

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE BADJI MOKHTAR- ANNABA



جامعة باجي مختار - عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT D'HYDRAULIQUE

MEMOIRE DE MASTER

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIERE : HYDRAULIQUE

OPTION : OUVRAGE HYDRAULIQUE

Thème

**ÉTUDE DE L'APTITUDE À L'IRRIGATION DES EAUX
ÉPURÉES DE LA STATION D'ÉPURATION DE LALALLIK
-WILAYA DE ANNABA -**

Présenté par:
TALHI ASMA

Dirigé par :
M. HACHEMI RACHEDI.L

Jury de soutenance :

M. DJEMILI Lakhdar	Président	Pr	U.B.M
M. HACHEMI RACHEDI LAMIA	Encadreur	MCB	U.B.M
M. TOUMI ABDELHAMID	Examinateur	MAA	U.B.M
M ^{me} . BOUSLAH SORAYA	Examinatrice	MAA	U.B.M

Promotion : JUIN 2018

Remerciements

Je souhaite exprimer toute mes remerciements à tous ceux qui ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

En premier lieu « DIEU », En témoignage de ses grandes qualités humaines, professionnelles, sa très grande compétence, sa gentillesse et sa disponibilité.

Je tiens à remercier mon encadreur de mémoire Madame HACHEMI RACHEDI LAMIA, Merci également pour ses relectures minutieuses de mémoire.

Enfin, je tiens à remercier tous ceux qui m'ont soutenu, et plus particulièrement ma famille et mes amis.

DEDICACES

Pour leur soutien, leurs encouragements et leur présence, je dédie ce modeste travail à ma mère, sans qui je ne serais pas ou j'en suis aujourd'hui, à mes frères, mes sœurs et leur enfants surtout ma sœur « Sabrina » qui m'a bien aidé et son mari ainsi que toute la famille.

Je n'oublie pas mes amies de la promotion LMD

« 2018 »

Liste des figures

Figure 1 : Schéma général de l'assainissement(ONA2016).....	9
Figure 2 : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire.....	10
Figure 3 : Schéma d'un réseau d'assainissement séparatif.....	11
Figure 4 : Schéma d'un réseau d'assainissement pseudo séparatif	12
Figure 5 : Evolution linéaire d'assainissement source :(ONA 2016).....	13
Figure 6 : planification des STEP en Algérie (TESCSULT, 2007).....	15
Figure 2. 1 : Vue générale de la Station d'épuration de L'ALLALIK.....	20
Figure 2. 2 : localisation carte de la STEP de la ville Annaba.....	21
Figure 3. 1 : Diagramme de RICHARD pour classification de l'eau à l'irrigation.....	41
Figure 3. 2 : Diagramme de wilcox pour classification de l'eau à l'irrigation.....	43
Figure 4. 1 : Diagramme de piper pour les faciès chimique.....	53
Figure 4. 2: diagramme pour classification des eaux à l'irrigation.....	54
Figure 4. 3 : Diagramme pour classification de l'eau à l'irrigation	54
Figure 4. 4:Histogramme pour classification de l' eau à l'irrigation.....	55
Figure 4. 5 : histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.....	56
Figure 4. 6: Diagramme de Donneen pour classification d'eau d'irrigation.....	56
Figure 4. 7 : Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.....	57
Figure 4. 8 : Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.....	57
Figure 4. 9 : Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.....	58

Liste des tableaux :

Tableau 1. 1 : Classification des eaux d'après leurs PH.....	5
Tableau 1. 2 : Gestion des réseaux d'assainissement(ONA2017)	16
Tableau 2. 1 : donnés de base qui a servi au dimensionnement de la STEP d'Annaba....	22
Tableau 3. 1 : Classification de l'eau pour l'alcalinité(LEENTCH).....	39
Tableau 3. 3 : Classification de l'eau pour SSP ((Bouarfa, Hammani et al. 2002).....	40
Tableau 3. 4 : Classification de l'eau pour de SAR (Šimůnek, van Genuchten et al. 2008).....	42
Tableau 3. 5 : Classification de l'eau pour le sodium échangeable (Lamond, R. et D.A. Whitney. 1992).....	44
Tableau 3. 6 : Classification de l'eau pour le risque de magnésium.....	45
Tableau 3. 7 : Classification de l'eau pour le RSBC (Gupta 1987).....	45
Tableau 3. 8 : Classification de l'eau pour risque de salinité (Adapté des données deFAO).....	46
Tableau 3. 9 : Classification de l'eau pour l'indice de perméabilité.....	46
Tableau 3. 10 : Qualité des eaux pour la conductivité électrique (Wilcox 1955).....	47
Tableau 3. 11 : Qualité de l'eau pour le ratio de Kelley (Kelley, Brown et al. 1940).	48
Tableau 3. 12 : Classification des eaux pour le chlorure (Stuyfzand).....	48
Tableau 4. 1 : Analyse de laboratoire sur moyenne de 24 heures.....	50
Tableau 4. 2 : caractéristiques des eaux pour l'irrigation.....	59

Listes des photographies

Photographie 2. 1 : Déchets.....	26
Photographie 2. 2 : Poste de dégrillage.....	26
Photographie 2. 3 : Dessableur-desuileur.....	27
Photographie 2. 4 : Bassin biologique.....	28
Photographié 2. 5 : clarificateur.....	29
Photographie 3. 1 : PH mètre.....	34
Photographie 3. 2 : mesure de l'oxygène dissous.....	34
Photographie 3. 3 : Mesure DBO5 avec DBO mètre.....	35
Photographie 3. 4 : mesure de MES.....	36
Photographie 3. 5 : mesure de la DCO avec spectrophometre.....	37

ملخص

يتم تصنيف الجزائر كدولة فقيرة من حيث الموارد المائية ، وسوف تظهر حالات العجز المائي المزمن في المناطق - الحضرية. تمثل الموارد المائية غير التقليدية بديلاً جيداً للطلب المتزايد على المياه ويشمل هذا العمل دراسة إمكانيات إعادة منشآت معالجة المياه المستعملة، وتقع في ولاية عنابة. من أجل تحقيق هذا الهدف، قمنا أولاً باستخدام مياه الصرف ا ، و بدراسة نوعية المياه المعالجة من خلال مراقبة أداء تنقية المحطة. تظهر التحليلات التي أجريت على محصول جيد باستثناء المواد النيتروجينية. ثم في المرة الثانية ندرس كفاءة المياه النقية لاستخدامها في الزراعة. نتيجة حساب المؤشرات المختلفة تبين أن المياه صالحة للري. ومع ذلك، يجب دراسة العوامل الأخرى من أجل IP، KR، SP، MAR، SSP، SAR وهي التحقق من صحة إمكانية استخدام هذه المياه النقية

Résumé

L'Algérie est classé dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, et apparaitront des déficits chronique en eau dans les agglomérations urbaines. Les ressources en eau non conventionnelle représentent une bonne alternative à une demande en eau en forte croissance

Le présent travail consiste à l'étude des possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, de la station d'épuration de lallalik, situé dans la wilaya d'Annaba. Afin d'atteindre cet objectif nous avons étudié dans un premier la qualité des eaux épurées à travers les suivis du rendement épuratoire de la station. Les analyses effectuées montrent un bon rendement à l'exception des matières azotées. Ensuite dans un second temps nous avons 'étudier les aptitudes des eaux épurées pour un éventuel usage en agriculture. Le résultat de calcul des différents indices à savoir, SAR, SSP, MAR,SP, KR, IP et l'indice Stuyfzand, montrent que les eaux sont convenables pour l'irrigation. Cependant d'autres paramètres doivent être étudiés afin de valider définitivement sur la possibilité d'utilisation de ces eaux épurées en irrigation.

Mots clés : Eaux usées, Eaux épurées, STEP-Annaba, irrigation, réutilisation, aptitude

Summary

Algeria is classified as a poor country in terms of water resources, and chronic water deficits will appear in urban areas. Unconventional water resources represent a good alternative to a growing demand for water .

The present work consists of the study of the possibilities of reuse of treated wastewater, of the treatment plant of the Allalik, located in the wilaya of Annaba. In order to achieve this objective, we first studied the quality of treated water through the monitoring of the purification performance of the station. The analyzes carried out show a good yield with the exception of nitrogenous materials. Then in a second time we studied the abilities of purified water for a possible use in agriculture. The calculation result of the different indices namely, SAR, SSP, MAR, SP, KR, IP and the Stuyfzand index, show that the waters are suitable for irrigation. However, other parameters must be studied in order to definitively validate the possibility of using these purified water in irrigation.

Key words : Sewage, Sewage, STEP-Annaba, irrigation, reuse, suitability

Liste D'Abbreviations

J : Jour

H : Habitant

°C : Degré Celsius

g/l : Gramme par litre

µs/cm : micro siemens par centimètre

Mg : Milligramme

L : Litre

Mn : Minute

H : Heure

m³ : Mètre cube

M : mètre

ml : millilitre

mg/l : milligramme par litre

% : pourcentage

HCO₃ : bicarbonate de calcium

K⁺ : ion potassium

Na⁺ : ion sodium

NO₂⁻ : nitrates

NO₃⁻ : nitrates

NH₄⁺ : Ammoniaque

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

PH : potentiel d'hydrogène

SO₄²⁻ : ions sulfates

Liste D'Abbreviations

Introduction général :

De nos jours, les eaux domestiques usées doivent être épurées avant d'être renvoyées vers les rivières ou la mer, où elles réintègrent le cycle de l'eau. A ce stade, ces eaux doivent répondre à des normes de qualité fixées par les autorités responsables de la gestion des ressources en eau. La politique environnementale du monde, le développement durable implique pour l'homme une maîtrise de ses rejets domestiques et urbains.

L'épuration des eaux usées par les différents procédés consiste à produire une eau usée épurée qui peut être réutilisée en secteur agricole ou rejetée dans la nature sans effet nocif sur les sols, les plants et l'être humain donc sur l'environnement.

L'intérêt de l'épuration des eaux usées n'est pas seulement de lutter contre la pollution mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau qui va soulager la crise de pénurie d'eau surtout dans le domaine de l'irrigation agricole et l'utilisation domestique et industrielle.

Dans ce contexte ce travail s'articule autour de la problématique de la réutilisation des eaux épurées de la station d'épuration de Lallalik.

Située à proximité de la ville d'Annaba, la station reçoit les eaux usées de la ville de Annaba et quelque commune. Assurant ainsi l'épuration de ses eaux avec un bon rendement épuratoire. A fin de répondre à cette problématique ce travail est structuré comme suit :

Le premier chapitre est consacré à une recherche bibliographique sur généralité les eaux usées.

Le deuxième chapitre est consacré la présentation de la zone d'étude et le procédé d'épuration de la station et son mode de fonctionnement.

La troisième chapitre est consacré à la description du matériels et les méthodes utilisées

Le quatrième chapitre est consacré à la présentation des résultats de calculs des différents indices d'aptitudes des eaux à l'irrigation.

Nous tenterons alors de répondre à la question suivante : Quel est l'état des lieux de la réutilisation des eaux épurées (REUE) ?

Nous verrons tout quels sont les facteurs clés ayant permis le développement de la(REUE) ?

Dans la suite du présent mémoire un recherche de solution tendant à apporter une réponse à la problématique de la réutilisation des eaux usées épurées (REUE) produites par la station d'épuration d'Annaba.

1 -Introduction :

La réutilisation des eaux épurées, au-delà de leur effet positif, peut également avoir des impacts défavorables sur la santé publique et l'environnement, en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation. La pollution du sol et des eaux souterraines et de surfaces est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée. Cependant, de point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation pouvant réduire au minimum ces inconvénients.

L'eau usée traitée à l'aval des systèmes d'assainissement urbains représente une eau renouvelable non conventionnelle, qui pourrait être une source attrayante et bon marché à employer en agriculture, au voisinage des centres urbains. Cependant, en raison de la nature variable de cette eau (sa charge en constituants minéraux, organiques et biologiques) ; sa réutilisation devrait être gérée soigneusement, surveillée et contrôlée par des spécialistes afin de vérifier les risques et menaces potentiels sur les usagers, le sol, et les cultures irriguées avec elle, ainsi que sur l'environnement dans son ensemble.

En Algérie que l'utilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation des terres agricoles est encore à l'état « embryonnaire » et ne se pratique que sur de très faibles superficies et souvent à titre expérimentale. Aussi l'installation des stations d'épuration en aval des réseaux existants constitue non seulement une des solutions pour la protection de nos ressources en eau, du milieu naturel et par conséquent de l'environnement, mais peut également constituer un apport non négligeable pouvant satisfaire les besoins agricoles.

2- Généralités sur les eaux usées :

2-1 Définition :

Selon(Rejsek 2002) , les eaux résiduaires urbaines (ERU), ou eaux usées sont des eaux chargées de polluants, solubles ou non, provenant essentiellement de l'activité humaine.

Une eau usée est généralement un mélange de matières polluantes répondant à ces catégories, dispersées ou dissoutes dans l'eau qui a servi aux besoins domestiques ou industriels.(Coleman, Babb et al. 1999).

Donc sous la terminologie d'eau résiduaire, on groupe des eaux d'origines très diverses qui ont perdu leurs puretés ; c'est-à-dire leurs propriétés naturelles par l'effet des polluants après avoir été utilisées dans des activités humaines (domestiques, industrielles ou agricoles).

2-2 Types des eaux usées :

Les eaux usées sont des liquides de composition hétérogène , chargées de matières minérales ou organiques , pouvant être en suspension ou en solution, et dont certains peuvent avoir un caractère toxique.

L'eau usée est l'eau qui a été utilisée et qui doit être traité avant d'être réintroduite vers d'autres sources d'eaux pour qu'ils ne causent pas de pollution de ces autres sources.

Les eaux usées proviennent de plusieurs sources. Tout ce que vous évacuez en tirant la chasse d'eau et lorsque vous utilisez vos éviers est considéré comme de l'eau usée.

Les eaux usées, qui sont un mélange de plusieurs types d'eaux et pour éviter la pollution, sont acheminées par un réseau d'assainissement vers une station d'épuration pour y être traitées et si possible réutilisées.(Chizallet, Lazare et al. 2010)

Les eaux usées sont réparties en 4 catégories : ((Vitte, Ranque et al. 2017)).

* **Les eaux usées domestiques** : sont énumérées comme étant notamment celles issues des installations sanitaires, des cuisines, du nettoyage des bâtiments, des lessives à domicile, de certains petits établissements et qui sont destinées à être déversées dans une station d'épuration.

***Les eaux de ruissellement** : artificiel d'origine pluviale sont aussi considérées comme étant des eaux usées, si ce n'est qu'elles font, dans certains cas, l'objet d'un traitement séparé dans le cadre de leur évacuation.

