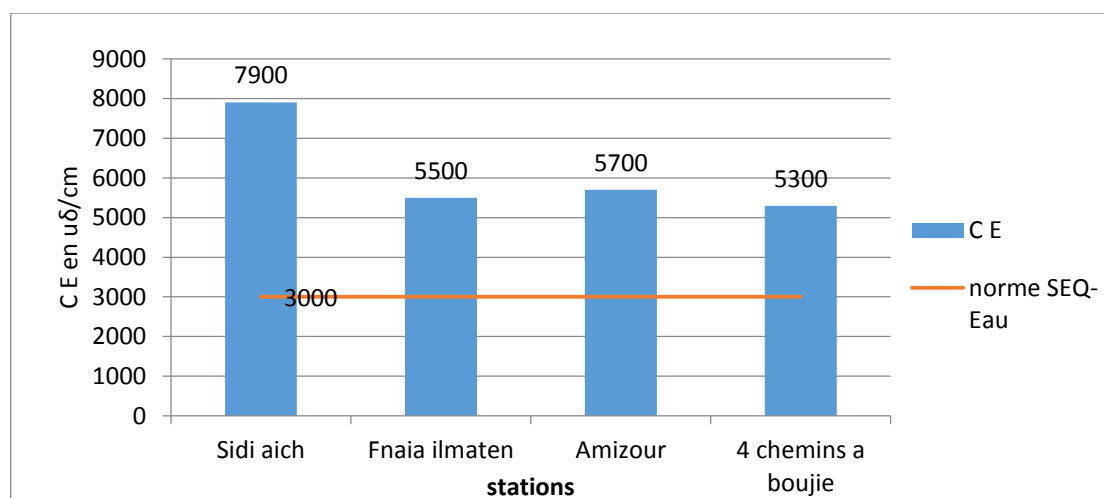


Figure 23: Variation de la conductivité électrique pour les eaux de surface de la basse Soummam. [12]

B.1.4.L'oxygène dissous :

L'oxygène dissous varie 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 observe au niveau des 4 chemins à Béjaia à l'embouchure de la vallée. Figure 23.

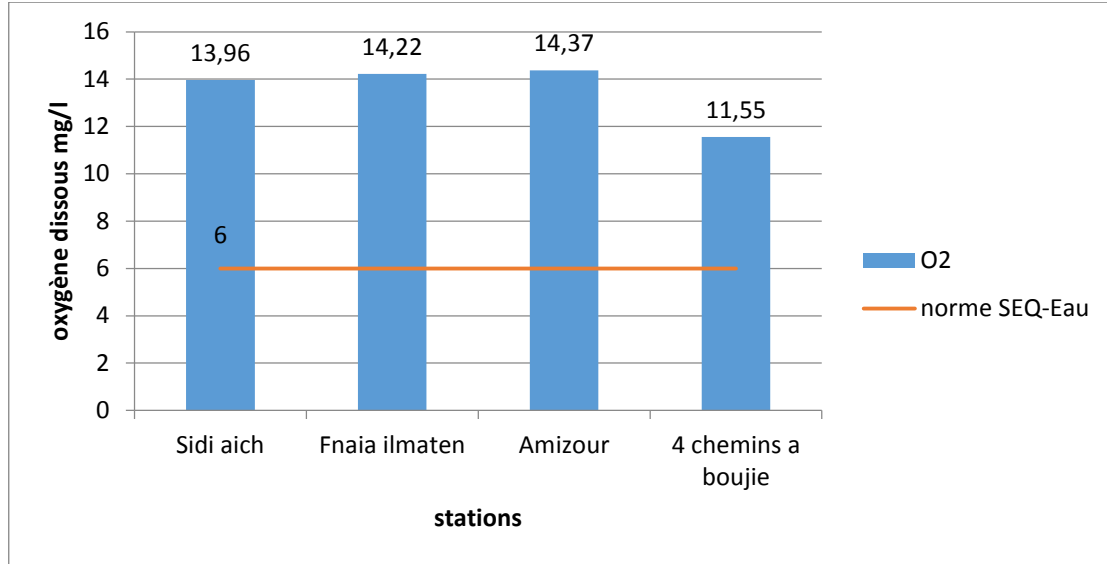


Figure 24: Les variations de l'oxygène dissous dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. [12]

B.1.5. Les sels nutritifs :

a) L'ammonium (NH₄⁺) :

Les teneurs varient entre une absence totale à Amizour et de 3.68 mg/L mesurée au niveau de la station des 4 chemins à Béjaia. Les concentrations 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.

La station des 4 chemins à Bejaia présente la plus forte concentration d'ammonium de l'ordre de 3.68 mg/l. L'excès enregistré pourrait être due à l'importance des charges polluantes drainées dans les eaux usées des centres urbains. Figure 24.

