

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Abderrahmane Mira Bejaia
Faculté des sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de Fin de Cycle

En vue d'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en
Contrôle de Qualité et Analyses

Thème

*Analyse physico-chimique des eaux et
des sédiments de l'estuaire de l'Oued
Soummam*

Présenté par :

M^{elle} BEN YAKOUB Ouarda

M^{elle} BERROUA Yamina

Membres de jury :

Présidente : M^{elle} ACHAT Sabiha

Promotrice : M^{me} BERKATI Salima

Examineurs: M^f BACHIR BEY Mustapha

M^{elle} MEKHOUKHE Aida

Année universitaire 2011/2012



Remerciements

Nous tenons d'abord à remercier Dieu le tout puissant de nous avoir donné la volonté et le courage pour réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons nos remerciements et notre profonde gratitude à notre promotrice M^{me} BERKATI, pour avoir accepté de nous encadrer, pour l'aide qu'elle nous a apporté, son entière disponibilité et sa confiance.

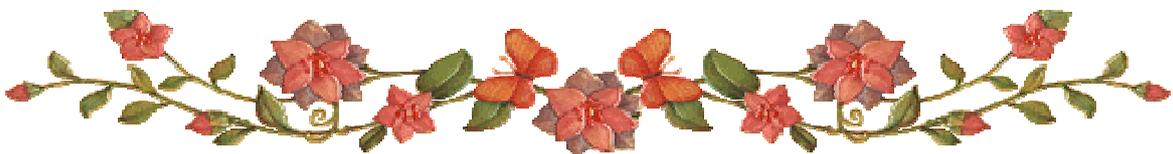
Nos vifs remerciements s'adressent aux membres de jury pour avoir accepté de juger ce travail :

M^{elle} ACHAT Sabiha, pour l'honneur qu'elle nous a fait d'avoir acceptée de présider le jury d'examination.

Mr BACHIR BEY Mustapha et M^{elle} MEKHOUKHE Aida, pour l'honneur qu'ils nous ont accordé en examinant ce modeste travail.

Nos sincères remerciements et reconnaissances s'adresse aussi à Mr AIT MEZIANE (INRA) et M^{me} ALLILI pour leurs inestimable aide et leurs précieux conseils.

Nous tenons également à remercier toutes personnes ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.





Dédicaces

Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde ma mère et mon père à qui je dois le mérite d'en arriver là, auxquels j'exprime ma profonde gratitude.

A ma chère grand-mère.

A mon cher et unique frère Yacine.

A mes chères sœurs Hadjila, Chahira, Fadhila leurs époux Kamel, Khoudir, Zahir, et mes bien aimées Nassima et Dihia.

Aux petits anges Lylia, Alilou, Lyna, Amine et Amel.

A toute ma famille.

A mon aimable binôme Yamina et sa famille.

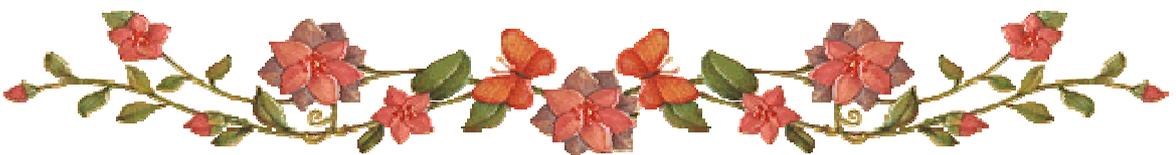
A mes adorables copines Katia B, Sabrina, Souad, Kahina, Nadia, Katia, Amel, Aicha, Kahina, Wassila, Sabrina, Houda et Meriem.

A mes chères voisines Kahina, Kaissa, Wardia, Hakima et Nawel.

A toute la promotion de Contrôle de Qualité et Analyse (2011-2012).

A tous ceux qui m'aiment et qui m'ont encouragé.

Ouarda





Dédicaces

Ce modeste travail, achevé avec l'aide de Dieu le tout puissant, est dédié à tous ceux que j'aime.

À la mémoire de mon précieux père .Tu as laissé derrière toi un grand vide que rien au monde ne peut combler. Mais les souvenirs de ta bonté, ta bravoure, ton amour incommensurable pour tous, reste à jamais gravés dans nos mémoires. Qu'ALLAH t'offre le paradis qu'il désire et te compte parmi ces biens aimés.

À ma très chère maman avec mes prières qu'elle soit toujours en bonne santé et à coté de moi.

À mes adorables frères MOULOUD (et sa femme) et KARIM auxquels je souhaite beaucoup de réussite.

À mes très chères sœurs (FARIDA, NACERA, RABIA) et leurs maris ;

À ma chère DADA ZIZOU.

À ma bien-aimé NAIMA.

À mes tantes (DJEGDJIGA, ZAHIA, MALIKA).

À mes neveux (HAKIM, MOHEND, TAHAR) et mes nièces (NORA, LINDA, SOUHILA, SARAH, IMAN).

À toute ma famille.

À mon aimable binôme OUARDA et sa famille.

À toute mes copines de chambre H301 (ZOHRA, FATIHA, NASSIMA, SARAH), E201, G311, G507 auxquelles je souhaite une belle vie.

À mes biens aimées AICHA et KAHINA.

À tout ce qui m'aime.

À toute la promotion CQA et SA 2011-2012.

Yamina



Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des annexes

Introduction..... 1

Chapitre I : Généralités

I-1-Eaux de surface..... 2

I-1-1-Définition..... 2

I-1-2-Eaux de rivière..... 2

I-1-3-Pollution des eaux de surface..... 3

I-1-3-1-Types de pollution..... 3

 a-Pollution domestique..... 3

 b-Pollution agricole..... 3

 c-Pollution industrielle..... 3

I-1-3-2-Paramètres d'évaluation de la pollution l'eau..... 4

 a-Paramètres organoleptiques..... 5

 b-Paramètres physicochimiques..... 5

 c-Paramètres biologiques..... 8

I-1-3-3-Conséquences de la pollution des eaux..... 8

 a-Conséquences sur la santé humaine..... 8

 b-Conséquences écologiques..... 8

 c-Conséquences économiques et sociales..... 8

I-1-4-Evaluation de la qualité eaux..... 9

I-2-Les sédiments..... 11

I-2-1-Définition..... 11

I-2-2-Origine et nature de sédiments..... 11

 a-Origine naturelle..... 11

 b-Origine anthropique..... 11

I-2-3-Types de sédiments..... 11

 a-Composition granulométrique..... 11

 b-Composition chimique..... 12

I-2-4-Polluants rencontrés dans les sédiments..... 13

I-2-4-1- Les métaux lourds..... 14

I-2-4-2 -Les polluants organiques..... 14

Chapitre II : Présentation du site d'étude

II-1- Caractéristiques naturelles de la basse Soummam..... 16

II-1-1- Situation géographique 16

II-1-2-Climat..... 17

 a-Précipitation..... 18

b-Température.....	18
II-1-3-Hydrographie.....	19
II-1-4-Géologie.....	20
II-2-Situation socioéconomique.....	20
II-2-1-Démographie.....	20
II-2-2- Industries.....	21
II-2-3-Agriculture.....	23
II-3-Source de pollution de la basse Soummam.....	23
II-3-1-Pollution urbaine.....	23
II-3-2-Pollution Industrielle.....	23
II-3-3-Pollution agricole.....	23

Chapitre III : Matériel et méthodes

III-1- Echantillonnage et prélèvement.....	24
III-1-2- Echantillonnage et prélèvement de l'eau.....	24
III-1-2-Echantillonnage et prélèvement des sédiments.....	25
III-2-Analyse des paramètres physico-chimiques.....	27
III-2-1-Paramètres physico-chimiques de l'eau.....	27
III-2-1-1- Paramètres mesurés in situ.....	27
III-2-1-2-Mesure des paramètres de la pollution organique.....	28
III-2-1-3-Dosage des sels nutritifs.....	28
III-2-1-4-Dosage des sels dissous.....	29
III-2-2- Paramètres d'analyses des sédiments.....	30
III-2-2-1-pH.....	30
III-2-2-2-Conductivité.....	30
III-2-2-3-Dosage des chlorures.....	31
III-2-2-4-Humidité.....	31
III-2-2-5-Evaluation de la matière organique (perte au feu).....	32

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1-Paramètres physicochimiques des eaux.....	34
I IV-1-1-Paramètres mesurés in situ.....	34
IV-1-1-1-Température.....	34
IV-1-1-2-pH.....	34
IV-1-1-3-Conductivité.....	35
IV-1-1-4-Oxygène dissous.....	36
IV-1-2-Matières organiques.....	37
IV-1-2-1-Demande chimique en oxygène (DCO).....	37
IV-1-2-2-Demande biologique en oxygène (DBO ₅).....	37
IV-1-3-Sels nutritifs.....	39
IV-1-4-Sels dissous.....	40
IV-1-4-1-Chlorures.....	40
IV-1-4-2-Sulfates.....	41
IV-2-Paramètres physicochimiques des sédiments.....	42
IV-2-1-pH.....	42

IV-2-2-Conductivité.....	43
IV-2-3-Humidité et la perte au feu.....	43
IV-2-4-Chlorures	44
Conclusion.....	46

Références bibliographiques

Annexes

Glossaire

Liste des abréviations

AFNOR: Association Française de Normalisation.

B.N.E .D.R : Bureau Nationale d'Etude pour le Développement Rural.

COGB : Corps Gras Bejaïa.

DAPT : Direction de la planification et l'Aménagement du Territoire.

DBO₅ : Demande biologique en oxygène.

DCO : Demande chimique en oxygène.

DPSB : Direction de Programmation et Suivi Budgétaire.

ISO: International standardization's Organization.

µS/cm: Micro Siemens par centimètre.

MO: Matière organique.

NF: Norme Française.

OD: Oxygène dissous.

OMS : Organisation Mondiale de la Santé.

SEQ Eau: Système d'Evaluation de la Qualité d'Eau.

TOD : Teneur en Oxygène Dissous.

Liste des figures

Figure n°01 : Représentation schématique des différents types de pollution.....	4
Figure n°02 : Principales sources et formes majoritaires de N et P en rivière.....	7
Figure n°03 : Les trois volets d'évaluation de la qualité des cours d'eau.....	9
Figure n°04 : diagramme triangulaire de classification des sédiments en fonction de leur texture.....	12
Figure n°05 : Bassin versant de la Soummam.....	16
Figure n°06 : Estuaire de l'oued Soummam.....	16
Figure n°07 : Carte bioclimatique de Bejaia.....	17
Figure n°08 : Précipitation mensuelle moyenne (mars2011-février2012) de Bejaia	18
Figure n°09 : Températures moyenne mensuelle (mars2011-février2012) de Bejaia	18
Figure n°10 : Réseau hydrographique de la vallée de la Soummam.....	19
Figure n° 11 : Carte des communes de Wilaya de Bejaia.....	20
Figure n°12 : Localisation des quatre points de prélèvement de l'eau.....	25
Figure n°13 : Prélèvement de l'eau.....	25
Figure n°14 :Localisation des quatre points de prélevement des sédiments.....	26
Figure n°15 :Sédiment séché.....	26
Figure n°16 :Sédiment tamisé.....	26
Figure n°17 : Multi paramètre d'analyse.....	27
Figure n°18 : Oxymètre de palliase.....	27
Figure n°19 : Photomètre utilisé pour le dosage des sels nutritifs.....	29
Figure n°20 : PH mètre HANA 211.....	30
Figure n°21 : Conductimètre EUTECH 510.....	30
Figure n°22 : Dosage des chlorures	31
Figure n°23 : Séchage des sédiments à 105°C.....	32
Figure n°24 : Incinération des sédiments à 525°C.....	32
Figure n°25 : Variation temporelle de la température dans l'embouchure.....	34
Figure n°26 : Variation temporelle du pH dans l'embouchure.....	35
Figure n°27 : Variation temporelle de la conductivité dans l'embouchure.....	36
Figure n°28 : Variation temporelle de l'oxygène dissous dans l'embouchure.....	36
Figure n°29 : Variation temporelle de la DCO dans l'embouchure.....	37
Figure n°30 : Variation temporelle de la DBO ₅ dans l'embouchure.....	38
Figure n°31 : Evolution temporelle des phosphates et des nitrates.....	39
Figure n°32 : Variation temporelle des ions chlorures dans l'embouchure.....	40
Figure n°33 : Variation temporelle des sulfates dans l'embouchure.....	41
Figure n°34 :Variation temporelle des pH des sédiments de l'embouchure.....	42
Figure n°35 : Variation temporelle de la conductivité des sédiments de l'embouchure.....	43
Figure n°36 : Variation temporelle de l'humidité et la matière organique dans les sédiments de l'embouchure.....	44
Figure n°37 : Variation temporelle de chlorures dans les sédiments de l'embouchure.....	44

Liste des tableaux

Tableau I : Les classes de qualité du SEQ Eau.....	10
Tableau II : Limites de classes des paramètres physicochimiques (par altération).....	10
Tableau III : Les sources de pollution des métaux lourds dans les sédiments.....	14
Tableau IV : Les principaux polluants organiques rencontrés.....	15
Tableau V : Principaux affluents de l'oued Soummam.....	19
Tableau VI : Principales unités industrielles au niveau de la vallée de la Soummam.....	21
Tableau VII : Principaux établissements implantés dans la ville de Bejaïa.....	22
Tableau VIII : Planning des campagnes d'échantillonnage.....	24
Tableau IX : Evaluation de la qualité physicochimique des eaux de l'estuaire de la Soummam au cours de (Mars 2011-Février 2012) par SEQEau.....	42

Liste des annexes

Annexe n°01: Paramètres d'analyse des eaux.

Annexe n°02: Paramètres d'analyses des sédiments.

Annexe n°03 : Résultats d'analyse physicochimique des eaux et des sédiments.

Annexe n°04 : Courbe d'étalonnage de la DCO.

Annexe n°05:Tableaux des concentrations des sels nutritifs.

Annexe n°06: Densité de la population par daïra (DPSB, 2012).

Introduction

Depuis plus de cinquante ans, la pollution est l'un des plus graves problèmes auxquels est confronté notre monde moderne (**EL MORHIT et al., 2009**), notamment celle des eaux de surfaces, vu qu'elles sont très altérées et sérieusement menacées par les activités humaines. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations (**MC KINNEY, 2002**).

Les rivières jouent un rôle important dans le développement humain et comme résultat, elles sont considérablement affectées par les activités anthropiques et les rejets industriels (**BRENOT et al., 2007**), les estuaires, également sont des milieux complexes de grande importance écologique et économique qui reçoivent des déversements de divers types de polluants qui perturbent le fonctionnement naturel des écosystèmes (**PANDA et al., 2006**).

L'analyse des eaux de surface prend un intérêt grandissant avec le développement des contrôles de qualités et la recherche d'éventuels polluants (**VIOLLIER et al., 1993**). Ces données peuvent être complétées par l'analyse des sédiments, qui constituent une "mémoire" de pollution de la rivière (**SINGH et al., 2005**). Il est bien connu que la concentration des polluants est plus élevée dans les sédiments des cours d'eau que l'eau elle-même (**RODIER et al., 2009**).

Parmi les grands cours d'eau d'Algérie l'oued Soummam situé dans la région de Bejaïa est devenu un plan d'eau particulièrement vulnérable aux différents types de pollution car il reçoit une part importante de résidus urbains, industriels et agricoles, perturbant d'une manière considérable cet écosystème et le milieu marin côtier.

C'est pourquoi, l'estuaire de la Soummam a été retenu dans l'objectif de faire un diagnostic et un suivi de la qualité physico-chimique des eaux et des sédiments sur une période d'une année de Mars 2011 à Février 2012.

Pour répondre à cette problématique, l'étude est organisée comme suit :
Tout d'abord, une étude bibliographique portant sur les eaux de surfaces et les sédiments a été réalisée, suivi d'une présentation détaillée du site d'étude, ensuite, les dispositifs expérimentaux sont exposés, et enfin, les différents résultats obtenus sont présentés et discutés.

Chapitre I : Généralités

I-1-Eaux de surface

I-1-1- Définition

L'eau de surface est toute eau naturellement en contact libre avec l'atmosphère (cours d'eau, lac, réservoir, bassin de retenue, mer, estuaire, etc (NOORI *et al.*, 2010). Elle est alimentée par les eaux de pluie, les eaux de ruissellement et les eaux souterraines résurgentes (TARDAT et HBEAURDY, 1984).

La composition chimique des eaux de surface dépend de la nature des terrains traversés par ces eaux durant leurs parcours dans l'ensemble des bassins versants. Ces eaux sont le siège, dans la plupart des cas, d'un développement d'une vie microbienne à cause des déchets rejetés et de l'importante surface de contact avec le milieu extérieur. C'est à cause de ça que ces eaux sont rarement potables sans aucun traitement (SALGHI, 2005).

I-1-2- Eaux de rivière

Les rivières sont des milieux vivants. Outre leur rôle physique, qui est d'écouler les eaux issues de leur bassin versant tout en modelant le relief, les rivières présentent un rôle biologique car elles sont le support de communautés végétales et animales. A ces propriétés naturelles se sont rajoutés des usages anthropiques telles que des pratiques sanitaires (évacuation des eaux usées, production d'eau potable), économiques (irrigation, industries, élevages piscicoles, navigation) et ludiques (baignade, pêche). Ainsi, ces milieux aquatiques sont soumis à de nombreuses pressions qui conduisent à une dégradation plus ou moins importante de leur qualité (ANGELIER, 2000). On distingue:

❖ **Eau de rivière en amont** : l'amont d'une rivière est en générale situé dans une région montagneuse où la densité de population est faible et les industries inexistantes. Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Turbidité élevée ; le régime de la rivière étant torrentiel ils transportent de grandes quantités de matières en suspension.
- Contamination bactérienne faible, la pollution causée par l'Homme ou l'industrialisation y est pratiquement inexistante ;
- Température froide, les eaux proviennent soit de source soit de la fonte des neiges et de glaciers ;
- Indice de couleur faible, ces eaux n'ont pas eu le temps de dissoudre des matières végétales, principales source de couleur.

❖ **Eaux de rivière en aval** : l'aval d'une rivière est en générale situé dans une région où la population est dense, l'agriculture est développée et les industries sont plus au moins nombreuses. Les eaux y sont donc habituellement de moins bonne qualité et plus difficile à

traiter qu'on amont (GAUTHIER, 2006). Les principales caractéristiques de ces eaux sont présentées ci-dessous :

- Contamination bactérienne élevée, cette contamination est imputable au déversement des égouts domestiques et agricoles ;
- Contamination organique et inorganique élevée ;
- Indice de couleur élevé, les eaux ont eu le temps de dissoudre des matières végétales qui les colorent (DESJARDINS ,2007).

I-1-3- Pollution des eaux de surface

La pollution de l'eau est une modification physique, chimique ou biologique de son état naturel. Elle est généralement soutenue par des substances organiques ou inorganiques et surtout par l'Homme qui la rend impropre ou dangereuse à la pêche, au loisir, aux animaux domestiques et à la vie sauvage (N'GUESSAN ,2008).

I-1-3-1- Types de pollution

Les rejets polluants présentent principalement trois origines distinctes : domestique (y compris urbaine), agricole et industrielle, avec ou sans traitement en station d'épuration avant leur rejet dans le milieu naturel. Du fait de ces différentes sources d'effluents polluants, les composés susceptibles de parvenir au milieu naturel sont très variés (GENIN et al., 1997).

c-Pollution industrielle : est caractérisée par une très grande diversité. En effet, selon le type d'activité concernée, les rejets peuvent être composés de matières organiques (industrie agroalimentaire), d'hydrocarbures (usines pétrolières), de matières radioactives ou encore de substances chimiques (métaux, acides, bases, micropolluants organiques de synthèse comme les pesticides, PCB,...) (GENIN et al., 1997).

a-Pollution domestique : provient des habitations, et en générale véhiculée par les réseaux d'assainissement. Elle se caractérise par :

- Des germes fécaux ;
- Des sels minéraux ;
- De forte teneur en matière organique ;
- Des détergents (VIALA et BOTTA, 2005).

Cette pollution urbaine est amplifiée par le ruissellement des eaux de pluie, qui entraîne vers l'exutoire final, c'est-à-dire vers les rivières, des quantités de matières en suspension, des hydrocarbures et des métaux toxiques (MIQUEL, 2003).

b-Pollution agricole : l'agriculture constitue la première cause des pollutions diffuses des ressources en eau. Parmi les polluants agricoles, on trouve les matières en suspension dans le cours d'eau, issues de l'érosion de particules du sol et du transfert de l'eau, ainsi que les nutriments, surtout les produits azotés et phosphatés, et les produits phytosanitaires (PINHEIRO et CAUSSADE ,1997).