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

***Les eaux usées agricoles :** sont des eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale.

***Les eaux usées industrielles :** tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestiques sont qualifié de rejets industriels.

2-3 Origine des eaux usées :

D'après(Rodier, Bazin et al. 1996), On peut classer comme eaux usées, les eaux d'origine urbaines constituées par des eaux ménagères (lavage corporel et du linge, lavage des locaux, eaux de cuisine) et les eaux vannes chargées de fèces et d'urines ; toute cette masse d'effluents est plus ou moins diluée par les eaux de lavage de la voirie et les eaux pluviales.

L'eau, ainsi collectée dans un réseau d'égout, apparaît comme un liquide trouble, généralement grisâtre, contenant des matières en suspension d'origine minérale et organique à des teneurs extrêmement variables. En plus des eaux de pluies, les eaux résiduaires urbaines Sont principalement d'origine domestique mais peuvent contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle d'extrême diversité.

****Origine industrielle :***

Les déchets et les effluents industriels définissent largement la qualité et le taux de pollution de ces eaux usées. Les établissements industriels utilisent une quantité importante d'eau qui tout en restant nécessaire à leur bonne marche, n'est réellement consommée qu'en très faible partie le reste est rejeté. On peut néanmoins, faire un classement des principaux rejets industriels suivant la nature des inconvénients qu'ils déversent :

-Pollution due aux matières en suspension minérales (Lavage de charbon, carrière, tamisage du sable et gravier, industries productrices d'engrais phosphaté).

- Pollution due aux matières en solution minérales (usine de décapage, galvanisation...)

- Pollution due aux matières organiques et graisses (industries agroalimentaires, équarrissages, pâte à papier...)

- Pollution due aux rejets hydrocarbonés et chimiques divers (raffineries de pétrole, porcherie, produits pharmaceutiques.....)

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

- Pollution due aux rejets toxiques (déchets radioactifs non traités, effluents radioactifs des industries nucléaires....).

Les eaux résiduaires d'origine industrielle ont généralement une composition plus spécifique et directement liée au type d'industrie considérée. Indépendamment de la charge de la pollution organique ou minérale, de leur caractère putrescible ou non, elles peuvent présenter des caractéristiques de toxicité propres liées aux produits chimiques transportés.

(Rodier, Bazin et al. 1996).

***Origine domestique :**

Les effluents domestiques sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines : urines, fèces (eaux vannes) et eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Ces eaux sont généralement constituées de matières organiques dégradables et de matières minérales, ces substances sont sous forme dissoute ou en suspension. Elles se composent essentiellement par des eaux de vanne d'évacuation de toilette. Et des eaux ménagères d'évacuation des cuisines, salles de bains. Elles proviennent essentiellement :

- Des eaux de cuisine qui contiennent des matières minérales en suspension provenant du lavage des légumes, des substances alimentaires à base de matières organiques (glucides, lipides, Protides) et des produits détergents utilisés pour le lavage de la vaisselle et ayant pour effet la solubilisation des graisses ;
- Des eaux de buanderie contenant principalement des détergents ;
- Des eaux de salle de bain chargées en produits utilisés pour l'hygiène corporelle, généralement des matières grasses hydrocarbonées ;
- Des eaux de vannes qui proviennent des sanitaires , très chargées en matières organiques hydrocarbonées, en composés azotés, phosphatés et microorganisme.((Rejsek 2002).

*** Origine agricole :**

Ce sont des eaux qui ont été polluées par des substances utilisées dans le domaine agricole. Dans le contexte d'une agriculture performante et intensive, l'agriculteur est conduit à utiliser divers produits d'origine industrielle ou agricole dont certains présentent ou peuvent présenter, des risques pour l'environnement et plus particulièrement pour la qualité des eaux. Il s'agit principalement :

- Des fertilisants (engrais minéraux du commerce ou déjections animales produites ou non sur l'exploitation) .

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

- Des produits phytosanitaires (herbicides, fongicides, insecticides,...),(Coleman, Babb et al. 1999).

Donc ces eaux sont l'issus :

- Des apports directs dus aux traitements des milieux aquatiques et semi-aquatiques tels que le désherbage des plans d'eau, des zones inondables (faucardage chimique) et des fossés, ainsi que la démoustication des plans d'eau et des zones inondables (étangs et marais).

- Des apports indirects dus en particulier à l'entraînement par ruissellement, aux eaux de rinçage des appareils de traitement, aux résidus présents dans des emballages non correctement rincés ou détruits, aux eaux résiduelles des usines de fabrication et de conditionnement.

(Coleman, Babb et al. 1999)

3- Caractéristiques des eaux usées :

-Paramètre physico-chimique et bactériologiques des eaux usées :

Les analyses physico-chimiques d'eaux usées ont été étudiées au niveau du laboratoire de la station d'épuration.

a) Analyses physico-chimiques (Molenaar, Koster et al. 2012) :

Les analyses physico-chimiques concernent le pH, la conductivité électrique, les matières en suspension (MES), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biologique en oxygène (DBO5) et L'oxygène dissous et Les nitrites (NO-2), les nitrates (NO-3) et les phosphates (PO-34).

b) Potentiel hydrogène (pH) ((Rodier, Bazin et al. 1996)) :

Le pH est la mesure de la concentration en ions hydrogène (H+) de la solution, il est mesuré à l'aide d'un pH mètre.

PH<5	Acidité forte (présence d'acide minéral ou organique dans les eaux naturelles)
PH=7	Ph neutre
7<PH<8	Neutralité approche (majorité des eaux de la surface)
5,5<PH<8	Majorité des eaux souterraines
PH=8	Actinite forte, évaporation intense

Tableau 1. 1: Classification des eaux d'après leurs PH

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

c) La température (T) :

Une température élevée cause une diminution de la solubilité des gaz (oxygène). C'est ainsi par exemple que l'augmentation de la température favorise l'autoépuration et accroît la vitesse de sédimentation.

L'effet catalytique des enzymes en fonction de la température, passe par un maximum entre 33 et 35°C, mais toutes ces réactions consomment de l'oxygène, si leur importance augmente. Les réactions chimiques ralentissent avec la diminution de la température jusqu'à un seuil où elles s'arrêtent totalement (moins de 5°C), tandis qu'une température très élevée cause la mortalité des quelques espèces d'êtres vivants.

d) La conductivité électrique (CE) :

La conductivité électrique d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques (Platine) de 1cm² de surface et séparée l'une de l'autre de 1cm. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. L'unité de la conductivité est le Siemens par mètre (S/m) : $1\text{ S/m} = 10^4 \mu\text{S/cm} = 10^3 \text{ S/m}$. La conductivité donne une idée de la minéralisation d'une eau et est à ce titre un bon marqueur de l'Origine d'eau.

e) La turbidité :

La turbidité désigne la teneur d'un fluide en matières qui le troublent. Dans les cours d'eau elle est généralement causée par des matières en suspension et des particules colloïdales qui absorbent, diffusent et/ou réfléchissent la lumière. Dans les eaux eutrophiques, il peut aussi s'agir de bactéries et de micro-algues.

La turbidité est un facteur écologique important, qui peut traduire :

- une teneur importante (normale ou non) en matières en suspension : argile, limon, particules fines organiques ou inorganiques (consécutives par exemple à l'érosion, au lessivage de sols fragiles, dégradés ou agricoles labourés);
- une teneur élevée en plancton.
- une pollution ou eutrophisation de l'eau, cause éventuelle d'*asphyxie* (par anoxie) du milieu ou de colmatage des branchies des poissons.

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

f) Matières en suspension (MES) :

La séparation de MES se fait par centrifugation. L'échantillon est mis en rotation à grande vitesse. L'application de la force centrifuge sur les particules solides permet de les rassembler dans le fond du tube sous forme d'un culot. Ce culot sera lavé, à l'aide d'eau distillée, placé sur un papier filtre, puis mis à sécher à 105°C. Le résidu sec est ensuite pesé. Il correspond aux MES contenues dans l'échantillon. La teneur en matières en suspension dans l'eau (mg/l).

g) L'oxygène dissous :

La teneur en oxygène (moléculaire) dissous est un paramètre important qui gouverne la majorité des processus biologiques des écosystèmes aquatiques. La concentration en *oxygène dissous* est la résultante des facteurs physiques chimiques et biologiques.

h) Demande biochimique en oxygène(DBO5) :

Elle correspond à la quantité d'oxygène consommée en 5 jours par une biomasse pour décomposer les matières organiques. Elle est mesurée à partir d'un DBO mètre, et exprimée en mg d'O₂/l l'échantillon est incubé dans l'enceinte thermo statée à 20°C en présence d'air. Les microorganismes présents, consomment l'oxygène en provenance du volume d'air situé au-dessus de l'échantillon. La mesure de cette perte en oxygène est effectuée durant cinq jours par le principe hydrostatique (changement de niveau de mercure).

k) Demande chimique en oxygène(DCO) :

La DCO (Demande Chimique en Oxygène) est la quantité d'oxygène nécessaire pour oxyder toutes les matières organiques et les matières minérales contenues dans l'eau.

l) Les nitrites, les nitrates et les phosphates :

Ils sont dosés par colorimétrie, à l'aide d'un spectrophotomètre, qui donne par lecture directe, les concentrations de chaque élément. Le dosage des nitrites, nitrates et phosphates ont été réalisés au niveau du laboratoire de la station.

m) Rapport de DCO/DBO5 :

Les matières présentes sont caractérisées d'une part selon qu'elles sont des solides en suspension (matières en suspension – MES) ou qu'elles sont oxydables, soit par un oxydant chimique (demande chimique en oxygène – DCO), soit naturellement grâce aux processus biochimiques naturels, c'est-à-dire biodégradables (demande biochimique en oxygène – DBO). La DBO est mesurée de façon standardisée sur 5 jours, d'où l'appellation DBO5. Le rapport DCO/DBO5 est l'indice de la biodégradabilité en milieu liquide d'un effluent. Il caractérise son aptitude à un traitement biologique.

4- L'assainissement :

L'assainissement des agglomérations, au sens court et simple du terme est l'évacuation de l'ensemble des eaux usées et pluviales et leurs rejets dans les exutoires naturel sous des modes compatibles avec les exigences de la santé publique et de l'environnement.

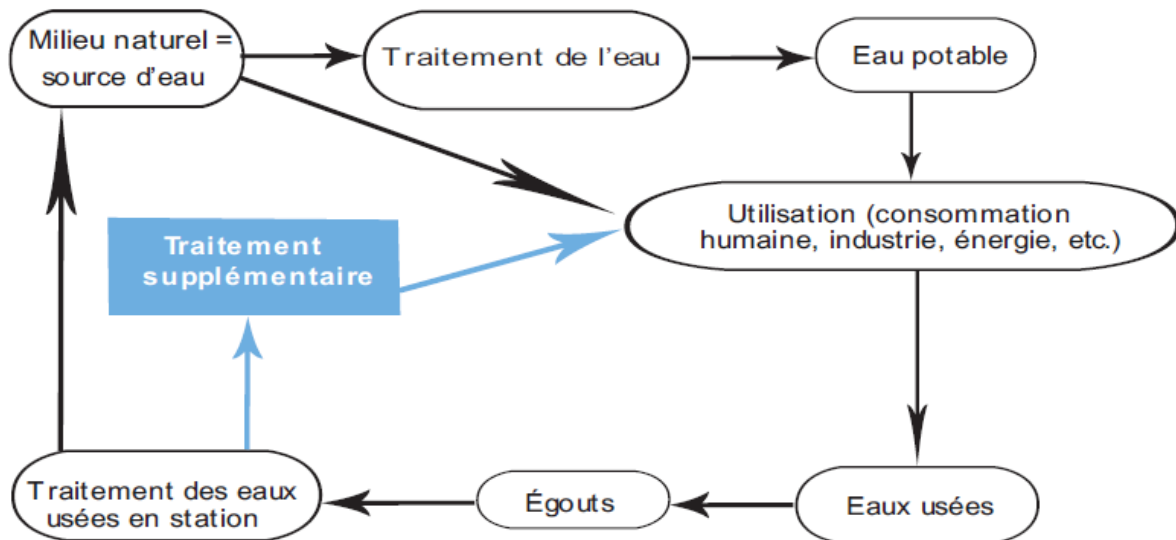


Figure 1: Schéma général de l'assainissement(ONA2016)

4-1 les différentes modes d'assainissements :

Réseau unitaire :

Le réseau d'assainissement unitaire est un ensemble des collecteurs qui véhiculent en mélange les eaux usées et les eaux pluviales pour les diriger vers la station d'épuration et ensuite le milieu récepteur naturel .Mais nécessitent de tenir compte des brutales variations de débit des eaux pluviales dans la conception et le dimensionnement des collecteurs et des ouvrages de traitement.

✚ Avantages du réseau unitaire :

- conception simple, un seul collecteur, un seul branchement par immeuble.
- cout plus faible compte tenu de la présence d'une seule canalisation au lieu de deux.
- moins de cout et des frais de gestion des branchements .Pas d'encombrement des réseaux divers.

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

Inconvénients du réseau unitaire :

- Diamètre plus importants des canalisations.
- Apport important de sable à la station d'épuration.
- Débit à la station d'épuration très variable.
- Risque plus grand de formation de sédiments imposant des curages et contrôle du déversoir d'orage.

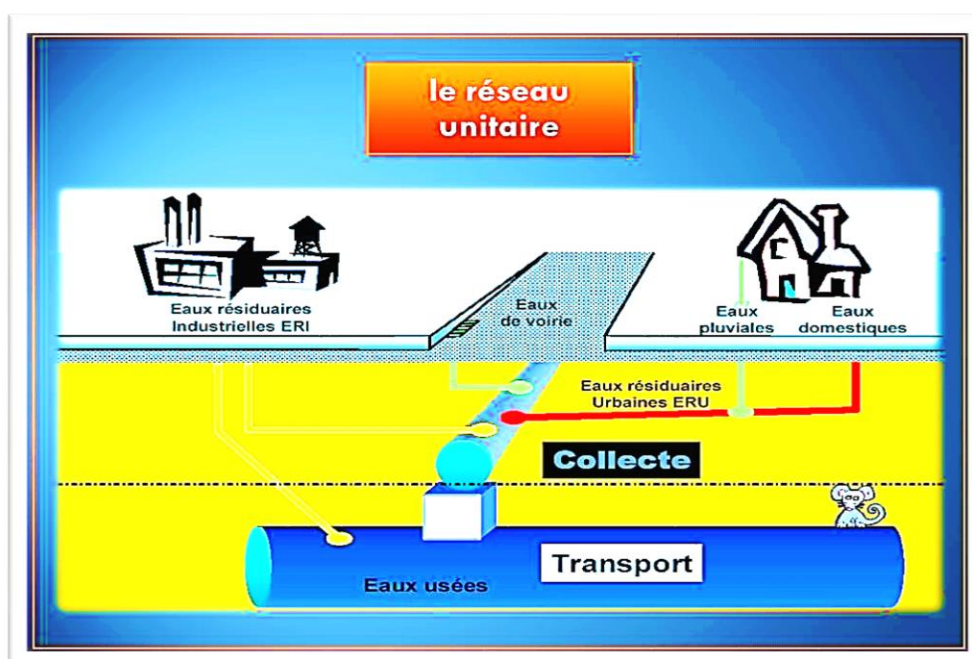


Figure 2 : Schéma d'un réseau d'assainissement unitaire

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

Réseau séparatif :

Ce réseau est un réseau d'eaux usées qui collecte séparément les eaux de pluie et les eaux usées domestiques ou industrielles. Pour chaque nouvelle construction, l'eau des toits est séparée de l'eau usée domestique.

