



Université de Ghardaïa

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : *Sciences et Technologies*

Filière : *hydraulique*

Spécialité : *ressource hydraulique*

**Par : BENNAMIA Med Mounir
BENMOUSSA Farid**

Thème

**Contamination du sol irrigué par les
eaux usées épurées**

Soutenu publiquement le : 19/06/2018

Devant le jury :

BOULMAIZ TAYBE	M.A.B	Univ. Ghardaïa	Président
ACHOUR MANSOUR	ANRH GHARDAIA	Univ. Ghardaïa	Examineur
KATEB SAMIR	M.C.B	Univ. Ouargla	Examineur
MECHRI BACHIR	M.A.A	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire : 2017 /2018

Remerciements

Avant tout, nous remercions ALLAH tout puissant de nous avoir accordé la force, le

courage

et les moyens pour accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à exprimer nos remerciements et notre profonde

gratitude

s'adresse à notre enseignante et promotrice **Mr : MECHRI BACHIR**

Tout d'abord nos vifs remerciements s'adressent particulièrement à :

- Mr **BOULMAIZ TAYBE** qui a accepté de présider ce travail

- Mr **ACHOUR MANSOUR** . qui a acceptée d'examiner ce mémoire

- Mr **KATEB SAMIR** qui a accepté d'examiner ce mémoire.

-les travailleurs de laboratoire des (ONA Ouargla, INRA touggourt); qui nous a guidé tout

le temps dans le pratique

En fin, tous ceux qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce thème.

BENNAMIA Med Mounir
BENMOUSSA Farid

Table Des Matières

Introduction	01
I. Présentation de la région d'étude	
I.1. Situation géographique	02
I.2. Aperçu topographique	03
I.3. Climatologie.....	03
I.3.1. Température	03
I.3.2. Précipitation	04
I.3.3. Humidité relative	04
I.3.4. Vents	05
I.3.5. Evaporation	05
I.3.6. Insolation	06
I.4. Géologie de la région	06
I.5. Hydrogéologie d'Ouargla	07
I.6. Pédologie de la région	08
Conclusion	09
II. Généralité sur les eaux usées et le sol	
Introduction	10
II.1 Les eaux usées	10
II.1.1. Définition d'une eau usée	10
II.1.2. Origine des eaux usées.....	10
II.1.2.1. Les eaux usées urbaines	10
II.1.2.2. Les eaux de ruissellement	10
II.1.2.3. Les eaux usées industrielles.....	11
II.1.2.4. Les eaux agricoles	11
II.1.3. Analyse physicochimique des eaux usées	12
II.2. Le sol	16
II.2.1. Sol De Ouargla	16

II.3. Les constituants physiques du sol	17
II.3.1. Les Constituants Mécaniques Du Sol	18
II.3.1. 1. L'analyse granulométrique	19
II.3.1. 2. Les cailloux.....	19
II.3.1. 3. Les graviers	19
II.3.1. 4. Les sables grossiers et fins	19
II.3.1. 5. Les limons grossiers et fins :	19
II.3.1. 6. Les argiles	19
II.3.2. Les Constituants Organiques Du Sol	20
II.3.3. Les Constituants Liquides Ou Solution Du Sol	20
II.3.4. Les constituants gazeux ou atmosphère	20
II.4. Les Caractéristiques Physiques Du Sol	21
II.4.1. La teneur en eau du sol ou l'humidité	21
II.4.2. La température	21
II.4.3. L'aération du sol	21
II.5. Les propriétés physico-chimiques	21
II.5.1. L'adsorption des ions	21
II.5.2. La capacité d'échange en cations (CEC)	23
II.5.3. Les engrais azotés minéraux apportent l'azote	23
II.5.4. Le pH : l'indicateur de l'ambiance ionique du sol	23
II.6. Principaux éléments chimiques	23
II.6.1. Les principaux cations métalliques	24
II.6.1.1. Le calcium (Ca)dans le sol	24
II.6.1.2. Le magnésium (Mg) dans le sol	24
II.6.1.3. Le potassium (K) dans le sol	25
II.6.1.4. Le sodium (Na)dans le sol	25
II.6.2. Les trois principaux anions :	26

II.6.2.1. L'azote (N) dans le sol	26
II.6.2.2. Le phosphore (P) dans le sol	26
II.6.2.3. Le soufre (S) dans le sol	27
II.7. SALINITE DES SOLS	27
II.7.1. Origine de la salinisation	27
Conclusion	27
III. MATERIELS ET METHODES	
Introduction	
III.1. Présentation de la Step de SaidOtba Ouargla	28
III.2. Plan De Travail	30
III.3. Localisation des prélèvements (répartition des sondages)	30
III.4. Mode opératoire : analyses physico-chimiques des sols.....	31
III.4.1. Analyses de PH	32
III.4.2. Conductivité Electrique (C.E.)	33
III.4.3. Dosage des cations Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}	34
III.4.4. Dosage du Chlore	35
III.4.5. Dosage des carbonates et bicarbonates	36
III.4.6. Dosage des sulfate	36
Conclusion	
IV. RESULTANTS ET DISCUSSIONS	
Introduction	
IV.1. Suivi de la qualité physico-chimique des eaux épurée.....	37
IV.2. Suivi de la qualité physico-chimique des sols	43
IV.2.1. Bilan ionique de parcelle N°1	45
IV.2.2. Bilan ionique de parcelle N°2	46
IV.2.3. Bilan ionique de parcelle N°3	47
IV.2.4. Résumé des Analyses physicochimiques du sol	48
IV.3. Suivi de les éléments polluants du sol	48

IV.3.1. La pollution dans la parcelle N°1	49
IV.3.1.1. Pollution phosphorée	49
IV.3.1.2. Pollution azotée	49
IV.3.2. La pollution dans la Parcelle N°2	50
IV.3.2.1. Pollution phosphorée	50
IV.3.2.2. Pollution azotée	51
IV.3.3. La pollution dans la Parcelle N°3	52
IV.3.3.1 Pollution phosphorée	53
IV.3.3.2 Pollution azotée	53
Conclusion	53
Conclusion Générale	54
Références bibliographiques	55
Annexes	56

Liste Des Abréviations

ANRH : Agence Nationale des Ressources Hydrauliques

DHA : Direction d'Hydraulique Agricole

FAO : Food and Agricultural Organisation (Organisation des Nations Unies Pour l'Alimentation et l'Agriculture)

INSID : Institut National des Sols, de l'Irrigation et du Drainage

OMS : Organisation Mondiale de la Santé (WHO)

ONA : Office National de l'Assainissement.

ONID : Office National de l'Irrigation et du Drainage.

ONM : Office National de Météorologie

REUE : Réutilisation des Eaux Usées Epurées

SAR : sodium absorption ratio (ratio du Sodium Absorbable)

SASS: Système Aquifère du Sahara Septentrional

SEAAL : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger.

SEACO : Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine.

SEOR : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Oran

STEP : Station d'Épuration

Nomenclature

PH	Potentiel hydrogène
T0C	La température en degré Celsius
CE	La conductivité électrique
MES	Matière en suspension
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO5	Demande biochimique en oxygène
NO2-	Nitrites
NO3-	Nitrates
PO4	Phosphores
NH+4	Ammoniaque

Liste des Tableaux

Tableau N °1 : Caractéristiques Principales STEP SaidOtba	12
Tableau N °2 : L'analyse physicochimique à l' Entrée de la STEP SaidOtba 2eme Semestre Année 2017	13
Tableau N °3 : Valeurs Limites des Paramètres de Rejet d'Effluents Liquides Industriels	14
Tableau N °4 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation	15
Tableau N °5: Limites recommandées en éléments traces (mgL ⁻¹) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation	16
Tableau N °6: Les constituants physiques du sol	17
Tableau N °7: Echelle granulométrique	18
Tableau N °8 : pH du sol (extrait aqueux 1/5)	32
Tableau N °9: Salinité du sol (extrait aqueux 1/5)	34
Tableau N °10 : Les analyses physicochimiques eaux usées épurées de la StepSaidOtba	38
Tableau N°11 : Résultats analytiques des parcelles N°1	43
Tableau N°12 : Résultats analytiques des parcelles N°2	43
Tableau N°13 : Résultats analytiques des parcelles N°3	43
Tableau N°13 : Résultats analytiques des parcelles N°1	48
Tableau N°15 : Résultats analytiques des parcelles N°2	48
Tableau N°16 : Résultats analytiques des parcelles N°3	48

List de figure

Figure N °1 : Situation Géographique de La ville de Ouargla	02
Figure N °2 : Variation de la Température moyenne maximale annuelle (2008– 2017)	03
Figure N °3 : Variation des pluies Moyennes annuelle(2008– 2017)	04
Figure N °4: Variation de L'Humidité relative Moyenne annuelle (2008– 2017)	04
Figure N °5 : Variation moyenne annuelle de la vitesse du vent (2008– 2017)	05
Figure N °6 : Variation de l'évaporation totale annuelle(2008-2017)	05
Figure N °7 : Variation de la Durée d'Insolation annuelle (2008-2017)	06
Figure N °8 : Carte Hydrogéologique du Sahara d'Algérie [18]	06
Figure N °9 : Géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette d’Ouargla	08
Figure N °10: Triangle de Textur de Sol	18
Figure N °11 : L’adsorption des ions sur le complexe argilo-humique	22
Figure N °12 : image satellite de la Step Said Otba	28
Figure N °12A : image satellite de bassin des décantation	29
Figure N °13 : image des parcelles du Step Said Otba	29
Figure N °14 : les bacs de stockage d'eau	30
Figure N °15 : les modes d'échantillonnage	31
Figure N °16 : Agitateur magnétique	33
Figure N °17 : Ph- Mettre	33
Figure N °18 : conductimètre	34
Figure N °19 : la variation mensuelle de MES à la sortie de la Step	39
Figure N °20 : la variation mensuelle de DBO5 à la sortie de la Step	39
Figure N °21 : la variation mensuelle de DSO à la sortie de la Step	40
Figure N °22 : la variation mensuelle de N -NH4 et NT à la sortie de la Step	40
Figure N °23 : la variation mensuelle de N -NO2 et N-NO3 à la sortie de la Step	41

Figure N°24 : la variation mensuelle de PT à la sortie de la Step	41
Figure N°25 : la variation mensuelle de Salinitéet CE à la sortie de la Step	42
Figure N°26 : la variation mensuelle de PH à la sortie de la Step	42
Figure N°27 : Evolution du PH dans le sol des parcelles irrigués Par Eau forage,Eau épurée, Eau épurée et filtrée	44
Figure N°28 : Evolution du CE dans le sol des parcelles irrigués Par Eau forage, Eau épurée, Eau épurée et filtrée	44
Figure N°29 :Répartition des ions dans la parcelleN°1	45
Figure N°30 :Répartition des ions dans la parcelleN°2	46
Figure N°31 : Répartition des ions dans la parcelle N°3	47
Figure N°32 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°1	49
Figure N°33 : Evolution du taux d'accumulation de l'Azote parcelle N°1	49
Figure N°34 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°2	50
Figure N°35 : Evolution du taux de variation de phosphore Eau épurée + filtrée	50
Figure N°36 : Evolution du taux d'accumulation de l'azote parcelle N°2	51
Figure N°37 : Evolution du taux de variation de de l'azote Eau épurée + filtrée	51
Figure N°38 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°3	52
Figure N°39 : Evolution du taux de variation de phosphore Eau épurée	52
Figure N°40 : Evolution du taux d'accumulation de l'azote parcelle N°3	53
Figure N°41 : Evolution du taux de variation de de l'azote Eau épurée	53

CHAPITRE I

Présentation de La Région d'étude

Introduction

L'eau est indispensable à la vie pour tous les êtres vivants. Elle est aussi indispensable à toute activité économique, industrielle, agricole ou autre. Bien que globalement le cycle de l'eau soit en équilibre, et que l'eau soit suffisante théoriquement pour tous l'ensemble des besoins du globe, elle est répartie d'une manière inégale, des régions souffrent d'excès d'eau, d'autres de déficit. Les changements climatiques et les activités anthropiques perturbent cet équilibre et aggravent la crise de l'eau.