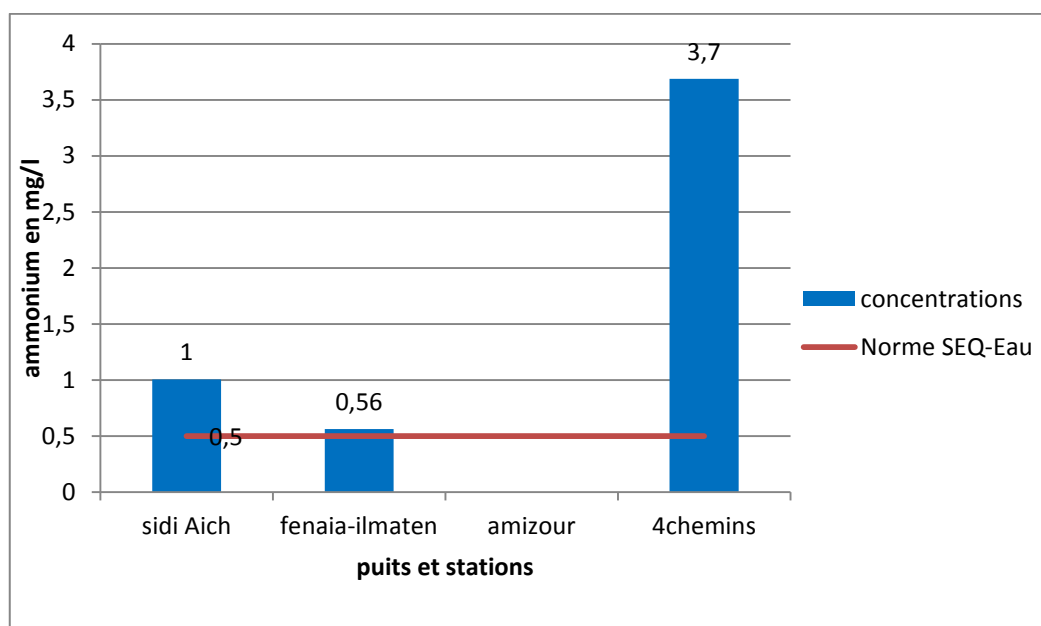


Figure 25: La variation de la concentration en azote ammoniacale dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. [12]

b) Les nitrates (NO_3^-) :

La variation des concentrations en nitrates oscillantes entre 5.1 mg/l à Fenaia II Maten et de 18.4 mg/l à Sidi Aich, selon le SEQ-Eau, les teneurs doivent être inférieures à 10 mg/l. les eaux au niveau des stations de Fenaia II Maten, Amizour, et les 4 chemins ne sont pas conformes aux normes utilisées. Figure 25.

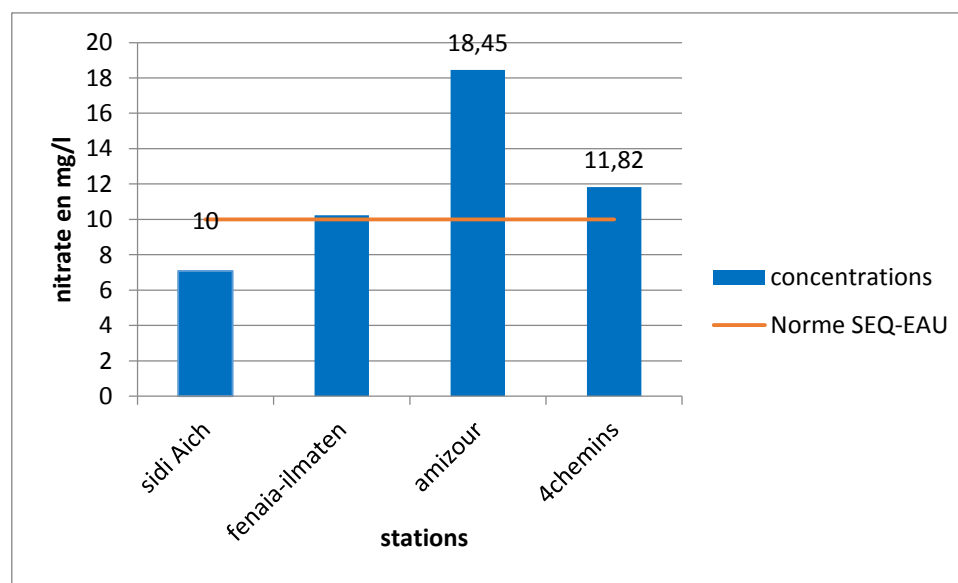


Figure 26: Variation des nitrates dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. [12]

c) Les nitrites (NO_2^-) :

Les concentrations en nitrite dans les eaux de la basse vallée de la Soummam sont comprises entre 0,9 mg/l et de 3 mg/l, où 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, observés à sidi Aich et une augmentation remarquable à Maten II et à Amizour avec respectivement 1.9 mg/l et 3 mg/l, qui peuvent être expliqués par l'accumulation des rejets. Figure 26.

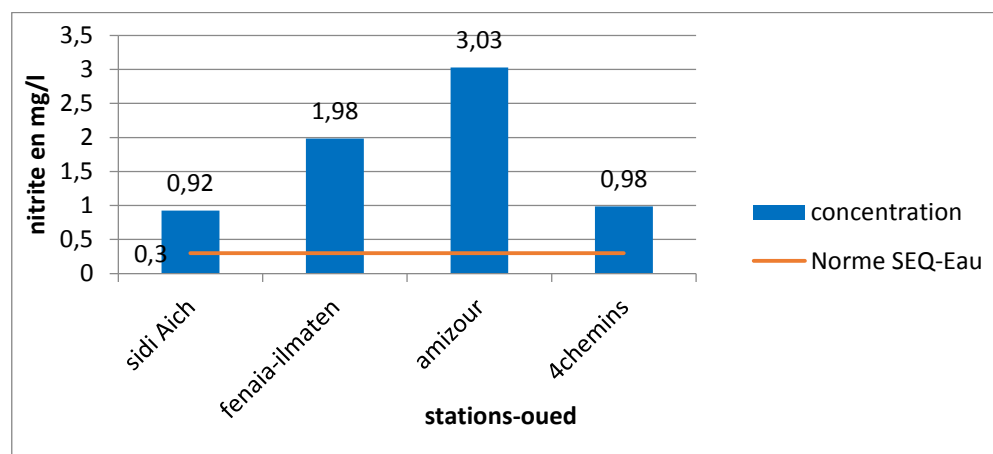


Figure 27: Variation des concentrations en nitrites dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam. [12]

d) Les orthophosphates :