Ces pollutions peuvent être ponctuelles (exemples : rejets domestiques ou industriels, effluents d'élevage...) ou diffuses (ex : épandages de pesticides et d'engrais) (**BOMMELAER et DEVAUX, 2011**).

La périodicité des apports est également à prendre en compte, puisque les effets et les traitements consécutifs sont totalement distincts dans le cas de rejets chroniques, du type de ceux d'une station d'épuration, ou dans le cas de déversements accidentels qui donnent lieu à une pollution aiguë (ex. : accident d'une usine chimique) (**GENIN et al., 1997**).

La figure ci dessous regroupe les différents types de pollution des eaux, l'origine des rejets ainsi que le rythme des apports rejetés.

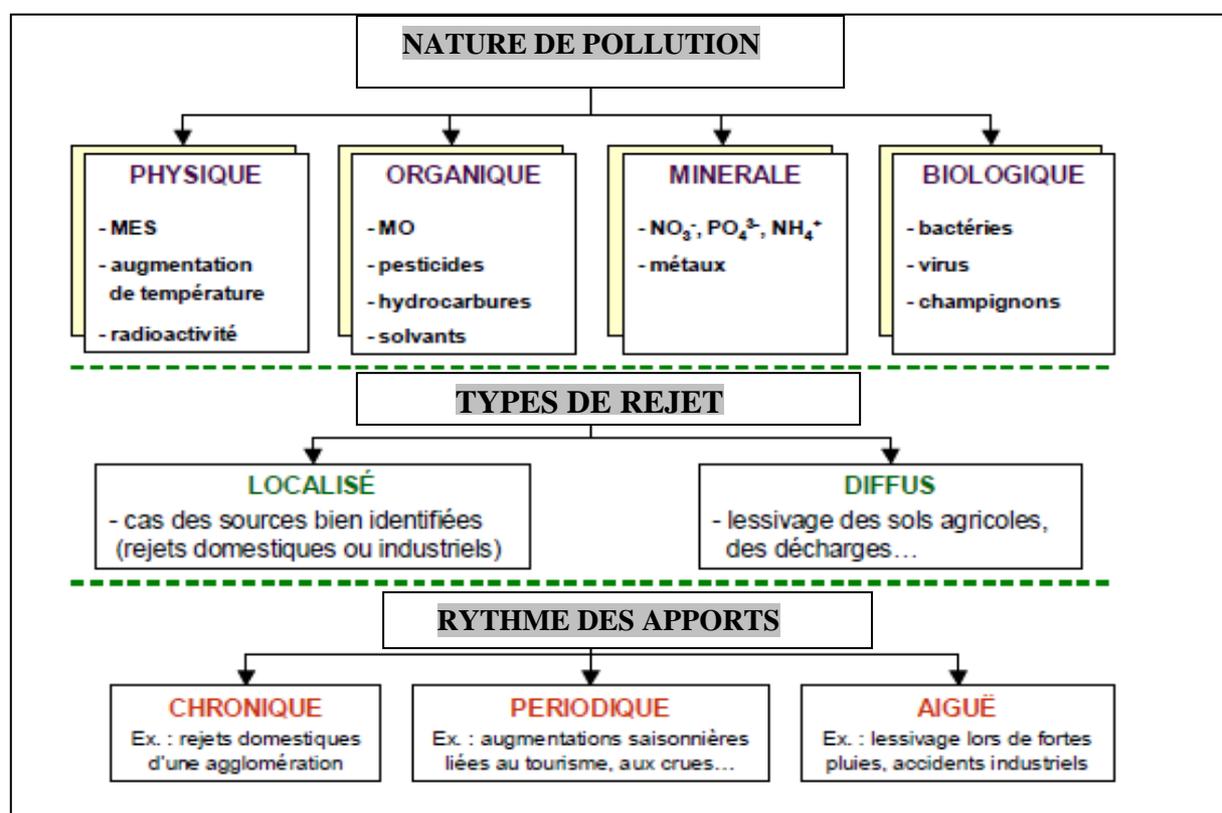


Figure n°01 : Représentation schématique des différents types de pollution.
(**OTHONIEL, 2006**).

I-1-3-2- Paramètres d'évaluation de la pollution de l'eau

Les déversements de polluants modifient les composantes physicochimiques, organoleptiques et biologiques des milieux aquatiques récepteurs ainsi que la biocénose aquatique (**BECHAC et al., 1984**).

L'appréciation de la qualité des eaux de surface se base sur la mesure de ces paramètres, indicateurs d'une plus ou moins bonne qualité de l'eau :

a- Paramètres organoleptiques

❖ **La couleur** : la coloration d'une eau est soit d'origine naturelle (éléments métalliques, matières humiques, microorganismes liés à un épisode d'eutrophisation...etc.), soit associée à sa pollution (composé organiques colorées) (THOMAS, 1995).

❖ **L'odeur** : généralement les odeurs désagréables de l'eau résultent de la présence excessive de substances volatiles d'origines biologiques comme H₂S ou industrielle comme le chlore libre actif (GAMRASNI, 1986).

b-Paramètres physicochimiques

Les phénomènes de pollution se traduisent généralement par des caractéristiques physicochimiques du milieu récepteur, il s'agit des paramètres facilement mesurables et qu'il est généralement utile de connaître (GAUJOUS ,1995).

❖ **La température** : il est important de connaître la température de l'eau avec une bonne précision .En effet, celle-ci joue un rôle dans la solubilité des sels et des gaz, dans la dissociation des sels dissous, donc sur la conductivité électrique et dans la détermination du pH...etc (RODIER ,1984).

❖ **Le potentiel d'hydrogène (pH)** : Il permet de caractériser le degré d'acidité ou de basicité de l'eau. Sa valeur dans les eaux naturelles est comprise entre 6 et 9. La valeur du pH qui conditionne un grand nombre d'équilibres physico-chimiques, dépend de l'origine des eaux, de la nature géologique du lit et du bassin versant. Ce pH peut être influencé par les activités humaines (rejets industriels acides ou basiques, déversements d'eaux usées domestiques...) (RICHARD-MAZET, 2008).

❖ **La conductivité électrique** : la conductivité est une mesure de la capacité de l'eau à conduire un courant électrique, donc une mesure indirecte de la teneur de l'eau en sels minéraux. Elle dépend de la nature des sels dissous et de la température de l'eau. Les espèces aquatiques ne supportent généralement pas des variations importantes en sels dissous qui peuvent être observées par exemple en cas de déversements d'eaux usées (DEVILLERS et al., 1995).

La conductivité de l'eau n'est pas un paramètre qui varie beaucoup en conditions naturelles, sauf dans les estuaires et en cas d'intrusion saline dans des lacs (GRANT, 2005). Elle est exprimée généralement en microsiemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$) à 20 °C. La conductivité d'une eau naturelle est comprise entre 50 et 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (HADE, 2002).

❖ **La turbidité** : la turbidité d'une eau est due à la présence des particules en suspension notamment colloïdales : argile, limon, grain de silice, matières organiques, etc. L'appréciation

de l'abondance de ces particules mesure son degré de turbidité (**RODIER et al., 2009**). Une turbidité trop élevée empêche la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et peut ainsi diminuer la croissance des algues et des plantes aquatiques (**VILAGINES, 2003**).

❖ **L'oxygène dissous** : la teneur en oxygène dissous (TOD) est le paramètre le plus fondamental de la qualité de l'eau. L'oxygène, est essentiel au métabolisme de tous les organismes aquatiques aérobies. Dans l'eau, il provient principalement de l'atmosphère et de l'activité photosynthétique des végétaux aquatiques. Dans les eaux superficielles, la TOD peut varier entre la limite de détection et 18,4 mg/l. L'épuisement de l'oxygène dissous dans les eaux réceptrices constitue souvent un bon indicateur des besoins en traitement des eaux usées (**CCME, 1999**).

❖ **Les matières organiques** : deux méthodes permettant d'évaluer la quantité en matière organique présente dans l'eau sont généralement utilisées : la demande biochimique en oxygène à 5 jours (DBO_5) et la demande chimique en oxygène (DCO).

▪ **Demande biochimique en oxygène (DBO_5)** : la demande biochimique en oxygène (DBO) est la quantité d'oxygène consommée par les bactéries aérobies qui décomposent les matières organiques contenues dans l'eau. On la mesure pendant cinq jours, au laboratoire, dans des conditions normalisées (absence de lumière, température maintenue à 20 °C) par différence entre la teneur initiale et la teneur finale en oxygène dissous (**HUBERT, 1998**).

▪ **Demande chimique en oxygène (DCO)** : c'est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder la matière organique (biodégradable ou non) d'une eau à l'aide d'un oxydant, le bichromate de potassium. Ce paramètre offre une représentation plus ou moins complète des matières oxydables présente dans l'échantillon. La DBO_5 et la DCO sont exprimées en mg d'O₂/l.

Généralement la DCO est 1,5 à 2 fois la DBO_5 pour les eaux usées urbaines et de 1 à 10 pour tout l'ensemble des eaux résiduaires industrielles (**SALGHI, 2005**). La relation empirique de la matière organique (MO) en fonction de la DBO_5 et la DCO est donnée par l'équation suivante :

$$MO = (2 DBO_5 + DCO)/3$$

❖ **Les matières en suspension** : il s'agit des matières qui ne sont ni solubilisées, ni colloïdales. Elles proviennent de l'érosion des terres, de la dissolution de substances organiques. À cet apport naturel s'ajoute les déversements d'effluents municipaux, industriels et le ruissellement des terres agricoles et de retombées de matières atmosphériques (**RAYMOND, 1990**).

❖ **Les éléments nutritifs** : les concentrations en nitrites (NO_2^-), nitrates (NO_3^-), ammoniac (NH_3^+), et ammonium (NH_4^+), phosphates (PO_3^-), azote (N) et phosphore (P) sont des paramètres importants pour le suivi de la qualité des eaux de surface.

L'azote (N) et le phosphore (P) sont habituellement les éléments qui limitent la croissance des algues et des plantes enracinées, ainsi que celle de tous les autres organismes de l'écosystème, qui dépendent directement ou indirectement de la production végétale (BARRY *et al*, 1998).

La principale forme azotée retrouvée dans les eaux naturelles est le nitrate et il est principalement attribuable aux activités humaines (Groupe Scientifique de l'Eau, 2003).

Dans l'eau, les phosphates peuvent se retrouver sous formes dissoutes et/ou particulaires associés aux particules en suspension, de sédiment, ou de sol (BANAS et LATA, 2007).

L'augmentation des éléments nutritifs (azote et phosphore) dans un écosystème accroît la production primaire et peut conduire à l'eutrophisation de la masse d'eau. Ce phénomène présente les effets secondaires suivants:

- Prolifération de la biomasse planctonique ;
- coloration de l'eau, diminution de la transparence de l'eau ;
- Diminution d'oxygène dissous dans les eaux plus profondes ;
- Dans des cas extrêmes, apparition d'espèces d'algues toxiques (AEE, 2006).

La figure ci-dessous représente les principales formes et origines de N et de P en rivière.

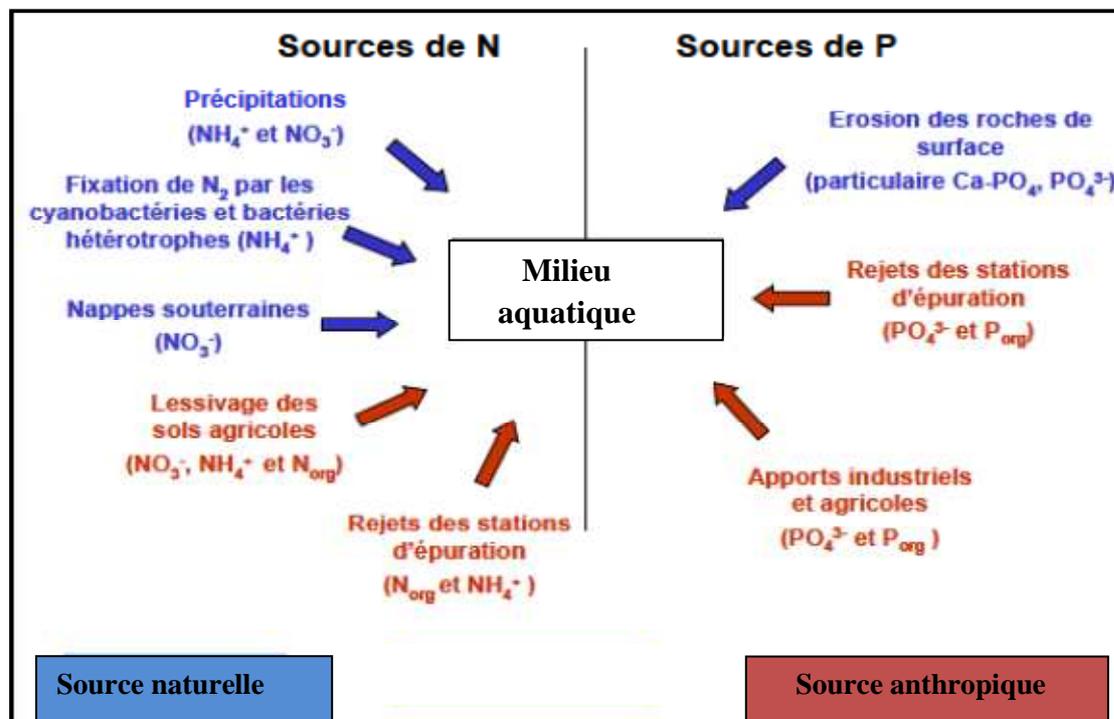


Figure n° 02 : Principales sources et formes majoritaires de N et P en rivière (OTHONIEL, 2006).

❖ **Les éléments en solution** : les chlorures et les sulfates font généralement l'objet d'un suivi particulier. Une forte teneur en chlorures peut indiquer une pollution par des eaux usées domestiques ou par certaines eaux usées industrielles. Les pics de concentration en chlorures s'observent le plus souvent en période de gel (sels de déneigement). Les eaux usées de nombreuses industries peuvent également contenir des sulfates. Ce sont surtout les changements brusques et importants du teneur en chlorures et sulfates qui se révèlent néfastes.

D'autres ions tels que le calcium (Ca^{2+}), magnésium (Mg^{2+}), potassium (K^+), fluor (F) peuvent être également mesurés. Les éléments en solution sont exprimés en mg/l (DEVILLERS et al., 1995).

c-Paramètres biologiques

L'évaluation pratique de la qualité microbiologique des eaux se fait sur la base du concept de micro-organismes dits « indicateurs », choix qui résulte des difficultés ou impossibilités techniques de détecter toute la diversité des microorganismes pathogènes. L'abondance d'indicateurs est corrélée à un risque de présence de microorganismes pathogènes. Les indicateurs les plus fréquemment utilisés sont les coliformes ou entérocoques fécaux, *Escherichia Coli* ... (MOLENAT et al., 2011).

I-1-3-3-Conséquences de la pollution des eaux

a-Conséquences sur la santé humaine : elles sont différentes selon le mode de contamination qui peut être par ingestion, par contact ou par contamination intermédiaires, c'est à dire, la consommation de poissons contaminés par une eau polluée (CARNEVALE et al., 2006).

L'eau polluée est la principale cause de maladies et de mortalité à travers le monde. Selon l'OMS, environ 4 millions d'enfants meurent chaque année de la diarrhée causée par l'infection hydrique (KEDDAL et YAO N'DRI, 2008).

b-Conséquences écologiques : la pollution des eaux de surface, particulièrement celle occasionnée par des taux élevés de nitrates et de phosphates, constitue un risque écologique préoccupant à travers l'eutrophisation, Elle a pour conséquences :

- La destruction des ressources vivantes;
- Le déséquilibre des milieux physiques, biologiques et des écosystèmes aquatiques (CARNEVALE et al., 2006).

c-Conséquences économiques et sociales : elles peuvent avoir plusieurs aspects :

- Pour la production d'eau potable, la pollution peut réduire le nombre de ressources utilisables, et augmenter le coût des traitements de potabilisation ou celui du transport de l'eau.

- La dégradation des ressources peut devenir un frein au développement industriel, car l'industrie consomme beaucoup d'eau et les exigences de qualité de l'eau sont parfois très élevées ;
- L'exploitation des milieux aquatiques (pisciculture, loisirs...) sera restreinte ;
- Une eau de mauvaise qualité aura aussi une conséquence sur la production agricole car l'agriculture à recours aux eaux brutes, non traitées, pour l'irrigation des sols (KEDDAL et YAO N'DRI, 2008).

I-1-4-Evaluation de la qualité des eaux

La qualité des cours d'eau, variant de très bonne à très mauvaise, est définie en fonction des teneurs des différents paramètres mesurés de l'eau. Ces derniers sont de natures différentes, ainsi on peut distinguer : la qualité hydrobiologique, physico-chimique, chimique et la qualité physique (SMPNR Avesnois, 2007).

La qualité des cours d'eau est donc estimée à travers le Système d'Evaluation de la Qualité d'eau (SEQ) qui est constitué de 3 outils (figure n°03).

- Le SEQ-Eau, pour évaluer la qualité de l'eau au niveau physico-chimique et bactériologique et son aptitude à satisfaire les fonctions naturelles des milieux aquatiques et les usages de l'eau ;
- Le SEQ-Physique, qui concerne l'étude de paramètres hydrologiques et morphologiques (degré d'artificialisation ou de perturbation du milieu) ;
- Le SEQ-Bio, qui vise à caractériser les peuplements animaux et végétaux du cours d'eau (Comité de l'eau Adour Garonne, 2000).



Figure n° 03 : Les trois volets d'évaluation de la qualité des cours d'eau (Comité de l'eau Adour Garonne, 2000).

Le Système d'Evaluation de la Qualité des eaux (SEQ Eau), basé sur la grille de 1971. Cette grille prend en compte plusieurs paramètres de qualité physico-chimique que sont : O₂ dissous, DBO₅, DCO, NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, MES, Phosphore.... Ainsi sont définies 5 classes de qualité.

Chaque classe est reprise par un code de couleur allant du bleu, pour une très bonne qualité, au rouge, pour une très mauvaise du cours d'eau (RICHARD-MAZET, 2008).

Le tableau I résume les classes de qualité du SEQ Eau.

Tableau I : Les classes de qualité du SEQ Eau (RICHARD-MAZET, 2008).

Indices	Classes	Qualité	Aptitude de l'eau à la biologie et aux usages
100 - 80	Bleu	Très bonne	Très bonne
80 - 60	Vert	Bonne	Bonne
60 - 40	Jaune	Passable	Passable
40 - 20	Orange	Mauvaise	Mauvaise
20 - 0	Rouge	Très mauvaise	Inaptitude

Les paramètres physico -chimiques (par altération) sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau II : Limites de classes des paramètres physicochimiques (par altération) (Conseil Général de la Loire en Rhône Alpes ,2007).

	Bleu	vert	jaune	orangé	rouge
Indice /100	80	60	40	20	
Altération Minéralisation					
Conductivité (mS/cm)	2500	3000	3500	4000	
Altération Matières organiques et oxydables					
O2 (mg/l)	8	6	4	3	
Sat O2 (%)	90	70	50	30	
DBO5 (mg/l)	3	6	10	25	
COD (mg/l)	5	7	10	15	
NH4+ (mg/l)	0,5	1,5	4	8	
NKJ (mg/l)	1	2	4	6	
Altération Matières azotées hors nitrate					
NH4+ (mg/l)	0,1	0,5	2,0	5	
NKJ (mg/l)	1	2	4	10	
NO2-(mg/l)	0,03	0,1	0,5	1	
Altération Nitrates					
NO3- (mg/l)	2	10	25	50	
Altération Matières Phosphorées					
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0,1	0,5	1	2	
Pt(mg/l)	0,05	0,2	0,5	1	
Altération Particules en suspension					
MES (mg/l)	25	50	100	150	
Altération température					
T° (°C)	21,5	23,5	25	28	
Altération Acidification					
pH(min max)	6,5 8,2	6 8,5	5,5 9	4,5 10	<4,5 >10

I-2-Les sédiments

I-2-1-Définition

Selon (BIJU-DUVAL, 1999), les sédiments sont définis comme un ensemble constitué de minéraux et de particules d'origine organique, qui se déposent dans un bassin de sédimentation.

Ils sont la composante fondamentale des écosystèmes aquatiques et contribuent à leur diversité et à leur fonctionnement. Ils ont un rôle écologique complexe car ils participent à la diversité physique, chimique et biologique des milieux aquatiques.