✚ *Avantages du réseau séparatif :*

- Diminution du diamètre moyen du réseau de collecte des eaux usées
- Exploitation plus facile de la station d'épuration
- Pas de risque de refoulement par les raccordements des évacuations des eaux usées.
- En cas d'inondation les eaux usées ne risquent pas de contaminer les rues.
- Simplifient le rôle des stations d'épuration.

✚ *Inconvénients du réseau séparatif :*

- Encombrement important du sous-sol.
- La gestion des branchements doit être assurée de façon durable.
- Cout d'investissements élevé
- Risque important d'erreur de branchement
- Entretien d'un linéaire important de collecteurs.

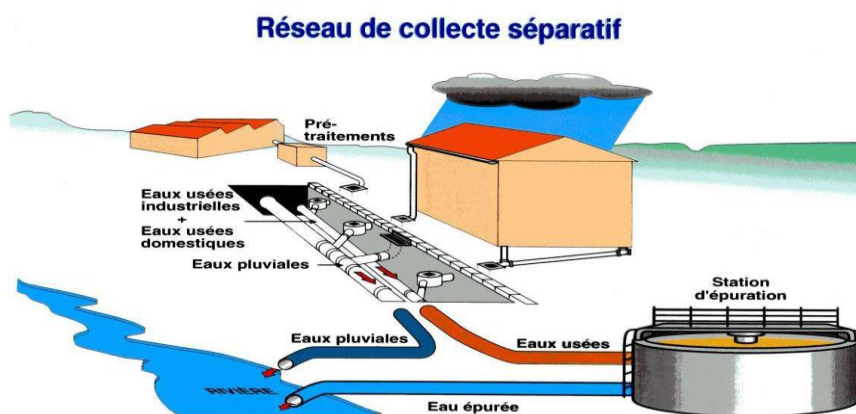


Figure 3 : Schéma d'un réseau d'assainissement séparatif

Réseau pseudo-séparatif :

Ce système se compose d'un seul collecteur d'eaux usées comme le système unitaire, bien que les eaux admises dans le réseau public soient les mêmes que celles définies pour le système unitaire. Le propriétaire doit procéder à la séparation absolue des eaux comme dans le système séparatif.

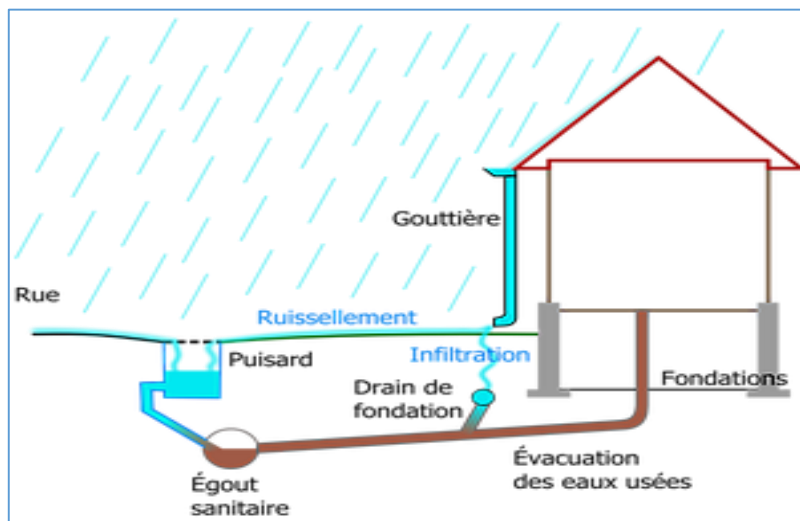


Figure 4 : Schéma d'un réseau d'assainissement pseudo séparatif

5 -Etat des lieux de la réutilisation des eaux épurées en Algérie :

5-1 Etat de l'assainissement en Algérie :

Les efforts entrepris en Algérie en matière d'assainissement se sont d'abord concentrés sur le raccordement de la population urbaine sur un réseau de collecte des eaux usées, actuellement ils portent sur une politique de réalisation de station d'épuration.

Vu l'importance des investissements pour la concrétisation de ce programme, des priorités ont été établies pour les agglomérations supérieures à 20 000 habitants jusqu' à l'horizon 2030.

(Martin, Haure et al. 2005).

Dans le cadre de cette politique générale arrêtée par l'Algérie en matière de protection des ressources en eau plusieurs stations d'épuration ont été réalisées.

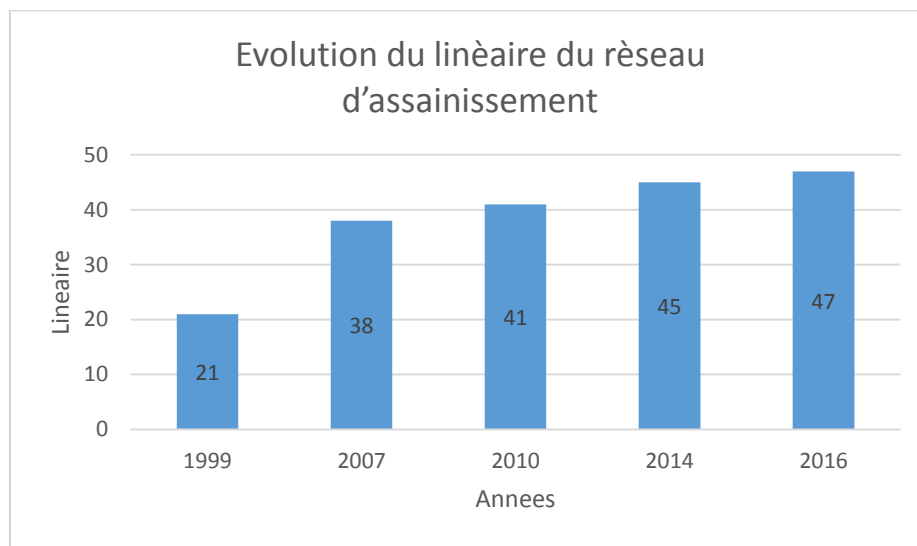


Figure 5 : Evolution linéaire d'assainissement source :(ONA 2016)

Pour un taux de couverture du réseau d'assainissement de l'ordre de 85%, seules 20% des eaux usées collectées en Algérie sont traitées et seulement 20% de la population raccordée à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux usées. (Salhi, Imache et al. 2012)

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation.

5-2 Réutilisation des eaux usées épurées en irrigation en Algérie :

L'intérêt porté par l'Algérie à la réutilisation des eaux usées en irrigation a pour origine des besoins en eau en forte augmentation (le ratio entre les superficies irriguées et irrigables est de 0,20). Un bilan de la situation de la réutilisation des eaux usées est présente (pour un taux de couverture du réseau de 85 %, 20 % des eaux usées sont traitées, puis rejetées sans objectif de réutilisation) puis la stratégie de développement de cette option est discutée. Les potentialités de la réutilisation des eaux usées (1/3 des volumes d'eaux usées est proche des périmètres irrigués) et les exigences de salubrité sont clairement mises en évidence dans le cadre de la modernisation de l'agriculture irriguée. En attendant de mettre en œuvre le projet sur le terrain, l'irrigation directe à partir des eaux usées brutes est pratiquée malgré son interdiction.

En conclusion, les efforts de modernisation doivent porter sur le contrôle de l'eau, la réhabilitation des ouvrages de traitement et des propositions en matière de gestion de l'eau. Des subventions doivent favoriser la diversification des cultures, en particulier autres que le maraichage. (Salhi, Imache et al. 2012).

5-3 Potentialités des eaux usées épurées en Algérie :

Un programme ambitieux de réalisation d'installation d'épuration a été initié pour la réalisation de 478 STEP entre 2011 et 2030.

Parmi les 672 STEP prévues pour l'horizon 2030, 54 STEP sont situées à l'intérieur d'un GPI alors que 59 autres sont à moins de 2 km du périmètre, soit un total de 113 STEP offrant un potentiel intéressant pour l'injection des EUE des 559 STEP situées loin des servirs pour la création de nouveaux périmètres irrigués.

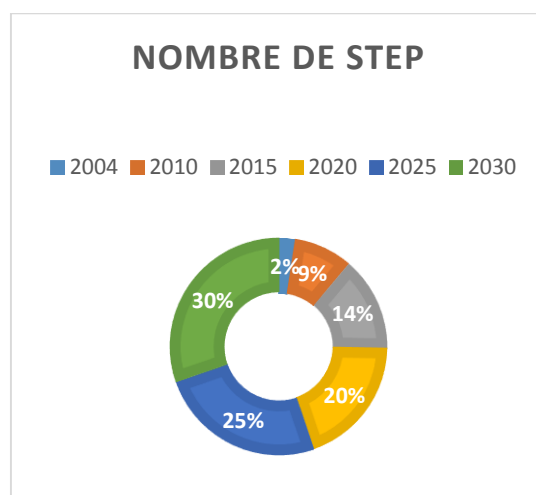


Figure 6 : planification des STEP en Algérie (TESCSULT, 2007)

5-4 Evolution des volumes des eaux épurées à l'échelle nationale :

Potentiel actuel

Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 44 wilayas, 17 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en **agriculture**.

Le volume réutilisé à fin aout 2016 est estimé à 14,6 Millions de m³, pour ces 17 STEP concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de :

- Kouinine (El Oued) et Ouargla,
- Guelma, Souk Ahras
- Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohammedia, Boumerdes.

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

6 -Réseau et système d'assainissement d'eau usée d'Annaba :

Le réseau d'eaux usées de la ville d'Annaba a été divisé en trois secteurs géographiques dominants : le secteur Nord dont toutes les eaux usées sont acheminées vers la station de relevage, le secteur centra correspondant à l'ancien tissu urbain de la ville est doté d'un réseau unitaire qui collecte les eaux usées. Ces eaux sont acheminées vers la station de pompage et le secteur Sud et Ouest est composé de la cité 8 Mai -11 Décembre – la cité dite Plaine Ouest et la cité Seybouse.

Zone		Unité		Interventions		Exploitation		Travaux de renouvellement et de réhabilitation		
Nombre de réclamations	Total interventions	linéaire curé Septembre (ml)	Regard curés (unité)		volume rejeté (m3)	déchets évacués (m3)		pose de Conduites (ml)	renouvellement des Regards (unité)	branchements réalisés
Annaba	Annaba	756	917	26105	2 164	2 709 770	392	43		2 0

Tableau 1. 2 : Gestion des réseaux d'assainissement(ONA2017)

1-6 Réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en Annaba :

Le Bilan établi par la maison de l'agriculture d'Annaba d'irrigation, s'est déroulée dans de bonnes conditions ou on enregistre une augmentation appréciable de la surface Irriguée, malgré la présence de quelques contraintes.

La forte activité agricole qui se développe est de plus en plus préoccupante à cause de l'utilisation intensive des produits fertilisants, chimiques ou organiques, et l'emploi excessif des pesticides (insecticide, herbicide et les fongicides). L'agriculture, l'élevage et l'aviculture sont responsables du rejet de nombreux polluants organiques et inorganiques dans les eaux de surfaces et souterraines. (Ex : nitrates)

1-7 Impact des eaux usées épurée sur l'agriculture :

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tienne compte surtout des aspects environnementaux. Le défi sera alors de concevoir et d'opérer une nouvelle génération de systèmes de gestion de l'eau qui soient en mesure de satisfaire la demande alimentaire dans un contexte de rareté de l'eau, tout en respectant les exigences de l'environnement.

Mais malgré son avantage l'irrigation par les eaux usées épurées a évoquée des impacts sur le sol et sur les eaux Souterraines (la dégradation de la qualité des eaux souterraines notamment par les nitrates), un impact sur La santé humaine .Aussi un impact sur le matériel d'irrigation (Les problèmes liés au bouchage), production végétale (la quantité d'azote fournie par le sol a dépassé celle apporté par les eaux usées, c'est effet de la salinité pour les cultures sensibles).

Les eaux usées contiennent de nombreuses substances présentant des dangers pour la santé Humaine. Ce sont les micro-organismes pathogènes (virus, bactéries et parasites) et les micropolluants (métaux lourds et micropolluants organiques).

Dans les stations d'épuration, des traitements (décantation, filtration, digestion bactérienne, etc.) permettent de réduire fortement les concentrations de ces contaminants. Le risque sanitaire lié à l'utilisation d'eaux épurées dépend à la fois des concentrations en contaminants dans ces eaux, c'est à dire du niveau de traitement supplémentaire appliqué, et du degré d'exposition des populations. Ce degré d'exposition dépend de l'usage qui sera fait de l'eau. Celui-ci pouvant être agricole, industriel ou urbain.

CONCLUSION :

La récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, mais aussi pour se conformer aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement, et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus et la plus réaliste.

Cette réutilisation n'est pas un nouveau concept. Avec l'augmentation de la demande en eau, liée à l'augmentation de la population et l'amélioration de niveau de vie, la réutilisation de l'eau usée acquiert un rôle croissant dans la planification et le développement des approvisionnements supplémentaires en eau.