Les résultats d'analyse ont montré des concentrations presque nulles en orthophosphates dans les eaux de surface de la basse vallée de la Soummam.

B.2. Les eaux souterraines:

B.2.1. La température:

Les températures enregistrées oscillent entre 15.8°C et 22.4°C. Ces températures sont conformes à l'intervalle de la norme algérienne adoptée pour les eaux souterraines destinées à la consommation humaine (inférieure à 25°C). Figure 27.

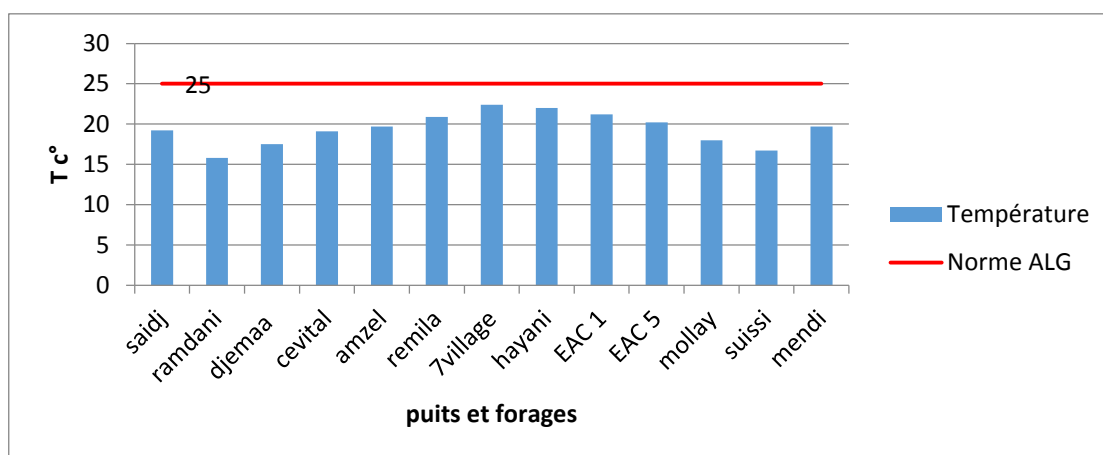


Figure 28: Variation des températures des eaux souterraines dans la basse vallée de la Soummam. [12]

B.2.2. Le potentiel hydrogène (pH) :

Les valeurs observées dans les eaux souterraines de la basse vallée révèlent que le pH est généralement alcalin dans la majorité des puits et forages analysés. Où on trouve que 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 probablement attribuée à la présence des formations carbonatées dans la zone d'étude. Figure 28.

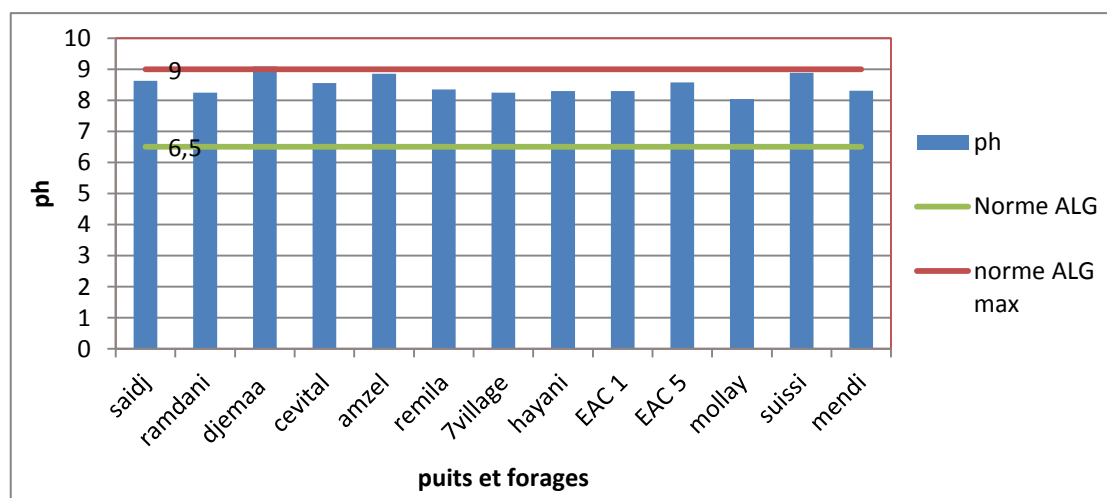


Figure 29: Variation du pH des eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. [12]

B.2.3. La conductivité électrique:

Les conductivités fluctuent entre 3630 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au puits de Suissi et de 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 algériennes des eaux destinées à la consommation humaine potables fixée à 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sauf quatre puits, 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. Figure 29.