L'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit :

- ***Agriculture: 70%***
- ***Industries: 20%***
- ***Eau potable: 10%***

L'agriculture irriguée constitue donc l'activité humaine qui consomme la part la plus importante de l'eau. L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des cultures pour augmenter la production. Elle permet un développement normal des cultures en cas de déficit d'eau induit par une pluviométrie insuffisante ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides et semi arides.

Les eaux usées épurées peuvent être aussi considérées comme une véritable ressource d'eau, pouvant contribuer à la diminution du déficit hydrique, Les eaux usées épurées représentent aussi l'un des termes du bilan global « eau » au même titre que les eaux superficielles et souterraines.

Un flux de ressources permanent et en accroissement continu des débits, rejetés sans réutilisation par la plupart des stations dans la région et influer sur le milieu naturel.

Dans notre étude la réutilisation des eaux usées épurées issue de la station de Said Otba, va nous permettre d'évaluer les problèmes engendrés, avec la proposition des solutions et recommandations adéquates.

I.1. Situation géographique

Ouargla est considérée comme l'une des plus grandes oasis du Sahara Algérienne ; elle occupe le centre d'une cuvette appelée (cuvette de Ouargla) ; elle se localise dans le lit de L'Oued M'YA, depuis les ruines de SEDRATA ET GARAKRIMA au Sud jusqu'à HASSI EL-KHEFIF au Nord ;

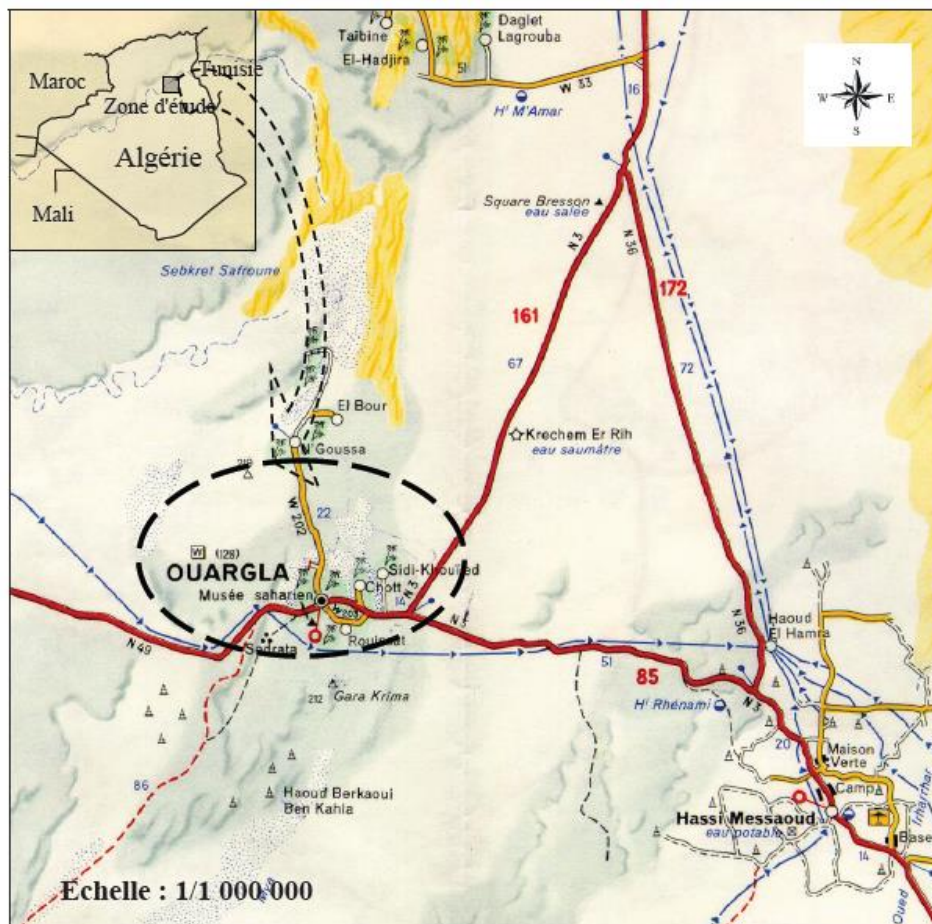


Figure N °1 : Situation Géographique de La ville de Ouargla

- Dont les coordonnées Géographiques sont les suivantes :

Altitude moyenne : 137 m : Latitude : 31°57' Nord : Longitude : 5°20' Est.

- La wilaya de Ouargla est limitée au :

Nord par : la wilaya d'EL-OUED.

Sud par : la wilaya de TAMANRASSET et ILLIZI.

Est par : la TUNISIE.

Ouest par : la wilaya de GHARDAIA et la wilaya de DJELFA.

I.2. Aperçu topographique :

Le site caractérisé par une morphologie plane avec une légèredénivelée vers le sud ; on ne distingue aucune anomalie particulière d'ordre topographique.

I.3. Climatologie

Le climat de la vallée d'Ouargla est un climat désertique chaud de type saharien, caractérisé par des pluviométries très réduite, des températures élevées et une forte évaporation, et par une faible humidité relative de l'air

I.3.1. Température

La température moyenne maximale annuelle est de 23, 40 C°. Les mois les plus chauds et Juillet, avec une température moyenne de 44 C°.,

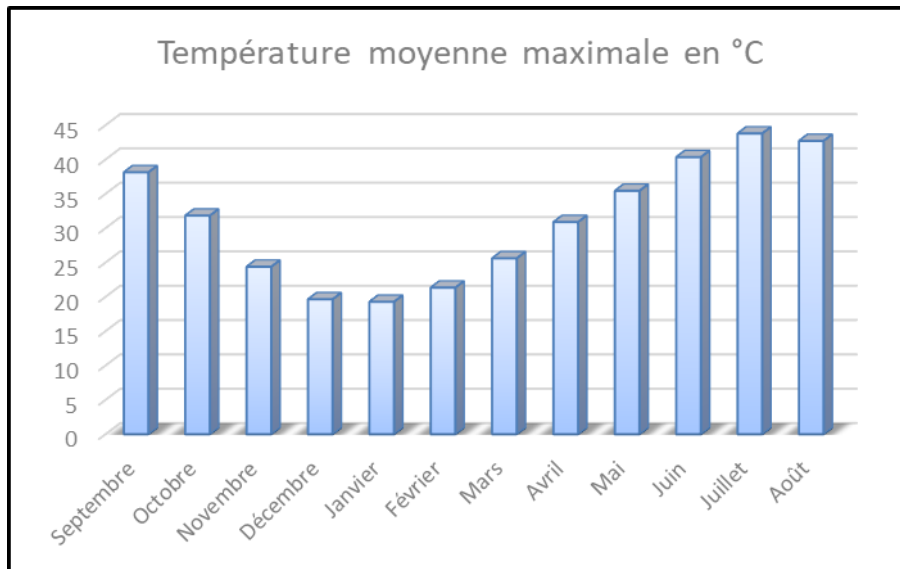


Figure N °2 : Variation de la Température moyenne maximale annuelle (2008– 2017)

I.3.2. Précipitation

La précipitation est rare et irrégulière dans le temps et dans l'espace, le mois le plus pluvieux est Janvier avec 8.51 mm, et de quantités très faible (0,27 mm) peuvent être enregistrées pour le mois d'Août.

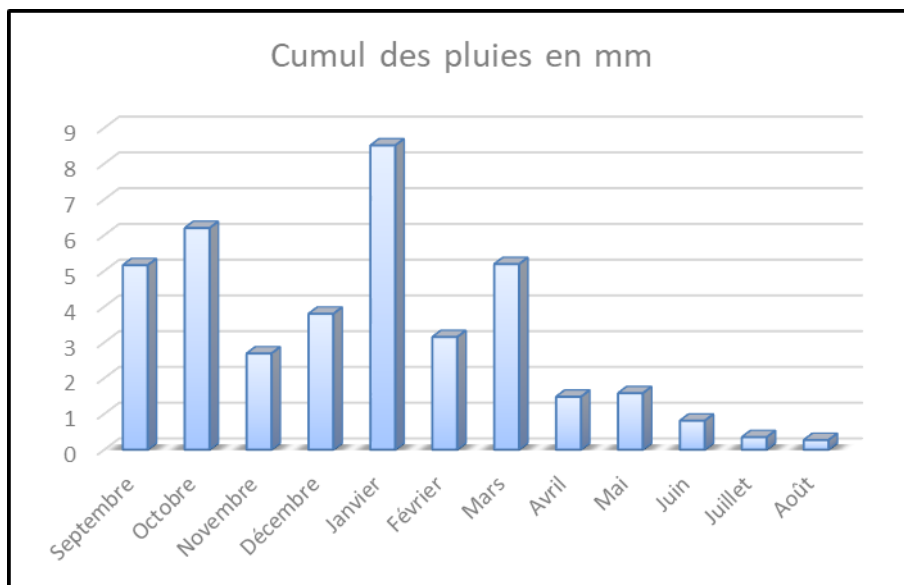


Figure N °3 : Variation des pluies Moyennes annuelle(2008– 2017)

I.3.3. Humidité relative

L'humidité relative de l'air est très faible avec une moyenne annuelle de 57.81 %. Elle est au mois de Janvier 79 % diminue jusqu'au mois de Juillet 35 %, puis elle augmente pour atteindre une moyenne de 81 % au mois de Décembre