CHAPITRE 01 : Généralités sur les eaux usées

2- Introduction :

Dans un souci de protection de l'environnement, la station d'épuration a pour mission d'épurer les eaux usées de l'ensemble de la WILAYA d'ANNABA avant leur rejet dans oued Seybouse .Elle jouera un rôle majeur dans la préservation des ressources hydriques, notamment à travers la réutilisation des eaux usées épurées. (Irrigation des zones agricoles et l'alimentation des industries). Ce chapitre constitue un aperçu global sur la station de l'allalik avec les ses principales filières de traitement

2-2 Historique de la station d'épuration d'ANNABA :

La station d'épuration [STEP] d'Annaba mise en service en septembre 2009. Cet équipement, dont la pose de la première pierre avait été effectuée le 15 mai 2007 par le président de la République. Cette station, d'une capacité de traitement de 580 m³ par jour, et qui recycle les eaux usées des quatre grandes agglomérations de la wilaya à savoir Annaba, El Bouni, Sidi Ammar et El Hadjar a limité les dégâts causés par la pollution des terres agricoles de la plaine d'Annaba, jusque-là irriguées par des eaux drainées par l'oued Seybouse et ses affluents, saturées par les rejets de centaines de communes et d'entreprises industrielles.



Figure 2.1 : Vue générale de la Station d'épuration de L'ALLALIK.

2-3 Situation géographique de la station d'épuration L'ALLALIK :

La station d'épuration à L'allalick, située à quelque 5 kilomètres au sud de la ville d'Annaba, à l'extrême est ouverte sur le littoral méditerranéen .Elle est limitée géographiquement par la la mer Méditerranée au nord, la wilaya de Guelma, au sud, la wilaya d'El-Taref, et à l'est, la wilaya de Skikda à l'ouest.

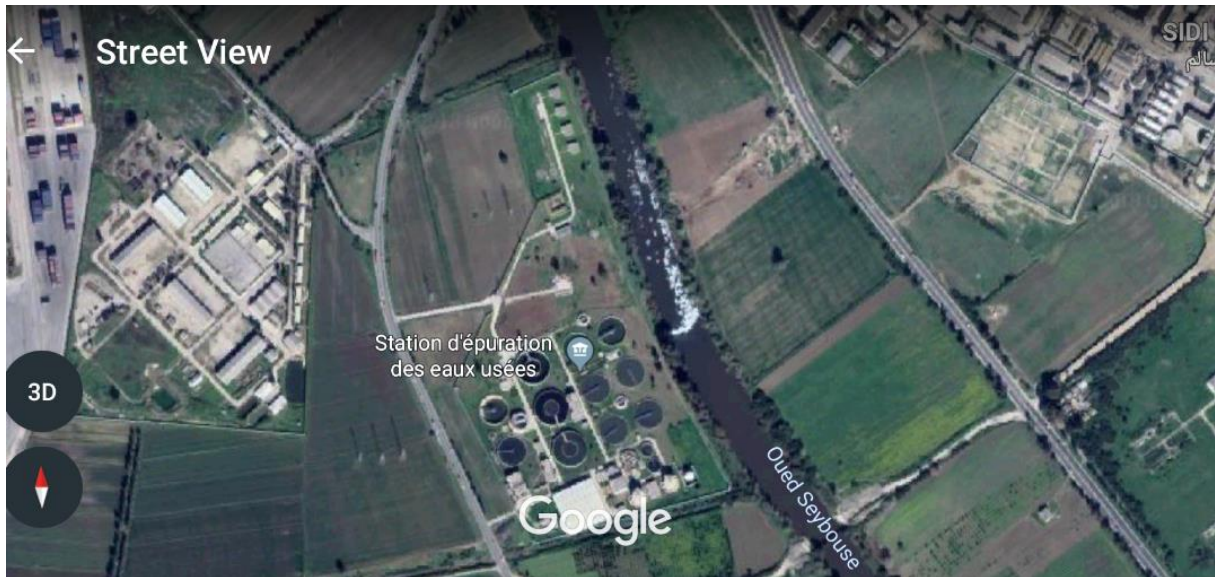


Figure 2. 2 : localisation carte de la STEP de la ville Annaba

2- 4 Capacité de la station d'épuration de L'ALLALIK :

La station a une superficie de 15ha, une capacité de 580.700 équivalent/habitant et 674.000 équivalent/habitant 2025 et 2035 (annaba, el bouni, boukhadra, sidi salem, boucedra, bouzaroura et couloir kherraza,oued ennil en première phase et en deuxième phase el hadjar et sidi ammar), un débit actuel entrant $2,45 \text{ m}^3/\text{s}$, un débit nominal de traitement de $83.620 \text{ m}^3/\text{jour}$, le volume moyen des eaux usées traitées annuellement est de l'ordre de $2.000.000 \text{ m}^3/\text{an}$. Ce volume est appelé à augmenter avec le raccordement prochain des agglomérations d'El-Hadjar et de Sidi Amar.

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

PARAMETRE	UNITES	ECHEANCE2025	ECHEANCE2035
POPULATION	EH	580700	674000
Charges polluantes a traite			
DBO5	Kg/j	34842	40440
DCO	Kg/j	69684	80880
MES	Kg/j	40649	47180
NTK	Kg/j	6968	8088
PT	Kg/j	1045	1213
charges hydrauliques traité			
volume journalier	m/j	83620	107840
Débit de pointe de temps sec	m/h	5924	5400
Débit de pointe de temps de pluie	m/h	8884	8100
Température effluent			
Maximale	<25° C en moyenne horaire		
Minimale	<12° C en moyenne hebdomadaire		
PH effluent	Compris entre 5.5et8.5 en moyenne horaire		

2- 5 Procédé d'épuration adopté à la station d'épuration d'ANNABA :

La station d'épurations de la ville d'Annaba a été mise en service le 8 juillet 2010 est en cours d'exploitation avec un procédé d'épurations boue activée moyenne charge.

Le procédé d'épurations par boues activées a moyenne charge comprend 2 filières l'une pour les eaux et l'autre pour les boues dont le processus est le suivant :

-Mise en contact de l'eau brute avec une masse bactérienne en présence d'oxygène (aération), suivie par une phase de séparation et décantation des floccs bactériens (clarification).

-épaississement des boues biologiques et primaires, digestion et déshydratation.

-traitement tertiaire de l'eau épurée, désodorisation du prétraitement et de la déshydrations.

Cette station est construite pour avoir une double vocation :

A L HORIZON2025 : les effluents de Annaba, el Bouni et du couloir de khareza .

A L HORIZON2035 : les effluents de Sidi Amar et el HADJAR.

-permettre la réutilisation des eaux usées épurées soit vers l'agriculture (périmètre irrigué de Bouna moussa) soit vers l'industrie (ex ARCELOR MITTAL).

2- 6 Mode de fonctionnement :

D'une manière générale, on distingue dans la station d'épuration d'Annaba des eaux usées les traitements suivants :

2-6- 1 Traitement de l'eau :

a)Prétraitement :

Les effluents sont transférés jusqu'à la station par un collecteur sous pression, quatre Dérailleurs fins en tête du prétraitement assurent l'élimination des déchets solides.

Les effluents transitent vers trois ouvrages de dessablage-déshuilage permettant la décantation des résidus les plus denses (sable) et la flottation des déchets les plus légers (matières grasses).

A l'issue du prétraitement, le comptage des effluents est assuré par 2 canaux venturi et un préleveur d'échantillon automatique.

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

b) Traitement primaire :

Les effluents sont ensuite répartis sur deux files de décantation primaire (décanteur de 42 mètres de diamètre), qui assurent l'élimination des matières en suspension dans l'eau.

c) Traitement biologique :

A la sortie des décanteurs, des goulottes périphériques permettent une collecte de l'eau vers le relèvement intermédiaire.

L'eau brute est ensuite répartie en trois bassins de 14 200 m³ destinés à éliminer la pollution dissoute et les impuretés organiques à l'aide d'une biomasse épuratrice.

Ces bassins sont constitués en deux zones bien séparées : une zone anaérobie de 2.800 m³ au centre de l'ouvrage et un chenal périphérique de 11.500 m³ (zone aérobie).

Trois turbocompresseurs permettent l'oxygénation de la biomasse en suspension.

Les effluents sont ensuite envoyés vers deux dégazeurs assurant la réparation des affluents entre les six clarificateurs de 42 mètres de diamètre qui assurent la séparation entre les eaux épurées et la biomasse.

Une partie de cette biomasse est recalculée afin de maintenir une concentration moyenne de 5g/l en micro-organismes épuratoires. L'autre partie est extraite et envoyée sur la ligne de traitement des boues.

d) Traitement tertiaire :

Cette ultime étape permet de réduire les MES afin d'obtenir une eau traitée de qualité adaptée à un usage réalisé par micro-tamassage sur deux filtres mécaniques d'une capacité de 706 m³/h.

e) Traitement des boues :

L'épuration biologique des eaux usées par le procédé des boues activées repose sur l'activité d'une culture bactérienne aérobie, maintenue en suspension dans un ouvrage spécifique alimenté par l'effluent à traiter et appelé bassin d'aération.

Le développement des boues est assuré par un brassage, formé surtout par l'oxygène nécessaire aux réactions de minéralisations. L'oxygène est fourni artificiellement soit par

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

Insufflation d'air au sein du liquide, soit par un procédé mécanique d'agitation de fond et de surface.

2-7 Caractéristiques des installations de la station d'épuration :

Voici les cinq grandes étapes à retenir au niveau du fonctionnement de la station d'épuration :

2-7-1 le dégrillage :

Les eaux usées seront refoulées vers le poste de dégrillage, qui comprendra 4 canaux de dégrillage de largeur 1.2m Anchrage automatique. Elles passent alors à travers un dégrilleur, une sorte de tamis, qui les débarrasse des matières grossières et inertes (chiffons, morceaux de bois, plastiques, feuilles,...).

Après le nettoyage des grilles, les déchets sont évacués avec les ordures ménagères. Le tamisage, qui utilise des grilles avec de plus faibles espacements, peut compléter cette phase du prétraitement. Cette figure montre un poste de dégrillage.

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude



Photographie 2. 1 : Déchets



Photographie 2. 2 : Poste de dégrillage

2 7-2 le dessablage et le déshuilage :

Les étapes suivantes permettent de débarrasser l'eau des matières qui n'ont pas été arrêtées par le dégrillage.

Grâce à la réduction de vitesse de l'écoulement, il est possible de récupérer les sables et les graisses (qui sont raclées en surface).

Les eaux s'écoulent d'abord dans un premier bassin (appelé le « dessaleur ») où les matières plus lourdes que l'eau (sables, graviers,...) se déposent au fond. Puis elles passent dans un deuxième bassin, où les graisses seront récupérées en surface. Les bassins sont équipés d'un pont automoteur et de pompes aératrices. Ces pompes, installées le long de chaque ouvrage, diffusent de fines bulles d'air qui favorisent la remontée des graisses et corps flottants en surface. Le pont automoteur assure un raclage de surface pour pousser les flottants sur des goulottes et bâches de pompage. Les produits récupérés sont évacués en vue d'un traitement ultérieur. (Traitement des boues) Les eaux sont alors évacuées et continuent leur assainissement dans la station. Cette image montre un Dessableur-desuileur.



Photographie 2. 3 : Dessableur-desuileur

2-7-3 le traitement biologique :

C'est la partie essentielle du traitement. Les trois bassins d'aérations de forme circulaire seront alimentés en eau usées prétraitée, chaque bassin sera équipé avec un oxymètre permettant de contrôler en continu la teneur en oxygène de la biomasse. Après un temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, le mélange eaux boues activées sera évacué par l'intermédiaire d'un déversoir vers les ouvrages de dégazage.

Les effluents sont ensuite envoyés vers deux dégazeurs, un dégazeur assure également la répartition de la liqueur mixte entre 4 clarificateurs et l'autre pour 2 clarificateurs à l'aide de déversoir.

Il est possible d'isoler chaque clarificateur par la fermeture de la vanne murale d'alimentation de la file concernée. Cette image montre un bassin biologique.



Photographie 2. 4 : Bassin biologique

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

2-7-4 la clarification :

Cette étape consiste à séparer l'eau des boues ou des résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques.

Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les "clarificateurs". La liqueur mixte maintenue en suspension dans les bassins d'aération passe dans six bassins de clarification de forme circulaire pour y obtenir un surnageant clair et limpide que l'on peut évacuer vers le milieu récepteur après le traitement tertiaire.

L'alimentation dans le puits centrale de chaque clarificateurs s'effectue à partir des cheminées de départ du dégazage par l'intermédiaire d'une canalisation passant sous radiers.

Chaque clarificateurs sera équipé d'un pont racleur qui contiendra :

-Des lames racleuses de fond qui ramèneront les boues vers la fosse centrale à boues ou elles seront reprises par l'intermédiaire des pompes sucées vers la filière de traitement des boues.

Des lames de surfaces permettant de récupérer les écumes et métiers flottantes. Cette image montre un clarificateur.



Photographié 2. 5 : clarificateur

2-7-5 5èmes étapes : le traitement des boues

Une station d'épuration produit 2 litres de boues résiduelles par habitant et par jour . Les boues récupérées lors de la décantation, le traitement biologique et la clarification doivent être traitées.

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

Conclusion :

Les traitements des eaux usées peuvent être réalisés de manière collective dans la station de l'ALLALIK à Annaba.

Ainsi la station assure un traitement global des eaux usées pour garantir la pérennité de l'écosystème dans son ensemble.

Pour les métaux lourds il faut encore effectuer des analyses pour s'assurer d'avantage que les eaux usées épurées ne présenteront pas de risque à long terme car on envisage une réutilisation des eaux à divers usagers.

CHAPITRE 02 : Présentation de la zone d'étude

3-Introduction :

Les eaux usées sont susceptibles de renfermer et véhiculer une grande variété d'un polluant organique et d'agent pathogène pour l'homme. Les organismes pathogènes présents dans les eaux usées d'une collectivité en reflètent l'état sanitaire.

Le traitement de l'eau usée a pour but principale d'éliminer ou détruire ces polluants et ces microorganismes.

L'objectif principale de ce travail est de faire évaluer la qualité de traitement physico-chimique et microbiologique de la station d'épuration des eaux-STEP d' Annaba et cela en effectuant les analyses physico-chimique et le dénombrement des indicateurs d'irrigation des eaux usées de la station d'épuration en trois points de traitement, l'eau brute, au niveau de décanteur et l'eau de sortie.

L'étude qui présente est une contribution à l'évaluation de l'efficacité du traitement dans la station d'épuration des eaux usées d'Annaba, dans une perspective de réutilisation agricole et/ou de la protection des milieux naturels récepteurs.

3-1 Composition des eaux usées :

La composition des eaux usées, est extrêmement variable en fonction de leur origine, elle est caractérisées par un certain nombre de paramètres : les plus utilisés sont les suivants :

- Température.
- PH.
- DBO5 : demande biochimique en oxygène en cinq jours.
- DCO : demande chimique en oxygène.
- MES : matières en suspension.
- Azote nitrique (NO₃-N)
- Azotes nitrites (NO₂-N)
- Azotes ammoniacal (NH₄-N).
- Phosphore total (PT).

Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux microorganismes. En fonction de leurs caractéristiques physiques, chimiques, biologiques et du danger sanitaire qu'elles représentent, ces substances peuvent être classées en quatre groupes : les matières en suspension, les micro-organismes, les éléments traces minéraux ou organiques, et les substances nutritives.

3-2 Méthode de mesure :

3-2-1 Mesure de potentiel d'hydrogène (PH) et température :

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide de PH mètre, ce dernier permet de mesurer le PH ainsi que la température de l'échantillon à analyser. Il est équipé de deux sondes. Mesure le P^h de l'échantillon à analyser et l'autre mesure sa température.

Mode opératoire :

- préparer l'électrode à l'utilisation et rincer l'électrode à l'eau déminéralisée puis avec l'échantillon et agiter doucement.
- Sélectionner mesuré, l'affichage indique la stabilisation de l'échantillon.
- ensuite, la valeur de PH et la température est lue directement sur l'écran de l'appareil.



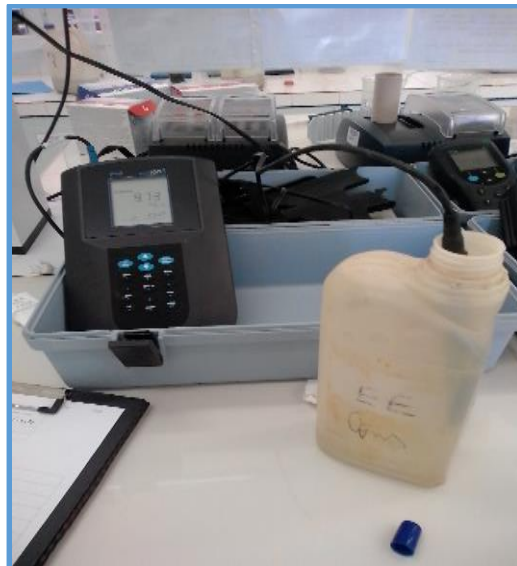
Photographie 3.1 : PH mètre

3-2-2 Mesure de l'oxygène dissous :

Cette mesure est effectuée au laboratoire à l'aide d'un oxymètre.

Mode opératoire :

- rincer abondamment la sonde (électrode) avec l'eau distillée.
- introduire la sonde dans la solution à analyser.
- lire la valeur directement sur l'écran de l'appareil après stabilisation.



Photographie 3.2 : mesure de l'oxygène dissous

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

3-2-3 Détermination de la demande biochimique en oxygène (DBO) :

Le DBO_5 : c'est-à-dire la quantité d'oxygène consommé après 5 jours d'incubation. La DBO_5 n'est représentative que de la pollution organique carbonée biodégradable si l'on prend le soin de bloquer les réactions de nitrification lors de la mesure. La demande biochimique en oxygène (DBO) effectuée par DBO mètre.

Mode opératoire :

- Préalablement, rincer la bouteille de DBO mètre à l'eau de prélèvement pour l'entrée prend 160ml, et pour la sortie 420ml de l'eau épurée.
- mettre dans le premier bouchon en plastique une ou deux pastilles de (KOH) pour observer l'humidité.
- fermer la bouteille de la DBO mètre par le deuxième bouchon.
- Après cinq jours, le DBO mètre trace la courbe de DBO_5 correspondant à l'échantillon à analyser et la valeur de la DBO.



Photographie 3. 3 : Mesure DBO5 avec DBO mètre

3-2-4 Détermination des matières en suspension :

La détermination de MES en eau est effectuée par filtration pour les eaux épurées. La centrifugation est surtout réservée pour les eaux usées contenant trop des matières colloïdales pour être dans de bonnes conditions, en particulier si le temps de filtration est supérieur à une heure.

Mode opératoire :

- laver le disque de filtration à l'eau distillé et placer-le sur le verre de montre en pyrex, puis sécher à l'étude a 105 C° jusqu' à masse constante (au moins 1 heure)
- .-agiter l'échantillon à analyser, puis verser dans une fiole un volume de 100ml pour l'eau brute et 250 ml pour l'eau épurée.
- peser avec la balance de précision.



Photographie 3. 4 : mesure de MES

3-2-5 Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO) :

La **DCO**, pratiquée surtout sur les effluents, correspond à la consommation globale à chaud de l'oxygène du dichromate de potassium et est représentative de la majeure partie des composés organiques ainsi que des sels minéraux oxydables. Cette mesure est effectuée sur laboratoire par micro-méthode.

Mode opératoire :

- introduire 2 ml d'eau de l'entrée et sortie à analyser dans un tube.
- ajouter 5 ml de dichromate de potassium et agiter soigneusement le tube et mettre le placer dans le bloc chauffant.
- mettre le mélange sous une température de 148°C pendant 2 heures.



Photographie 3.5 : mesure de la DCO avec spectrophotomètre.

3-2-6 mesure le phosphore total (pt) :

Cette mesure est effectuée sur laboratoire par micro- méthode.

L'échantillon étalonné en deux gammes différentes :

-l'eau brute =3,07 mg/l

-l'eau épurée =1,92 mg/l

5/mesure de l'azote ammoniacal (NH₄-N) :

Cette mesure est effectuée sur laboratoire par méthode rapide :

L'échantillon étalonne en deux gammes différentes :

-l'eau brute=1 ,29 mg NH₄ —————> 1 mg d'azote ammoniacal (N-NH₄)

X —————> 37,60 mg/l

Donc X=48,504mg/l

-l'eau épurée=1,29 mg NH₄ —————> 1 mg d'azote ammoniacal (N-NH₄)

X —————> 30 ,60 mg/l

Donc X=39,474 mg/l

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

3-2-7 mesure de l'azote nitrique (NO₃-N) et nitreux (NO₂-N) :

Cette mesure est effectuée sur laboratoire par méthode rapide.

3,29mg NO₂- → 1 mg d'azote nitreux N-NO₂-

4,43mg NO₃- → 1 mg d azotenitriqueN-NO₃-

Le tableau ci-après, présente les résultats des eaux brutes et les eaux épurées :

	eau brute	eau épurée	unité
X (NO ₃ -)	1,45747	25,1181	mg/l
X (NO ₂ -)	0,2632	0,94423	mg/l

3-3 Aptitude des eaux à l'irrigation :

Alcalinité :

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation. L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu. Lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR – Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue avec le niveau de salinité. Par conséquent, le SAR et EC (salinité) devraient être employés en association pour évaluer les problèmes potentiels éventuels (Rhoades, 1977).

Classe d'eau	Valeur de HCO ₃	Qualité de l'eau
1	<1,5	Excellent
2	1,5-7,5	Léger et modéré
3	7,5	Sévère

Tableau 3. 1 : Classification de l'eau pour l'alcalinité (LEENTCH)

La dureté :

L'eau contient de fortes concentrations de fer, de manganèse, de sulfates, de carbonates et / ou de bicarbonates. Il pourrait également se référer spécifiquement à la concentration de calcium ou de carbonates de calcium. Sans savoir à quoi se réfère chaque rapport d'analyse d'eau, il est difficile de fournir des limites. Les concentrations de bicarbonate entre 90 et 200 mg / L peuvent causer des problèmes croissants de croissance des plantes et provoquer des taches sur le feuillage ou le récipient. Les concentrations supérieures à 500 mg / L ne conviennent pas pour la micro-irrigation.

Le calcium est requis pour la croissance des plantes à de faibles concentrations et n'est pas considéré comme toxique, mais des concentrations élevées peuvent affecter le rapport calcium / magnésium et entraîner une accumulation de tartre. Des niveaux de carbonate de calcium

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

(alcalinité) supérieurs à 125 mg / L peuvent entraîner l'élévation du pH à des niveaux inacceptables. Au-dessus de 500 mg / L causera de graves problèmes et ne convient pas à l'eau d'irrigation.(Evans, O'connor et al. 1989).

Dureté (ppm CaCO ₃)	Degré relatif de dureté
0-50	très douce
50-100	Douce
100-200	modérément douce
200-300	Dure

Tableau 3. 2 : Degré relatif de dureté de l'eau selon CaCO₃ (CRAAQ, 2003)

3-3-1 Pourcentage de sodium soluble :

La présence de sodium (Na⁺) dans l'eau d'irrigation réagit avec le sol pour réduire la perméabilité et ses utilisations répétées rendent le sol imperméable, tandis que le sodium élevé conduit au développement de sols alcalins. Une forte saturation en sodium entraîne également une carence en calcium. L'irrigation fréquente avec de l'eau à haute teneur en sodium (Na⁺) pendant une durée considérable rend le sol plastique et collant à l'état humide et forme des mottes et de la croûte à l'état de séchage. En revanche, la présence de sels de calcium ou de magnésium dans l'eau d'irrigation retarde l'effet néfaste du sodium en augmentant la perméabilité des sols (Lal and Arnold 1985) et (Asaduzzaman 1985). Le SSP est défini par l'équation suivante : (Lee, Cox-Singh et al. 2009)

$$SSP = \left(\frac{Na^{+} + K^{+}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^{+} + K^{+}} \right) \times 100 \quad (1)$$

Range	Classe d'eau	Valeur de SSP	Qualité de l'eau
5pts	1	<20	Excellent
4pts	2	10-18	Bien
3pts	3	16-26	Just
2pts	4	> 26	Pauvre

Tableau 3. 3 : Classification de l'eau pour SSP((Bouarfa, Hammani et al. 2002)

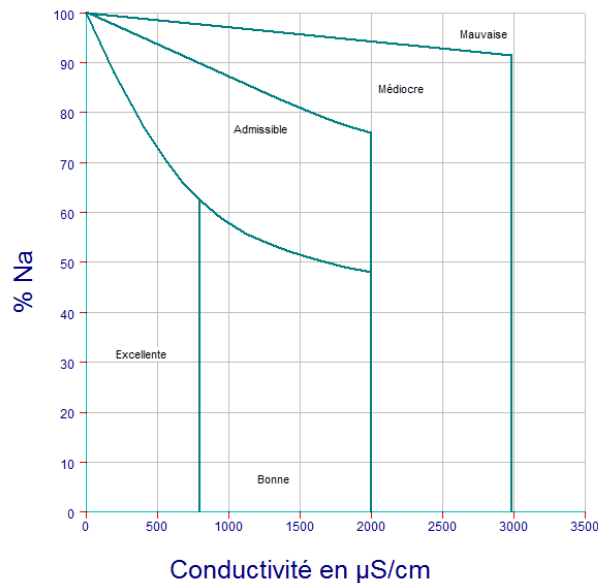


Figure 3. 1 : Diagramme de RICHARD pour classification de l'eau à l'irrigation.

Le diagramme de RICHARD pour la classification des eaux d'irrigation est basé sur la conductivité électrique en $\mu\text{S/cm}$ et sur le Pourcentage de sodium soluble. Les valeurs SSP calculées et les données EC (la conductivité) dans laboratoire ont été utilisées pour expliquer la pertinence des eaux épurées à des fins d'irrigation. Le diagramme de RICHARD pour classer la qualité de l'eau à des fins d'irrigation. Le diagramme rapporte le Pourcentage de sodium soluble qui exprime le danger de risque de salinité. La conductivité dans l'eau d'irrigation peut être classifiée en zones de salinité faible (C1), moyenne (C2), haute (C3) et très élevée (C4). Les zones (C1 et C4) ont une valeur EC inférieure à 250, 250 et 750, 750 et 2250 $\mu\text{S/cm}$ et supérieure à 2250 $\mu\text{S/cm}$, respectivement. Le risque le Pourcentage de sodium soluble est exprimé, en termes de classification de l'eau d'irrigation, comme faible (S1 : <20), moyen (S2 : 10-18), élevé (S3 : 16-26) et très élevé (S4 : > 26).

3-3-2 Ratio d'absorption de sodium :

Il existe une relation significative entre les valeurs SAR de l'eau d'irrigation et la mesure dans laquelle le sodium (Na^+) est absorbé par le sol. Si l'eau utilisée pour l'irrigation est riche en sodium (Na^+) et pauvre en calcium, le complexe de changement de cations peut devenir saturé en sodium (Na^+). Cela peut détruire la structure du sol en raison de la dispersion des particules d'argile. En outre, les sols contenant une forte proportion de sodium (Na^+) avec du carbonate et du chlorure ou du sulfate sont appelés eaux alcalines ou salines, respectivement (Hu and Todd 1981). Cependant, en 1954, il a été proposé que le pourcentage de sodium soit remplacé par un rapport significatif appelé Sodium Adsorption Ratio ou SAR parce qu'il a une relation directe avec l'adsorption du sodium par les sols (Babu and Angira 2005).

Le SAR est défini par l'équation suivante : (Richards 1969)

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}} \quad (2)$$

Range	Classe d'eau	Valeur de SAR	Qualité de l'eau	Caractéristiques
5pts	1	0-4	Excellent	Eau faible en sodium peut être utilisée pour l'irrigation sur la plupart des sols avec un minimum de danger de niveaux nocifs de sodium échangeable
4pts	2	04-09	Bien	Une bonne eau de sodium moyenne présentera un risque de sodium appréciable dans un sol à texture fine ayant une capacité d'échange de cations élevée
3pts	3	09-14	Modérément	Riche en sodium produit des niveaux nocifs de sodium échangeable dans la plupart des sols
2pts	4	>14	Inapproprié	Une eau à très haute teneur en sodium inadéquate est généralement isatis faisant pour l'irrigation

Tableau 3. 4 : Classification de l'eau pour de SAR (Šimůnek, van Genuchten et al. 2008)

-Diagramme de WILCOX pour détermination de SAR :

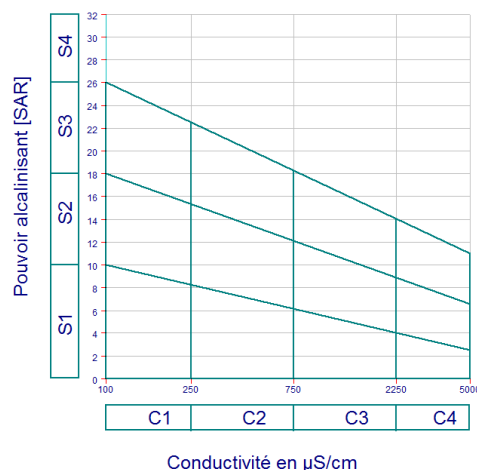


Figure 3. 2 : Diagramme de wilcox pour classification de l'eau à l'irrigation.