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 Fenia II Maten sur les deux rives. [12]

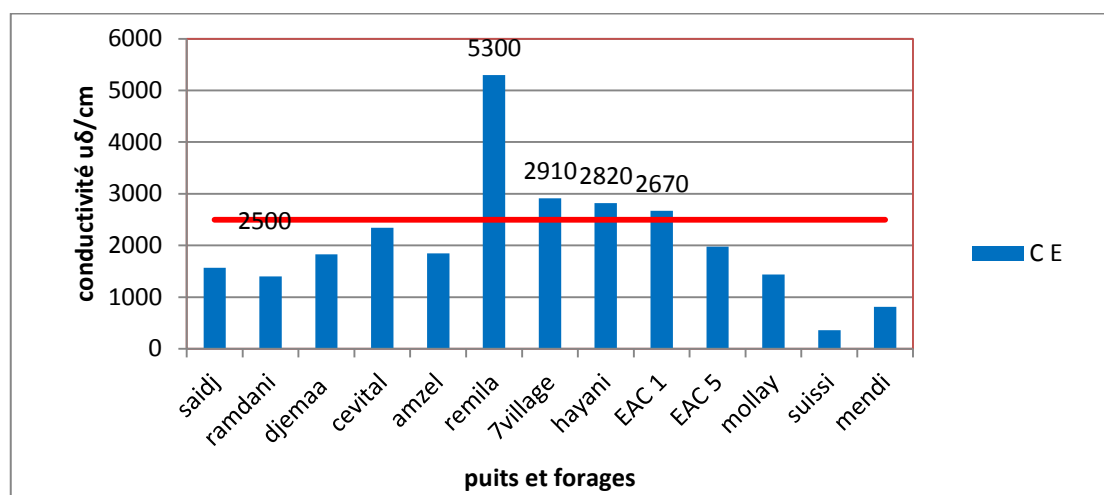


Figure 30: Variation de la conductivité électrique pour les eaux souterraines. [12]

B.2.4.L'oxygène dissous :

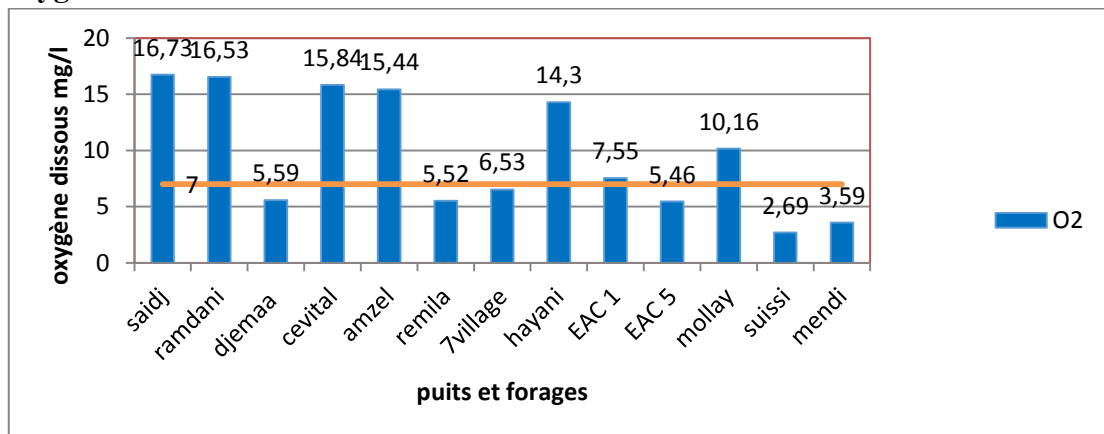


Figure 31: Variation d'oxygène dissous dans les eaux souterraines de la basse Soummam. [12]

Les concentrations d'oxygène dissous vont 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 sont de bonne qualité.

Cinq puits présentent des concentrations inférieures aux normes algériennes (7 mg/l), 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 3.5 mg/l. Tant que les puits Saidj, Ramdani, Cevital, Amzel, Hayani, EAC1, Mollay ont des valeurs supérieures à la norme, ces valeurs sont situées entre 7.55m/l au niveau du puis EAC1 et 16.73 mg/l au niveau de puits Saidj. Figure 30.

La nature des formations géologiques sont à l'origine des variations en oxygène dissous où les fortes concentrations qui reflètent un horizon perméable et les faibles teneurs un niveau peu perméable à imperméable. [12]

B.2.5. Les sels nutritifs :

a) L'ammonium (NH_4^+) :

Les concentrations en ammonium sont en dessous des normes de potabilités requises (0.5 mg/l), elles sont nulles dans tous les puits sauf dans le puits Cevital qui représente une valeur de l'ordre de 0.12 mg/l. Figure 31.