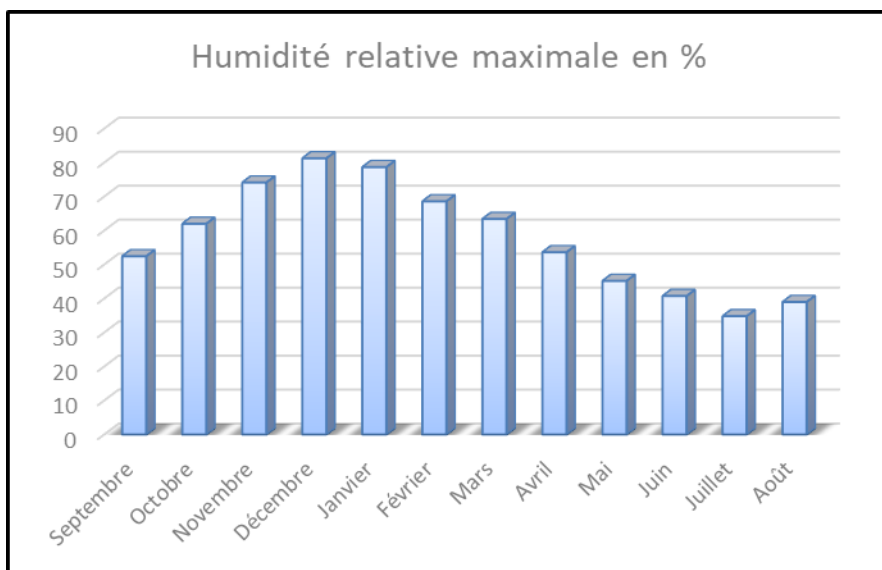


Figure N °4: Variation de L'Humidité relative Moyenne annuelle (2008– 2017)

I.3.4. Vents

Les vents sont fréquents durant toute l'année, avec une moyenne qui varie entre 7.06 et 10.39 m/s, les vents soufflent du Nord-Sud ou Nord-Est/Sud-Ouest (vent chaud sirocco).

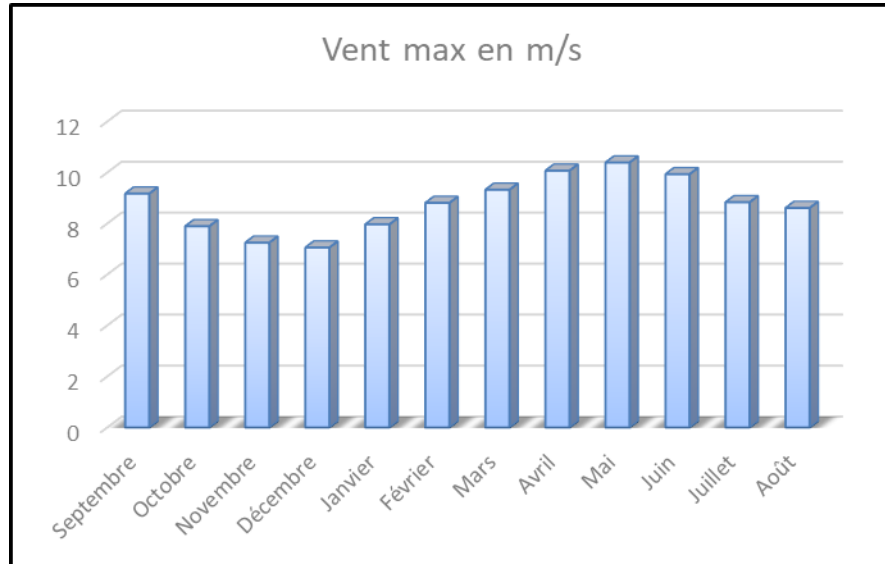


Figure N °5 : Variation moyenne annuelle de la vitesse du vent (2008– 2017)

I.3.5. Evaporation

L'évaporation est un paramètre climatique important qui permet d'apprécier les pertes en eau dans l'atmosphère, la région de Ouargla est caractérisée par une évaporation très importante, son intensité étant renforcée par les vents chauds, la quantité maximale évaporée 433 mm au mois de Juillet par contre la quantité minimale avec 80.3 mm au mois de Décembre.

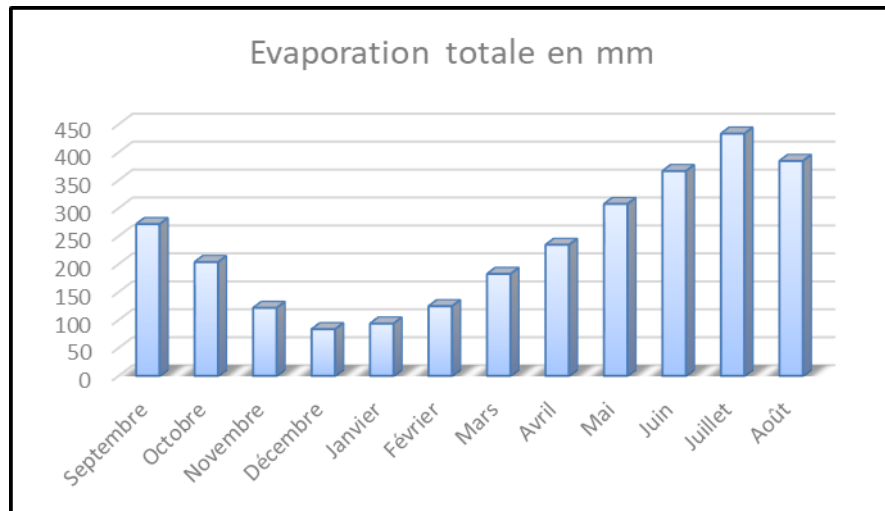


Figure N °6 : Variation de l'évaporation totale annuelle(2008-2017)

I.3.6. Insolation

La durée annuelle moyenne d'insolation est de 271.92 heures par ans, avec un minimum de 230.97 heures par jour au mois de Décembre et un maximum de 340.13 heures par jour au mois d'Aout

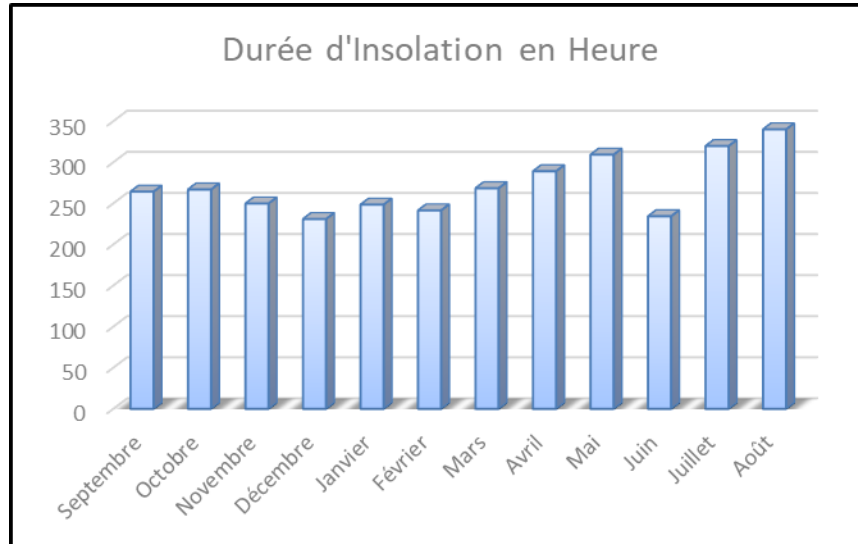


Figure N °7 : Variation de la Durée d'Insolation annuelle(2008-2017)

I.4. Géologie de la région

De point de vue lithologique et pétrographique, on rencontre dans les affleurements à travers le territoire de la wilaya, des alluvions actuelles des sebkhas et croutes gypso-salines, des sables éoliens mobiles, des regs et terrasses, des poudingues, des calcaires lacustres, des conglomérats, des calcaires marneux à rognon siliceux, des marnes et en fin des calcaires dolomitique.

I.5. Hydrogéologie d'Ouargla

Les eaux souterraines constituent la principale source hydrique dans la région d'Ouargla, [18]distingue trois nappes différentes constituées par la nappe phréatique, la nappe du complexe terminal et la nappe du continentale intercalaire, ces nappes présentent les caractéristiques suivantes :

1. La nappe phréatique avec une profondeur de 1 à 8 m selon les lieux et les saisons, elle circule dans les sables dunaires et les alluvions de l'oued M'ya.

2. La nappe du complexe terminale composée d'une nappe du Mio-pliocène dite nappe des sables et d'une nappe des calcaires (sénonien).

A :La nappe Mio-pliocène contenue dans les sables grossiers atteints vers 30 à 65 m de profondeur par les puits artésiens jaillissants qui irrigue les palmeraies, la salinité de la nappe variable 4,71 à 8,34 dS /m .

B :La nappe sénonien D'après l' *ANRH*, c'est une nappe de calcaire qui constitue avec la nappe des sables le complexe terminal, elle se trouve à une profondeur d'environ 200m Selon[2] la salinité de cette nappe est aussi très variable 3,75 à 5,48 ds/m.

3. Une nappe du continentale intercalaire dite albienne, elle se situe entre 1100 et 1800 m de profondeur. Elle couvre une superficie de 600,000 Km, le toit est formé par les marnes et les argiles gypsifères dont la base se situe entre 1000 m et 1100 m de profondeur, avec écoulement général du Sud vers le Nord. [14]

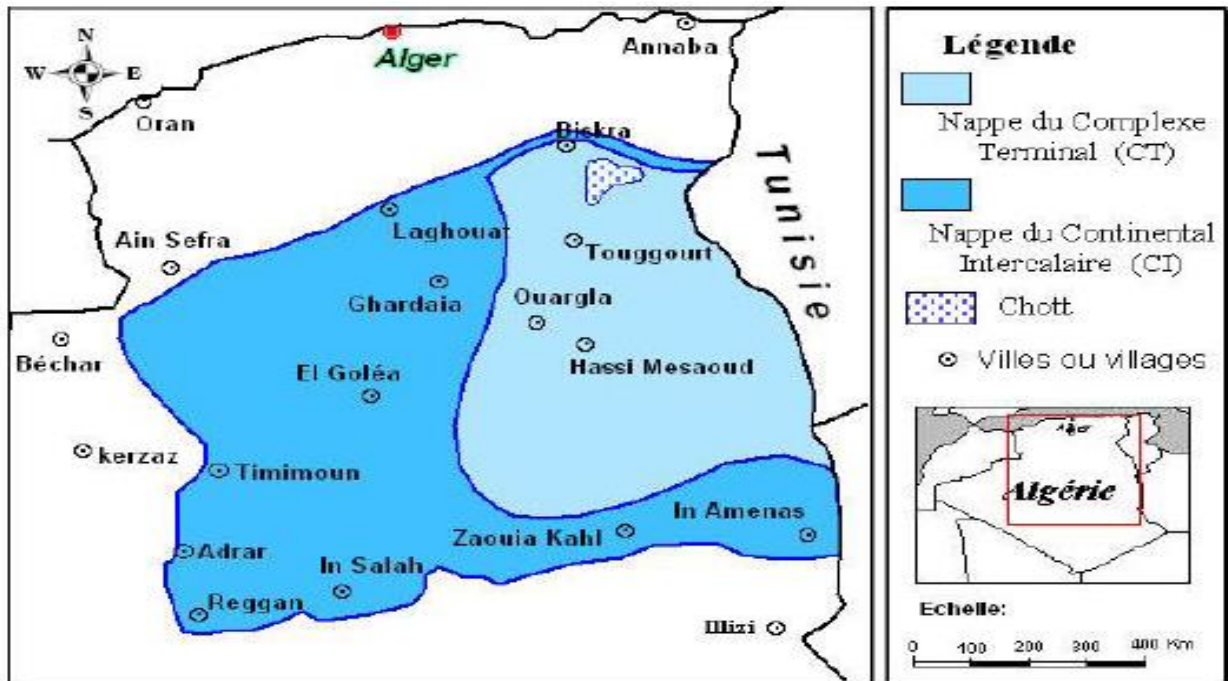


Figure N °8 : Carte Hydrogéologique du Sahara d'Algérie [18]

I.6. Pédologie de la région

Au Sahara, la couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose des classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués, sols halomorphes et sols hydromorphes.