Le diagramme de WILCOX pour la classification des eaux d'irrigation est basé sur la conductivité électrique en $\mu\text{S/cm}$ et sur le taux d'adsorption du sodium. Les valeurs SAR calculées et les données EC dans laboratoire ont été utilisées pour expliquer la pertinence des eaux épurées à des fins d'irrigation. Le diagramme de Wilcox pour classer la qualité de l'eau à des fins d'irrigation. Le diagramme rapporte le taux d'adsorption de sodium (SAR), qui exprime le danger de sodium ou d'alcali, à EC (un risque de salinité). La conductivité dans l'eau d'irrigation peut être classifiée en zones de salinité faible (C1), moyenne (C2), haute (C3) et très élevée (C4). Les zones (C1 et C4) ont une valeur EC inférieure à 250, 250 e 750, 750 et 2250 $\mu\text{S/cm}$ et supérieure à 2250 $\mu\text{S/cm}$, respectivement. Le risque de sodium est exprimé, en termes de classification de l'eau d'irrigation, comme faible (S1 : <4), moyen (S2 : 04 -09), élevé (S3 : 09-14) et très élevé (S4 : >14).

Toutes les valeurs SAR se situaient à l'intérieur de S1, ce qui implique un faible risque de sodium (USSS, 1954). Cependant, les eaux épurées pour l'irrigation pour tous l'indiquaient un risque de salinité moyenne en classe C2, mais les valeurs SAR se situaient à l'extérieur de S1, ce qui implique un risque élevé de salinité, Il est donc nécessaire de surveiller la salinité des eaux épurées avant l'irrigation.

3-3-3 sodium échangeable :

Une échelle de pourcentage de sodium échangeable (ESP) est incluse à l'échelle SAR. Cette échelle ESP est basée sur une équation empirique qui relie ESP à SA.R. Il est possible d'estimer à partir de l'échelle centrale la valeur ESP du sol qui est en équilibre avec cette eau d'irrigation. Dans des conditions de terrain, l'ESP réel peut être quelque peu supérieur à la valeur d'équilibre estimée. En effet, la concentration de la solution du sol est augmentée par l'évaporation et la transpiration des plantes, ce qui entraîne une SAR plus élevée et un ESP plus élevé. (Grant, Dachnowski-Stokes et al. 1941) .

Le ESP est définie par l'équation suivante :(Eaton 1950)

$$ESP = \left(\frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \right) \times 100 \quad (3)$$

Range	Classe d'eau	valeur d'ESP	Qualité d'eau	Caractéristiques
5pts	1	0-10	faible	Aucun effet néfaste sur le sol n'est probable
4pts	2	10>	excessif	La dispersion du sol résultant en une mauvaise condition physique du sol et une croissance des plantes sont probables.

Tableau 3.5 : Classification de l'eau pour le sodium échangeable (Lamond, R. et D.A. Whitney. 1992)

3-3-4 Ratio d'absorption de magnésium :

Les sols contenant des niveaux élevés de magnésium échangeable sont souvent considérés par des problèmes d'infiltration du sol. Le rôle du magnésium dans la cause ou la cause partielle de ces problèmes n'est pas bien documenté. Dans une eau à dominance de magnésium (rapport Ca / Mg <1) ou dans un sol de magnésium (rapport sol-eau Ca / Mg <1), l'effet potentiel du sodium peut être légèrement augmenté. En d'autres termes, une valeur SAR donnée montrera un peu plus de dégâts si le rapport Ca / Mg est inférieur à 1. (Rahman and Rowell 1979)

Le MAR est définie par l'équation suivante :(Saxena, Voight et al. 2007)

$$MAR = \frac{Mg^{2+}}{(Ca^{2+} + Mg^{2+})} \times 100 \quad (4)$$

Range	Class d eau	Valeur de Magnesium (%)	Qualité d eau
5pts	1	0-50	Adapté
4pts	2	51-65	Marginal
2pts	3	>65	Inapproprié

Tableau 3. 6 : Classification de l'eau pour le risque de magnésium

3-3-5 Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC) :

La concentration de bicarbonate et de carbonate affecte l'aptitude de l'eau à l'irrigation. L'eau à haute RSBC a un pH élevé. Le sol irrigué avec une telle eau devient infertile et conduit au dépôt de carbonate de sodium .(Eaton 1950)

Le RSBC est calculé par l'équation suivante :(Gupta and Ksienski 1983) .

$$RSBC = HCO_3^- - Ca^{2+} \quad (5)$$

Range	Class d eau	Valeur de RSBC	Qualité d eau
5pts	1	<5	satisfaisant
4pts	2	05-10	Marginal
2pts	3	> 10	insatisfaisant

Tableau 3. 7 : Classification de l'eau pour le RSBC (Gupta 1987)

3-3-6 Risque de Salinité :

La salinité pose un problème dès l'instant où l'accumulation de sel dans la zone racinaire atteint une concentration qui provoque une baisse de rendement et ralentit la croissance des végétaux,(Perrot, Derville et al. 2009)), il faut d'abord rappeler que sur les plantes spontanées ou cultivées la salinité a deux actions bien distinctes qui peuvent très souvent se produire simultanément. L'excès de teneur en sel est l'un des soucis principaux avec l'eau utilisée pour l'irrigation. Une concentration élevée en sel dans l'eau ou dans les sols affectera négativement le rendement des récoltes, provoquera une dégradation des sols et une pollution des eaux souterraines.

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

Range	Classe d'eau	Conductivité de l'eau	Qualité d'eau	Caractéristiques
5pts	1	<250µs /cm	bonne qualité de l'eau.	faible teneur en solution saline
4pts	2	250-750µs/cm	juste qualité de l'eau	moyen teneur en solution saline
2pts	3	750-225µs/cm	mauvaise qualité de l'eau	haute solution saline

Tableau 3. 8 : Classification de l'eau pour risque de salinité (Adapté des données deFAO)

3-3-7Indice de perméabilité :

Problème de perméabilité liée à la qualité de l'eau se produit lorsque le taux d'infiltration d'eau dans et à travers le sol est réduit par l'effet de sels spécifiques ou le manque de sels dans l'eau à tel point que la culture n'est pas suffisamment approvisionnée en eau et le rendement est réduit.

En outre, les carbonates et les bicarbonates peut également affecter la perméabilité du sol et doit être évalué. Le négatif l'influence du sodium sur la perméabilité du sol a été de nombreuses années. Mais dans de nombreux cas, l'évaluation du sodium l'influence seule a prouvé être dans l'erreur essentiellement. **(Rhoades and Merrill 1976)**

L'indice de perméabilité est donné par la formule suivante :(Ashley, Dhorda et al. 2014)

$$PI = \left(\frac{Na^+ + \sqrt{HCO_3^-}}{Ca^{2+} + Mg^{2+} + Na^+} \right) \times 100 \quad (6)$$

Range	Class d eau	indice de perméabilité	Qualité d'eau
5pts	1	> 75 %	Excellent
4pts	2	25-50%	Bien
2pts	3	<25%	Inapproprié

Tableau 3. 9 : Classification de l'eau pour l'indice de perméabilité

3-3-8 conductivité électrique :

La conductivité électrique (EC) est un paramètre important dans les évaluations de la qualité des eaux souterraines pour la consommation et l'irrigation, car elle est liée à la concentration de particules chargées dans l'eau. Elle est un outil puissant pour mesurer les risques de salinité pour les cultures. (Raghunath 1987). Systèmes importants de classification de la qualité de l'eau tel que le diagramme de Wilcox (1948).

Range	Classe d'eau	Valeur de la conductivité	Qualité de l'eau
5pts	1	<250	Excellent
4pts	2	250-270	bien
3pts	3	2250–5000	Douteux
2pts	4	>5000	Inapproprié

Tableau 3. 10 : Qualité des eaux pour la conductivité électrique (Wilcox 1955)

3-3-9 Indice de Kelly :

Selon l'indice de Kelly (KI), les eaux sont classées à des fins d'irrigation. Le sodium mesuré par rapport au calcium et au magnésium est pris en compte pour le calcul de ce paramètre (Nag, 2014). Un rapport de Kelley (KR) de plus d'un indique un niveau excessif de sodium dans les eaux (Deshpande et Aher, 2012)

Le KR est défini par l'équation suivante : (Deshpande et Aher, 2012)

$$KR = \frac{Na^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \quad (7)$$

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

Range	Class d'eau	Kelley's ratio	Qualité de l'eau	Caractéristique
5pts	1	<1	Approprié pour l'irrigation	-
4pts	2	$1 \leq KR \leq 2$	Marginal	Très peu de sodium sera absorbé
2pts	3	>2	Inapproprié	L'absorption de sodium tend à augmenter proportionnellement.

Tableau 3. 11 : Qualité de l'eau pour le ratio de Kelley (Kelley, Brown et al. 1940)

3- 3-10 Indice de Stuyfzand :

Les chlorures dans l'eau peuvent causer des problèmes. De nombreuses plantes sont sensibles à une forte concentration de chlorure et parfois à un niveau élevé de Na dans leurs feuilles (Miller and Donahue 1995). La teneur en ions chlorure dans l'eau d'irrigation augmente avec l'augmentation des ions CE et sodium. Si la concentration de chlorure dans les feuilles dépasse la tolérance de la culture, les symptômes de la blessure se développent tels que la brûlure des feuilles ou le dessèchement du tissu foliaire (Ayers and Westcot 1985).

Classe d'eau	Valeur de cl	Qualité de l'eau
1	< 0,141	Oligohaline
2	0,141-0,846	Oligohaline fraîche
3	0,846-4,231	Fraîche
4	4,231-8,462	Fraîche saumâtre
5	8,462-28,206	Saumâtre
6	28,206-282,064	Saumâtre salée
7	282,064-564,127	Salée
8	> 564,127	très salée

Tableau 3. 12 : Classification des eaux pour le chlorure (Stuyfzand)

Conclusion :

La plupart des problèmes reliés à l'eau d'irrigation surviendront avec le temps. D'autre part, une eau de faible qualité et le rend plus sensible aux stress environnementaux et aux maladies. L'analyse de la qualité de cette eau en fonction des critères exposés dans cet article peut permettre d'éviter certains problèmes et de planifier des solutions à long terme. L'eau est certes l'un des éléments les plus importants dans la régie d'un terrain et une attention particulière doit lui être apportée. Il faut notamment surveiller les changements environnementaux comme les travaux d'excavation et de drainage, l'avènement d'un nouveau type d'entreprise dans la région, la pollution par les cheminées industrielles, les épandages agricoles, etc.

En cas de doute sur l'impact de l'eau utilisée pour l'irrigation, il faudra procéder à de nouvelles analyses.

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

CHAPITRE 03 : Matériel et Méthodes

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

4-Introduction :

Il existe plusieurs critères de contrôle de qualité des eaux destinée à une activité agricole. Dans le cas de notre étude, nous avons utilisé les 9 indice de qualité dont le taux d'absorption du sodium (**SAR**), le pourcentage d'échange de sodium (**SSP**), sodium échangeable (**ESP**), Ratio d'absorption de magnésium(**MAR**) , indice de KELLY(**KR**), indice de perméabilité(**IP**), la conductivité électrique(**CE**) , la salinité. A côté de ces critères, nous avons utilisé le diagramme de Wilcox, diagramme de Richards, diagramme de donneen. Ces méthodes décrivent le pouvoir alcalinisant des eaux. Elles sont utilisées en combinaison afin d'évaluer le risque potentiel de salinisation des sols. Pour contrôler les effets négatifs des eaux d'irrigation sur les sols et les plantes.

4-1Qualité de l'eau usée entrée-sortie de la station d'épuration :

Durant le stage effectué au sein de la station d'épuration de L'allalik, on a suivi quotidiennement la qualité de l'eau à travers les ouvrages de la station en suivant les paramètres disponible au laboratoire de la STEP (**DBO**, **DCO**, **MES**, **PH**, **oxygène dissous**, **température**, **phosphore** et **azote** etc...).

	EAU BRUTE	EAU EPUREE
PARAMETRE	CONCENTRATIONS	CONCENTRATIONS
T°C	19,5	19,3
PH	7,3	7,48
O2 dissous mg/l	0,15	4,74
conductivité µs/cm	1297	1709
salinité pour mille	0,73	0,979
MES	183,45 mg/l	10,40 mg/l
DBO5	80 mg/l	8,8 mg/l
DCO	198,00 mg/l	73,00 mg/l
Azote ammoniacal (NH4-N)	37,00 mg/l	30,60 mg/l
Azote nitrique (NO3-N)	0,329 mg/l	5,670 mg/l
Azote nitreux (NO2-N)	0,080 mg/l	0,287 mg/l
Phosphore total(PT)	3,07 mg /l	1,92 mg/l

Tableau 4. 1 : Analyse de laboratoire sur moyenne de 24 heures.

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

Au regard des résultats présentés au tableau ci-dessus, on remarque une diminution de la pollution entre les eaux brutes et épurés indiquant un rendement d'épuration de la station.

1-temperature :

Les valeurs de la température sont très proches et varient de 19.3 °C à et 19.5 °C pour les eaux brutes et épurées respectivement. Cependant elles restent inférieures aux normes de qualité pour les rejets en milieu naturel fixé à 35°C.

2-la conductivité :

Dans les eaux usées brutes, la valeur est de l'ordre de 1297 $\mu\text{S}/\text{cm}$. tandis que celle des eaux traitées, la valeur de la conductivité enregistrée est de 1709 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la conductivité des eaux épurées est très forte et dépasse la norme des eaux naturelles 700 $\mu\text{S}/\text{cm}$. dues probablement aux charges polluantes.

3- l'oxygène dissous :

La valeur de l'oxygène dissous dans les eaux brutes est de 0,15mg/l ce qu'il indique une teneur très faible en oxygène créant un milieu pratiquement désoxygéné, pour les eaux épurées est de 4,74 mg/ ne dépasse pas la valeur guide pour les eaux naturelles (5mg/l).

4-Les matières en suspension :

Les valeurs enregistrées révèlent une réduction importante de MES entre les eaux brutes et épurées, de l'ordre de 183,45 mg/l pour les eaux brutes avec un excès de matières en suspension qui peut être à l'origine du colmatage du système de prétraitement. et pour les eaux épurées est 10,40 mg/l qui signifie une décantation des matières en suspension. Ceci traduit le bon fonctionnement d'une part du système de prétraitement (dessablage, dégrillage) et du bassin d'aération d'autre part. Cependant, Cet valeur est conforme aux normes des eaux naturelles (30 mg/l).

5-DBO5 :

Les valeurs de DBO5 pour les eaux brutes est de 80 mg/l, et pour les eaux épurées est de 8,8 mg/l, Cette analyse indique que les eaux résiduaires trop chargées en matières organiques seront complètement épurées, car nécessitant une activité microbienne plus intense. et la teneur de DBO5 reste inférieure à la norme de rejet (<30 mg O₂/l).