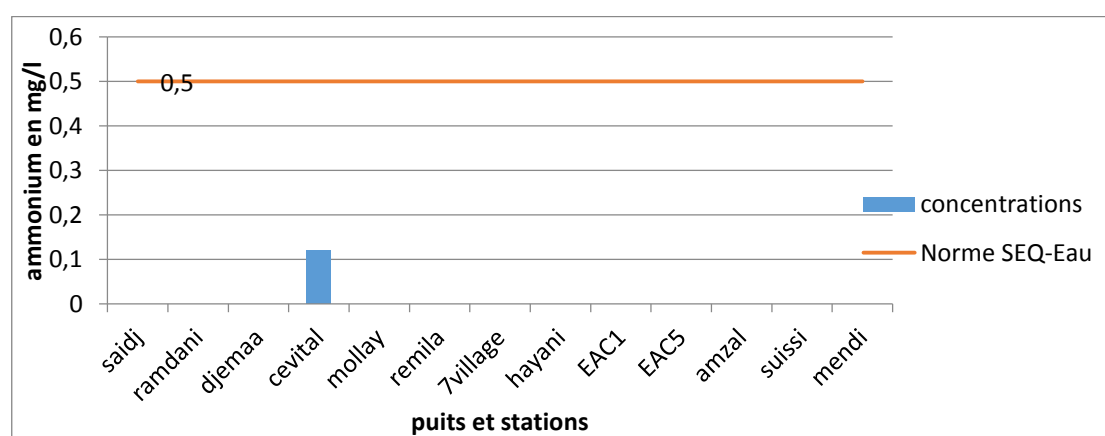


Figure 32: Variation des concentrations en ammonium dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. [12]

La concentration en ammonium est généralement faible dans les eaux souterraines, son apparition indique généralement des conditions de milieu réducteur et généralement pauvre en oxygène.

b) Les nitrate (NO_3^-) :

Les concentrations en Nitrate oscillent entre 3.9 mg/l, et 131.5 mg/l, mesurées respectivement dans les puits Djemaa et 7 villages. Figure 32.

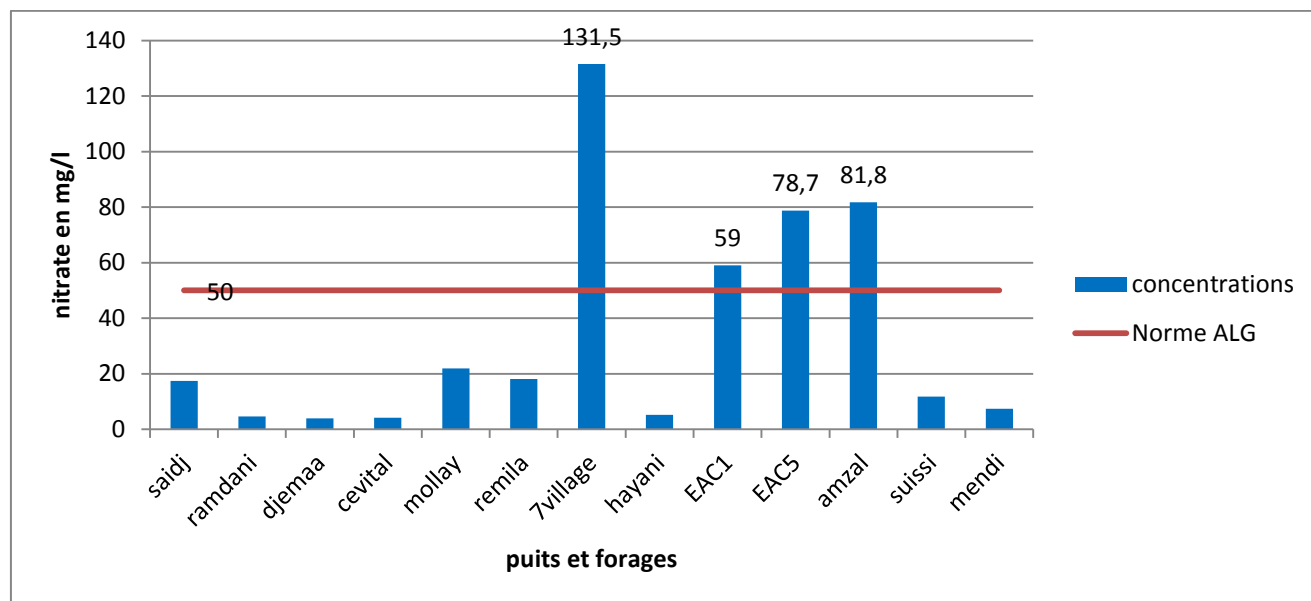


Figure 33: Variation des concentrations en nitrate dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. [12]

Les normes utilisées pour la comparaison sont les normes algériennes fixées à 50 mg/l pour les eaux destinées à la consommation humaine, en comparant avec ces normes, on remarque que la majorité des teneurs en nitrate enregistrées dans les eaux de la nappe sont inférieures aux teneurs seuils suggérées, tant que le puits 7 villages, EAC1, EAC5 et Amzal qui sont supérieurs au seuil. Ce c'est est du probablement à l'utilisation des engrais dans la région.

c) Les nitrite (NO₂⁻) :

Les concentrations en nitrites sont comprises entre 0 mg/l et 2.11 mg/l à Remila. Figure 33.