I-2-2-Origine et nature des sédiments

Les dépôts sédimentaires résultent des phénomènes d'accumulation des particules en lieu avec les conditions hydrodynamiques (lac, réservoir). Ils dépendent fondamentalement du fond géochimique local, de la nature du bassin versant et aussi des activités humaines (MONTUELLE, 2010). Ainsi les sédiments peuvent être d'origine naturelle ou anthropique.

a-Origine naturelle : on trouve les sédiments d'origine endogène et exogène.

- **Origine endogène :** les sédiments sont constitués de matières organiques essentiellement des organismes aquatiques (plantes, planctons, algues).

- **Origine exogène :** les sédiments sont principalement de nature minérale provenant d'une part de l'érosion éolienne des sols et d'autre part de l'érosion hydraulique du bassin versant et des phénomènes de ruissellement. Les particules exogènes peuvent également être de nature organique principalement les feuilles d'arbres (RAMAROSON, 2008).

b-Origine anthropique : les particules peuvent provenir des rejets agricoles, industriels et domestiques qui apportent des matières en suspension (MONTUELLE, 2010).

I-2-3- Types de sédiments

Un sédiment se caractérise essentiellement par sa granulométrie et sa composition (SMPNR Avesnois, 2007).

a-Composition granulométrique

Les sédiments peuvent avoir des granulométries très différentes. On distingue les argiles de taille inférieure à 2 μm , les limons de 2 à 50 μm , et les sables de 50 μm à 2 mm. Les sédiments peuvent être classés selon la teneur en ces trois composés en utilisant un système de coordonnées triangulaire (N'GUESSAN, 2008).

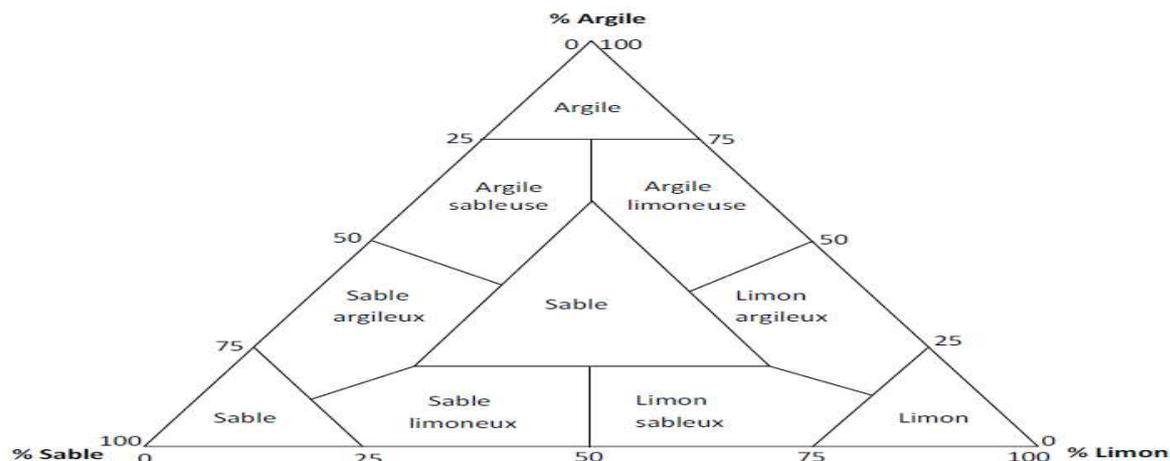


Figure n° 04 : Diagramme triangulaire de classification des sédiments en fonction de leur texture (N'GUESSAN ,2008).

b-Composition chimique

Les sédiments peuvent contenir les composés suivant :

❖ **Argiles :** les argiles, en sédimentologie regroupent l'ensemble des matériaux dont les particules n'excèdent pas $2\mu\text{m}$. Ces minéraux sont des silicates d'aluminium hydratés qui représentent une structure cristalline en feuillets.

Du fait de leurs propriétés physico-chimiques, les argiles jouent un rôle fondamental dans les processus intervenant dans les sols. Ces propriétés résultent à la fois des caractéristiques intrinsèques aux argiles (composition chimique, structure et morphologie) et des conditions physico-chimiques dans lesquelles elles se trouvent.

La structure des argiles conduit aux caractéristiques et propriétés générales suivantes :

- Les argiles apportent une contribution importante à l'effet tampon du sol et, comme elles stockent les cations des substances nutritives (K^+ , Mg^{2+} et Ca^{2+}), elles ont en outre une action déterminante sur sa fertilité (BENMAHDI ,2002).

- Les interactions argiles/contaminants : ce phénomène est dû à la charge négative sur la surface des minéraux argileux, qui se sont neutralisés avec des cations compensateurs. Ils peuvent donc se lier avec les cations du milieu, qui fournissent une liaison, sous l'effet d'un équilibre plus ou moins stable. Ce phénomène explique en grande partie les affinités qui existent entre les argiles et certains polluants organiques ou inorganiques (métaux lourds) (MECHAYMECH ,2002).

❖ **Sulfures :** le sulfure est un composé chimique issu de la combinaison du soufre avec un autre élément chimique (généralement les métaux) ou avec l'un de ses radicaux. La formation et le dépôt sédimentaire de ces minéraux s'opèrent en milieu réducteur en présence

d'hydrogène sulfuré provenant de la décomposition anaérobie de matières organiques et vraisemblablement en présence de certaines bactéries (N'GUESSAN, 2008).

❖ **Carbonates** : les carbonates jouent un rôle important dans les sédiments, leur équilibre de dissolution contrôle partiellement le pH et une teneur élevée en carbonates rend le sédiment alcalin et favorise ainsi l'ensemble des modes de fixation. De plus, la surface des carbonates est le siège de phénomènes de désorption des ions métalliques : précipitation et adsorption (MECHAYMECH, 2002).

❖ **Phase organique** : peut être définie comme une matière hydrocarbonée provenant des êtres vivants végétaux et animaux (BENMAHDI, 2008). Ce sont des composés naturels, simples ou complexes, et définis par leur solubilité dans différents réactifs (MECHAYMECH, 2002).

La matière organique totale peut se diviser en plusieurs catégories :

- Les organismes vivants constituant la biomasse (racines, faune du sol, microorganisme...);
- Les composés en voie de dégradation (cellulose, hémicellulose, lignine, protéines,...);
- Les substances humiques (BENMAHDI, 2002).

I-2-4- Polluants rencontrés dans les sédiments

L'analyse des substances chimiques contenues dans les sédiments d'un cours d'eau est un élément essentiel pour déterminer sa qualité chimique. Les cours d'eau, les canaux, les lacs, les ports et les estuaires sont très souvent soumis à des rejets industriels, urbains ou agricoles, entraînant l'apport d'un grand nombre de polluants. Ces polluants sont peu solubles dans l'eau dans les conditions normales, et ils prédominent dans les matières en suspension et dans les sédiments qui par la suite deviennent des réserves de composés toxiques (SMPNR Avesnois, 2007).

D'après DARMENDRAIL (1987), les processus majeurs d'accumulation des polluants dans les sédiments sont l'adsorption sur les solides fins, la précipitation des composés métalliques, la coprécipitation des métaux sur des oxydes métalliques, la complexation avec des composés organiques et la diffusion dans les réseaux cristallins tels que les carbonates.

D'une manière générale, on distingue classiquement deux familles de polluants accumulés dans les sédiments: les métaux lourds et les matières organiques toxiques (RAMESSUR et RAMJEWON, 2002).

I -2-4-1-Les métaux lourds

Le tableau ci-dessous résume les différents métaux lourds qui polluent les sédiments.

Tableau III: Les sources de pollution des métaux lourds dans les sédiments (MAROT, 1998)

Métaux lourds	Source
Cadmium	Engrais phosphaté, industries de traitement de surface des métaux, industries de stabilisation des matières plastiques, fabrication des accumulateurs et des radiateurs automobiles, fabrication de caoutchouc, colorants, eaux de ruissellement des voies de circulation.
Cuivre	Canalisation d'eau, fils électriques, radiateurs automobiles, appareil de chauffage, traitement de surface.
Zinc	Produits pharmaceutiques ou domestiques, conduites d'eau, peinture, piles, galvanisation, traitement de surface.
Nickel	Fabrication d'acier et d'alliages spéciaux, recouvrement de surface par électrolyse, hydrogénation des huiles et substances organiques, fabrication des peintures, de laque et de produits cosmétiques.
Mercure	Produits pharmaceutiques ou domestiques, production et utilisation d'antifongiques, appareils électriques, produits électrolytiques du chlore et de la soude, peintures pate a papier, fabrication du chlorure de vinyle et d'uréthane.
Chrome	Tannerie, fabrication d'alliage spécial, industrie de traitement de surface.
Plomb	Canalisation d'eau, bacs de batteries, peintures, additifs pour l'essence, eau de ruissellement des voies de circulation, industries pharmaceutiques et sidérurgiques, atelier photographiques, télévision.
Sélénium	Fabrication de peinture et colorants, verre, semi-conducteurs, insecticides, alliages.
Arsenic	Pesticides ,défoliants ,conservateurs ,semiconducteurs ,électrographies ,catalyse ,pyrotechniques ,céramiques ,produites pharmaceutiques ,épilage des peaux en tannerie ,durcissement du cuivre et du plomb ,fabrication des batteries.

1-2-4-2-Les polluants organiques

Les polluants organiques des sédiments proviennent principalement des activités industrielles (production d'énergie, métallurgiques, industrie chimiques ...), urbaines (transport, gestion et traitement des déchets) et agricoles (utilisation des produits phytosanitaires) (BARRIUSO et al., 1996).

Le tableau ci-dessous illustre les principaux polluants organiques rencontrés dans les sédiments.

Tableau IV : Les principaux polluants organiques rencontrés dans les sédiments (GUIDE TECHNIQUE, 2002).

Polluants organiques	Propriétés
Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)	<p>Ce sont des composés issus de la combustion incomplète des produits pétroliers : activités urbaines (chauffage), industrielles et de transports (pots d'échappement des véhicules).</p> <p>Ils sont peu solubles dans l'eau, ils s'adsorbent sur les matières en suspension et les sédiments et de ce fait se concentrent beaucoup dans le milieu naturel. Nombreux d'entre eux sont reconnus cancérigènes.</p> <p>Les HAP sont classés comme substances «dangereuses prioritaires» par la Directive Européenne 2000/60/CE</p>
Polychlorobiphényles (PCB)	<p>Ce sont des substances chlorées très stables (résistantes au feu et non biodégradables). Ils étaient utilisés dans les transformateurs électriques comme isolants. Ils entraient également dans la composition de vernis, encres, peintures solvants... Leur combustion peut générer des dioxines et furanes, substances cancérigènes et mutagènes.</p>
Solvants chlorés	<p>Les solvants chlorés sont essentiellement utilisés pour le dégraissage des pièces en mécaniques, le décapage de peintures et le nettoyage à sec (pressings). Ils entrent également dans la formulation de différents solvants utilisés par le grand public. Certains dérivés servent à la fabrication de pesticides (hexachlorobutadiène, dichloropropène...).</p> <p>La classification CEE (étiquetage réglementaire des substances et préparations dangereuses) identifie le chlore comme une substance «très toxique pour les organismes aquatiques, et dangereux pour l'environnement».</p>
Pesticides	<p>Appelés également «phytosanitaires», les pesticides sont des substances chimiques minérales ou organiques de synthèse utilisées à vaste échelle contre les ravageurs des cultures, les animaux nuisibles et les vecteurs d'affections parasitaires ou microbiologiques de l'homme et des animaux domestiques.</p>

Chapitre II : Présentation du site d'étude

II-1- Caractéristiques naturelles de la basse Soummam

II-1-1- Situation géographique

La vallée de la Soummam se situe à environ 230 km à l'est d'Alger et appartient administrativement à la wilaya de Bejaia. Troisième fleuve d'Algérie, situé à la charnière de la Basse et de la Haute Kabylie, l'oued Soummam est formé de la confluence de l'oued Sahel qui descend des montagnes du Djurdjura et du plateau de Bouira, et de l'oued BouSellam qui descend du plateau Sétifien. Il se jette dans la mer méditerranée à Béjaia après un cours de 80 km environ orienté Sud-Ouest–Nord-Est (MOUNI *et al.*, 2009).

Son débit moyen est estimé à 25 m³/s. Il draine un bassin versant important dont la superficie est de 9125 Km² et son lit mineur se développe dans une vallée comprise entre deux massifs montagneux : Tizi-Ouzou au Nord-Ouest, Bejaia et la chaîne des Bibans au Sud-est. Le fond de celle-ci, proprement dit a une longueur moyenne de l'ordre de 2 Km et des resserrements jusqu'à 100 m de largeur à l'amont de Sidi-Aich et un élargissement de 4 à 5 Km dans la région d'El-Kseur et la plaine de Bejaia (COYNE et BELLIER, 1973).

L'estuaire de la Soummam est la partie finale de l'oued Soummam qui est distant de 815m de la mer et sur lequel notre étude s'est basée.

Les figures ci-dessous illustrent respectivement la situation de bassin versant de la Soummam et son estuaire.

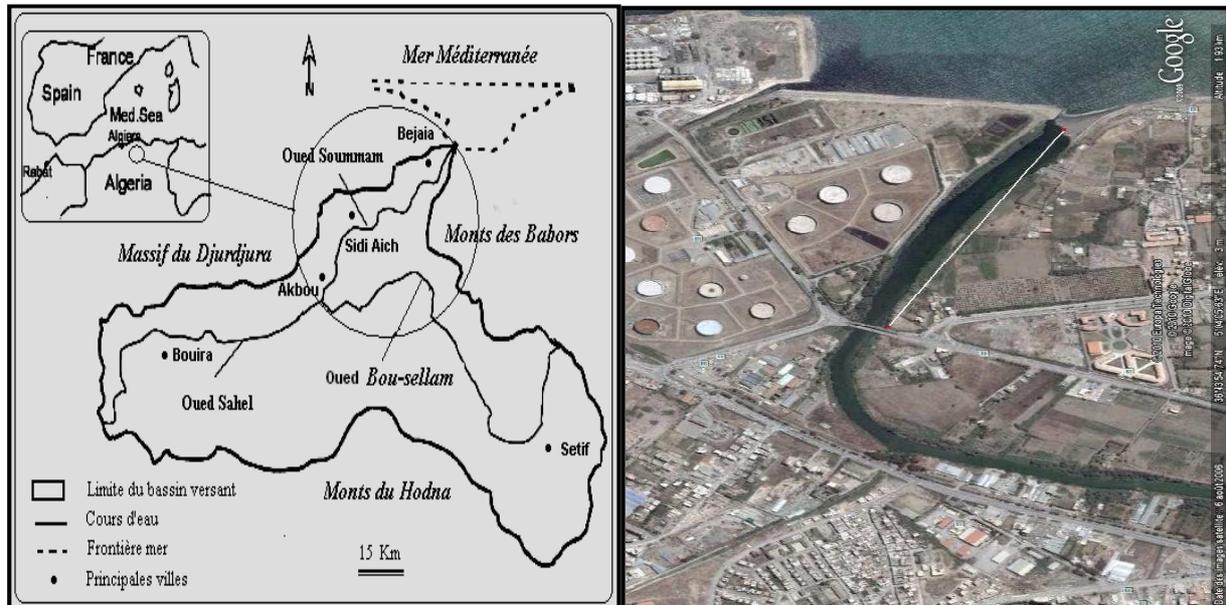


Figure n°05 : Bassin versant de la Soummam.
(MAANE *et al.*, 2010)

Figure n° 06: Estuaire de l'oued Soummam.
(Google earth, 2006)

II-1-2-Climat

Il est généralement de type méditerranéen, mais il présente une hétérogénéité d'une localité à une autre, du à la configuration orographique des territoires.

On distingue trois types de climat :

- Humide entre l'embouchure et El-kseur avec des précipitations supérieures à 900 mm par an.
- Subhumide entre El-kseur et Sidi-Aich avec une pluviométrie allant de 600 à 900 mm par an.
- Semi-aride le long de la vallée de Sidi-Aich à Tazmalt, avec une pluviométrie relativement faible allant de 400 à 600 mm par an et des températures légèrement plus élevées allant de 26 à 30 C°(BENHAMICHE, 1997).

La figure ci-dessous montre les types de climat qui caractérisent la wilaya de Bejaïa.

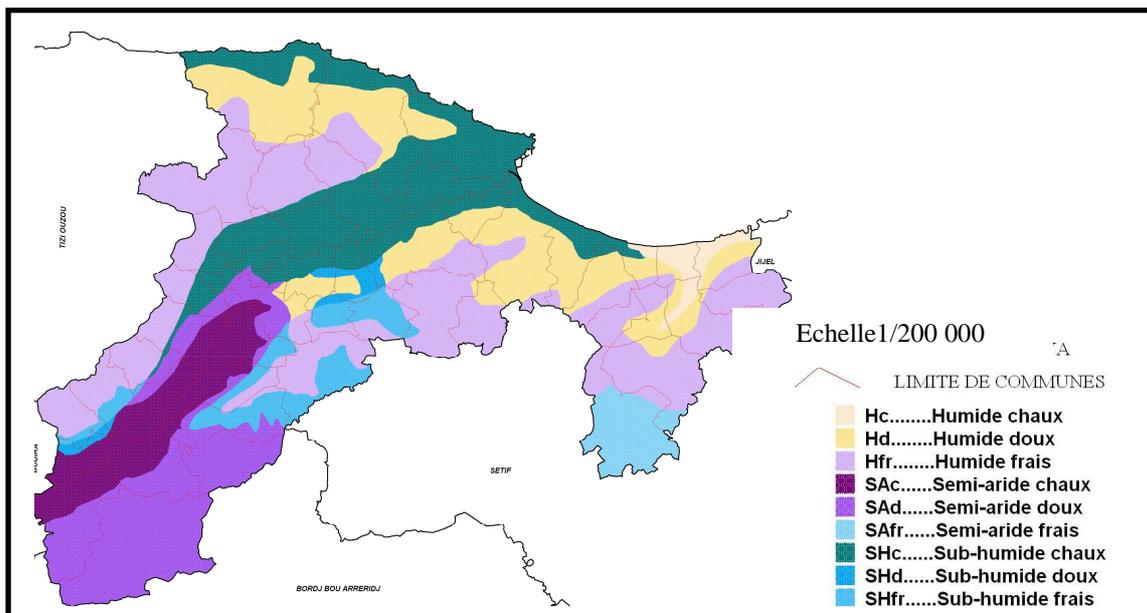


Figure n°07 : Carte bioclimatique (B.N.E .D.R, 2005)

a-Précipitation

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations durant la période d'étude (mars 2011-février 2012) de la région de Bejaïa sont représentées dans la figure n°08.

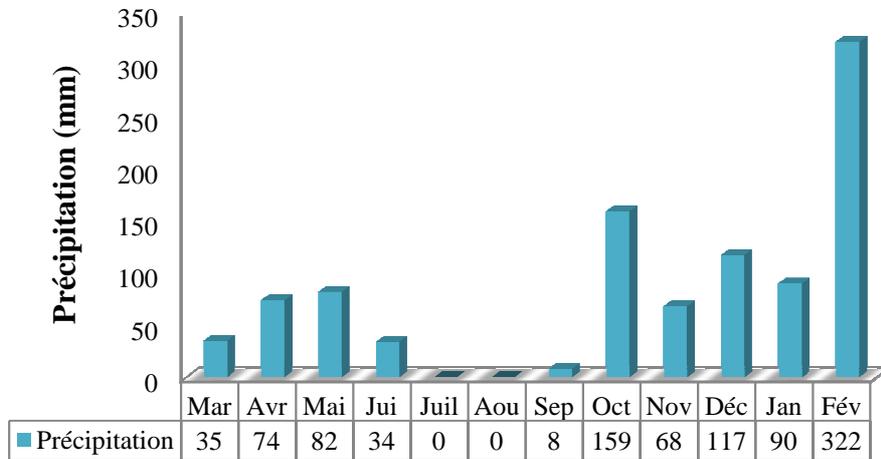


Figure n° 08: Précipitation mensuelle moyenne (mars 2011-février 2012).
(Source : Office nationale de météorologie de Bejaïa (2012)).

b-Température

Les valeurs moyennes mensuelles des températures durant la même période de la région de Bejaïa sont illustrées dans le graphique ci-dessous.