6-DCO :

Les valeurs enregistrées varient entre 198,00 mg/l pour les eaux brutes et de 73,00 mg/l pour les eaux épurées, cette variance indique une moyenne oxydation de la matière organique dans l'échantillon, mais elle reste cependant inférieure aux valeurs guide (< 90 mg O₂/l).

7-Matières azotées :

Les valeurs de faibles teneurs en nitrates et en nitrites sont au niveau des eaux brutes, à l'ordre de (0,329 mg/l et 0,080 mg/l), mais dans les eaux épurées le taux des nitrates a augmenté considérablement (5,670 mg/l) par rapport aux eaux brutes mais reste inférieur aux normes de rejets (50 mg/l). Cependant les valeurs de l'azote ammoniacal (NH₄⁺) dans les eaux brutes est (37,00 mg/l) et pour les eaux épurées est de (30,60 mg/l) l'effet l'azote ammoniacal est oxydé par nitrification en nitrite NO₂ - un état intermédiaire, puis ce dernier est rapidement oxydé en nitrate (NO₃) Cette transformation est effectuée en présence d'oxygène par des bactéries.

8- Phosphore total(PT) :

Les eaux usées brutes sont caractérisées par des teneurs faibles en ortho phosphates respectivement dans les eaux brutes de 3,07 mg/l et de 1,92 mg/l de l'eau épurée ce qu'ils indiquent le bon fonctionnement de la station, Ces valeurs restent conformes aux normes de préservation des eaux naturelles (2mg/l).

9-Rapport DCO/DBO₅ :

Ce rapport permet de caractériser la nature de l'effluent. Pour les eaux brutes le rapport est de l'ordre de 2,475. Pour les eaux épurées, il est de l'ordre de 8,30. Cette valeur supérieure à 3 confère aux matières organiques un caractère non biodégradable.

4-2 Aptitudes des eaux à l'irrigation :

Si, moyennant développement de l'irrigation, les ressources en eaux étaient mieux exploitées, la production alimentaire pourrait s'accroître sensiblement dans de nombreuses parties du monde. Le processus par lequel on apprécie l'aptitude d'une eau à une utilisation donnée, comme l'agriculture irriguée.

4-2-1 Le faciès de l'eau :

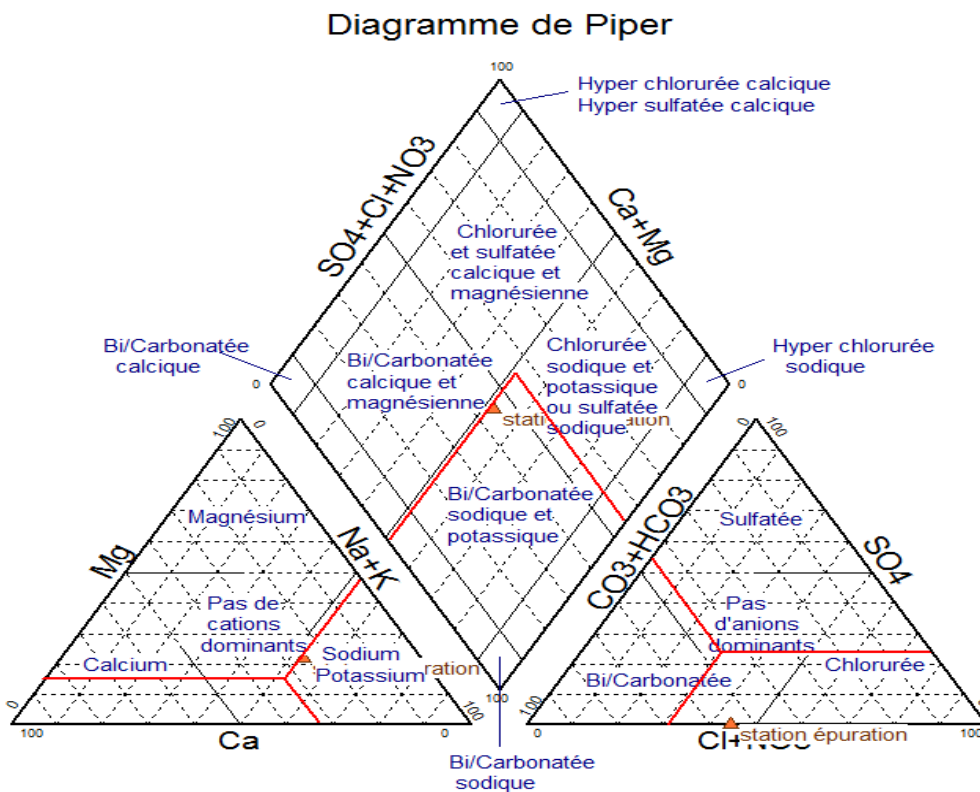


Figure n17 : Diagramme de piper pour les faciès chimique

A partir du diagramme de piper nous remarquons que le faciès chimique dominant est Bicarbonatée sodique et potassique. Les eaux ont une tendance vers la salinisation. Les ions sodium, marque la composition des eaux, traduisant ainsi l'origine de ces eaux.

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

4-2-2 Ratio d'absorption de sodium (SAR) :

Le calcul du SAR par l'équation (2) est 3.9mg/l pour évaluer l'adéquation des eaux épurées à des fins d'irrigation dans la zone d'étude a suggéré que l'eau était de bonne qualité. Cela s'explique par le fait que des valeurs du SAR inférieur à 4 (tableau 3), ce qui indique une bonne convenance à l'irrigation. Cette observation a également été confirmée à la Figure suivant.

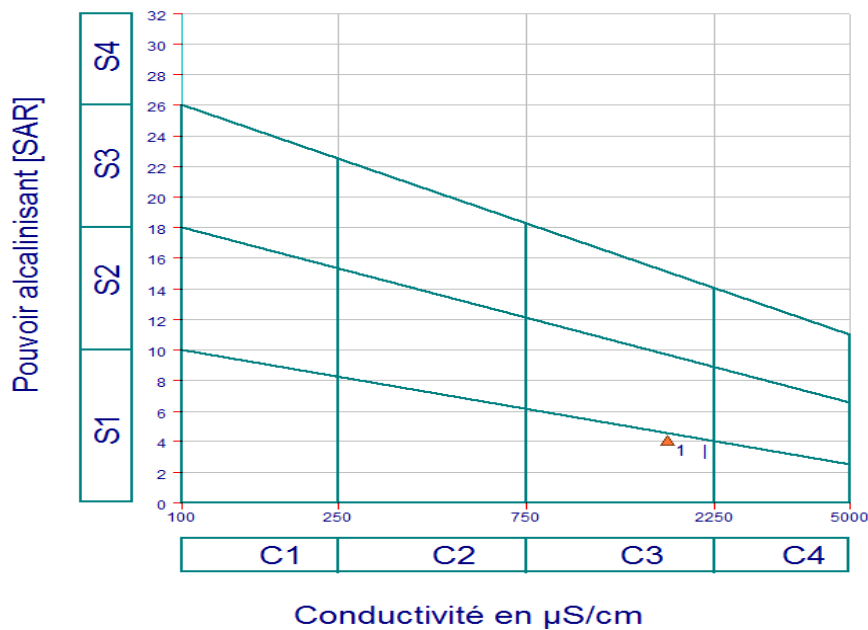


Figure n09 : diagramme de Wilcox pour la classification des eaux à l'irrigation.

4-2-3 Pourcentage de sodium soluble (SSP) :

La figure(10) montre la classification de l'échantillon d'eaux par rapport au pourcentage de sodium et de conductivité. L'eau provenant de point d'échantillonnage C3 et C4 (la conductivité) est admissible à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du SSP l'équation(1) est 52.30mg/l était supérieure à 26 (tableau2), ce qui indique qu'il convient à l'irrigation.

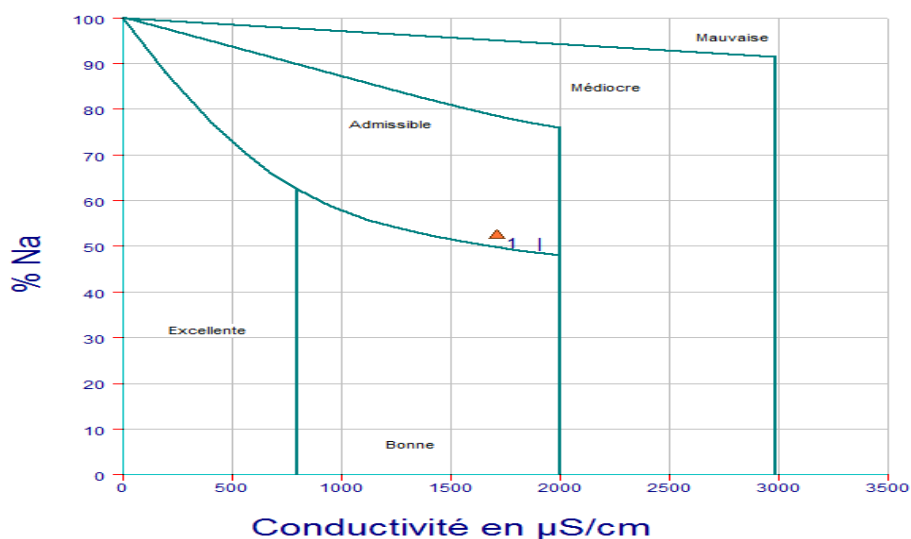


Figure n10 : Diagramme de Richard pour la classification de l'eau à l'irrigation

4-2-4 sodium échangeable (ESP) :

La classification de l'échantillon d'eaux par rapport au sodium échangeable et de conductivité. Cela s'explique par le calcul du ESP l'équation(3) est 99.43mg/l était supérieure à 10 (tableau04), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.

4-2-5 Bicarbonate de sodium résiduel (RSBC) :

La figure(11) montre un histogramme de la classification de l'échantillon d'eaux par rapport au Bicarbonate de sodium résiduel. L'eau provenant de point d'échantillonnage est de (2.07mg/l) dans la première classe ce qui montre l'adaptation de l'eau à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du RSBC inférieure à 5(tableau 06), ce qui indique qu'il convient à l'irrigation.



Figure 4. 1: Histogramme pour classification de l' eau à l'irrigation.

4-2-6 Ratio d'absorption de magnésium(MAR) :

La figure(12) montre la classification de l'échantillon d'eaux par rapport au risque d'adsorption de magnésium, L'eau provenant de point d'échantillonnage est marginal à l'irrigation de valeur(45.84mg/cela s'explique par le calcul du MAR l'équation(4), ce qui indique qu'il convient à l'irrigation.

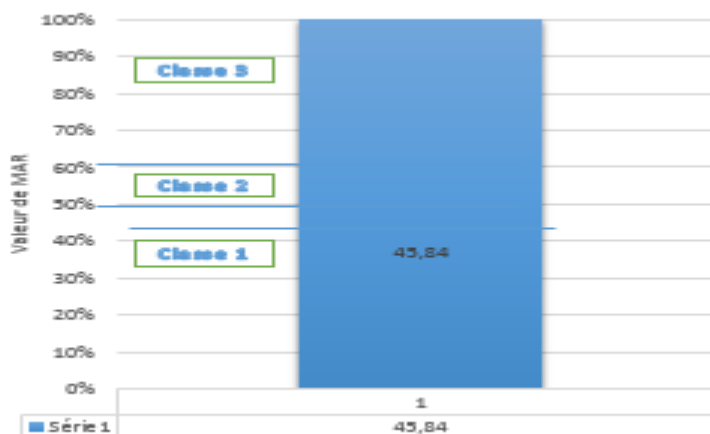


Figure 4. 2: histogramme pour classification de l' eau à l'irrigation.

4-2-7 Indice de perméabilité (IP) :

La figure(17) montre diagramme de Donneen pour la classification de l'échantillon d'eaux par rapport à la perméabilité, L'eau provenant dans la classe deuxième signifié que l'eau était de bonne qualité. Cela s'explique par le calcul de l'IP l'équation (6) de l'ordre de 84.39%, ce qui indique qu'il convient à l'irrigation. Cette observation a également été confirmée à tableau(08).

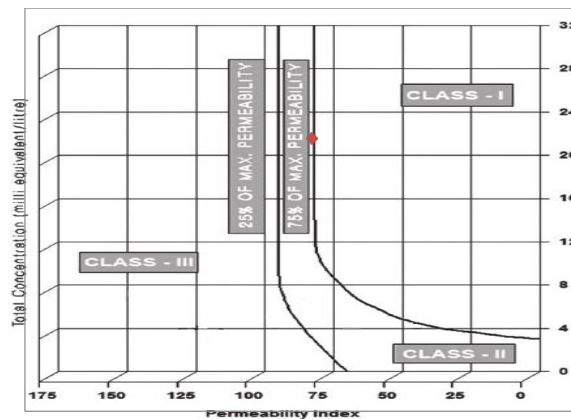


Figure 4. 3: Diagramme de Donneen pour classification d'eau d'irrigation.

4-2-8 Indice de Kelly (KR) :

La figure(14) montre la classification de l'échantillon d'eaux par rapport Indice de Kelly . L'eau provenant de point d'échantillonnage ($Kr < 1$) est approprié à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du l'IK l'équation(09) de valeur 0.99 était inférieur à 1 (tableau07), ce qui indique qu'il convient à l'irrigation.

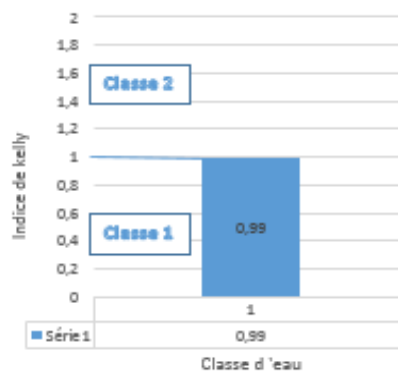


Figure 4. 4: Histogramme pour classification de l'eau à l'irrigation.

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

4-2-9 conductivité électrique (CE) :

La figure(15) présente un histogramme de la classification de l'échantillon d'eaux par rapport à la conductivité électrique. L'eau provenant de point d'échantillonnage est de (1709us/cm) de troisième classe est douteux à l'irrigation. Cela s'explique par le calcul du CE était supérieure à 250us (tableau9), ce qui indique qu'il ne convient pas à l'irrigation.

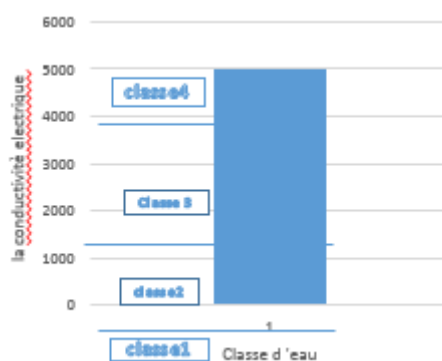


Figure 4. 5: Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.