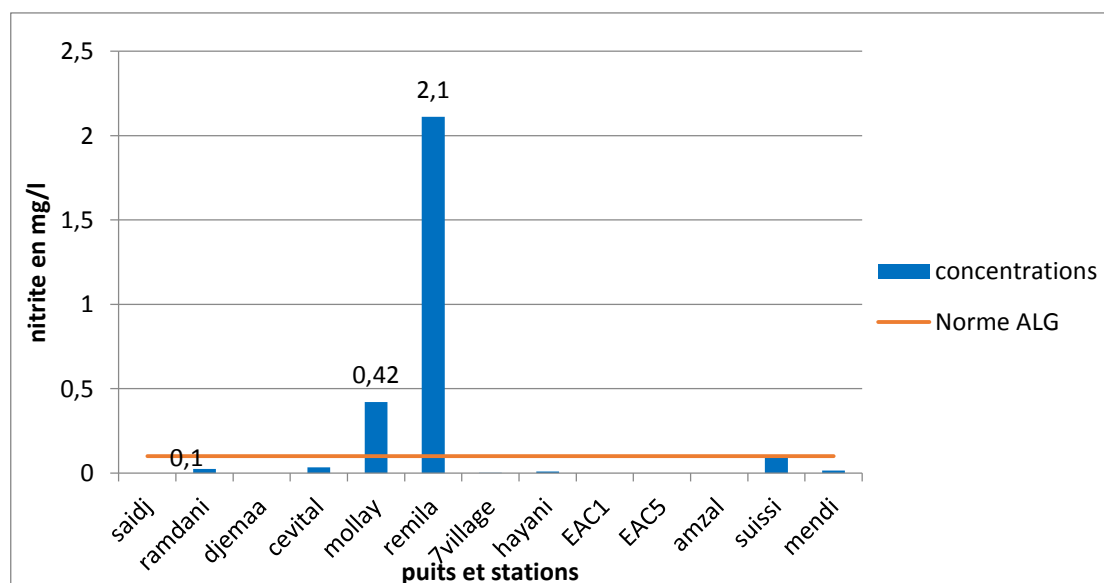


Figure 34: Variation des concentrations en nitrites dans les eaux souterraines de la basse vallée de la Soummam. [12]

Chapitre III : Etude comparative entre les eaux de la basse et la moyenne vallée de la Soummam

Les teneurs en nitrites restent conformes à la norme algérienne fixée à 0.1 mg/l sauf au niveau des puits Remila et mollay.

d) L'orthophosphate :

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

III.3.3.Comparaison des résultats d'analyse des eaux:

Les tableaux 16 et 17,représentent les résultats des analyses des eaux de surface et des eaux souterraines de la basse vallée et la moyenne vallée de la Soummam en comparant avec la norme.

A)-Les eaux de surface :

Tableau 17:Comparaison entre les résultats d'analyse des eaux superficielles de la basse vallée et de la moyenne vallée de la Soummam.

paramètre	Température (C°)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Ammonium (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrite (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)
La moyenne vallée	15.5 - 17.7	7.76 - 8.27	3.97-4.99	943.66 - 8783.33	0.15-0.99	5.38-23.56	0.067-0.68	0
La basse vallée	17.2-22.7	7.58-8.53	11.5-14.3	5300-7900	0-3.68	5.1-18.4	0,9-3.03	0
Norme	25.5	6-9	>6	180 -3000	0.5	10	0.3	0.5

B)-Les eaux souterraines :

Tableau 18:Comparaison entre les résultats d'analyse des eaux souterraines de la basse vallée et de la moyenne vallée de la Soummam.

paramètre	Température (C°)	pH	Oxygène dissous (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	Ammonium (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Orthophosphates (mg/l)
La moyenne vallée	15.5-20.46	6.64 - 7.82	-	459-2356.66	0-0.015	1.46-335.37	0-0.023	0
La basse vallée	15.8- 22.4	8.04 - 9.09	2.69-5.46	3630-5300	0-0.12	3.9-131.5	0-2.11	0
Norme	25	6.5-9	7	De 400 à 2500	0.5	10	0.1	0

III.4.Conclusion:

Les résultats des analyses de la température et du pH pour les eaux superficielles de la basse et de la moyenne vallée de la Soummam montrent qu'ils sont dans les normes.

Les teneurs d'oxygène dissous se trouvent au-dessous de la norme pour les eaux de moyenne Soummam mais elles sont plus élevées dans les eaux de la basse Soummam ce qui indique un déficit en oxygène pour les organismes vivants dans la moyenne Soummam.

Les valeurs de la conductivité dépassent les normes dans les deux parties de la vallée ce qui indique une forte concentration aux différents ions ou la forte minéralisation des eaux.

Les concentrations en ammonium sont plus élevées dans les eaux de la moyenne vallée mais elles sont dans les normes dans les eaux de la basse vallée.

Les teneurs en nitrates et en nitrites sont presque les mêmes et oscillent entre des valeurs au-dessous de la norme vers des valeurs supérieures à la norme. Tant que les orthophosphates sont de valeurs très faibles à nulles.

Pour les eaux souterraines, il a été remarqué que les températures sont dans la norme. Le pH est dans la norme pour les eaux de la moyenne vallée mais un peu plus élevé pour les eaux de la basse vallée.

La concentration de l'oxygène dissous dans les eaux souterraines de la basse vallée est au-dessous de norme.

Les valeurs de la conductivité sont supérieures aux normes dans les eaux de la basse vallée, mais dans les eaux de la moyenne vallée ils sont dans les normes.

La concentration d'ammonium est dans la norme dans les deux parties de la vallée. Les teneurs en nitrites sont dans la norme seulement dans la moyenne vallée. Les concentrations en nitrates oscillent entre des valeurs inférieures et supérieures à la norme. Tandis que les teneurs d'orthophosphates sont nulles dans les deux parties de la vallée de la Soummam.