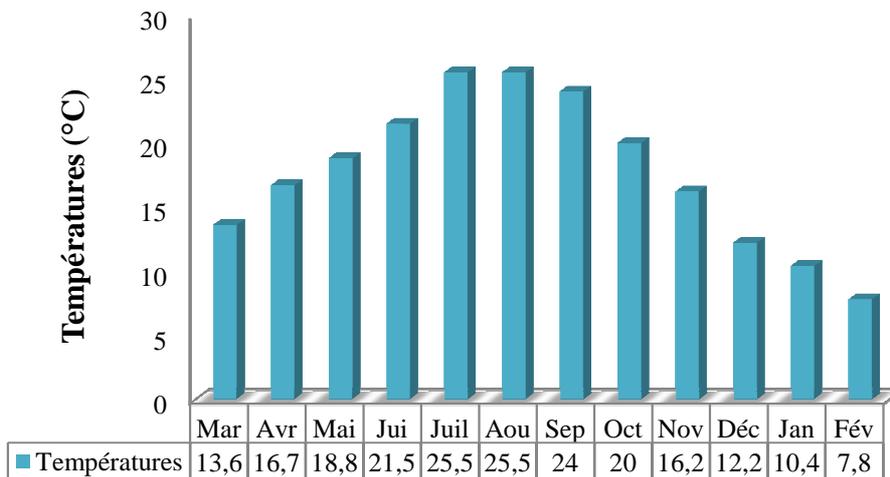


Figure n° 09: Températures moyenne mensuelle (mars 2011-février 2012).
(Source : Office nationale de météorologie de Bejaïa (2012)).

II-1-3-Hydrographie

La vallée de la Soummam est drainée par un réseau hydrographique dense composé de nombreux cours d'eau permanent et intermittent dont l'oued Soummam représente le collecteur principal.

A son embouchure, l'oued Soummam présente un apport de $733 \text{ m}^3/\text{an}$ d'eau qu'il déverse en mer méditerranée (DAPT, 2003). L'apport principal provient des affluents de la rive gauche, avec un total moyen de $68 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$, et les affluents de la rive droite déversent un total moyen de $25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{an}$.

Les affluents de la rive gauche étant situés sur des versants plus arrosés en pluies et en neige, leurs permettant de canaliser un écoulement de surface plus important que celui des versants drainés par les affluents de la rive droite (MOALI, 2009).

Le tableau suivant montre les principaux affluents de l'oued Soummam.

Tableau V: Principaux affluents de l'oued Soummam (VIZITREV, 1987).

Affluents	Superficie du bassin versant(Km ²)	Position par apport à l'oued
Oued Sahel	3800	Amont
Oued Bousselem	4300	Amont
Oued Amokrane	80	Rive droite
Oued Roumila	100	Rive droite
Oued El-Kseur	55	Rive droite
Oued Ghir	50	Rive droite
Oued Amizour	55	Rive gauche
Oued Amassine	195	Rive gauche
Oued Imoula	40	Rive gauche
Oued Seddouk	125	Rive gauche

La figure suivante représente le réseau hydrographique de la vallée de la Soummam.

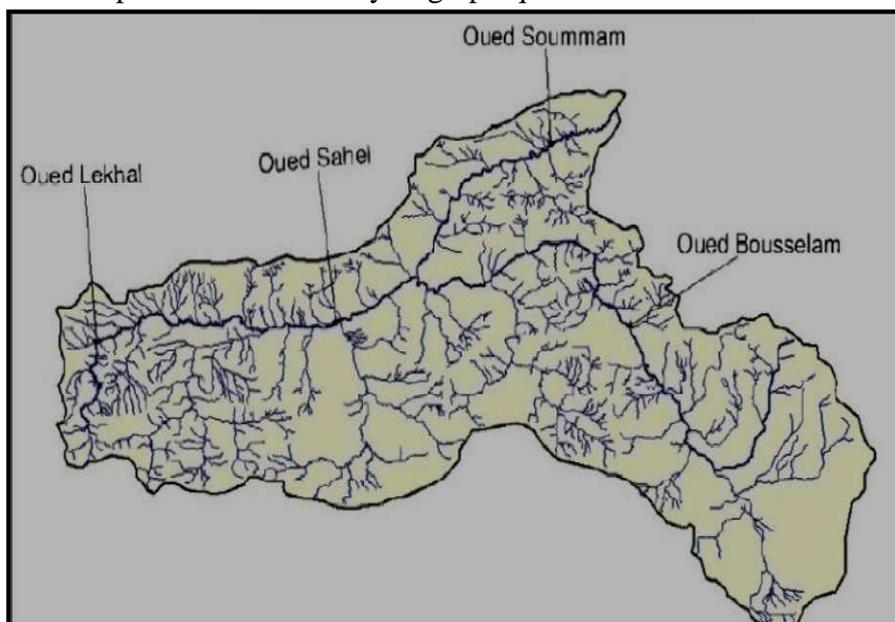


Figure n°10 : Réseau hydrographique de la vallée de la Soummam (B.N.E .D.R, 2005).

I-1-4-Géologie

Le bassin versant de la Soummam est formé par des dépôts alluvionnaires anciens et actuels sur le lit majeur de l'oued Soummam, un substrat siliceux sur tout le versant exposé au nord et un substrat calcaire dominant la majeure partie du versant exposé au sud, avec une zone marno-argileuse (le miocène/pliocène) s'étendant d'El Kseur à Sidi Aïch. A la périphérie de ce bassin, on note des ensembles pétrographiques ; siliceux pour le massif d'Akfadou et du Djurdjura, calcaire pour le Gouraya et la chaîne des Babors (MOALI ,2009).

II-2-Situation socioéconomique

II-2-1-Démographie

La population totale de la wilaya de Bejaia a atteint 935 200 individus à la fin de l'année 2011 d'où la densité de 290 habitants/Km², avec des pointes dans les communes de Sidi Aïch, Bejaia et Akbou avec 1 833, 1 517 et 1 046 habitants/Km² respectivement.

La distribution de la population fait ressortir que 61 % des habitants vit dans les chefs-lieux, 26 % dans les agglomérations secondaires et le reste dans des hameaux et les zones éparses. La population vivant en agglomération est de l'ordre de 819 146 soit 87,6 % de la population totale (DPSB ,2012).

La figure suivante illustre les différentes communes de la wilaya de Bejaïa.

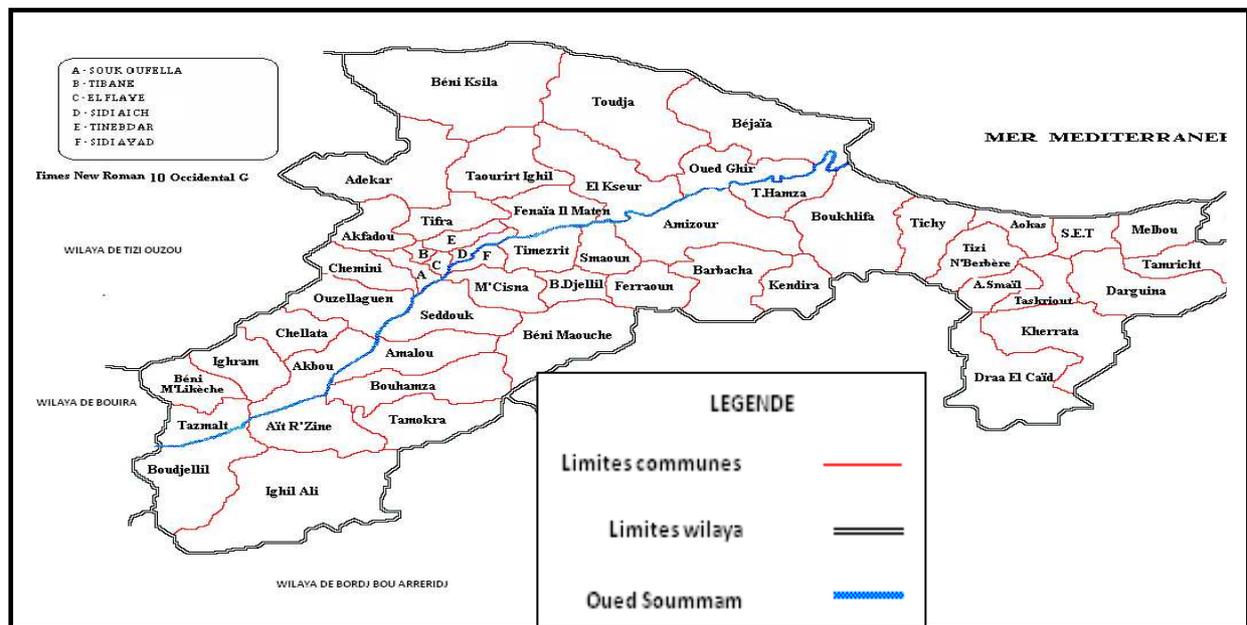


Figure n° 11: Carte des communes de Wilaya de Bejaia.

II-2-2- Industries

La vallée de la Soummam est caractérisée par l'implantation des plus importantes unités industrielles de la wilaya de Bejaia, notamment avec l'expansion des zones industrielles d'Akbou, d'El-kseur et de Bejaia ainsi que les grandes usines telles que ; **Alphaditex** à Remila, **CEVITAL**, **SONATRACH** et **NAFTAL** à Bejaïa et d'autres secteurs privés dont la majorité est spécialisé dans l'industrie alimentaire et le textile, en plus des huileries qui sont réparties tout au long des deux rives de l'oued.

Le tableau suivant représente les unités industrielles principales de la vallée de la Soummam.

Tableau VI: Principales unités industrielles au niveau de la vallée de la Soummam.

(Source : Direction de l'environnement Bejaïa, 2011).

Unité	Production	Situation
LAITERIE LA VALLEE	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
ERAD	Semoule	SidiAich
SARL DANONE	Agroalimentaire	Akbou
ALCOVEL	Textile	Akbou

Le tableau suivant représente les principaux établissements implantés dans la ville de Bejaïa :
Tableau VII: Principaux établissements implantés dans la ville de Bejaïa.

(Source : Direction de l'environnement Bejaïa, 2011).

Secteur	Définition de secteur	Etablissement concernés	Quantité de rejet L/an
Agroalimentaire	Toutes les activités agroalimentaires telles que : Conserveries, produits de boissons, Sucrieries, distilleries, levurières, laiteries et activités dérivées, abattoirs, biscuiteries, huileries, confiseries etc.	- COGB UP 17 routes des Aurès Bejaïa. - CEVITAL nouveau quai port de Bejaïa.	- / - /
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 Bejaïa.	- 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 Bejaïa.	- 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.	-/
Total		10	

II-2-3-Agriculture

La wilaya de Bejaïa dispose d'une surface agricole utile de près de 130 348 ha dont 6500 ha (5%) sont irriguées. Particulièrement, les terres qui sont situées dans la vallée de la Soummam qui renferment plus de 3 213 ha irriguées. La fertilité de ces sols confère au secteur de l'agriculture une exploitation intensive (irrigation, mécanisation) dans le domaine de maraîchage, fourrages, agrumes et élevage bovins et avicole. Les cultures consistent principalement en céréales, oliviers, figuiers et autres arbres fruitiers. A mesure de l'avancement vers l'aval et vers les bords du fleuve, ces cultures s'enrichissent de plantations d'agrumes, de vignes et de maraîchage (**DSPB, 2011**).

II-3-Source de pollution de la basse Soummam

L'oued Soummam joue actuellement le rôle d'exutoire et de transport des différents rejets urbains et industriels. Sa capacité d'autoépuration, amoindrie par l'effet de sécheresse, ne suffit plus à absorber les charges de pollution plus en plus importantes. C'est ainsi que l'oued Soummam atteint un seuil alarmant de pollution, qui fait de lui pratiquement un égout à ciel ouvert.

Cette situation, si elle persiste, risque à long terme de polluer toute la nappe mobilisée pour l'alimentation en eau potable, sans négliger les dégâts qui risquent d'atteindre la flore et la faune maritime (**DAHDOUH, 1994**).

II-3-1-Pollution urbaine

La plupart des centres urbains situés le long de la vallée de la Soummam déversent leurs eaux usées directement dans l'oued (**MOUNI et al., 2009**). La quantité d'eau usée domestique déversée dans l'oued Soummam et ses affluents est de l'ordre de 29 810 m³/j. La commune de Bejaïa à elle seule, déverse 18000 m³/j dans l'estuaire.

En ce qui concerne les rejets solides (ordures ménagères estimée à plus de 24000 m³) ; un habitant de la vallée produit quotidiennement en moyenne 0.8 kg/j. Le nombre de décharges implantées dans la vallée est de 30 environ (**MAANE, 2010**).

II-3-2-Pollution Industrielle

La vallée de la Soummam est le siège de 52 unités industrielles et plus de 47 stations de lavages de véhicules dont 33 sont fonctionnelles. La quantité déversée par ces stations est de l'ordre de 425 m³/j.

La quantité globale d'eaux usées industrielles déversée dans l'oued et ses affluents est d'environ 4 800 m³/j (**MAANE, 2010**).

II-3-3-Pollution agricole

La pollution agricole de la basse Soummam a pour origine :

- Les huileries : 466 dont 03 sont à l'arrêt (**DSPB, 2011**) ;
- Abattoirs (le sang de la saignée des animaux rejeté absorbe l'oxygène de l'eau) ;
- Pesticides périmés (plus de 10 tonnes ont été recensé) (**MAANE, 2010**) .

Chapitre III : Matériel et méthodes

III-1- Echantillonnage et prélèvement

Pour obtenir de bonnes données de référence et tenir compte des variations saisonnières, l'embouchure a été échantillonnée durant un an, soit du Mars 2011 au Février 2012 en raison d'un prélèvement par mois.

Les échantillons d'eau ont été prélevés sur quatre points fixes à travers la largeur de la rivière, et ceux des sédiments sur ses rives. Ces points sont jugés comme étant les plus représentatifs. Ainsi, les échantillons d'eau et des sédiments ont été recueillis au même endroit à toutes les campagnes d'échantillonnage, selon le planning suivant.

Tableau VIII : Planning des campagnes d'échantillonnage.

N° de sortie	Date
1	23/03/2011
2	20/04/2011
3	18/05/2011
4	22/06/2011
5	20/07/2011
6	17/08/2011
7	19/09/2011
8	19/10/2011
9	30/11/2011
10	28/12/2011
11	27/01/2012
12	27/02/2012

III-1-2- Echantillonnage et prélèvement de l'eau

Les échantillons d'eau sont prélevés dans la colonne d'eau, à l'aide d'un dispositif composé d'une bouteille en plastique placée sur un support lesté. La bouteille préalablement rincée avec de l'eau du site de prélèvement est lancée, son goulot assure, après immersion de celle-ci, son remplissage. Le contenu de la bouteille est ensuite fractionné et versé dans des flacons, soigneusement lavés et étiquetés, en verre de 250 ml.

Les échantillons sont conservés et transportés dans une glacière à une température de 4°C puis rapidement réfrigérés de retour au laboratoire.

Les figures suivantes montrent la localisation des quatre points et la méthode de prélèvement de l'eau.



Figure n°12: Localisation des quatre points de prélèvement de l'eau.



Figure n°13: Prélèvement de l'eau.

III-1-2-Echantillonnage et prélèvement des sédiments

Les échantillons des sédiments ont été prélevés à l'aide d'une cuillère en Inox et sont effectués sur la couche centimétrique de surface. Cinq cents grammes environ de sédiments ont été placés dans des sachets en plastique à usage unique et bien étiquetés. A la réception de l'échantillon au laboratoire, les sédiments subissent les traitements suivants :

- **Séchage** : les sédiments sont séchés à l'air ambiant dans une pièce libre de poussière ;
- **Broyage et réduction des mottes** : après séchage, les roches et les débris végétaux sont enlevés, et les sédiments sont broyés à l'aide d'un mortier ;
- **Tamissage** : Les échantillons sont tamisés à 2 mm. Le tamisât recueilli dans le plateau constitue l'échantillon pour essai.

Les figures 14, 15 et 16 montrent respectivement la localisation des quatre points de prélèvement des sédiments et l'aspect des sédiments après séchage et tamisage.

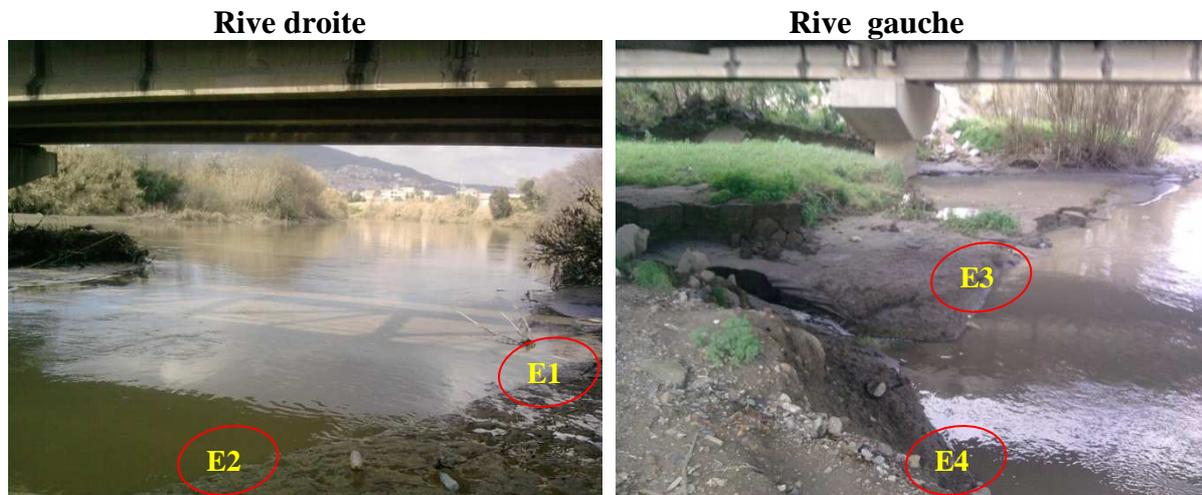


Figure n°14 :Localisation des quatre points de prélèvement des sédiments.



Figure n°15 :Sédiment séché .



Figure n°16 :Sédiment tamisé.

III-2-Analyse des paramètres physico-chimiques

Une multitude de paramètres physico-chimiques qui décrivent la qualité générale des eaux et des sédiments de l'embouchure ont été mesurés.

III-2-1-Paramètres physico-chimiques de l'eau

III-2-1- 1- Paramètres mesurés *in situ*

Compte tenu des variations susceptibles d'intervenir durant le transport et la conservation des échantillons au laboratoire, la détermination de certains paramètres physiques est préférable sur le terrain.

Dans notre cas, trois paramètres sont mesurés *in situ* immédiatement après le prélèvement des échantillons à l'aide d'un multi paramètres de type EXTECH EC500 (figure 17). Il s'agit de :

- **La température** : exprimée en degré Celsius;
- **Le potentiel Hydrogène (pH)** ;
- **La conductivité** : exprimée en $\mu\text{S} / \text{cm}$.



Figure n°17: Multi paramètre d'analyse.

▪ **L'oxygène dissous** : l'oxygène dissous exprimé en mg/l est immédiatement mesuré à l'arrivée au laboratoire par un oxymètre de paillasse (figure18).



Figure n°18 : Oxymètre de paillasse.

III-2-1-2-Mesure des paramètres de la pollution organique

❖ Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ est réalisée par la méthode de dilution décrite par la norme **NF EN 1899-1 T 90-103-1 (1998)**. Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée pendant 5 jours à 20 °C et à l'obscurité pour assurer l'oxydation des matières organiques biodégradables.

Expression des résultats :

La DBO₅ est exprimée en milligrammes d'O₂ par litre en utilisant la formule suivante :

$$DBO_5 = F (T_0 - T_5) - (F-1) (D_0 - D_5)$$

F : facteur de dilution.

T₀ : teneur en oxygène (mg/l) de l'échantillon au début de l'essai.

T₅ : teneur en oxygène (mg/l) de l'échantillon au bout de 5 jours.

D₀ : teneur en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au début de l'essai.

D₅ : teneur en oxygène (mg/l) de l'eau de dilution au bout de 5 jours.

❖ Demande chimique en oxygène (DCO)

La DCO est déterminée par la méthode de dichromate de potassium préconisée par **RODIER et al.(2009)**. Il s'agit d'une oxydation chimique de la matière oxydable contenue dans un échantillon d'eau par le dichromate de potassium, en milieu acide et en présence de sulfate d'argent jouant le rôle d'un catalyseur et de sulfate de mercure permettant de complexer les ions chlorures.

La consommation d'oxygène par l'échantillon provoque un changement de couleur dont l'absorbance est proportionnelle à la quantité de K₂Cr₂O₇ réduit et se mesure en équivalent d'oxygène.

Expression des résultats

La DCO exprimée en mg d'O₂/l est obtenus par un dosage spectrophotométrique à une longueur d'onde de 600 nm, après avoir tracé une courbe d'étalonnage en annexe 04.