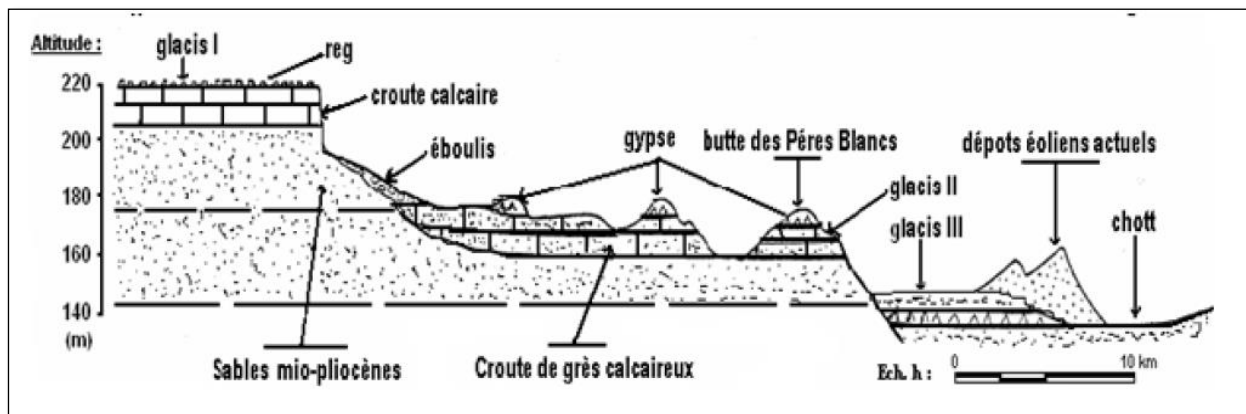


Figure N °09 : Géomorphologique schématique Ouest-Est de la cuvette d'Ouargla [16]

Un plateau à 180-200m d'altitude, caractérisé par une croute pétrocalcique surmontant une croute pétrogypsique. Ce pédopaysage est actuellement non fonctionnel à l'exception de transport éolien et d'humectation des premiers centimètres supérieurs lors des rares pluies.

Les glacis et le versant Ouest de la cuvette (entre 180 et 150m d'altitude) sont en grande partie recouverts de matériau alluvion-éoliens sans développement pédologique notable (REGOSOLS sableux et/ou à gravier).

Ces REGOSOLS s'alternent latéralement avec des formations éoliennes (dunes, sebkhas, etc...)

Les bordures des glacis étagés à 180m, à 160 m et à 140m, bien visibles, en partie érodées, se caractérisent par l'affleurement du substrat gréseux du Mio-pliocène (LITHSOLS)

La cuvette comprend un ensemble légèrement surélevé constituant le pédopaysage gypseux caractéristique du chott situé entre 140 et 135m d'altitude.

Ce pédopaysage est subdivisé en deux sous-systèmes : à croute gypseuse de surface, actuellement peu ou non fonctionnel gypso-salin, à croutes gypseuses de sub-surface et croutes salines de surface, actuellement fonctionnel.

Le centre de la cuvette (135-130 m d'altitude) correspond au pédopaysage salin à croutes salines de surface

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons constaté que la ville de Ouargla est caractérisée par un climat saharien aride, et elle repose sur deux aquifères qui forment un grand réservoir d'eau, et un relief caractérisé par des faibles pentes.

Nous avons confirmé également que la pédologie de la région présente une grande hétérogénéité.

CHAPITRE II

Généralité sur les eaux usées et le sol

Introduction :

Vu, la topographie de la toute région Saharienne Sud Est (Terrains Plats), d'une part et le problème des points de rejets d'autre part, la région d'Ouargla a connu un grave problème d'excédent hydrique, causé par un milieu récepteur topographiquement plat et hydrogéologiquement endoréique et les rejets des eaux usées et le rejet des eaux de drainage qui ont augmenté le niveau de la nappe phréatique. La réalisation des stations d'épuration (STEP de SaidOtba, Sidi khouiled et N'goussa) ont contribué à rabattre la nappe de la vallée.

Vu, sa position, sa capacité et son importance, nous avons basé dans notre thème, sur la station d'épuration de SaidOtba .

La Station d'épuration de SaidOtba ,à été réalisée en 2009 , avec un système de lagunage aéré .

II.1 Les eaux usées

II.1.1. Définition d'une eau usée

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluie et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance [4]

II.1.2. Origine des eaux usées

II.1.2.1. Les eaux usées urbaines

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement :

Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine)

II.1.2.2. Les eaux de ruissellement

Ce sont toutes les eaux qui ruissellent dans les rues où sont accumulées polluants atmosphériques, poussières, détritux, suies de combustions et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Ces eaux de ruissèlement, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminées vers une station d'épuration, sont

souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique.

Les eaux de ruissèlement comprennent les eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours.

II.1.2.3. Les eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels, concernant les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales [6]

Les caractéristiques des eaux usées industrielles varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées de différentes substances chimiques, organiques et métalliques selon leur origine industrielle, elles peuvent également contenir:

- Des graisses (industrie agroalimentaires, équarrissage)
- Des hydrocarbures (raffinerie)
- Des métaux (traitement de surface, métallurgie)
- Des acides, des bases et différents produits chimiques (industrie chimiques divers, tannerie)
- De l'eau chaude (circuits de refroidissement des centrales thermiques)
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs)

Avant d'être rejeté dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doit faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épuration.

II.1.2.4. Les eaux agricoles

L'agriculture est une source de pollution des eaux non négligeables car elles importent les engrais et les pesticides. Elle est la cause essentielle de la pollution diffuse. Les eaux agricoles issues des terres cultivées chargées d'engrais nitrates et phosphates, sous une forme ionique ou en quantités telle, qu'ils ne seraient pas finalement retenus par le sol et assimilés par les plantes, conduisent par ruissèlement à un enrichissement en matières azotées ou phosphatées des nappes les plus superficielles et des eaux des cours d'eau ou des retenues.

II.1.3. Analyse physicochimique des eaux usées

L'analyse physicochimique consiste à la détermination des paramètres de pollution tels que le DCO, DBO5, MES, NO₃⁻, NO₂⁻ et l'O₂ dissous. Ces paramètres ont été suivis mensuellement entre les différents étages de lagunage aéré ainsi qu'entre l'entrée et la sortie de la Step. Après avoir prélevé et conservé les échantillons selon les conditions requises pour les eaux usées, les analyses ont été effectués selon les protocoles préconisés

Tableau N °1 : Caractéristiques Principales STEP SaidOtba[15]

<i>STEP</i>	Said Otba
<i>Procédé d'épuration</i>	Lagunage aéré
<i>Capacité en (Eq/hab)</i>	400000
<i>Débit nominal en (m³/j)</i>	56997
<i>Lieu de rejet</i>	Sebkh et Sefioune

Tableau N °2 : L'analyse physicochimique à l' Entrée de la STEP SaidOtba Année 2018[15]

Paramètres de l'auto-surveillance	Débitmoyen (m ³ /j)	MES (mg/l)	DBO5 (mg/l)	DCO (mg/l)	Azote ammoniacal N-NH4 (mg/l)	Azote nitrite N-NO2 (mg/l)	Azote nitrate N-NO3 (mg/l)	Azote total NT (mg/l)	PT (mg/l)	Salinité (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	pH
Décembre	39,854.35	183.33	115.00	387.50	31.75	0.15	0.70	68.50	2.98	9,215.79	14,249.47	7.58
Janvier	39,065.38	112.50	160.00	359.00	24.20	0.06	0.21	48.60	2.66	13,031.82	20,950.91	7.31
Février	42,516.67	109.00	153.33	324.00	30.40	0.13	0.59	/	3.54	9,414.29	16,019.05	7.45
Mars	42,228.64	91.00	195.00	262.93	30.60	0.90	0.20	96.40	3.84	10,136.36	16,895.00	7.52

Tableau N°3 : Valeurs Limites des Paramètres de Rejet d'Effluents Liquides Industriels. [13]

VALEURS LIMITES DES PARAMETRES DE REJETS D'EFFLUENTS LIQUIDES INDUSTRIELS				
N°	PARAMETRES	UNITE	VALEURS LIMITES	TOLERANCES AUX VALEURS LIMITES ANCIENNES INSTALLATIONS
1	Température	°C	30	30
2	PH	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	"	30	40
5	Phosphore total	"	10	15
6	DCO	"	120	130
7	DBO5	"	35	40
8	Aluminium	"	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	"	0,005	0,01
10	Cyanures	"	0,1	0,15
11	Fluor et composés	"	15	20
12	Indice de phénols	"	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	"	10	15
14	Huiles et graisses	"	20	30
15	Cadmium	"	0,2	0,25
16	Cuivre total	"	0,5	1
17	Mercure total	"	0,01	0,05
18	Plomb total	"	0,5	0,75
19	Chrome Total	"	0,5	0,75
20	Etain total	"	2	2,5
21	Manganèse	"	1	1,5
22	Nickel total	"	0,5	0,75
23	Zinc total	"	3	5
24	Fer	"	3	5
25	Composés organiques chlorés	"	5	7

PH : Potentiel d'hydrogène
 DBO₅ : Demande biologique en oxygène pour une période de cinq (5) jours
 DCO : Demande chimique en oxygène
 MES : Matière en suspension

Tableau N°4 : Directives pour l'interprétation de la qualité de l'eau pour l'irrigation [7]