Conclusion générale:

La vallée de la Soummam est l'une des régions stratégiques d'Algérie, aux multiples vocations, croissance démographique remarquable, diversité des ressources, des richesses minérales, la forte vocation agricole traditionnelle et de l'existence d'infrastructures d'appoint, ainsi que l'attractivité économique.

L'investigation géologique a montré que la vallée de la Soummam contenant des formations du Trias de type évaporitique d'une part, et d'autre part un versant calcaire de plusieurs âges. Il est situé dans un contexte, géologique et hydrogéologique, favorable à la formation des nappes d'eau souterraine où l'écoulement de surface de l'oued et les précipitations directes sur les alluvions assurent l'infiltration vers la nappe, vient l'intérêt de faire des études caractéristiques sur la qualité des eaux de l'oued de la Soummam, et de la nappe, en tant qu'il représente un contexte écologique importante, et aussi que la nappe souterraine représente une source importante de l'eau potable, vis-à-vis à la dégradation qu'ils l'en subi par les activité anthropiques avoisinants.

L'interprétation des données hydrochimiques a montré que, dans la moyenne vallée de la Soummam, les eaux superficielles sont essentiellement altérées par les nitrates et la conductivité électrique dépassant la norme dans la plupart des stations d'échantillonnage. Les eaux souterraines sont moins affectées par les nitrates mais elles ont des concentrations plus élevés en ammonium et en nitrites. Cette contamination est due probablement aux différentes activités anthropiques (l'agriculture, les rejets domestiques, ainsi que les rejets industriels, surtout de l'industrie agro-alimentaire).

Après comparaison à la norme (SEQ-eau), les eaux de surface sont qualifiées d'aptitude passable à la biologie et aux usages, tandis que les eaux souterraines sont considérées, inaptées à la plupart des usages et peuvent constituer une menace pour la santé et sur l'environnement.

Les eaux de surface à la basse vallée de la Soummam, représentent des teneurs assez élevées en nitrite, ammonium et en nitrate dans la plupart des stations et les valeurs de la conductivité électrique dépassent la norme. Les concentrations des nitrates et des nitrites dépassent la norme dans quelques stations de prélèvement des eaux souterraines.

En lumière de ces résultats, il est possible de considérer que les eaux superficielles peuvent être classées comme de qualité acceptable dans la moyenne vallée de la Soummam et de mauvaise qualité à la partie basse de la vallée. Cette dégradation de la qualité de l'eau probablement causée par l'accumulation des éléments polluants, où les polluants drainés de la partie haute vers la partie basse s'ajoutent à la pollution due par les déversements dans la basse vallée.

Les eaux souterraines sont considérées de qualité acceptable pour certains usages dans de la basse vallée que celles de la moyenne vallée.

Références bibliographiques

- [1] Office National des Statistiques, « Statistiques sur l'environnement », 2015. [En ligne]. Disponible sur: http://www.ons.dz/IMG/pdf/C_S_Num_172_Environfinal_okok.pdf.
- [2] H. Cherana et S. Boukraa, « Suivi de la qualité physico-chimique des eaux de la moyenne vallée de la soummam (Tazmalt-Sidi aich). », université de Jijel, 2013.
- [3] O. LAHDIR et S. TAYEB CHERIF, « Impact du déversement des eaux usées dans le bassin versant de la Soummam sur l'environnement et la santé publique (Cas de la laiterie Danone Djurdjura Algérie) », Université de Bejaia, 2015.
- [4] H. BENMOUSSA, « Chimie des eaux », Université des sciences et de la technologie d'Oran, 2018.
- [5] Secrétariat générale du Gouvernement, « Loi n° 01 - 19 du 12 décembre 2001 relative à la gestion, au contrôle et à l'élimination des déchets. », *J. Off. la république Algérienne*, vol. 77, 2001, [En ligne]. Disponible sur: http://www.cntppdz.com/uploads/legisla/Loi_n°_01-19.pdf.
- [6] B. Benkaddour, « Contribution à l'étude de la contamination des eaux et des sédiments de l'Oued Chélif (Algérie) », Université de Perpignan, 2018.
- [7] H. Hezzat, « Etude critique des différents moyens de dépollution et de prévention contre la pollution des eaux et des sols », Université de Tlemcen, 2012.
- [8] S. Habila, « Evaluation du risque écologique et sanitaire de la contamination des eaux et des sédiments d u barrage Beni Haroun (Wilaya de Mila) », Universtité de Guelma, 2018.
- [9] F. IBRAHIM et N. BOUKENDOUL, « Synthèse bibliographique sur l'impact de la pollution au niveau de la vallée de la Soummam », Université de Bejaia, 2015.
- [10] F. Touhari, « Etude de la Qualité des Eaux de la vallée du Haut Cheliff ». Ecole nationale Supérieure Hydraulique, 2015.
- [11] L. Mouni, « Etude et caractérisation physico-chimique des rejets dans l'oued Soummam », Université de Béjaïa, 2004.
- [12] E. ABDELLOCHE et M. KEROUAZ, « Problèmes liés à la présence des composés azotés et phosphatés dans les eaux de surface et souterraines de la basse vallée de la Soummam », Université de Jijel, 2019.
- [13] N. Hamenni, « Etude des ressources en eau du bassin versant de la Soummam par l'utilisation du SIG », Ecole nationale superieur d'agronomie, 2011.
- [14] M. S. Bennabi, « Contribution à l'étude hydrogéologique de la vallée de l'Oued Sahel-Soummam (Algérie) », Université scientifique et médicale de Grenoble, 1985.
- [15] A. Dahmana, A. Azegagh, R. Ghilas, O. Peyre, et A. Moali, « Etude de l'herpétofaune dans la basse vallée de la Soummam (Algérie) », *Rencontres Méditerranéennes d'Ecologie*, 2006.