III-2-1-3-Dosage des sels nutritifs

La méthode utilisée est basée sur une réaction de coloration. En effet, ces sels réagissent dans certaines conditions (T, pH, présence de catalyseurs...) avec des réactifs spécifiques pour donner une coloration absorbant la lumière à une certaine longueur d'onde (λ).

L'absorption de l'énergie lumineuse dépend de l'intensité de la coloration, de même ce dernier, est d'autant plus important que la solution soit concentrée en sels dosés.

La quantité de la lumière absorbée par la solution appelée absorbance obéit à la loi de Beer-Lambert qui est exprimée par la relation suivante :

$$A = \epsilon . L . C$$

A : absorbance.

ϵ : coefficient d'extinction molaire.

L : longueur du milieu traversé.

C : concentration de la solution absorbante.

Dans notre étude, le dosage des sels nutritifs est réalisé par une auto analyseur de type Paqualab Photometer (figure19).



Figure n° 19: Photomètre utilisé pour le dosage des sels nutritifs.

Deux sels nutritifs ont été dosés : les nitrates et les phosphate à des longueurs d'ondes respectives : 570 et 640 nm.

Expression des résultats

Les valeurs sont affichées sur le photomètre à différentes longueurs d'ondes et comparées aux valeurs préconisées par les tableaux de concentration en annexes 05.

III-2-1-4-Dosage des sels dissous

▪ **Sulfates** : le dosage des sulfates est déterminé à une longueur d'onde de 520 nm par un auto analyseur de type Paqualab Photometer selon le même principe du dosage des sels nutritifs.

▪ **Chlorures** : le dosage des chlorures est réalisé par la méthode de Mohr préconisé par la **NF.T.90-014**. Il s'agit d'un dosage en milieu neutre par une solution de nitrate d'argent en présence de chromates de potassium .La fin de réaction est indiquée par l'apparition d'une teinte rouge caractéristique du chromate d'argent, formé par la présence d'un excès de la solution titrant d'argent (**RODIER et al., 1984**).

Expression des résultats

La teneur en chlorures est exprimée en milligrammes par litre en utilisant la formule suivante :

$$[Cl] = C_{AgNO_3} \times (V_s - V_b) / V_a \times 35,5$$

V_s : volume de la solution d'AgNO₃ utilisé pour le titrage de l'échantillon.

V_b : volume de la solution d'AgNO₃ utilisé pour le titrage de blanc.

V_a : volume de l'échantillon pour l'essai.

C_{AgNO₃} : concentration de la solution de AgNO₃ en mol / l .

III-2-2- Paramètres d'analyses des sédiments

III-2-2-1-pH

Le pH a été mesuré conformément à la procédure recommandée par la norme française **AFNOR NF ISO-10390 (1994)**, en utilisant un pH mètre de paillasse de marque HANNA 211 (figure 20).



Figure n°20 : PHmètre HANA 211.

III-2-2-2-Conductivité

La conductivité électrique exprimée en $\mu\text{S}/\text{cm}$, est déterminée par un conductimètre de type EUTECH 510 suivant le protocole préconisé par la norme **NF .ISO 11265 (1994)**.



Figure n°21 : Conductimètre EUTECH 510.

III-2-2-3-Dosage des chlorures

Les chlorures sont dosés par la méthode décrite par **MATHIEU et PIELTAIN, (2003)** en milieu neutre par une solution titrée de nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition de la teinte rouge caractéristique du chromate d'argent.



Figure n°22 : Dosage des chlorures .

Expression des résultats

La teneur en chlorures exprimée en mg/l est calculée selon la formule suivante :

$$[\text{Cl}^-] = \frac{V \times N \times 1000 \times D}{A}$$

V : solution de AgNO_3 utilisée pour le dosage de chlorure en ml .

N : concentration de AgNO_3 .

A : aliquote en ml (10ml).

D : niveau de dilution.

II-2-2-4-Humidité

L'humidité est mesurée par la méthode de séchage à l'étuve à 105 °C, décrite par **RODIER et al.(2009)**. Les échantillons sont séchés à l'étuve à 105°C jusqu'à masse constante. La différence entre le poids avant et après séchage exprime la teneur en eau de l'échantillon initial.



Figure n°23: Séchage des sédiments à 105°C.

Expression des résultats

La teneur en eau est exprimée en pourcentage par la formule suivante :

$$\text{Humidité} = \frac{M_1 - M_2}{M_1 - M} \times 100$$

M : poids de capsule vide

M₁ : poids de capsule vide et le poids de la terre séchée à l'air.

M₂ : poids de capsule vide et le poids de la terre séchée à l'étuve.

III-2-2-5-Evaluation de la matière organique (perte au feu)

La teneur en matière organique est évaluée par la perte de masse d'un gramme d'échantillon sec après chauffage à 525°C (RODIER *et al.*, 2009).



Figure n°24: Incinération des sédiments à 525°C.

Expression des résultats

La teneur en matière organique est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Perte au feu} = \frac{M_2 - M_3}{M_2 - M} \times 100$$

M : poids de capsule vide.

M₁ : poids de capsule vide et le poids de sédiment séché à l'air.

M₂ : poids de capsule vide et le poids de sédiment séché à l'étuve.

M₃ : poids de capsule vide et le poids de sédiment placé dans le four à moufle.

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1-Paramètres physicochimiques des eaux

IV-1-1-Paramètres mesurés in situ

IV-1-1-1-Température

Les températures enregistrées oscillent entre 12,45 et 28,35 °C avec une moyenne de $19,81 \pm 5,7$ °C. La valeur maximale est observée en mois de Juillet et la minimale en Janvier.

La figure 25 représente les variations de la température de l'eau durant la période d'étude (Mars 2011-Février 2012).

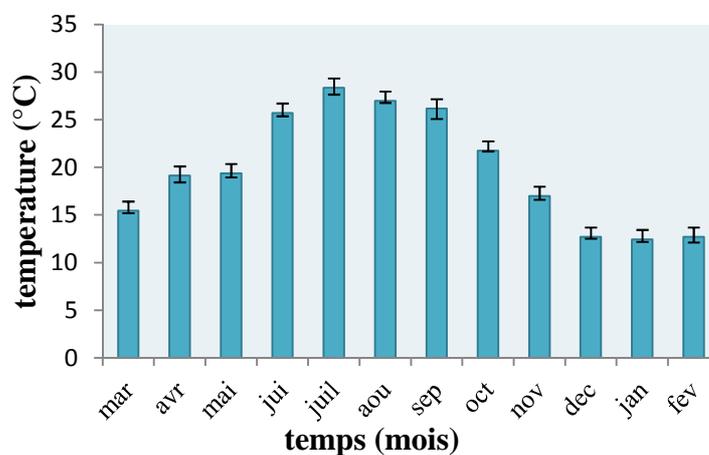


Figure n°25 : Variation temporelle de la température dans l'embouchure.

A titre de comparaison, **MAKHOUKH et al. (2011)**, dans leur étude physicochimique des eaux superficielles de l'Oued Moulouya (Maroc), ont obtenu des températures qui varient entre 10 et 29°C. De même **KERNER et al. (1995)**, ont rapporté des valeurs comprises entre 5 et 13 °C dans l'estuaire Elbe (Allemagne), et **BAIRAS et al. (2003)**, des valeurs allant de 13,3 à 19,9 °C au niveau de l'estuaire de Galician Rias (Espagne).

Ces variations peuvent être expliquées du fait que la température de l'eau est obtenue en fonction des températures ambiantes et saisonnières liées aux variations climatiques (**WU et WANG, 2007**). Selon **RODIER et al. (2005)**, les températures des eaux superficielles au cours des saisons varient de 2 à 30 °C.

IV-1-1-2-PH

Les résultats de pH qui sont représentés sur la figure 26 fluctuent légèrement, d'une valeur de 7,61 à 8,25 avec une moyenne de $7,81 \pm 0,20$.

Ces valeurs observées révèlent que le pH est légèrement neutre à alcalin, aussi bien en période de pluie qu'en période sèche. La variation au cours d'une même saison est également faible, elle ne dépasse pas une unité.

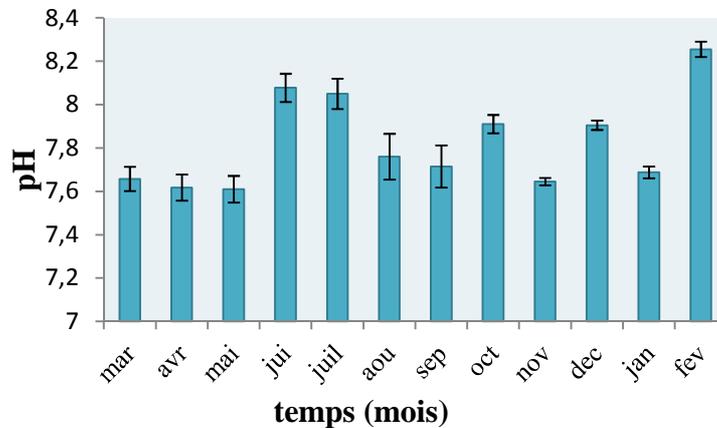


Figure n°26: Variation temporelle du pH dans l'embouchure.

Les valeurs du pH obtenues sont comparables à celles que l'on trouve dans la plupart des cours d'eau côtiers soumis à des stress anthropiques. Par exemple, dans l'estuaire Tweed (Angleterre) décrit par **HOWLAND et al. (2000)**, les valeurs de pH mesurées sont de l'ordre de 7,39 à 7,48 en mois de Décembre et entre 7,95 à 8,05 en mois de Février et 7,5 en mois de Mars.

Cependant **KHALAF et al. (2007)**, ont obtenu des valeurs de pH qui se situent entre 8,34 et 9,06 dans l'embouchure de Nahr El Bared (Liban).

Selon **RODIER et al. (1996)**, le pH des eaux naturelles varie habituellement entre 7,2 et 7,6.

IV-1-1-3-Conductivité

La figure ci-dessous illustre les variations de la conductivité qui évoluent entre 1305 et 14152,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de $6\,438,54 \pm 3\,690,58$ $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La conductivité électrique est très élevée durant toute la période d'étude et dépasse les normes pour les eaux de surface (1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), indiquant une minéralisation excessive des eaux attribuée aux eaux usées déversées. Les valeurs les plus élevées ont été enregistrées durant le mois de Septembre (14152,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ceci est probablement dû à l'augmentation du volume des rejets domestiques et industriels très riche en matières dissoutes et l'inexistence des précipitations durant les mois de Juillet et Aout.

La répartition temporelle de la conductivité électrique des eaux étudiées montre une diminution pendant la période pluvieuse, expliquée par la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales (**MAKHOUKH et al., 2011**).

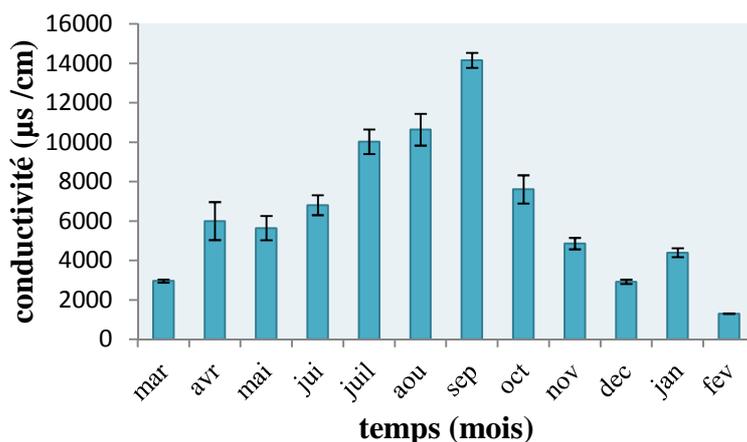


Figure n°27: Variation temporelle de la conductivité dans l'embouchure.

Si l'on compare ces valeurs avec celle des différentes études, on constate que les concentrations de nos échantillons sont plus élevées que celles obtenues dans la rivière Karoon (Iran) citée par **NOORI et al. (2010)** où la conductivité varie entre 746 et 8700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 2610 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Par contre, elles sont moindres que celles obtenues dans la rivière Mahanadi (Inde) évaluée par **PANDA et al. (2006)**, où les valeurs de conductivité mesurées varient de 3476 à 22 535 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne de 13 666 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette dernière est caractérisée par une pollution d'origine anthropique.

IV-1-1-4-Oxygène dissous

Les teneurs en oxygène dissous sont comprises entre 2,85 et 6,92 mg/l avec une moyenne de $4,39 \pm 1,12$ mg/l. La figure montre des concentrations assez homogènes sauf celles du mois de Février, où on remarque une augmentation en raison du débit important enregistré durant la période de pluie qui peut augmenter l'échange de l'oxygène avec l'atmosphère et faciliter ainsi la circulation de l'air, et par la suite influencer la concentration en oxygène dissous (**MAKHOUKH et al., 2011**).

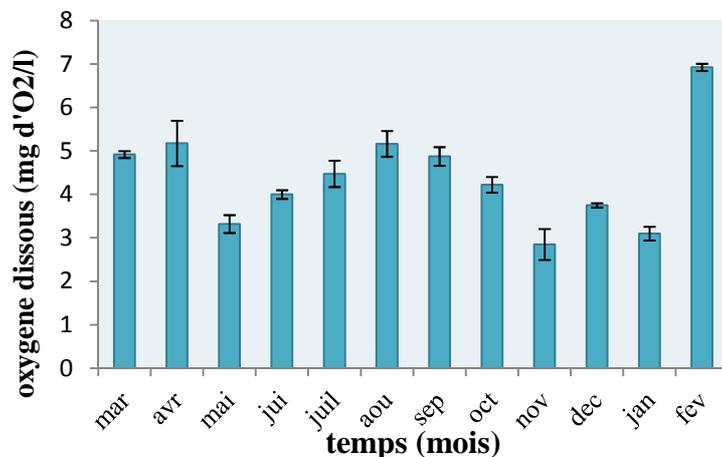


Figure n°28: Variation temporelle de l'oxygène dissous dans l'embouchure.

IRGOIEN et al. (1999), dans leur étude comparative entre trois estuaires européens ont constaté les variations suivantes : dans l'estuaire Elbe (Allemagne), les teneurs en oxygène dissous oscillent entre 9,08 et 11,23 mg d'O₂/l, à Gironde (France) entre 5,85 et 8,38 mg d'O₂/l et à Westerschelde (Hollande) entre 0,44 et 3,42 mg d'O₂/l, selon le degré de pollution.

BEST et al. (2007), considèrent que le milieu est sérieusement pollué lorsque la concentration en oxygène dissous est inférieure à 2 mg/l.

IV-1-2-Matières organique

IV-1-2-1-Demande chimique en oxygène (DCO)

D'après la figure 29, l'ensemble des échantillons présentent une DCO supérieur à 700 mg/l. Les concentrations évoluent entre 715,91 et 4295,73 mg /l avec une moyenne de $1704,79 \pm 1080,55$ mg/l, on observe un pic centré en mois de Septembre.

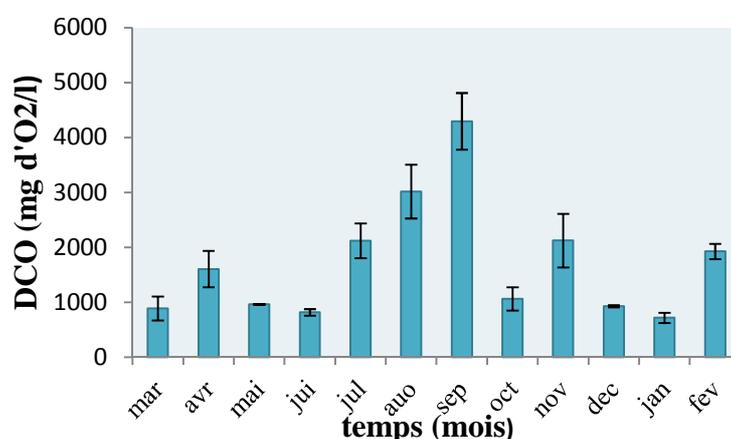


Figure n°29 : Variation temporelle de la DCO dans l'embouchure.

La DCO constitue un précieux paramètre indicateur de la présence de polluants. Elle est représentative de la majeure partie des composés organiques mais également des sels minéraux oxydables (sulfures, chlorures).

Les résultats obtenus sont très élevés par rapport à d'autres études et témoignent d'une pollution extrêmement importante. Par exemple, dans le bassin versant de Valence (Espagne) les concentrations maximales varient entre 356 et 967 mg/l (**SU'AREZ et al., 2005**). De même, l'étude réalisée par **HEON CHOA et al. (2004)**, dans l'estuaire de Youngsan (Corée du sud) a révélé des concentrations variant de 5,0 à 12,9 mg/l avec une moyenne annuelle de 7,9 mg/l.

D'après **BONTOUX (1993)**, nos résultats sont considérés hors classe (>80 mg/l).

IV-1-2-2-Demande biologique en oxygène (DBO₅)

La DBO₅ exprime la quantité d'oxygène nécessaire à la dégradation biologique de la matière organique d'une eau. Elle est sensiblement proportionnelle à la teneur de l'eau en matière organique biodégradable et donc à la quantité de micro-organismes et inversement

proportionnelle à la teneur en oxygène dissous. En effet, le profil des résultats obtenus montrent que les valeurs de DBO_5 mesurées (figure 30) s'échelonnent dans la fourchette de 21,55 à 76,61 mg/l avec une moyenne annuelle de $47,4 \pm 15,26$ mg/l.

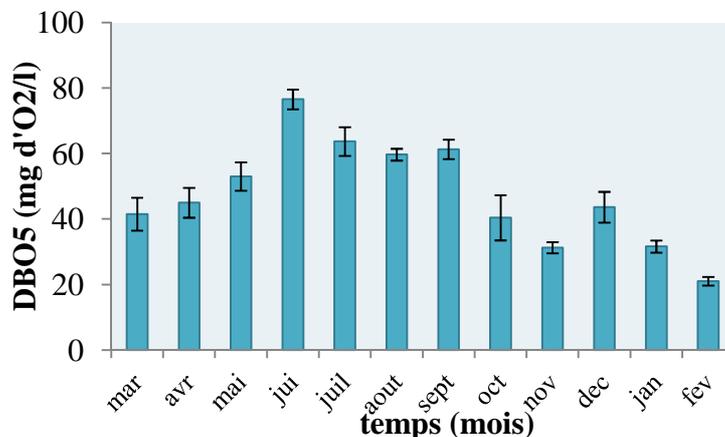


Figure n°30 : Variation temporelle de la DBO_5 dans l'embouchure.

La variation temporelle de la DBO_5 se caractérise par des valeurs plus importantes en période estivales qu'en période hivernale.

L'augmentation des teneurs en DBO_5 en période sèche peut être expliquée par l'instauration des conditions de dégradation de la matière organique par les microorganismes dont l'activité s'intensifie avec la diminution de la vitesse d'écoulement et avec le réchauffement des eaux. Cette activité, consommatrice d'oxygène, est à l'origine de l'autoépuration des eaux. Cependant en période humide les eaux de pluie contribuent à la dilution de la charge organique (MAKHOUKH *et al.*, 2011).

Dans l'ensemble du site, la concentration de la DBO_5 est relativement élevée par rapport à celle rapportée par d'autres études. A titre d'exemple, la DBO_5 mesurée au niveau de la rivière de Krka (Croatie) fluctue entre 0,3 et 1,8 mg/l (DROLIC, 2000) et entre 0,75–2,8 mg/l dans la station de Gangasar (Inde) (SARKAR *et al.*, 2007). Nos résultats sont également très éloignés de ceux obtenus par LIANG et WANG, (2003) (5,68-18,2 mg/l) et SINGH *et al.* (2005) (3,55-18,93mg/l).

La teneur des eaux de l'embouchure en DBO_5 a largement dépassé la norme (25 mg/l). En fait, ces valeurs élevées en DCO et DBO_5 sont dues au volume important d'eaux usées domestiques déversées par chaque commune ainsi qu'aux effluents des établissements industriels, principalement des industries à caractère agroalimentaire (l'industrie des corps gras CO.G.B. de Bejaïa, etc.).

IV-1-3 -Sels nutritifs

La figure ci-dessous illustre les variations temporelles des sels nutritifs (nitrates et phosphates) dans l'estuaire de l'Oued Soummam.

Les nitrates montrent une distribution irrégulière avec une nette variation entre la période printanière et les autres périodes, où les valeurs évoluent entre 39,5 et 3950 mg/l avec une moyenne annuelle de 1035,58 mg/l. Pour les phosphates, la teneur maximale est enregistrée en mois de Novembre (4,5mg/l) et la minimale en mois de Février (0,43 mg/l) avec une moyenne de 1,86 mg/l.