4-2-10 Indice de Stuyfzand :

L'analyse de l'indice de Stuyfzand permet une valeur de 178mg/l ce qu'il ne convient pas à l'irrigation car il est caractérisé dans la classe d'eau (saumâtre salée). Cette observation a également été confirmée à la Figure suivant.

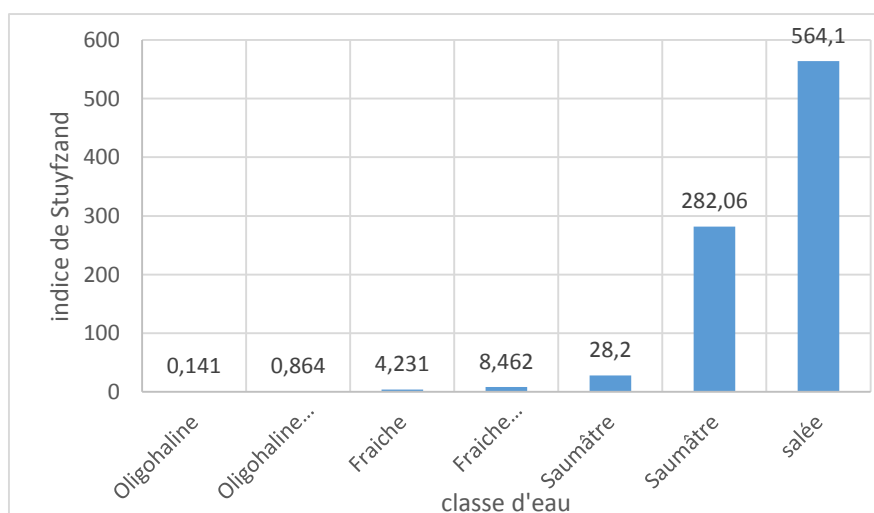


Figure 4. 6 : Histogramme de la classification de l'eau à l'irrigation.

CHAPITRE 04 : Résultats et Discussion

4-3 Tableau des indices de l'irrigation :

<i>Les indices de l'irrigation</i>	<i>résultat en meq/l</i>	<i>résultats en mg/l</i>	<i>Caractéristiques</i>
<i>SAR (Pourcentage de sodium soluble)</i>	<i>62,18340611</i>	<i>3,968195484</i>	<i>Approprié pour l'irrigation</i>
<i>SSP (Ratio d'absorption de sodium)</i>	<i>22,58300914</i>	<i>52,30956475</i>	<i>Inapproprié pour l'irrigation</i>
<i>RSBC (Carbonate de Sodium Résiduel)</i>	<i>302,75</i>	<i>2,06757377</i>	<i>satisfaisant pour l'irrigation</i>
<i>MAR (Ratio d'absorption de magnésium)</i>	<i>33,67205543</i>	<i>45,8317616</i>	<i>satisfaisant pour l'irrigation</i>
<i>ESP (sodium échangeable)</i>	<i>52,98398836</i>	<i>99,49759183</i>	<i>insatisfaisant pour l'eau d'irrigation</i>
<i>IP (indice de perméabilité)</i>	<i>64,67483206</i>	<i>84,39343667</i>	<i>Excellent à l'irrigation</i>
<i>KR (Ratio de Kelly)</i>	<i>1,401077752</i>	<i>0,994975918</i>	<i>Approprié pour l'irrigation</i>
<i>Indice de Stuyfzand</i>		<i>178</i>	<i>Saumâtre salée pour l'irrigation</i>

Tableau 4. 2: caractéristiques des eaux pour l'irrigation

D'après le tableau, on conclue que Ces différences pourraient trouver leur justification dans le fait que la pollution physico-chimique est liée essentiellement à l'usage qui est fait de l'eau, donc de son origine.

CONCLUSION :

L'évaluation de la qualité des eaux épurées pour l'irrigation a été réalisée à l'aide de différentes méthodes d'indice telles que SP, SAR, RSC, PI, KR et CE ; Parmi ceux-ci, la majorité des résultats de l'indice étaient similaires, ce qui signifie que l'échantillon d'eau est bon à l'irrigation. Mais, uniquement sur la base de la Conductivité est relève de la catégorie de salinité élevée à (250 $\mu\text{S} / \text{cm}$). Par conséquent, les résultats ont conclu que la qualité des eaux épurées était généralement appropriée pour l'irrigation.

Les eaux usées traitées dans la station d'épuration de Annaba sont convenable à l'irrigation des terres agricoles, en réfèrent aux normes internationales des eaux d'irrigation.

Conclusion Générale :

L'intérêt de l'épuration des eaux usées en Algérie n'est pas seulement de lutter contre la pollution mais aussi d'assurer une nouvelle ressource en eau qui va soulager la crise de pénurie d'eau surtout dans le domaine de l'irrigation agricole et l'utilisation domestique et industrielle.

La réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau mais assurée la protection du milieu naturel. En peut dégager cinq classes de réutilisation des eaux épurées ; la production d'eau potable, la réutilisation industrielle, la réutilisation en zone urbaine (arrosage, lavage, réservoirs .etc.), la recharge des nappes et la réutilisation agricole.

Les eaux usées de la Wilaya d'Annaba subissent un traitement à la station d'épuration (STEP) de L'ALLELICK ,située à près d'une dizaine de Kilomètre au sud-est de la ville de Annaba, opérationnelle depuis 2010 et troisième à l'échelle du pays de par ses capacités, assure actuellement l'épuration des eaux usées et assurera le recyclage des ressources en eau non conventionnelles au bénéfice de l'agriculture et de l'industrie.

L'interprétation des analyses des éléments chimiques des eaux à l'entrée et la sortie de la chaîne d'épuration a permis de mettre en évidence un bon rendement épuratoire de la station.

L'analyse du faciès chimique obtenue par le diagramme de Piper montre que ces eaux ont un faciès bicarbonatée sodique et potassique.

L'adéquation des eaux pour l'irrigation, est déterminée à partir de ces éléments chimiques qu'on utilise dans le calcul des différents indices.

L'étude de ces différents indices, on peut déduire que leur objectif est de donner une valeur unique à la qualité de l'eau correspondant à une appréciation sur l'utilisation de l'eau, ce qui permet une interprétation facile des données.

Au regard des résultats obtenus on peut conclure que la qualité des eaux épurées est plutôt bonne à moyenne pour l'irrigation. Néanmoins une attention particulière doit être apportée à la quantité de sels contenus dans les eaux épurés.

D'après le passage en revue de (la REUE) ont conclu par les recommandations suivantes :

-l'amélioration du traitement des effluents pour obtenir un usage restrictif.

La constitution en relation avec les autres secteurs, qui dresse un bilan des eaux usées épurées en quantité et qualité.

-la mise en place de laboratoire agréé dotée de moyens de contrôle analytique pour le suivi de la qualité des eaux, des boues....ect

Par ailleurs, ce mémoire donné un aperçu général sur la pratique de la réutilisation des eaux usées épurées de la station d'épuration d'Annaba.

Références Bibliographiques

- ONA (l'office national d'assainissement) : Rapport d'exploitation mois novembre 2017
- Chizallet, C., S. Lazare, et al. (2010). "Catalysis of transesterification by a nonfunctionalized metal-organic framework: acido-basicity at the external surface of ZIF-8 probed by FTIR and ab initio calculations." *Journal of the American Chemical Society* **132**(35): 12365-12377.
- Coleman, M. P., P. Babb, et al. (1999). *Cancer survival trends in England and Wales, 1971-1995: deprivation and NHS region*, Stationery Office Books.
- Martin, J.-L., J. Haure, et al. (2005). "Estimation des stocks d'huîtres sauvages sur les zones non concédées de la partie vendéenne de la Baie de Bourgneuf en 2004."
- Molenaar, J. J., J. Koster, et al. (2012). "Sequencing of neuroblastoma identifies chromothripsis and defects in neuritegenesis genes." *Nature* **483**(7391): 589.
- Rejsek, F. (2002). *Analyse des eaux: aspects réglementaires et techniques*, Centre régional de documentation pédagogique d'Aquitaine.
- Rodier, J., C. Bazin, et al. (1996). *L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires et de mer: chimie, physico-chimie, microbiologie, biologie, interprétation des résultats*, Dunod.
- Salhi, S., A. Imache, et al. (2012). "Les déterminants de l'adoption du système d'irrigation par goutte-à-goutte par les agriculteurs algériens de la plaine de la Mitidja." *Cahiers Agricultures* **21**(6): 417-426 (411).
- Vitte, J., S. Ranque, et al. (2017). "Multivariate Analysis As a Support for Diagnostic Flowcharts in Allergic Bronchopulmonary Aspergillosis: A Proof-of-Concept Study." *Frontiers in immunology* 1019.
- Asaduzzaman, M. (1985). "Handbook of groundwater and wells." *Handbook of groundwater and wells*.
- Bajcsy, R. (1973). *Computer description of textured surfaces. Proceedings of the 3rd international joint conference on Artificial intelligence*, Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002). "Drainage design in the Gharb plain in Morocco." *Irrigation and drainage systems* **16**(2): 89-110.
- Evans, J., G. O'connor, et al. (1989). "N₂ fixation and its value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in south-eastern Australia." *Australian Journal of Agricultural Research* **40**(4): 791-805.

- Arnison, G., A. Astbury, et al. (1983). "Experimental observation of isolated large transverse energy electrons with associated missing energy at $s = 540$ GeV." *Physics Letters B* 122(1): 103-116.
- Fischer, W. (1973). Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Méditerranée et Mer noire (Zone de pêche 37): Volume II, FAO.
- Grant, F., A. P. Dachnowski-Stokes, et al. (1941). Selenium occurrence in certain soils in the United States, with a discussion of related topics: fifth report, US Department of Agriculture.
- Handa, N. (1969). "Carbohydrate metabolism in the marine diatom *Skeletonema costatum*." *Marine Biology* 4(3): 208-214.
- Hu, L. and P. R. Todd (1981). "An improved technique for preparing eel otoliths for aging." *New Zealand journal of marine and freshwater research* 15(4): 445-446.
- Kelly, J. (1963). "Bitopological spaces." *Proceedings of the London Mathematical Society* 3(1): 71-89.
- Lal, D. and J. Arnold (1985). "Tracing quartz through the environment." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Earth and Planetary Sciences* 94(1): 1-5.
- Perrot, C., M. Derville, et al. (2009). "Le lait dans les montagnes européennes. Un symbole menacé." *Renc. Rech. Ruminants* 16: 215-218.
- Rahman, W. and D. Rowell (1979). "The influence of magnesium in saline and sodic soils: a specific effect or a problem of cation exchange?" *European Journal of Soil Science* 30(3): 535-546.
- Rhoades, J. and D. Merrill (1976). "Supervisory Soil Scientist and Physicist US Salinity Laboratory." *FAO Soils Bulletin*(31).
- Wilcox, A. J., C. R. Weinberg, et al. (1995). "Timing of sexual intercourse in relation to ovulation—effects on the probability of conception, survival of the pregnancy, and sex of the baby." *New England Journal of Medicine* 333(23): 1517-1521.
- Asaduzzaman, M. (1985). "Handbook of groundwater and wells." *Handbook of groundwater and wells*.
- Ashley, E. A., M. Dhorda, et al. (2014). "Spread of artemisinin resistance in *Plasmodium falciparum* malaria." *New England Journal of Medicine* 371(5): 411-423.
- Ayers, R. S. and D. W. Westcot (1985). *Water quality for agriculture*, Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome.

- Babu, B. and R. Angira (2005). "Optimal design of an auto-thermal ammonia synthesis reactor." *Computers & Chemical Engineering* 29(5): 1041-1045.
- Bouarfa, S., A. Hammani, et al. (2002). "Drainage design in the Gharb plain in Morocco." *Irrigation and drainage systems* 16(2): 89-110.
- Eaton, F. M. (1950). "Significance of carbonates in irrigation waters." *Soil science* 69(2): 123-134.
- Evans, J., G. O'connor, et al. (1989). "N₂ fixation and its value to soil N increase in lupin, field pea and other legumes in south-eastern Australia." *Australian Journal of Agricultural Research* 40(4): 791-805.
- Grant, F., A. P. Dachnowski-Stokes, et al. (1941). Selenium occurrence in certain soils in the United States, with a discussion of related topics: fifth report, US Department of Agriculture.
- Gupta, I. and A. Ksienski (1983). "Effect of mutual coupling on the performance of adaptive arrays." *IEEE Transactions on Antennas and Propagation* 31(5): 785-791.
- Gupta, M. D. (1987). "Selective discrimination against female children in rural Punjab, India." *Population and development review*: 77-100.
- Hu, L. and P. R. Todd (1981). "An improved technique for preparing eel otoliths for aging." *New Zealand journal of marine and freshwater research* 15(4): 445-446.
- Kelley, W., S. Brown, et al. (1940). "Chemical effects of saline irrigation water on soils." *Soil science* 49(2): 95-108.
- Kelly, J. (1963). "Bitopological spaces." *Proceedings of the London Mathematical Society* 3(1): 71-89.
- Lal, D. and J. Arnold (1985). "Tracing quartz through the environment." *Proceedings of the Indian Academy of Sciences-Earth and Planetary Sciences* 94(1): 1-5.
- Lee, K.-S., J. Cox-Singh, et al. (2009). "Plasmodium knowlesi from archival blood films: further evidence that human infections are widely distributed and not newly emergent in Malaysian Borneo." *International journal for parasitology* 39(10): 1125-1128.
- Miller, R. W. and R. L. Donahue (1995). *Soils in our environment*, Prentice hall.
- Perrot, C., M. Derville, et al. (2009). "Le lait dans les montagnes européennes. Un symbole menacé." *Renc. Rech. Ruminants* 16: 215-218.

-Rahman, W. and D. Rowell (1979). "The influence of magnesium in saline and sodic soils: a specific effect or a problem of cation exchange?" *European Journal of Soil Science* 30(3): 535-546.

-Rhoades, J. and D. Merrill (1976). "Supervisory Soil Scientist and Physicist US Salinity Laboratory." *FAO Soils Bulletin*(31).

-Richards, L. A. (1969). *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*, United States Department Of Agriculture; Washington.

-Saxena, R., B. F. Voight, et al. (2007). "Genome-wide association analysis identifies loci for type 2 diabetes and triglyceride levels." *Science* 316(5829): 1331-1336.

-Šimůnek, J., M. T. van Genuchten, et al. (2008). "Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes." *Vadose Zone Journal* 7(2): 587-600.