Problèmes potentiels en irrigation		Unités	Degré de restriction			
			Aucun	Léger à modéré	Sévère	
Salinité	CE	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>0,30	
	TDS	mg/L	<450	450-2000	>2000	
Infiltration SAR=	0-3	CE	dS/m	<0,7	<0,7-0,2	< 0,2
	3-6	CE	dS/m	<1,2	<1,2-0,3	< 0,3
	6-12	CE	dS/m	<1,9	<1,9-0,5	< 0,5
	12-20	CE	dS/m	<2,9	<2,9-1,3	<1,3
	20-40	CE	dS/m	<5,0	<5,0-2,9	<2,9
Toxicité Spécifique des ions						
Sodium (Na)	Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9	
	Irrigation par aspersion	méq/L	<3	<3		
Chlorure (Cl)	Irrigation de surface	méq/L	<4	4-10	>10	
	Irrigation par aspersion	méq/L	<3	<3		
Bore (B)		méq/L	<0,7	0,7-3	>3	
Effets divers						
Azote (NO ₃ -N)		méq/L	<5	5-30	>30	
Bicarbonates (HCO ₃)		méq/L	<1,5	1,5-8,5	>8,5	
pH		Gamme normale 6,5 - 8,4				
CE: conductivité électrique; TDS: total dissolves solides; SAR: rapport d'absorption du sodium						

Tableau N°5: Limites recommandées en éléments traces (mgL⁻¹) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation [7]

Constituent	Utilisation à long terme ^b (mg/l)	Court terme ^c (mg/l)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.10	2.0
Béryllium	0.10	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

II.2. Le sol

Le sol provient en général de l'altération sur place de la roche mère sous-jacente, sous l'influence de facteurs physiques, chimiques et biologiques. La roche mère est aussi appelée sous-sol [4]

II.2.1. Sol de ouargla

La particularité des sols du Sahara est leur régime hydrique du type aride. La couverture pédologique présente une grande hétérogénéité et se compose de classes suivantes : sols minéraux bruts, sols peu évolués sols halomorphes et sols hydromorphes [5]

- Ouargla est une région caractérisée par des sols légers à prédominance sableuse et à structure particulière. Ils sont caractérisés également par un faible taux de matière organique, un pH alcalin, une faible activité biologique et une bonne aération.[5]

Les sols de la cuvette d’Ouargla sont caractérisés par des sols par l’excès d’eau et de sels liés à la présence d’une nappe phréatique proche de la surface du sol. Le caractère de salinité des sols peut varier d’une façon qualitative surtout en présence d’un plan d’eau, la salinité des sols. Elle peut atteindre (50ds/m) en surface et décroître brusquement ou progressivement avec la profondeur. Cette concentration des sels dans les horizons de surface s’explique par la remontée capillaire de la nappe phréatique salée, la manifestation la plus apparente est celle des néoformations d’efflorescence blanchâtres et parfois de croûtes à la surface du sol . [12]

II.3. Les constituants physiques du sol

Les constituants physiques du sol composée à trois principaux groupes

Tableau N °6: Les constituants physiques du sol [3]

STITUANTS SOLIDES		CONSTITUANTS LIQUIDES	CONSTITUANTS GAZEUX
Constituants minéraux x	Constituants organiques s	= Solution du sol	= air du sol
Terre fine du sol : Argiles, limons fins, limons grossiers, sable fins, sables grossiers	Matière organique fraîche : constituants des tissus → végétaux cellulose, hémicellulose, tanins,..déjections animales → et animaux morts	Eau du sol Eléments solubles dissous : substances organiques (acides organiques, sucres,...) ions dans l’eau du sol : Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ ,K ⁺ , Na ⁺ ,NO ₃ ⁻ , PO ₄ ³⁻	Constituants de l’air : O ₂ , N ₂ , CO ₂ Gaz issus de l’activité des animaux du sol et des processus de décomposition : CO ₂ , H ₂ , CH ₄ ,...
Eléments grossiers : Gravier, Cailloux, Pierres, Blocs	Matières humiques : matières organiques transformées		

II.3.1. Les Constituants mécaniques du sol

II.3.1. 1. L'analyse granulométrique :

La granulométrie classe les éléments minéraux, appelés également éléments mécaniques, d'après leur grosseur et détermine le pourcentage de chaque fraction.

La granulométrie contribue à définir la texture du sol. On distingue dans un premier temps les éléments grossiers de diamètre supérieur à 2mm, de la terre fine de diamètre inférieur à 2mm.

Tableau N °7: Echelle granulométrique : [10]

Terre fine					Éléments grossiers	
< 2 μ	2μ - 20μ	20μ - 50μ	50μ - 200μ	200μ - 2mm	2mm - 2cm	>2cm
argiles	limons fins	limons grossiers	sables fins	sables grossiers	graviers	cailloux

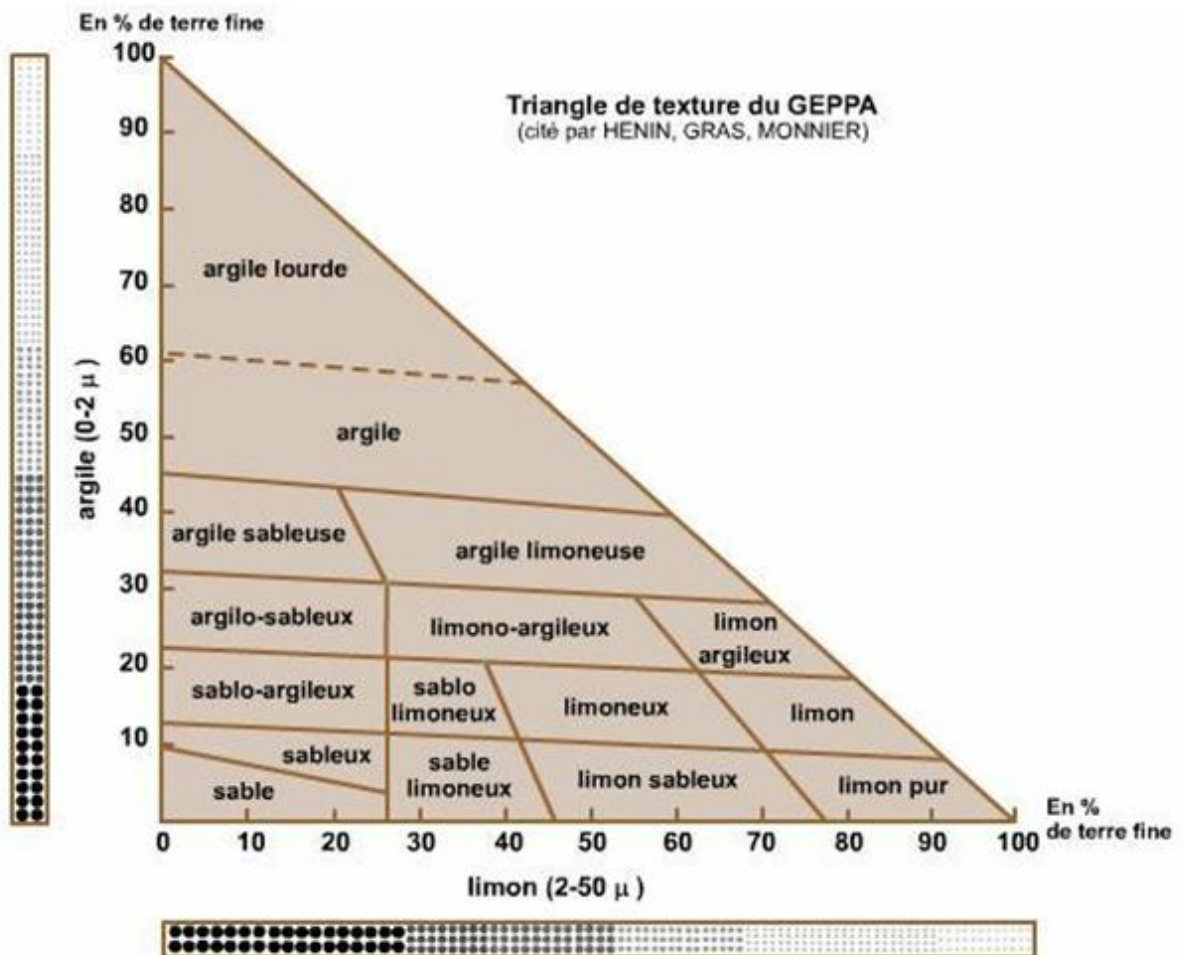


Figure N °10: Traingle de Textur de Sol [17]

II.3.1. 2. Les cailloux:

Les cailloux sont des constituants mécaniques grossiers issus de la désagrégation de la roche-mère. Leur taille est supérieure à 2 cm.

II.3.1. 3. Les graviers :

Les graviers sont des constituants mécaniques grossiers issus de la désagrégation de la roche-mère. Leur taille est comprise entre 2mm et 2cm. La quantité de cailloux et de graviers détermine la porosité du sol. Une teneur trop importante en éléments grossiers pose des problèmes pour le travail du sol. Un moyen de diminuer la porosité du sol est l'épierrage.

II.3.1. 4. Les sables grossiers et fins :

Les sables sont des constituants mécaniques issus de la désagrégation de la roche-mère. Ce sont les plus gros éléments de la terre fine. On distingue les sables grossiers de taille comprise entre 0,2 mm et 2 mm, des sables fins de taille comprise entre 0,05 mm et 0,2 mm. Si la teneur en sables est très faible, on peut sabler : le sablage consiste à apporter du sable pour modifier la texture du sol. Cette action est surtout pratiquée sur des parcelles maraîchères.

II.3.1. 5. Les limons grossiers et fins :

Les limons sont des constituants mécaniques issus de la désagrégation de la roche-mère. On distingue les limons grossiers de taille comprise entre 0,02 mm et 0,05 mm, des limons fins de taille comprise entre 0,002 mm et 0,02 mm.

II.3.1. 6. Les argiles :

Le terme « argile » fait référence soit à l'argile granulométrique, soit à l'argile minéralogique. L'argile granulométrique définit les constituants mécaniques issus de l'altération de minéraux silicatés de la roche-mère, regroupant l'ensemble des particules de diamètre inférieur à 2 µm : les argiles proprement dites, des particules de quartz, de micas et de calcaire. Ce sont les plus petits éléments de la terre fine.

L'argile minéralogique désigne le minéral issu de la désagrégation de la roche-mère.

II.3.2. Les Constituants Organiques Du Sol

La fraction solide de terre fine comprend généralement 1 à 5% de matière organique et 95 à 99% de matière minérale, La matière organique comprend tous les constituants du sol formés d'hydrates de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et, le plus souvent, d'azote Elle donne naissance une matière de couleur foncée, L'*HUMUS*. [10]

La quantité d'**humus** stable obtenu à partir d'apports organiques dépend de leur teneur en matière sèche et de leur richesse en cellulose et lignine.

II.3.3. Les Constituants Liquides Ou Solution Du Sol

L'eau présente dans le sol provient de deux sources : des précipitations et des apports par irrigation. L'eau forme autour des éléments du sol des films très fins La teneur en eau du sol détermine le taux d'humidité, caractéristique physique du sol.

L'eau du sol constitue un élément indispensable à la vie des plantes : elle assure le transport des substances nutritives dans le végétal et est source d'oxygène et d'hydrogène.