Cette variation saisonnière marquée relativement par une tendance à l'augmentation en période printanière laisse supposer une origine commune des deux sels nutritifs, expliquée principalement par des apports d'origine agricole (déjection animale, engrais), des rejets domestiques (détergents et eaux de vannes), et industrielles. Cependant les valeurs faibles en nitrates relevées pendant la saison humide pourrait être attribuées aux volumes importants des rejets d'eau usées qui n'ont pas fait l'objet d'aucun traitement préalable. En effet, les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote, et représentent la forme d'azote au de degré d'oxydation le plus élevé présent dans l'eau. Leurs concentrations dans les eaux naturelles sont comprises entre 1 et 10 mg/l. Cependant leurs teneurs dans les eaux usées non traitées sont faibles (MAKHOUKH *et al.*, 2011). A l'inverse, pour les phosphates comme pour la saison printanière, un enrichissement a été noté aussi en saison estivale. Cette disponibilité des phosphates peut être expliquée par les rejets urbains des agglomérations et le relargage du phosphore piégé en grande quantité dans les sédiments.

Selon MARTIN(1980), les agents atmosphériques, vent et pluie, représentent aussi des sources de phosphates surtout quand le débit fluviale est faible.

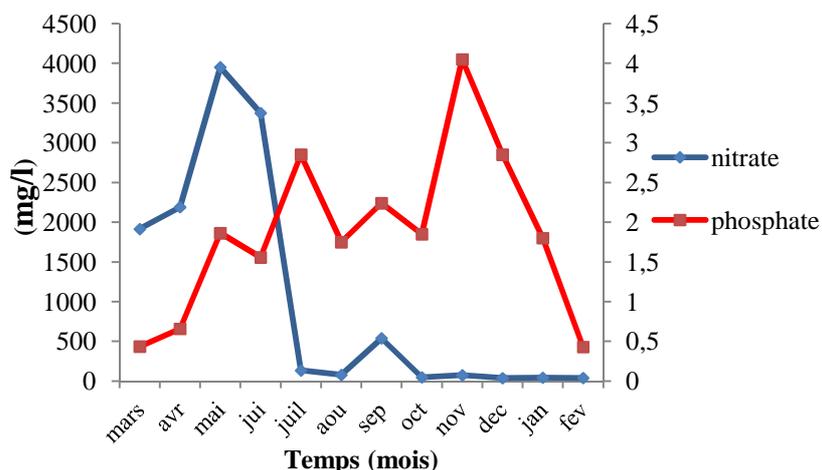


Figure n°31: Evolution temporelle des phosphates et des nitrates.

Par comparaison avec d'autres études, nos résultats sont très éloignés de ceux apportés par KERNER et GEISLER, (1995), dans l'estuaire Elbe (Allemagne) où les valeurs varient entre 1,24 à 2,48 mg/l pour les nitrates et 0,095 à 0,19 mg/l pour les phosphates. De même pour les eaux de la rivière Pearl (Chine) décrite par XU *et al.* (2008), où des moyennes annuelles de 0,014 mg/l et 0,26 mg/l pour les phosphates et nitrates respectivement sont

obtenus. Par contre dans la rivière Swale -Ouse (Angleterre), **CHRITMAS et WHITTON (1998)**, ont enregistré des valeurs allant de 670 à 4200 mg/l pour les nitrates, et **PANDA et al. (2006)**, ont obtenus des teneurs en phosphates qui oscillent entre 0,10 et 9,0877 mg/l avec une moyenne 2,85 mg /l dans la rivière Mahanadi (Inde).

Les teneurs en nitrates de l'estuaire de la Soummam s'éloignent largement de la norme de potabilité établit par OMS (50 mg/l).

Selon **RODIER et al. (1996)**, des concentrations en phosphates dans l'eau supérieures à 0,5 mg/l doivent constituer un indice de pollution.

IV-1-4-Sels dissous

IV-1-4-1-Chlorures

Les chlorures sont des anions inorganiques importants contenus en concentrations variables dans les eaux naturelles, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl). Ils sont souvent utilisés comme un indice de pollution.

Les concentrations en ions chlorures relevées dans les eaux de l'embouchure (figure 32) s'échelonnent entre 187,5 mg/l en période humide (Février) et 2992 mg/l en période sèche (Aout) avec une moyenne annuelle de $1442,25 \pm 792,32$ mg/l. Cette évolution indique la contribution d'un apport anthropique qui peut être d'origine urbaine aussi bien qu'industrielle.

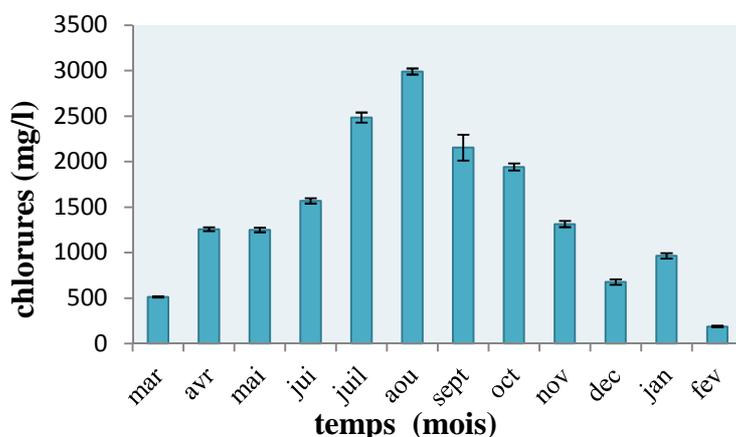


Figure n°32: Variation temporelle des ions chlorures dans l'embouchure.

L'évolution temporelle est marquée par un abaissement des teneurs en chlorures pendant la saison humide par rapport à la saison sèche résultant de la dilution par les précipitations en particulier en mois de Février (322 mm de précipitation).

A titre de comparaison, **NOORI et al. (2010)**, ont obtenus des teneurs en chlorures qui fluctuent entre 380 et 11280 mg/l avec une moyenne annuelle de 572 mg/l dans la rivière Karoon (Iran), contrairement à la moyenne annuelle 29 mg/l rapportée par **AZIZULLAH et al. (2011)**, au niveau de la rivière Chenab (Pakistan).

Pour notre étude, les chlorures enregistrent des teneurs qui dépassent les normes préconisées par l'OMS (250 mg/l).

IV-1-4-2-Sulfates

Les teneurs en sulfates sont comprises entre 6,25 et 106,5 mg/l avec une moyenne de $64,83 \pm 38,85$ mg/l, la figure 33 montre des concentrations assez hétérogènes. Les valeurs les plus faibles sont enregistrées en période printanière alors que la période estivale et hivernale sont marquées par les teneurs les plus élevées. Ces résultats peuvent être expliqués principalement par les volumes irréguliers de rejets déversés dans le temps.

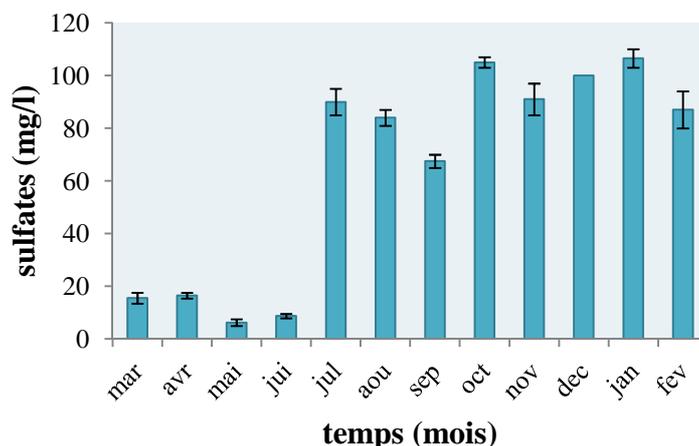


Figure n°33: Variation temporelle des sulfates dans l'embouchure.

Les sulfates sont très répandus dans la nature et constituent une composante ionique de l'eau. D'après **RODIER et al. (2009)**, la concentration en ions sulfates des eaux naturelles est très variable. Elle varie de 10 à 80 mg /l dans les eaux de surface, mais peuvent atteindre plusieurs milliers de milligrammes par litre à proximité de certains points de déversements industriels. Les origines des sulfates dans les eaux sont variées. Les origines anthropiques sont dues à l'utilisation d'engrais chimique et de lessive et aux rejets industriels. En effet, les principales sources industrielles sont les effluents des tanneries, des ateliers de décapage métallique, des usines de textile et des fabriques de pâtes à papier. Les origines naturelles sont principalement l'eau de pluie et l'oxydation de substances organiques qui peut également libérer les ions sulfates dans l'eau (**MC NEELY et al., 1980**).

Dans la rivière Yellow (Chine) considérée lourdement polluée **SIYUE et al. (2011)**, ont enregistré une moyenne annuelle en sulfates de 117.6 ± 9.5 mg/l, de même pour **OLI'ASA et al. (2004)** ont trouvé des teneurs allant de 50,7 à 3960 mg / l dans la rivière Odiel (Espagne).

Selon **RODIER et al. (2009)**, les eaux présentant une concentration en sulfate entre 20 et 120 mg/l sont considérées plus au moins séléniteuses ou polluées.

L'ensemble des résultats obtenus rendent possibles l'évaluation de la qualité physicochimique des eaux de l'estuaire de l'Oued Soummam en utilisant la grille de qualité physicochimique du système SEQ Eau (Tableau IX)

Tableau IX : évaluation de la qualité physicochimique des eaux de l'estuaire de l'Oued Soummam par SEQ Eau.

Paramètre	valeur	qualité
Température (°C)	19,81	Très bonne
pH	7,81	Très bonne
Conductivité (µs/cm)	6438	Très mauvaise
Oxygène dissous (mg/l)	4,39	Passable
DCO (mg d'O2/l)	1704	Très mauvaise
DBO5 (mg d'O2/l)	47,4	Très mauvaise
Nitrates (mg/l)	1035,58	Très mauvaise

De plus, la comparaison des teneurs en DCO, phosphates, chlorures et sulfates avec les différentes normes en vigueur montre que les eaux de l'estuaire de l'oued Soummam sont de très mauvaise qualité.

IV-2-Paramètres physicochimiques des sédiments

IV-2-1- pH

La figure 34 montre que le pH des sédiments varie très peu. En effet, le pH évolue entre 7,03 à 8, 25 avec une moyenne annuelle de $7,77 \pm 0,34$.

Le pH mesuré des sédiments est presque neutre pour les échantillons du mois de Mars au mois de Septembre et légèrement basique à partir du mois d'Octobre. Ce caractère neutre ou légèrement basique reflète bien la nature sédimentaire, dominée par des terrains calcaires.

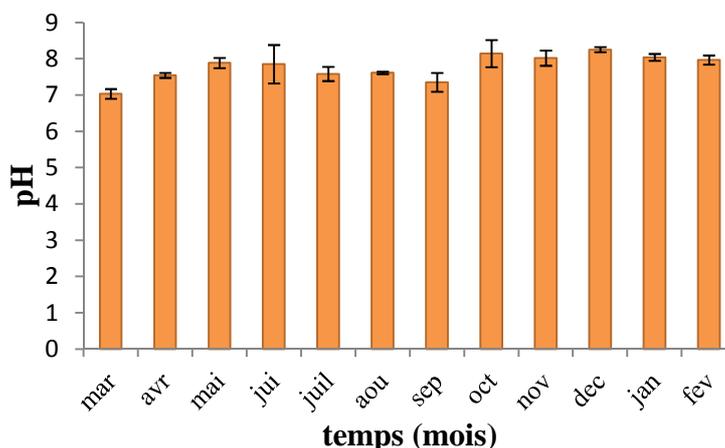


Figure n°34: Variation temporelle des pH des sédiments de l'embouchure.

Le pH constitue le paramètre le plus sensible aux modifications survenant dans l'évolution d'un sol (MATHIEU et PIELTAIN, 2003).

Si l'on compare nos résultats avec ceux d'autres études, on constate que nos résultats sont presque similaires à ceux apportés par CUNQI *et al.*(2007), dans l'estuaire Yangtze (Chine) où le pH varie entre 7,8 et 8,0. De même CARPENTIER *et al.* (1998), ont enregistré

des valeurs allant de 7,06 à 7,76 en mois de Décembre et de 7,2 à 8,2 en mois de Mars dans le bassin de la Seine (France).

IV-2-2- Conductivité

La conductivité des sédiments évolue selon la figure 35 entre 432,75 à 3116,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ avec une moyenne annuelle de $1227,72 \pm 716,48 \mu\text{S}/\text{cm}$. On remarque que le profil du graphe est semblable à celui obtenu lors de l'analyse des eaux. Une baisse des teneurs en sels minéraux est notée durant la période humide, à l'opposé de la période sèche où l'on observe une élévation avec un pic centré en mois de Septembre (3116,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Cette augmentation pourrait être due à l'enrichissement des sédiments en ions monovalents et divalents apportés par les rejets tandis que la baisse est justifiée par le lessivage des sédiments par l'apport des eaux pluviales.

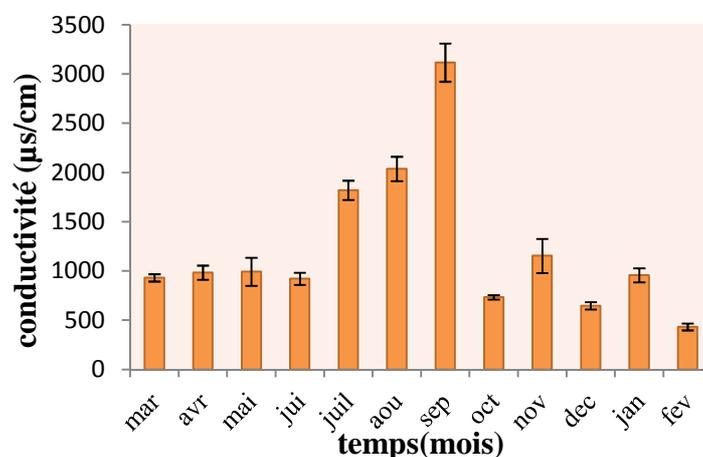


Figure n°35: Variation temporelle de la conductivité des sédiments de l'embouchure.

KRETSCHMARA et al. (2008), ont mesuré une conductivité électrique qui est comprise entre 956 et 1164 $\mu\text{S}/\text{cm}$ dans les sédiments des différents cours d'eau d'Amsterdam (Hollande).

IV-2-3-Humidité et la perte au feu

La figure ci après montre l'évolution de l'humidité et celle de la matière organique. Les sédiments sont caractérisés par une phase solide et une phase liquide, l'eau interstitielle. Les pourcentages en eau sont variables et dépendent en partie de l'hydrodynamisme de la rivière. Elles sont comprises entre 3,62 et 7,62 % avec une moyenne de 5,14 % selon la compaction et la possibilité de l'eau à percoler dans les sédiments de surface. Après incinération des échantillons, les teneurs en matières organiques obtenues oscillent entre 5 et 8,65 % avec une moyenne de 6,33 %.

Ces deux paramètres évoluent généralement d'une manière superposée, selon **BARBARA, (1985)**, la teneur en eau des sédiments est proportionnelle à leur charge en matière organique.

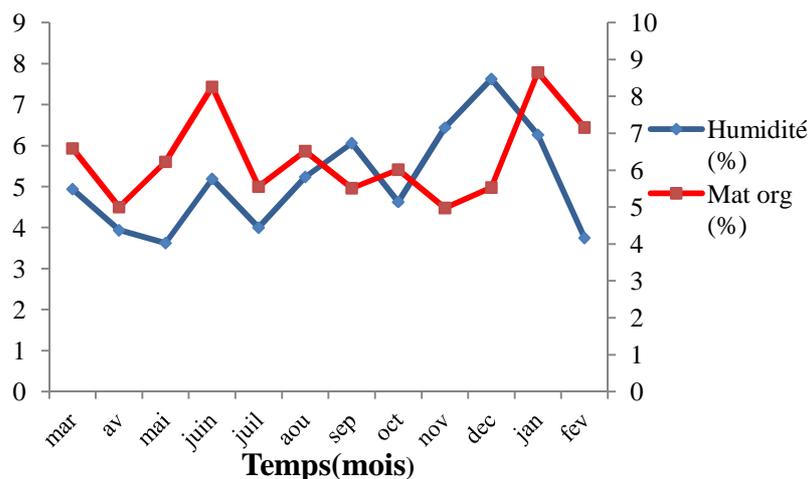


Figure n°36: Variation temporelle de l'humidité et la matière organique dans les sédiments de l'embouchure.

Ces teneurs assez importantes peuvent être expliquées par le caractère organique des rejets déversés, qui contribuent sensiblement à l'enrichissement des sédiments en matière organique. La granulométrie peut également jouer un rôle important sur la siccité du sédiment (ZHOU, 2009), ce qui nous laisse supposer que la texture des sédiments est dominée par les argiles, qui ont une forte adsorption d'eau et de matière organique.

Nos résultats sont comparables à ceux obtenus par ELEONORA *et al.* (2012), où l'humidité et la perte au feu varient respectivement entre 1,2 à 8,5% et de 2,1 à 6 % dans l'estuaire de Rio de la Plata (Argentine). A l'opposé, ZHANG *et al.* (2008), ont enregistré des valeurs importantes (49 et 6,3%) respectivement dans l'estuaire de Victoria (Chine).

IV-2-4- Chlorures des sédiments

Les teneurs des sédiments en chlorures sont représentées dans la figure ci-dessous. La valeur la plus élevée est enregistrée en mois d'Octobre (137,5mg/l) tandis que la minimale en mois de Février (24,5mg/l) avec une moyenne de $72,25 \pm 39,06$ mg/l.

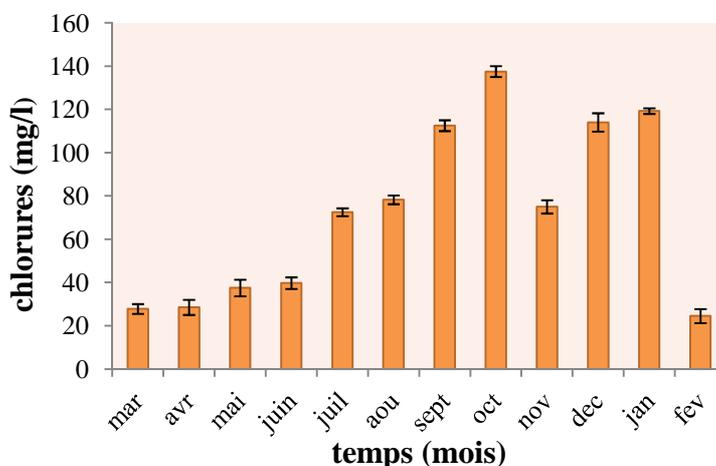


Figure n°37: Variation temporelle des chlorures dans les sédiments de l'embouchure.

Une étude similaire est réalisée au niveau de la rivière Ohau et celle de Hutt (nouvelle Zeland) dans lesquelles **ROBINSON, (1997)**, a obtenu des teneurs largement inférieures aux notre qui sont respectivement 26 et 10,5 mg /l, contrairement à **KRETSCHMARA et al. (2008)**, qui ont enregistré des teneurs fluctuant de 102 à 108 mg/ l.

Conclusion

L'oued Soummam qui compte parmi les plus grands bassins du Nord Est algérien, joue actuellement le rôle d'exutoire et de transport des différents rejets urbains et industriels. Il atteint un seuil alarmant de pollution, qui fait de lui pratiquement un égout à ciel ouvert.

Un suivi minutieux de l'évolution de cette pollution s'avère donc d'une grande nécessité pour sauver et protéger cet écosystème, afin de préserver ses potentialités bioécologiques et d'améliorer l'état de santé de la population riveraine.

L'étude menée sur l'estuaire de la Soummam a permis d'établir un constat de la qualité des eaux superficielles et des sédiments, par le suivi mensuel s'étendant sur un cycle annuel (Mars 2011- Février 2012).

La première partie de l'étude a permis de déterminer les caractéristiques physicochimiques de l'eau, dont le diagnostic a révélé la présence d'une charge organique et minérale importante. A l'exception de la température, du pH et de l'OD, qui reflètent une qualité des eaux acceptable, les autres paramètres (DBO₅, DCO, conductivité, la teneur en nitrates et phosphates) ainsi que les concentrations en sels minéraux (chlorures, sulfates) sont très élevées et dépassent largement les normes exigées.

La seconde partie de l'étude a été consacrée à une caractérisation physicochimique des sédiments superficiels. Les résultats obtenus montrent une légère variation temporelle pour le pH, l'humidité et la matière organique. Cependant la conductivité et la teneur en chlorure prouvent des variations temporelles comparables à celle retrouvées dans l'analyse des eaux. Enfin le taux des matières organique élevé confirme une pollution organique importante au niveau des sédiments.