- [16] Y. BERROUA et O. BEN YAKOUB, « Analyse physico-chimique des eaux et des sédiments de l'estuaire de l'Oued Soummam », Université de Bejaia, 2012.
- [17] F. Kessasra, M. Mesbah, et H. BENDJOUDI, « Modélisation des écoulements souterrains dans les alluvions de la basse vallée de la Soummam (nord-est algérien) et perspective sur l'évolution des prélèvements », *Bull. du Serv. Géologique l'Algérie*, vol. 25, n° 2, p. 201-228, 2014.
- [18] R. TEBBANI, « Etude du transport solide à l'estuaire du bassin versant de la Soummam par le logiciel HEC-RAS ». Université de Msila, 2016.
- [19] F. Kessasra, « Etude hydrogéologique sous l'aspect de la modélisation mathématique en vue d'une gestion rationnelle des écoulements souterrains de la vallée de la Soummam », Alger, 2006.

Résumé :

La vallée de la Soummam située à la wilaya de Béjaia en Algérie, de Tazmalt à la ville Béjaia se caractérise par son contexte géologique très hétérogène, ses caractéristiques hydrogéologiques complexes, avec la présence d'un seuil hydrogéologique entre Takrietz et Sidi Aich, qui a mené à la distinction connue entre la moyenne et la basse vallée. Alors que l'intensification démographique de la population dans cette région ainsi que des différentes activités économiques, surtout l'industrie et l'agriculture, sont à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau et de l'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 moyenne et de la basse vallée qui en résultent des différentes activités humaines. En effet, notre travail constitue une étude comparative entre la qualité des eaux de la basse et de la moyenne vallée de la Soummam à la base des résultats d'analyse effectuées lors de deux études l'une faites sur la partie basse et l'autre sur la partie moyenne de la vallée. Les résultats obtenus, indiquent des concentrations variables dans la plupart des stations superficielles ; pour les eaux de surface un excès en ammonium et nitrite et parfois en nitrates surtout dans la basse vallée, qui dépasse les normes requises. Quant aux eaux souterraines, la nappe souffre d'une réelle contamination par les nitrates dans les deux parties, et en nitrites dans la partie basse, ils dépassent ainsi les normes requises de potabilité.

Abstract :

The valley the Soummam located in Béjaia city (Algeria), extended from Tazmalt to the city of Béjaia, is characterized by its very heterogeneous geological context, its complexed hydrogeological characteristics, with the presence of a hydrogeological threshold between Takrietz and Sidi Aich, which led to the distinction between the middle and the lower parts of the valley. The demographic intensification of the population in the region and the various economic activities, especially industry and agriculture, are the origins of the degradation noted in the quality of water and the aquatic ecosystem. This study focuses on the problems linked to the presence of nitrogenous and phosphatic compounds, resulted of the human activities, in surface and underground water, in both of the middle and lower parts of the Soummam valley. Our work constitutes a comparative study between water in both of the lower and the middle parts of the valley. Basing on the results of analysis effected during two studies, the first one done for the middle part and the second done for the lower part of the Soummam. The results indicate variable concentrations in the most of the surface sampling stations. For surface water an excess of ammonium, nitrite and sometimes of nitrates, especially in the lower part of the valley. And for underground water, we find that they suffer also from a contamination by nitrates in both parts, and by nitrites in the lower Soummam. These concentrations exceed the drinking standards.

ملخص :

وادي الصومام الواقع بولاية بجاية بالجزائر امتدادا من تازمالت الى مدينة بجاية يتميز بينيته الجيولوجية وبخصائصه الهيدروجيولوجية المعقدة مع وجود العتبة الهيدروجيولوجية الواقعة بين تاكريتز وسيدي عيش والتي تمثل نقطة فاصلة بين الجزء الاوسط والجزء الادنى من الوادي. الكثافة السكانية في المنطقة بالإضافة الى تنوع النشاطات الاقتصادية خاصة الصناعة والزراعة تمثل كلها عوامل اساسية لتدهور جودة المياه والنظام البيئي. هاته الدراسة تركز على المشاكل المرتبطة بالمركبات الأزوتية والفوسفاتية في المياه السطحية والجوفية في كل من الجزء الاوسط والادنى من وادي الصومام والنتيجة عن الأنشطة البشرية المختلفة. حيث يتمثل هذا العمل في دراسة مقارنة بين نوعية المياه في كل من الجزأين الاوسط والادنى اعتمادا على نتائج التحاليل التي اجريت خلال دراستين الاولى على الجزء الاوسط والثانية على الجزء الادنى من الوادي. حيث تدل النتائج على وجود تراكيز عالية من الامونيوم والنترت و في بعض الاحيان من النترات خاصة في الجزء الادنى من الوادي. اما بالنسبة للمياه الجوفية فنجد انها تعاني من تلوث بالنترات في كلا الجزأين من الوادي وخاصة بالنترت في الجزء الادنى بحيث تتجاوز هذه النسب المعملية لتتقيد ببيير المسودة.