II.3.4. Les constituants gazeux ou atmosphère

Encore appelés atmosphère du sol, les constituants gazeux se trouvent dans les cavités ou pores du sol. Ils proviennent de l'air extérieur, de la vie des organismes, et de la décomposition des matières organiques L'air du sol est constitué :

- des constituants de l'air extérieur : de l'Azote N_2 et d'Oxygène O_2 ;
- des gaz issus des décompositions organiques et de la respiration des êtres vivants : dioxyde de carbone CO_2 , dihydrogène H_2 , et méthane CH_4 .

L'air du sol, source d'oxygène, est indispensable à la vie de la faune et de la flore du sol L'aération du sol est un des facteurs du bon fonctionnement de l'activité microbienne (décomposition, minéralisation, humification, assimilation) et de l'activité racinaire (absorption des éléments minéraux).

[10]

II.4. Les Caractéristiques Physiques Du Sol

Les caractéristiques physiques du sol présentées comme suite

II.4.1. La teneur en eau du sol ou l'humidité

La teneur en eau du sol ou humidité est égale au rapport de la quantité d'eau à celle de terre sèche la renfermant, on caractérise également l'eau du sol par le potentiel capillaire ou **PF** qui mesure la force de succion de l'eau par le sol.

II.4.2. La température

dépend de l'absorption de la chaleur le rayonnement solaire est la source principale de la chaleur du sol, La température d'un sol dépend de l'inclinaison du terrain, de la rugosité du relief, de la composition minéralogique, de la couleur et de l'humidité du sol, et la température du sol conditionne les activités microbiennes racinaires.

Les sols les plus froids sont ceux engorgés d'eau, les sols les plus chauds sont les sols perméables.

II.4.3. L'aération du sol

dépend de l'état structural et de l'état hydrique et le renouvellement de l'air est principalement assuré par diffusion : de l'oxygène diffuse de l'air extérieur vers le sol, du gaz carbonique du sol vers l'extérieur.

L'aération conditionne les activités microbiennes et racinaires. L'état structural et l'état hydrique conditionnent ces échanges en déterminant la configuration des pores et l'importance de l'espace poral libre.

Une croûte de battance à la surface d'un sol diminue la perméabilité du sol à l'air. Également, des pores remplis d'eau (lorsqu'il y a engorgement) limitent les possibilités de diffusion (exemple : la diffusion de l'oxygène est 10000 fois plus lente en phase liquide qu'en phase gazeuse).

II.5. Les propriétés physico-chimiques

II.5.1. L'adsorption des ions

Un sel minéral en dissolution dans l'eau du sol s'y trouve en partie à l'état dissocié, scindé en deux ions : l'anion, chargé négativement (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , PO_4^{3-} , H_2PO_4^-) et le cation, chargé positivement (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} , etc.). Les cations continuellement en

mouvement représentent les éléments minéraux à l'état échangeable et sont biodisponibles pour la plante. L'hydrogène (H^+) est le cation le plus énergiquement retenu par le complexe argilo humique. Le complexe argilo humique possède la propriété de retenir à sa surface les cations de la solution du sol (pouvoir adsorbant).

L'adsorption est la rétention de substances sans combinaison à la surface de constituants solides. La désorption est le phénomène inverse.

L'adsorption des ions s'explique par l'existence de charges électriques contraires qui s'attirent.

Le complexe argilo-humique, chargé négativement à sa surface, a la capacité de retenir à sa surface des cations provenant de la solution du sol : c'est le pouvoir adsorbant.

Un équilibre s'établit entre les ions adsorbés et les ions libres de la solution.

Ces cations sont momentanément fixés, ils peuvent être échangés, par le phénomène de désorption, avec la solution. A chaque instant se désorbe autant d'ions qu'il ne s'en adsorbe.

L'adsorption des ions sur le complexe argilo-humique est sélective.

- les protons H^+ ou H_3O^+
- les ions métalliques Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+
- en quantité plus limitée, les ions NH_4^+ , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Mo , Al^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} .

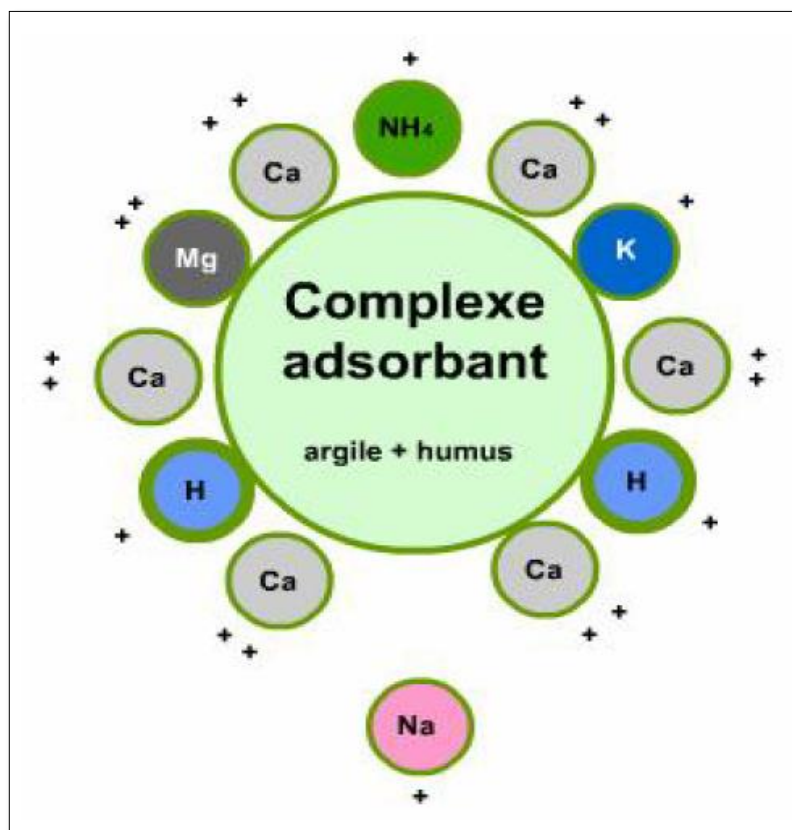


Figure N °11 : L'adsorption des ions sur le complexe argilo-humique [17]

II.5.2. La capacité d'échange en cations (CEC)

La capacité d'échange cationique (CEC) est la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol peut retenir. Elle joue un rôle fondamental pour l'alimentation minérale de la plante.

La CEC dépend du taux et de la nature des colloïdes argilo-humiques du sol (elle est exprimée en Cmol^+ pour 1 kg de terre prélevée).

II.5.3. Les engrais azotés minéraux apportent l'azote

- Soit sous forme du cation ammoniacal NH_4^+ qui peut se fixer sur le complexe argilo humique.
- Soit sous forme de l'anion nitrate NO_3^- qui n'est pas retenu par le complexe et est mobile dans la solution du sol.

II.5.4. Le pH : l'indicateur de l'ambiance ionique du sol

Le pH est utilisé comme indicateur de l'ambiance ionique du sol, il intervient dans l'étude de nombreuses propriétés du sol :

- une forte acidité ou un pH très faible entraîne des problèmes de solubilité ou d'insolubilisation des phosphates ;
- dans les sols calcaires à pH élevé, des phosphates de faible solubilité se forment et la biodisponibilité des oligo-éléments (sauf pour le molybdène) est diminuée.

II.6. Principaux éléments chimiques

Les nutriments dans le sol(N, P, K - Ca, Mg, S, Na et les oligo-éléments)

Les éléments nutritifs de la solution du sol sont présents soit sous forme :

- d'ions libres dans la solution.
- adsorbés sur le complexe argilo-humique, facilement échangeables avec la solution.
- rétrogradés c'est-à-dire fixés entre les feuillets d'argile, et donc difficilement échangeables.
- associés à des molécules organiques avec lesquelles ils forment des chélates (association entre un élément minéral et un constituant organique), facilement échangeables.
- inclus dans les molécules organiques, insolubles.

C'est surtout à l'état soluble que les éléments minéraux jouent leur rôle actif dans la nutrition de la plante

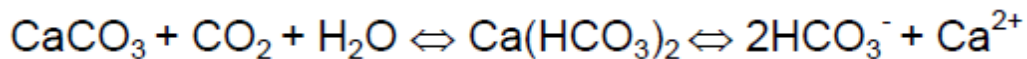
II.6.1. Les principaux cations métalliques

Les principaux cations métalliques existant dans le sol sont (calcium, magnésium, potassium, sodium)

II.6.1.1. Le calcium (Ca) dans le sol :

Le calcium se trouve dans le sol sous plusieurs formes :

- le calcaire inactif est le carbonate de calcium (CaCO_3) à l'état grossier (blocs, graviers,...).
Sous l'action de l'eau et de CO_2 , il peut être dissout et fournir des ions Ca^{2+} dans la solution du sol :



- Le carbonate est altéré et disparaît par décarbonatation, mais la dissolution du carbonate dans l'eau est très faible ;
 - le calcaire actif est la fraction de carbonate de calcium (CaCO_3) qui s'altère rapidement ;
 - le calcium soluble se trouve dans la solution sous diverses formes qui libèrent des ions Ca^{2+} : la chaux $\text{Ca}(\text{OH})_2$, le bicarbonate de calcium $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, le nitrate de calcium $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, les phosphates monocalciques $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$;
 - le calcium échangeable : ions calcium adsorbés sur le complexe argilo-humique et libres dans la solution du sol. Il existe un équilibre d'adsorption - désorption entre eux.
- La teneur en calcium sous ces diverses formes définit l'état calcique du sol [8]

II.6.1.2. Le magnésium (Mg) dans le sol

Le magnésium est présent dans le sol sous plusieurs formes :

- une réserve inaltérée : magnésium présent dans le substrat, dans les minéraux primaires silicatés ;
- une réserve mobilisable : magnésium des oxydes et hydroxydes. Ce magnésium peut passer sous forme échangeable, à la hauteur d'environ 15 kg de $\text{MgO}/\text{ha}/\text{an}$;
- le magnésium échangeable : adsorbé sur le complexe argilo-humique, il représente environ 0,05 à 0,10% de MgO ;
- le magnésium présent dans la solution du sol sous forme d'ions Mg^{2+} : environ 5 à 100 mg de MgO/l de solution.

Magnésium échangeable et magnésium en solution sont les deux formes qui servent à alimenter les plantes.

La teneur totale en magnésium du sol varie de 1 à 30‰ en MgO.

Le magnésium est faiblement retenu sur le complexe argilo-humique. Sa rétention limitée explique l'appauvrissement des couches superficielles du sol et l'importance des pertes par drainage.

La richesse en magnésium est définie par l'analyse chimique de terre (teneur en MgO). Le taux souhaitable de MgO est fonction de la teneur en argile.