En comparant la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire de la Soummam avec d'autres rivières à l'échelle du globe, il s'avère que cette rivière se situe parmi les plus polluées et ces eaux sont inaptées à la majorité des usages.

La mauvaise qualité des eaux de l'oued Soummam s'explique par les facteurs anthropiques représentés par la forte implantation industrielle et la forte densité de population sur le bassin, associées à un manque d'assainissement des eaux usées. En effet, la plupart des collectivités n'ont pas de réseau d'assainissement et très peu d'unités industrielles disposent de stations d'épuration, si bien que les eaux domestiques et les effluents industriels sont rejetés directement dans l'oued sans aucun traitement préalable.

En perspective il serait nécessaire de compléter le travail par l'étude de la granulométrie des sédiments ainsi que des métaux lourds et des différents polluants organique, recherchés dans l'eau et les sédiments.

Références bibliographiques

A

- **Agence Européenne Pour l'Environnement., 2006**, Problèmes prioritaires pour l'environnement méditerranéen. Rapport AEE n° 4/2006,56P.
- **ANGELIER E., 2000**, Ecologie des eaux courantes. Paris, Lavoisier Tec et Doc, P11.
- **AZIZULLAH A., KHATTAK M., P RICHTER. HADER D., 2011**, Water pollution in Pakistan and its impact on public health-A review *Environment International*, 37: 479-497.

B

- **BAIRAS R., FERNANDEZ N., BELLAS J., BESADA V., GONZALZ-QUIJANO A., NUNES T., 2003**, Integrative assessment of marine pollution in Galician estuaries using sediment chemistry, mussel, bioaccumulation and embryo-larval toxicity bioassays. *Chemosphere*, 52:1209-1224.
- **BANAS D., LATA J., 2007**, Les phosphates. Université Paris-Sud ; Laboratoire d'Ecologie, Systématique et Evolution P3.
- **BARBARA S., 1985**, Evolution des nutriments dans une station de lagunage. Thèse, Université de Rennes I, UER. Ecole Nationale supérieure de Rennes, France ,P36.
- **BARRIUSO E., CALVET R., SOULAS G., 1996**, Les pesticides et les polluants organiques dans le sol : transformation et dissipation .INRA, Unité des sciences du sol 78850 Thévire-Grignon, P3-4.
- **BARRY R., TAYLOR., SANDERSON J., LAFONTAINEC., 1998**, Programme de surveillance de la qualité de l'environnement de la rivière Liard. Rapport sommaire Division des ressources hydrauliques Affaires indiennes et du Nord Canada Yellowknife (T.N.-O.), P41.
- **BECHAC J.P., BOUTIN P., MERCIER B., NUER P., 1984**, Traitement des eaux usées,P6-7.
- **BENHAMICHE N., 1997**, Modélisation de la relation pluie-relief en vue de la cartographie par Krigeage : cas du bassin versant de la Soummam-thèse magister en Science agro. Option Aménagement mise en valeur -INA .Alger, P180.
- **BENMAHDI F., 2008**, Etude de la rétention d'un herbicide dans un sol agricole .Thèse, Université du Colonel Hadj Lakhdar-Batna P23-24.
- **BEST M.A., WINTHER., COATES S., 2007**, Dissolved oxygen as a physic chemical supporting element in the water framework directive .*Mar Poll. Bull*, 55:53-64.

- **BIJU-DUVAL B., 1999**, Géologie sédimentaire : bassin environnement de dépôts formation du pétrole. Edition TECHNIP, P158.
- **BOMMELAER O., DEVAUX J., 2011**, Couts des principales pollutions agricoles de l'eau. Commissariat Générale au Développement Durable, Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable Septembre n°52, P25.
- **BONTOUX J., 1993**, Introduction à l'étude des eaux douces, eaux naturelles, eaux usées et eaux de boisson. Nouvelle Edition cebedoc, P 170.
- **BRENOT A., CARIGNAN J., FRANCE-LANORD C., BENOIT M., 2007**, Geological and land use control on $\delta^{34}\text{S}$ and $\delta^{18}\text{O}$ of river dissolved sulfate: The Moselle river basin, *France Chemical Geology*, 244: 25-41.
- **Bureau Nationale d'Etude pour le Développement Rural., 2005**, Carte de bioclimat .Mission 2 : Analyse de diagnostique de la situation actuelle .Schéma Directeur De Développement Agricole de la Wilaya de Bejaia.

C

- **CARNEVALE E., FREI., GARCIA D., COPPEL G., 2006**, La qualité de l'eau. Impacts des activités et des intrants agricoles (engrais, pesticides, déchets, etc.) sur les eaux situées en aval des exploitations. Haute école de gestion de Genève, P 6-7.
- **CARPENTIER S., JUMEAU S., MOILLERON R., 1998**, Mobilisation des polluants lors de la mise en dépôt des sédiments fluviaux contaminés. Crève, Université Paris XII-Val de Marne, Créteil,P185.
- **COMITE DE BASSIN ADOUR GARONNE., 2000**, Atlas et données sur l'eau. Toulouse, AEAG et Diren Midi-Pyrénées, P28-30.
- **CONSEIL CANADIEN DES MINISTRES DE L'ENVIRONNEMENT., 1999**, Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique -oxygène dissous (eau douce), P53.
- **CONSEIL GENERAL DE LA LOIRE EN RHONE ALPES., 2007**, Réseau Départemental de Suivi de la Qualité des Eaux des Rivières de la Loire, 9P.
- **CHRITMAS M., WHITTON B A., 1998**, Phosphorus and aquatic bryophyte in the Swal-Ouse river system, north-east England, relationship between phosphates, internal N: P ratio and surface phosphate activity. *The science of the total Environment*, 210/211-398-399.
- **COYNE., BELLIER., 1973**, Etude de la régularisation de la Soummam. Bureau d'ingénieurs Conseils Paris. Université Louis Pasteur Centre de géographie appliquée Strasbourg, p124.
- **CUNQI L., JIANJIAN L.,HEPENG L.,2007**,Landward changes of soil enzyme activities in a tidal flat wetland of the Yangtze River Estuary and correlations with physico-chemicals factors .*Acta Ecologica Sinica*, 27(9), 3663-3669.
-

D

- **DAHDOUH N., 1994**, Situation de l'assainissement dans la wilaya de Bejaïa. Communication faite aux assises de l'eau .Bejaia le 04 et 05 Mai 1994, P3.
- **Direction de la planification et l'Aménagement du Territoire., 2003**, Annuaire statistique de la wilaya de Bejaia, Résultats 2003. Bejaia : sn, sd.
- **DARMENDRAIL D., 1987**, Filtration géochimique des métaux lourds lors de leur transfert d'une rivière vers une nappe alluviale ; applications à la nappe des alluvions du Rhône (69) et de la Deûle (59), Thèse de Doctorat de l'Université de Bordeaux III, P450.
- **DESJARDINS R., 2007**, Le traitement des eaux, Presse nationale polytechnique, chapitre I, P4-5.
- **DEVILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 1995**, Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Fiche 2.Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, P76.
- **Direction de l'environnement Bejaïa., 2011**, Rapport du service de l'environnement.
- **Direction de Programmation et Suivi Budgétaire, 2012**, Monographie de la Wilaya de Bejaia ÉDITION 2011, P78-91.
- **DROLC A., ZAGORC KOCAN J., 2002**, Estimation of sources of total phosphorus in a river basin and assessment of alternatives for river pollution reduction. University of Ljubljana, Slovenia. *Environment International*, 28:393-400.

E

- **ELEONORA S., CAROL A., EDUARDO E., et KRUSE A.,2012**, Tavani Physicochemical characterization of sediments from the coastal wetland of Samborombón Bay, Argentina Journal of South American Earth Science Journal of South American Earth Sciences ,34:26-32.
- **EL MORHIT M., FEKHAOUI M., SERGHINI A., EL BLIDI S., 2009**, Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos (côte atlantique, Maroc) *.Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, n°30, P39-47.

G

- **GAMRASNI M., 1986**, Le gout de l'eau: Etude de synthèse. association Française pour l'étude des eaux, P189.
- **GAUJOUS D., 1995**, la pollution des milieux aquatiques aide-mémoire TEC et DOC, P16.

- **GAUTHIER J., 2006**, Notion d'agriculture : Le sol, les cultures, les élevages, l'économie et la gestion. Edition Bordeaux : Delmas, P 55.
- **GENIN B., CHAUVIN C., MENARD F., 1997**, Cours d'eau et indices biologiques. Pollutions - Méthodes -IBGN. Dijon, ENESAD-CNERTA, P 87.
- **GRANT I., 2005**, paramètres environnementaux .Natural Resources Institute, Université of Greenwich, Royaume-Uni.
- **Groupe Scientifique de l'Eau., 2003**, Fiches synthèses sur l'eau potable et la santé humaine. Institut national de santé publique du Québec, p 173.
- **GUIDE TECHNIQUE., 2002**, Pollution toxique et écotoxicologie (bassin RHÔNE-MEDITERRANÉE-CORSE) N°7.

H

- **HADE, 2002**, Nos lacs, les connaître pour mieux les protéger. Water watches Australia Steering Committee .Editions Fides, p 360.
- **HEON CHOA J., KI SEOK S et., SUNG RYONG H A .,2004**,River water quality management model for optimizing regional wastewater treatment using a genetic algorithm *Journal of Environmental Management* 73: 229–242.
- **HOWLAND R.J.M.,TAPPINU A.D., UNCLES R.J, D.H., PLUMMER., N.J., 2000**,Distributions and seasonal variability of pH and alkalinity in the Tweed Estuary, UK *The Science of the Total Environment* 25(1r252-125)138 .
- **HUBERT P., 1998**, Eau puscule : Une introduction à la gestion de l'eau .Chapitre VIII Les réseaux d'adduction d'eau potable et l'épuration d'effluents domestiques. 2^{ème} Edition, HGA, Bucureşti, Romania, ISBN 973-98077-6-3, P65.

I

- **IRGOIEN X., POST J., CASTEL J., PFEIFFER K.F., B. HELLMANN., 1999**, Nycthemeral variations of the dissolved oxygen concentration in the turbidity maximum of three European estuaries: biological vs. physical processes. *Journal of Marine Systems*, 22: 173–177.

K

- **KEDDAL et YAO N'DRI, 2008**, Environnement : phénomène de pollution et techniques de protection, Centre Universitaire de Béchar, P12-13.
- **KERNER M., GEISLER C.D., 1995**, Dynamics of Cu release during early aerobic degradation in aggregated seston from the Elbe estuary .*Marine Chemistry* 51 133- 144.
- **KHALAF G., SLIM K., ABI-GHANEM C., NAKHLE K., FAKHRI M., 2009**, Caractérisation et corrélation des paramètres biotiques et abiotiques des eaux du Nahr El Bared. Lebanese. *Science Journal*, Vol. 10, No1,P9-11.
- **KRETSCHMARA E.I., KEIJERB H., BELEMANSB P., LAMERSDORF N., 2008**, Investigating physicochemical sediment conditions at decayed wooden pile

foundation sites in Amsterdam. *International Biodeterioration et Biodegradation*, 61:85–95.

L

- **LIANG Y., WONG M.H., 2003**, Spatial and temporal organic and heavy metal pollution at Marches nature reserve, Hong Kong. *Chemosphere*, 52:1647-1658.

M

- **MAANE S., LAIGNEL B., MOTELAYEB A., MADANI K., CHIBANE M., 2010**, Variabilité spatiale et temporelle de la qualité des eaux d'une rivière urbanisée en Algérie: Oued Soummam Colloque Eau, Déchets et Développement Durable, 28-31 mars 2010, Alexandrie, Egypte, P169-173.
- **MAKHOUKH M., SBAA M., BERRAHOU A., CLOOSTER M.V., 2011**, Contribution à l'étude physico-chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc orientale). *Larhyss Journal*, ISSN 1112-3680, n° 09, Décembre pp. 149-169.
- **MAROT F., 1998**, Caractérisation et traitement des sédiments de dragage contenant des polluants métalliques. Paris : BRGM, p 330.
- **MARTIN JM., 1980**, Cycle des éléments chimiques dans les estuaires. *Oceanis* 5(fasc .hors série) :P517-520.
- **MATHIEU C ., PIELTAIN F., 2003**, Analyse chimique des sols. Méthodes choisies. Editions TEC et DOC, LAVOISIER, P153-154.
- **MC NEELY RN ., NEIMANIS PV., DWYER L., 1980**, Sulfate. In références sur la qualité des eaux. Guide des paramètres de la qualité des eaux. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa, p40-41.
- **MC KINNEY M.L., 2002**, Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci*, 52: 883-890.
- **MECHAYMECH M., 2002**, Valorisation des boues de dragage - application: port autonome de Dunkerque, Université d'Artois.
- **MIQUEL G., 2003**, La qualité de l'eau et de l'assainissement en France. Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques. N° 215, P66-67.
- **MOALI., 2009**, Fiche Descriptive Ramsar de la Vallée de l'oued Soummam. FDR-version (2006-2008), P2-5.
- **MOLENAT J., DORIOZ J.M., GACUEL C., GRUAU G., 2011**, Les pollutions de l'eau dans les bassins versants agricoles : natures, sources et mécanismes de transfert Territ 'Eau - Agro-Transfert Bretagne.
- **MONTUELLE., 2010**, Qualité et gestion des sédiments d'eau douce ; Élément physico-chimique et biologique, P160.
- **MOUNI L., MERABET D., ARKOUB H., MOUSSACEB K., 2009**, Étude et caractérisation physico-chimique des eaux de l'oued Soummam (Algérie). *Article de recherche Sécheresse* ; 20 (4) : 360-6.

N

- **N’GUESSAN., 2008**, Dynamique des éléments traces dans des eaux de surface des bassins versants agricoles de Gascogne, thèse de Toulouse. Spécialité : agrosystème, P39-41.
- **NF EN 1899-1, Mai 1998**. Qualité de l’eau .Détermination de la demande biochimique en oxygène après n jours (DBO_n).Méthode par dilution indice de classement T90 -103-1.
- **NF ISO-10390 Novembre 1994**. Dosage des chlorures. Indice de classement X31-117.
- **NF ISO 9279 Février 2000** .Détermination de pH. Indice de classement T90-014.
- **NOORI R., SABAHI M.S., KARBASSI A.R., BAGHVAND A., TAATI ZADEH H., 2010**, Multivariate statistical analysis of surface water quality based on correlations and variations in the data set. *Desalination* ,260 : 129–136

O

- **Office nationale de météorologie de Bejaia., 2012**, Données climatiques de la Wilaya de Bejaia (2011-2012).
- **OTHONIEL C., 2006**, La croissance du bio film photosynthétique : Un indicateur du statut trophique des rivières. Université de Bordeaux, P140 et 180.

P

- **PANDA U., SUNDARAY S., RATH P., NAYAK B., BHATTA D., 2006**
Application of factor and cluster analysis for characterization of river and estuarine water systems – A case study: Mahanadi River (India). *Journal of Hydrology*, 331: 434 - 445.
- **PINHEIRO A., CAUSSADE B., 1997**, Fresh water Contamination (Proceedings of Rabat Symposium S4, April-May 1997). Simulation de la pollution diffuse dans des bassins versants agricoles.

R

- **RAMAROSON J., 2008**, Calcination des Sédiments de Dragage Contaminés. Etudes des Propriétés Physico-chimiques P21-22.
- **RAMESSUR T., RAMJEAWON T., 2002**, Determination of lead, chromium and zinc in sediments from an urbanized river in Mauritius, *Environment International*, 28:315-324.
- **RAYMOND D., 1990**, Le traitement des eaux .*Ed Ecole polytechnique de Montréal, revue, p 3-4.*

- **RICHARD-MAZET A., 2008**, Etude écotoxicologique et environnementale de la rivière Drôme : application à la survie de la loutre p57.
- **ROBINSON B., 1997**, Discrimination of sulfur sources in pristine and polluted New Zealand river catchments using stable isotopes. *Applied Geochemistry, Vol. 12, pp. 305-319.*
- **RODIER., 1984**, L'analyse de l'eau : eau naturelle, eau résiduaire, eau de mer. 7^{ème} Edition DUNOD Paris p1353.
- **RODIER J., BAZINC C., BROUTIN JP., CHAMBON P., CHANPSAUR H., RODI L., 1996**, L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. 7^{ème} Edition DUNOD Paris, P1117.
- **RODIER J., BAZINC C., BROUTIN JP., CHAMBON P., CHANPSAUR H., RODI L., 2005**, L'analyse de l'eau eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer 8^{ème} Edition., DUNOD, p 36-39.
- **RODIER J., LEGUBE B., MERLET N., 2009**, L'analyse de l'eau. 9^{ème} Edition., DUNOD Paris p50.

S

- **SALGHI R., 2005**, Différentes filières de traitement des eaux, Ecole Nationale des Sciences Appliquées d'Agadir Maroc, P19 et 32.
- **SARKAR S.K., SAHA M., TAKADA H., BHATTACHARYA A., MISHRA P., BHATTACHARYA B, 2007**, Water quality management in the lower stretch of the river Ganges, east coast of India: an approach through environmental education. *Journal of Cleaner Production, 15: 1559–1567.*
- **SINGH ., MALIK A., ASINHA S., 2005**, Water quality assessment and apportionnement of pollution sources of Gomti River (India) using multivariate statistical techniques. *A case study. Anal. Chem. act., 538:355-374.*
- **SIYUE., LI J ., ZHANG Q., 2011**, Water quality assessment in the rivers along the water conveyance system of the Middle Route of the South to North Water Transfer Project (China) using multivariate statistical techniques and receptor modeling. *Journal of Hazardous Materials, 195:306– 317.*
- **SMPNR Avesnois., 2007**, La qualité des cours d'eau du bassin versant de la Sambre Proposition d'état des lieux SAGE de la Sambre, P31 et 42.
- **SU´AREZ J., et PUERTA J., 2005**, Determination of COD, BOD, and suspended solids loads during combined sewer overflow (CSO) events in some combined catchments in Spain. *Ecological Engineering, 24 :201–219.*

T

- **TARDAT M.H., BEAURDY J.P., 1984**, Chimie des eaux. Édition : Le griffon d'argile, Saint-Laurent, P 337.
- **THOMAS O., 1995**, Métrologie des eaux résiduaires. Édition, CEBEDOC SPRL p18.

V

- **VIALA., BOTTA., 2005**, Toxicologie.2^{ème} édition, Lavoisier TEC et DOC,P248 ,1096.
- **VILAGINES R., 2003**, Eau, environnement et santé 2^{ème} Edition Médicale internationales, Lavoisier, p71.
- **VIOLLIER E., MICHAARD G., SARAZIN G., CHOQUIER A., ROZIERE P., 1993**, Une sonde photométrique pour l'analyse in-situ .*Revue des sciences de l'eau*. 6 395-410.
- **VIZITREVG., 198**, Etude d'approvisionnement en eau potable et industrielle des agglomérations du couloir Akbou-Bejaia à partir du barrage Tichi Haf. Rapport de synthèse de la collecte des données, P 130.

W

- **WU M.L., WANG.Y.S. 2007**, Using chemometrics to evaluate anthropogenic effect in Daya Bay, *China Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72:732-742.

X

- **XU J., YIN K., HE L., YUAN X., Ho A., HARRISON P., 2008**, Phosphorus limitation in the northern South China Sea during late summer: Influence of the Pearl River .*Deep-Sea Research*, 55:1330– 1342.

Z

- **ZHANG W., SONG L ., KI J ., LAU C .,LI X , QIAN P ., 2008** ,Microbial diversity in polluted harbor sediments II: Sulfate-reducing bacterial community assessment using terminal restriction fragment length polymorphism and clone library of drabs gene .*Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 76 : 682-691.
- **ZHOU Y., 2009**, Evaluation de la biodisponibilité des métaux dans les sédiments. Rapport d'étude. Agence de l'eau Artois-Picardie et Université des Sciences et technologie de Lille I, UMR Géosystèmes, P14.