II.6.1.3. Le potassium (K) dans le sol

Le potassium est présent dans le sol sous plusieurs formes :

- le potassium solidement fixé dans les minéraux primaires. Cette forme ne participe pas à l'alimentation de la plante ;
- le potassium associé à l'argile : la quantité fixée ou rétrogradée entre les feuillets d'argile est difficilement échangeable ;
- le potassium adsorbé sur le complexe argilo-humique est facilement échangeable ;
- le potassium présent dans la solution du sol sous forme d'ions K^+ .

Potassium échangeable et potassium en solution sont les deux formes qui servent à alimenter les plantes.

La teneur totale en potassium du sol varie de 1,5 à 3 % de K_2O , mais la connaissance de la teneur totale a peu d'intérêt quant à l'alimentation des plantes. Il existe des pertes de potassium par drainage.

La richesse en potassium échangeable est définie par l'analyse chimique de terre (teneur en K_2O). Le taux souhaitable de K_2O est fonction de la teneur en argile.

II.6.1.4. Le sodium (Na) dans le sol

Le sodium dans le sol est sous forme :

- le sodium inclus dans le substrat. Cette forme ne participe pas à l'alimentation ;
- le sodium adsorbé sur le complexe argilo-humique. Dans les sols cultivés, les ions Na^+ représente moins de 1% de l'ensemble des cations adsorbés sur le complexe adsorbant. Il est facilement échangeable ;
- le sodium libre dans la solution du sol sous forme d'ions Na^+ .

Les formes soluble et adsorbée participent à l'alimentation de la plante

II.6.2. Les trois principaux anions

Les trois principaux anions sont l'azote, phosphore, soufre

II.6.2.1. L'azote (N) dans le sol

L'azote est sous trois formes dans le sol : élémentaire, minérale et organique (96 à 98 % de l'azote total).

- l'azote organique des résidus de culture : il constitue pour les micro-organismes hétérotrophes une source d'énergie et de nutriments
- L'azote minéral est présent dans la solution du sol, il comprend :
 - des ions ammonium NH_4^+ libres dans la solution ou retenus sur le complexe argilo-humique ;
 - des ions nitrates NO_3^- libres dans la solution. Ils peuvent être facilement lessivés ;
 - des ions NO_2^- très rares.

La minéralisation de l'azote est le passage de l'azote de la forme organique à celle minérale.

Ce processus est effectué par les micro-organismes du sol.

II.6.2.2. Le phosphore (P) dans le sol

Le phosphore est présent dans le sol sous plusieurs formes :

- le phosphore insoluble combiné dans des composés minéraux ;
- le phosphore peu soluble fixé ou rétrogradé entre les feuillets d'argile ;
- le phosphore combiné à la fraction organique : la minéralisation de la matière organique libère du phosphore ;
- le phosphore adsorbé : il est retenu soit par les charges positives des colloïdes minéraux et organiques, soit par les colloïdes électropositifs comme les hydroxydes de fer ou d'aluminium.

Le processus d'adsorption est réversible ;

- les ions phosphates libres dans la solution du sol : leur présence dépend du pH.

Principalement sous forme HPO_4^{2-} et H_2PO_4^- , ils sont présents en très faible quantité (moins de 1 kg/ha).

II.6.2.3. Le soufre (S) dans le sol

A . *Forme organique* : La majeure partie du soufre est sous forme organique (75 à 90%), forme non directement utilisable par les plantes.

Les composés organiques soufrés subissent une minéralisation par les micro-organismes. Le soufre organique est minéralisé en sulfates, assimilables par les végétaux. 20 à 80 kg de S/ha passent sous forme minérale par an.

B . Forme minérale du soufre :

Le soufre minéral est sous forme de sulfates qui sont ou libres dans la solution du sol (SO_4^{2-}), ou adsorbés sur le complexe argilo-humique (très peu), ou inclus dans des composés peu solubles.

Les ions sulfates sont facilement lessivables, c'est pourquoi les couches superficielles du sol ont tendance à s'appauvrir en soufre. Les pertes par lessivage sont de 30 à 80 kg/ha/an.

II.7. SALINITE DES SOLS

La salinité et la quantité de sels solubles dans le sol. Ces sels sont le Potassium, le magnésium, le calcium, le chlorure, le sulfate, le carbonate, le bicarbonate et le Sodium. Les sels se dissolvent et se déplacent avec l'eau. Quand l'eau s'évapore, les sels restent

II.7.1. Origine de la salinisation

salinité du sol est due à la

- Sol sont salés avant toute intervention humaine.
- Eau d'irrigation.
- Nappe superficielle proche.

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons bien détaillé les caractéristiques des Eaux usées et le sol.

Ces Données seront notre point de départ et la base de nos essais, l'objet de ce Thème

CHAPITRE III

MATERIELS ET METHODES

Introduction :

Ce troisième chapitre présente la méthodologie mise en œuvre pour les parties expérimentales de terrains.

Il inclut tout d'abord une description des protocoles expérimentaux utilisés sur le site d'étude tels que l'échantillonnage des sols et la description des méthodes et outils d'analyse physico-chimique.

III.1. Présentation de la Step de Said Otba Ouargla

La station d'épuration de la ville d'Ouargla appelée Step de Said Otba , a été mise en service en 2009. Elle a été conçue pour une capacité de 400000 EH et s'étend sur une superficie de 80 ha. Elle est basée sur un procédé biologique de type **LAGUNAGE AERE** et comporte les ouvrages suivants [15]

:

0. Un bassin de dégazage
1. Deux dégrilleurs automatiques
2. Un dessableur
3. Un ouvrage de répartition
4. Des bassins de lagunage aéré divisés en
 - 4 bassins dans le 1^{er} étage
 - 2 bassins dans le 2^{ème} étage
 - 2 bassins dans le 3^{ème} (sortie de la Step);
5. Des lits de séchage des boues.

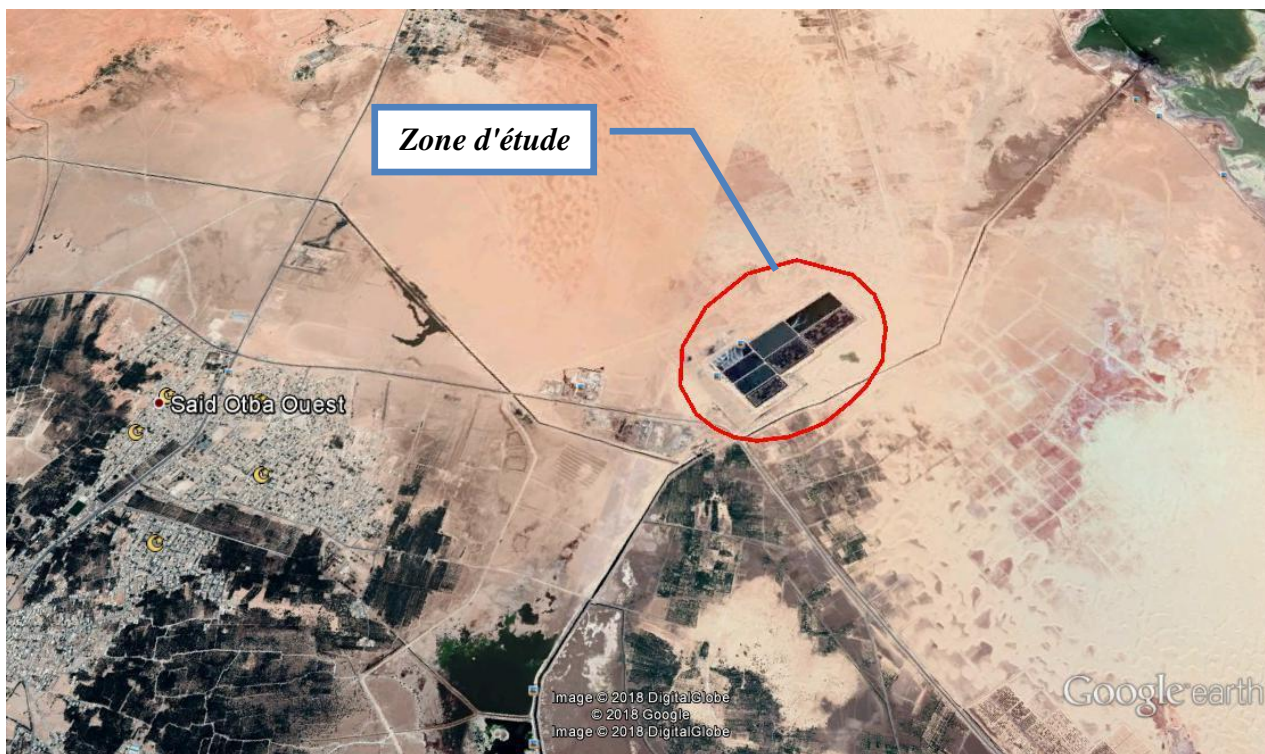


Figure N °12 : image satellite de la StepSaidOtba

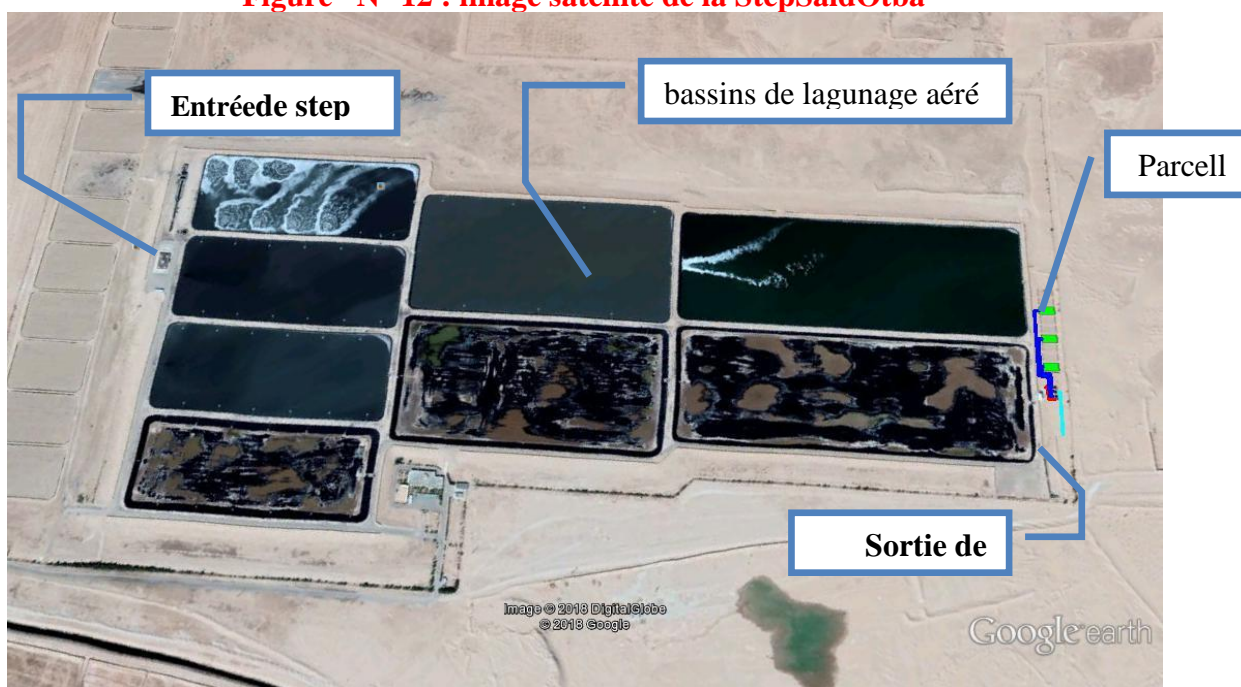


Figure N °12A: image satellite de bassin des décantation



Figure N °13 : image des parcelles du StepSaidOtba

III.2. Plan De Travail

Le plan de travail de notre étude est principalement basé sur une comparaison des résultats d'analyses physicochimique du sol pour les trois types d'eau d'irrigation, les mesures ont été effectuées après des prises des échantillons du sol à chaque mois d'irrigation.