Annexes

Annexe n°01: Paramètres d'analyse des eaux

Détermination de la DBO5

Réactifs :

- Solution de phosphate
 - monohydrogéné phosphate de sodium (NaHPO_4)..... 8,5 g.
 - dihydrogéné de potassium(KH_2PO_4)..... 2,8g.
 - l'eau distillée..... 1000 ml.
- La solution de phosphate de magnésium à 2g /100ml :
Dissoudre 2g de phosphate de magnésium dans 100 ml d'eau distillée.
- La solution de chlorure de calcium à 2,5g /100ml :
Dissoudre 2,5g de chlorures de calcium dans 100 ml d'eau distillée.
- La solution de fer à 0,15g/100ml :
Dissoudre 0,15 g de fer dans 100ml d'eau distillée.
- La solution d'ammonium à 0,2g/100ml :
Dissoudre 0,2 g d'ammonium dans 100ml d'eau distillée.
- L'eau de dilution
 - Introduire 5 ml de solution phosphate ,1 ml de sulfate de magnésium ,1 ml de chlorure de calcium ,1 ml de chlorure de fer ,1 ml de chlorure d'ammonium dans un Erlenmayer de 1000ml.
 - Ajuster jusqu'à 1000 ml de solution avec de l'eau distillée ;
 - Maintenir la solution à 20 °C et l'aérer jusqu'à 10 mg/l d'O₂ ;
 - Laisser reposer 12 h à récipient débouché .

Mode opératoire :

- ✓ Mettre un volume connu à analyser dans une fiole de 100 ml et compléter avec de l'eau de dilution, homogénéiser ;
- ✓ Vérifier le pH et entre 6 et 8 ;
- ✓ Bien boucher sans bulles d'air en rasant la surface avec le parafilm ;
- ✓ Conserver les récipients à 20°C et dans l'obscurité après mesure de l'O₂ ;
- ✓ Mesurer l'O₂ subsistant au bout de 5 jours ;
- ✓ Pratiquer un essai témoin en dosant l'O₂ dans l'eau de dilution.

Détermination de la DCO

Réactifs :

- Solution de bichromates de potassium $K_2Cr_2O_7$ à 0,04 mol/l :
 - Dissoudre 80 g de sulfate de mercure (Ag_2SO_4) dans 80 ml d'eau distillée ;
 - Ajouter lentement 100ml d' H_2SO_4 concentré ;
 - Laisser refroidir ;
 - Ajouter 11,767 g $K_2Cr_2O_7$;
 - Compléter à 1L avec l'eau distillée.
- Solution de sulfate d'argent (Ag_2SO_4) à 10g/l :
 - Dissoudre 10 de Ag_2SO_4 dans 40 ml d'eau distillée ;
 - Ajouter 960ml H_2SO_4 concentré.

Mode opératoire :

- ✓ Introduire dans un tube 5 ml d'échantillon ;
- ✓ Ajouter 2,5ml $K_2Cr_2O_7$;
- ✓ Ajouter 7,5ml de la solution Ag_2SO_4 lentement en agitant sous l'eau froide ;
- ✓ Chauffer à 160 °C pendant 2h ;
- ✓ Lire l'absorbance à 600 nm.

Courbe d'étalonnage :

- ✓ Préparer une série de dilution avec le glucose ;
- ✓ Suivre le même protocole indiqué dans le mode opératoire pour les solutions étalons ;
- ✓ Lire l'absorbance à 600 nm.

Dosage des chlorures par la méthode de Mohr

Réactifs :

- Solution de nitrates d'argent $AgNO_3$:
 - $AgNO_3$ 4,791g ;
 - Ajouter l'eau distillée jusqu'à 1 litre.
- Solution de chromates de potassium 50 g/l :
 - Chromates de potassium..... 50g.
 - Ajouter l'eau distillée jusqu'à 1 litre.

Mode opératoire :

- Essai à blanc

- ✓ Mettre dans un erlenmeyer 100 ml d'eau distillée, ajouter 1ml de bichromate de potassium (K_2CrO_4).
- ✓ Titrer avec la solution de Nitrate d'argent ($AgNO_3$) jusqu'au virage de la coloration Jaune au brun rougeâtre.
- Dosage de l'échantillon
 - ✓ De la même manière procéder au titrage de l'échantillon, noter le volume V_s .

Dosage des nitrates

Mode opératoire :

Le test Nitrate dans la gamme de mesure 0-20mg/l s'effectue comme suit :

- ✓ Mettre dans un tube Nitrate test 1ml d'échantillon, en utilisant une seringue graduée, compléter le tube de l'eau distillée jusqu'au repère de 20ml ;
- ✓ Ajouter une cuillère de poudre de nitrate et « Nitrate Tablet », ne pas écraser la pastille. Fermer le tube avec le capuchon et agiter pendant 1 minute, puis attendre que la solution se stabilise 1 minute ;
- ✓ Inverser le tube 3 à 4 fois puis attendre au moins $\frac{1}{2}$ minute la dissolution complète de réactif ;
- ✓ Transférer la solution propre dans le tube de 10 ml, ajouter une pastille « Nitricol » écraser et remuer pour dissoudre. attendre 10 minutes puis effectuer la lecture 570 nm .

Dosage des phosphates

Mode opératoire :

- ✓ Remplir le tube jusqu'à 10 ml avec de l'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter une pastille « NO1RLR » écraser et remuer pour dissoudre ;
- ✓ Ajouter une pastille phosphate « NO2RLR' » écraser et remuer pour dissoudre ;
- ✓ Attendre 5min puis effectuer la lecture à 490 nm.

Dosage des sulfates

Mode opératoire :

- ✓ Remplir le tube jusqu'à 10 ml avec de l'eau à analyser ;
- ✓ Ajouter une pastille « Sulphate turb », écrasé et remuer pour dissoudre .Une solution nuageuse indique la présence de sulfate ;
- ✓ Attendre 5 min puis effectuer la lecture à 520nm.

Annexe n°02: Paramètres d'analyses des sédiments

Détermination du pH

Mode opératoire :

- ✓ Prélever une prise d'essai de l'échantillon ;
- ✓ Ajouter 5 fois son volume d'eau ;
- ✓ Agiter énergiquement à l'aide d'un agitateur mécanique la suspension pendant 5 minutes et attendre au moins 2h. ;
- ✓ Agiter énergiquement la suspension juste avant le mesurage de pH.
- ✓ Mesurage le pH de la suspension.

Détermination de la conductivité

Mode opératoire :

- ✓ Peser 10g de terre fine dans un bécher de 100ml et ajouter 50ml d'eau distillée ;
- ✓ Agiter 30 minutes avec un agitateur magnétique à mouvement horizontale;
- ✓ Filtrer le mélange terre fine-eau ;
- ✓ Mesurer la conductivité de filtrat avec la conductimètre à la température mesurée ;
- ✓ Plonger l'électrode dans le filtrat et prendre la lecture après stabilisation du conductimètre.

Dosage des chlorures

Réactifs :

- Solution de nitrates d'argent (AgNO_3)
 - AgNO_31,6987 g.
 - Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 1 L.
- Solution de bichromate de potassium ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 5%
 - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$5g.
 - Eau distillée80 ml.
 - Quelques gouttes de la solution de nitrate d'argent jusqu'à l'apparition d'un légère précipité rouge.

Mode opératoire :

- ✓ Transvaser 10 g de l'extrait (à 10 ou 100 fois selon la concentration estimée dans une fiole conique de 100 ml).
- ✓ Ajouter 10 gouttes de la solution $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$.
- ✓ Doser avec la solution de AgNO_3 , en agitant continuellement la solution jusqu'à ce qu'une couleur rouge se développe.
- ✓ Noter le volume V de AgNO_3 utilisé.

Détermination de l'humidité

Mode opératoire :

- ✓ Peser dans un bécher préalablement taré un poids exactement connu de sédiment tamisé (2mm) ;
- ✓ Porter le bécher à l'étuve à 105 °C pendant 24 h ;
- ✓ Retirer le bécher de l'étuve et le laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- ✓ Peser et noter le poids.

Détermination de la perte au feu

Mode opératoire :

Après avoir pesé le poids de sédiment séché à l'étuve à 105°C déterminé l'humidité ;

- ✓ Placer ensuite la capsule dans un four à moufle ;
- ✓ Monter la température jusqu'à 525 °C pendant 4 h ;
- ✓ Laisser la capsule au dessiccateur ;
- ✓ Peser après refroidissement de la capsule jusqu'à l'obtention d'une masse constante M_3 .

Annexe n°03 : Résultats d'analyse physicochimique des eaux et des sédiments

Les résultats physiques (in situ) des eaux

	Température (°C)	pH	Conductivité (μ S/cm)	Oxygène dissous mg d'O ₂ /l
Mars	16,34	7,68	2450	4,92
Avril	18,67	7,68	4790	5,17
Mai	19,54	7,79	4220	3,32
Juin	25,72	8,03	6250	4
Juillet	28,35	8,05	10010	4,47
Aout	27	7,76	10630	5,16
Septembre	26,25	7,67	14400	4,87
Octobre	21,7	7,91	7600	4,22
Novembre	17	7,64	4850	2,85
Décembre	12,7	7,89	2910	3,75
Janvier	12,45	8,25	4390	3,1
février	12,7	7,68	1300	6,92

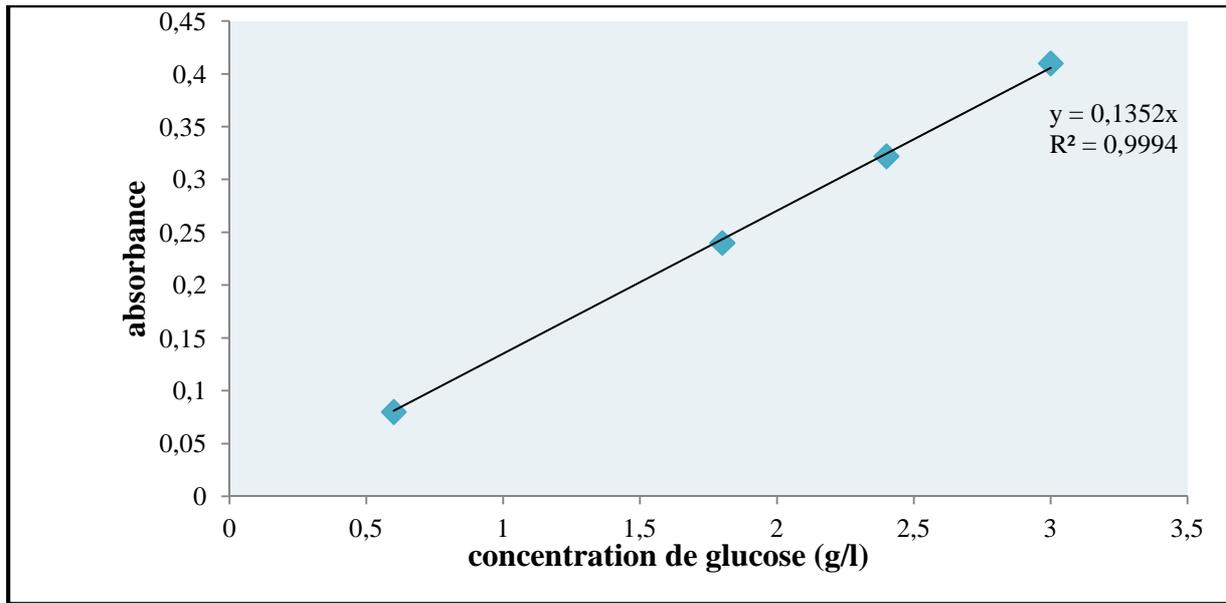
Tableau des résultats d'analyse chimique des eaux

	DBO5 (mgd'O2/l)	DCO (mgd'O2/l)	Chlorures (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Phosphates (mg/l)	Sulfates (mg/l)
Mars	41,525	888,8	513,75	1914,5	0,435	15,5
Avril	45	1604,76	1256,5	2190	0,65	16,5
Mai	53	962,93	1250	3950	1,86	6,25
Juin	76,55	814,78	1569	135	1,55	8,75
Juillet	63,7	2119,53	2486	78	2,85	90
Aout	59,7	3016,76	2992	540	1,75	84
Septembre	61,3	4295,73	2154,75	47,5	2,24	67,5
Octobre	40,42	1061,33	1943	3375	1,85	105
Novembre	31,63	2123	1314,75	75	4,05	91
Décembre	43,63	928,11	676	39	2,85	100
Janvier	31,63	715,91	963,75	43,5	1,8	106,5
février	21,05	1925,9	190	39,5	0,43	87

Tableau des résultats physicochimiques des sédiments

	pH	Conductivité (μS/cm)	Chlorures (mg/l)	Humidité (%)	Perte au feu (%)
Mars	7,03	931,75	27,75	4,93	6,59
Avril	7,54	984,75	28,5	3,93	5
Mai	7,88	993,5	37,5	3,62	6,22
Juin	7,85	921,75	39,75	5,18	8,26
Juillet	7,58	1820,25	72,5	4,00	5,55
Aout	7,61	2037,75	78,5	5,23	6,50
Septembre	7,35	3116,5	112,5	6,06	5,51
Octobre	8,14	733,75	137,5	4,62	6,01
Novembre	8,02	648,33	75	6,43	4,972
Décembre	8,25	957	114	7,62	5,53
Janvier	8,04	1227,72	119,25	6,25	8,65
février	7,96	716,48	24,5	3,75	7,16

Annexe n°04 : Courbe d'étalonnage de la DCO



Annexe n° 05: Tableaux des concentrations des sels nutritifs

Tableau des concentrations des sulfates

mg/l	Sulfate									520nm
%T	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
90	3	5	7	8	9	10	12	13	14	15
80	16	17	18	19	20	21	22	24	25	26
70	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
60	37	38	39	40	42	43	45	46	48	49
50	50	52	53	54	56	57	59	60	62	64
40	65	67	68	70	72	74	75	77	79	81
30	83	85	87	90	93	95	97	100	103	107
20	110	113	116	120	124	128	133	138	143	148
10	155	162	170	178	185	193	200	–	–	–

Tableau des concentrations des nitrates

mg/l	Nitrate									570nm
%T	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
90	–	–	–	–	0.000	0.003	0.006	0.009	0.012	0.015
80	0.018	0.021	0.024	0.028	0.032	0.036	0.040	0.043	0.047	0.051
70	0.055	0.059	0.063	0.068	0.072	0.076	0.080	0.085	0.089	0.094
60	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
50	0.15	0.15	0.16	0.17	0.17	0.18	0.18	0.19	0.20	0.20
40	0.21	0.22	0.22	0.23	0.24	0.24	0.25	0.26	0.27	0.28
30	0.30	0.31	0.32	0.33	0.34	0.35	0.37	0.38	0.40	0.42
20	0.43	0.45	0.47	0.50	0.53	0.55	0.58	0.60	0.65	0.70
10	0.75	0.80	0.85	0.90	1.00	–	–	–	–	–

Tableau des concentrations des phosphates

mg/l	phosphate									490nm
%T	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
90	–	–	–	0.0	0.07	1.8	2.9	4.1	5.2	6.4
80	5.5	8.7	9.9	11	12	14	15	16	18	19
70	20	21	23	24	26	27	28	30	31	33
60	34	36	38	39	41	42	44	46	47	49
50	51	53	55	56	58	60	62	64	66	68
40	71	73	75	77	80	82	84	87	89	92
30	95	97	100	–	–	–	–	–	–	–

Annexe n°06: Densité de la population par daïra (DPSB, 2012)

DAIRA	Population 31/12/2011	au	Superficies des dairates (km ²)	Densité Habitants / km ²
BEJAIA	202222		166,54	1214,25
AMIZOUR	76300		213,18	357,92
TIMEZRIT	26494		38,09	695,57
S. EL-TENINE	34695		127,02	273,15
TICHY	37909		211,87	178,92
IGHIL-ALI	24683		269,93	91,44
DARGUINA	43112		140,67	306,47
AOKAS	29323		80,63	363,67
ADEKAR	24707		363,1	68,05
AKBOU	81426		212,29	383,56
SEDDOUK	47378		228,54	207,31
TAZMALT	50086		176,65	283,53
CHEMINI	37530		100,27	374,29
BARBACHA	22816		129,33	176,42
LOUZELLAGEN	23288		61,4	379,28
SIDI-AICH	40827		81,69	499,78
EL-KSEUR	52765		306,4	172,21
KHERRATA	65895		221,03	298,13
B- MAOUCHE	13745		94,86	144,90
TOTAL WILAYA	935200		3223,49	290

Glossaire

Affluent : se dit d'un cours d'eau qui se jette dans un autre.

Alluvion : le sédiment déposé par l'eau courante, comme dans un lit de rivière, une plaine d'inondation, ou un delta.

Assainissement : ensemble des pratiques mises en œuvre pour lutter contre la pollution. Le terme concerne plus particulièrement la collecte des eaux usées et celle des déchets ainsi que leur traitement.

Bassin versant : une zone basse vers laquelle les ruisseaux coulent des collines limitrophes, ordinairement, un bassin ouvre vers la mer ou vers une sortie en aval; mais dans une région aride sans sortie, un bassin peut être entouré par du terrain plus haut.

Benthique : adjectif qui qualifie l'interface eau -sédiment d'un écosystème aquatique ou d'un organisme vivant libre sur le fond ou fixé.

Combustion : réaction thermique par laquelle un élément se lie à l'oxygène, et les éléments constitutifs combustibles et volatils (comme les matières organiques et l'eau) s'évaporent.

Dragage : extraction de la vase du fond d'un plan d'eau, à l'aide de machinerie spéciale. Le dragage perturbe l'écosystème et cause un ensablement qui peut s'avérer fatal pour la vie aquatique.

Ecotoxicité : capacité d'une substance à provoquer des effets toxiques non seulement sur les espèces vivantes mais aussi sur leurs organisations, leurs rapports avec la matière inanimée, et leurs rapports entre elles (déséquilibres biologiques).

L'écotoxicité d'une substance est plus particulièrement liée à ses effets toxiques à long terme.

Effluent : eaux usées ou déchets liquides industriels rejetés dans l'eau naturelle par des usines d'épuration, des industries ou des fosses septiques.

Estuaire : région d'interaction entre un cours d'eau et les eaux océaniques côtières, où l'action tidale et l'écoulement fluvial ont pour effet de mélanger les eaux douces et les eaux salées. On peut y trouver des baies, des embouchures, des marais salés et des lagunes. Ces écosystèmes aux eaux saumâtres offrent abri et nourriture à la faune marine, terrestre et avienne.

Eutrophisation : processus naturel d'enrichissement des lacs et des étangs en éléments nutritifs dissous, stimulant la croissance des algues et d'autres plantes microscopiques.

Exutoire : toute issue par laquelle l'eau d'un cours d'eau, d'un lac, d'une nappe s'écoule par gravité. En drainage particulièrement, ouvrage recevant l'eau du collecteur.

Lessivage : disparition dans le sol des substances organiques et inorganiques solubles de la couche arable, par percolation de l'eau.

Limons : fines particules de sable ou de roche transportées par l'air ou l'eau et se déposant sous forme de sédiments.

Miocène : quatrième division de la période tertiaire de l'ère cénozoïque, il y a entre 26 et 12 millions d'années.

Orographie : Partie de la géographie qui traite du relief terrestre.

Pliocène : période correspondant à la fin de l'ère tertiaire et comprise dans le cénozoïque. L'époque pliocène dure environ 10 millions d'années et remonte à 12 millions d'années.

Ruissellement : quantité de précipitations présentes dans les cours d'eau et les lacs de surface; profondeur jusqu'à laquelle un bassin hydrographique serait couvert s'il y avait distribution uniforme de toutes les eaux de ruissellement d'une période donnée.

Résumé

L'Oued Soummam est l'un des principaux cours d'eau côtiers d'Algérie. Il a subi et continue de subir des dégradations importantes, suite aux déversements des déchets industriels ainsi qu'à l'augmentation observée jour après jour des points de déversement des eaux usées domestiques. Cette étude s'est intéressée à la caractérisation physicochimique des eaux et des sédiments de son estuaire. Dans ce but une multitude de paramètres ont été analysés.

Les résultats d'analyse des eaux obtenus ont révélé une situation appréciable pour la température, pH et l'OD, une pollution organique et minérale très importante. Cela est confirmé par les fortes concentrations en DBO, DCO, sels nutritifs, sels dissous et conductivité.

Un taux élevé en matière organique dans les sédiments est également constaté ce qui confirme une contamination organique importante.

Mots clés : eaux de surface, sédiments, qualité des eaux, pollution, estuaire de l'Oued Soummam.

Abstract

The Soummam River is one of the main Algerian coastal rivers. Underwent and continues to undergo significant degradation due to both anarchistic discharge of industrial waste and the constantly increasing points of discharge of domestic worn water.

The results of water analysis obtained revealed a relatively good situation for the temperature, pH and the DO, a very significant organic and mineral pollution, which is confirmed by the strong concentrations of COD, BOD, nutritive salts, dissolved salts and conductivity.

A rate raised in organic matter in sediments also proved an important organic contamination.

Key words: surface water, sediment, water quality, pollution, Soummam estuary.