Les hypothèses des expériences.

- Un sol homogène
- Même volume d'eau pour chaque parcelle

Nous avons trois parcelles à irriguer par trois types d'eau

- 1 - Parcelle (S1) irriguée par l'eau de forage
- 2 - Parcelle (S3) irriguée par l'eau de la station (eaux épurée filtré)
* Le Filtre constitué d'une couche de sable fin et gravier avec une épaisseur de 01 m).
- 3 - Parcelle (S2) irriguée par l'eau de la station (eaux épuré)

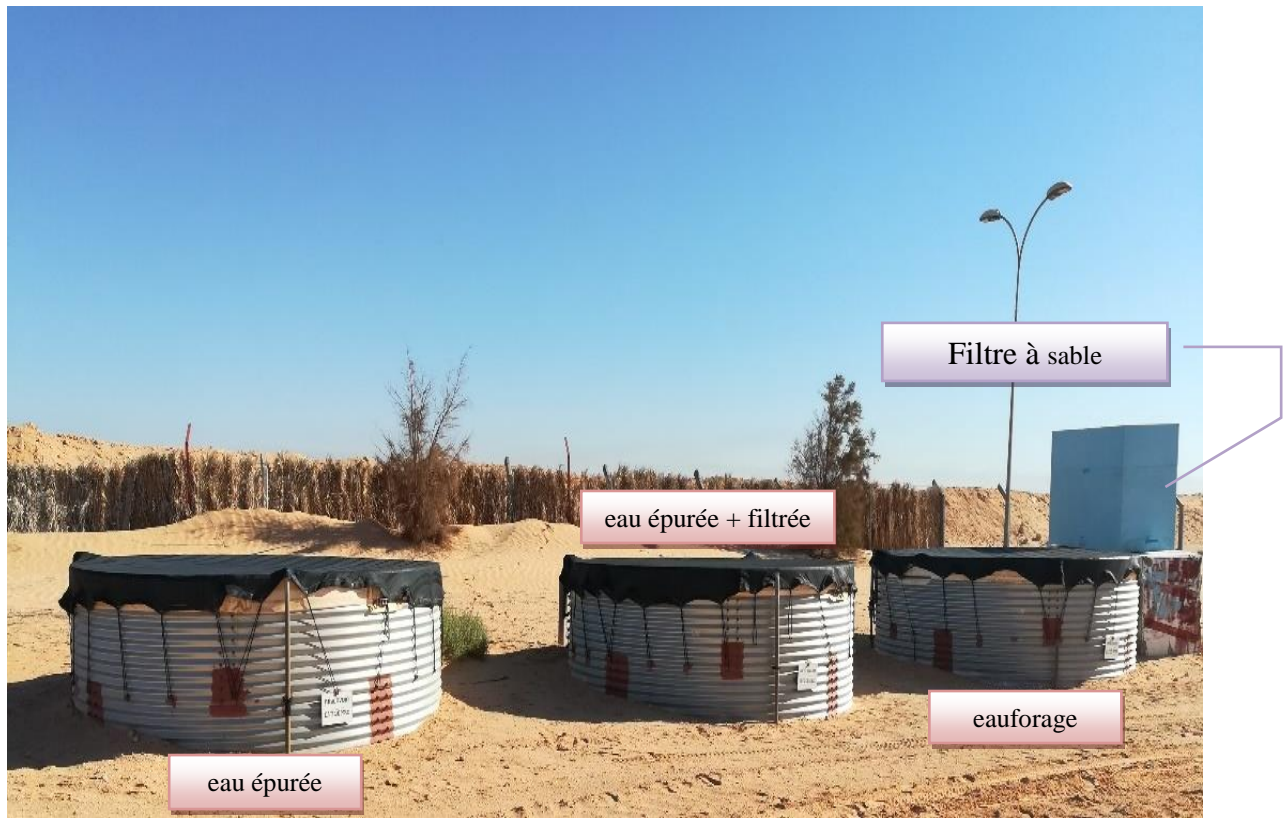


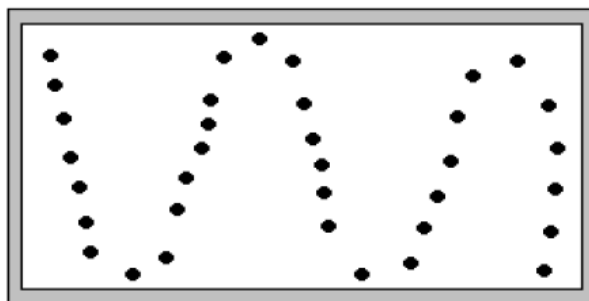
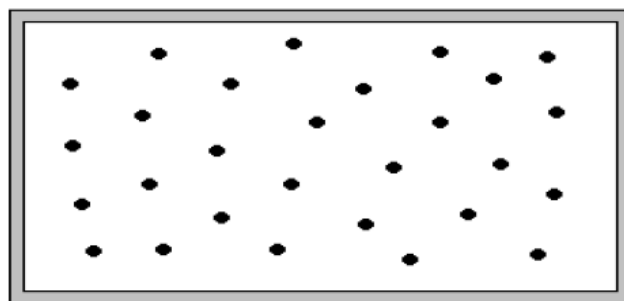
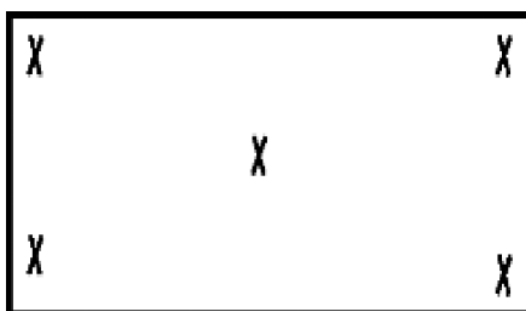
Figure N °14 : les bacs de stockage d'eau

III.3. Localisation des prélèvements (répartition des sondages)

L'échantillon doit représenter le mieux possible le sol de la parcelle. Cela est nécessaire pour que les résultats soient proches de la réalité. L'échantillon doit correspondre à une zone uniforme, d'une seule nature.

Il faut déterminer les endroits d'échantillonnage de la manière la plus aléatoire possible, en se déplaçant dans l'entièreté de la parcelle et qui peut être arpentée en "W" successifs, en serpentant ou en diagonale ou en zigzag.

Les sondages doivent être bien répartis et au nombre d'au moins 10 par hectare, 5 au minimum pour les petits terrains

Prélèvement en W.Prélèvement en serpentant.Prélèvement en diagonal.Prélèvement en zigzag.**Figure N °15 : les modes d'échantillonnage**

III.4. Mode opératoire : analyses physico-chimiques des sols

Ces analyses ont pour but de connaître les propriétés physiques, chimiques et parfois biologiques du sol et de suivre l'évolution de la fertilité du sol. L'analyse de sol se fait en trois étapes : d'abord le prélèvement d'un échantillon représentatif dans chaque champ ou parcelle, puis l'analyse de l'échantillon afin de connaître les quantités d'éléments nutritifs disponibles, et enfin, l'utilisation des résultats pour établir les doses optimales d'engrais.

III.4.1. Analyses de PH

Le PH est mesuré avec un PH-mètre à électrode, avec un rapport (sol/eau) 1/5.

A .Matériels

- Une balance ayant une précision de 0,1 g.
- Flacons de 1000ml.
- Agitateur magnétique.
- Papier de filtre.
- Eau distille.
- PH mètre.

B . Mode Opérateur

- Peser 50 g de sol sec tamisé à 2 mm.
- Introduire dans un flacon 1000 ml.
- Ajouter 250 ml d'eau distille.
- Agiter durant 2 heures par l'agitateur.
- Filtration de la solution
- Le PH a été mesurée par un PH mètre

Tableau N °8 : pH du sol (extrait aqueux 1/5) [9]

<i>Classe du sol</i>	<i>PH</i>	<i>% des sites</i>
Acide	<6	0
Faiblementacide	6-6,5	0
Neutre	6,5-7,3	0
Faiblementbasique	7,3-7,8	5
Moyennementbasique	7,8-8,5	85
Tendancealcaline	8,5-9	10
Trèsalcaline	>9	0

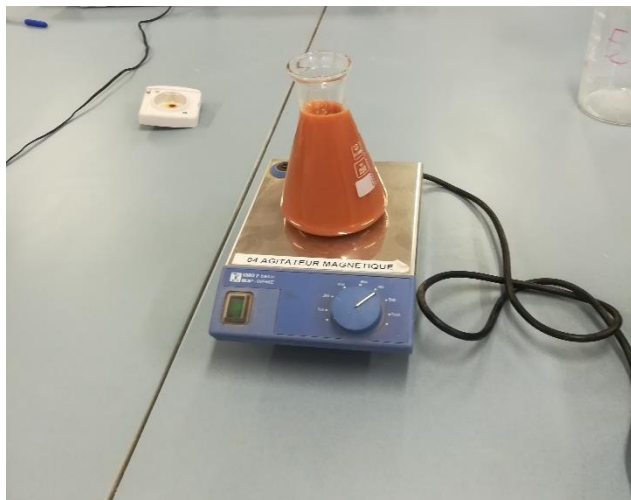


Figure N°16 : Agitateur magnétique



Figure N°17 : Ph-Mètre

III.4.2. Conductivité Electrique (C.E.)

Elle est mesurée au conductimètre à partir de l'extrait du sol dont le rapport (terre/eau) est de 1/5, elle est exprimée en ds/m

A .Matériels

- Une balance ayant une précision de 0,1 g.
- Flacons de 1000ml.
- Agitateur magnétique.
- Papier de filtre.
- Eau distille.
- conductimètre.

B . Mode Opératoire

- Peser 50 g de sol sec tamisé à 2 mm.
- Introduire dans un flacon 1000 ml.
- Ajouter 250 ml d'eau distille.
- Agiter durant 2 heures par l'agitateur.
- Filtration de la solution
- La conductivité électrique a été mesurée par un conductimètre

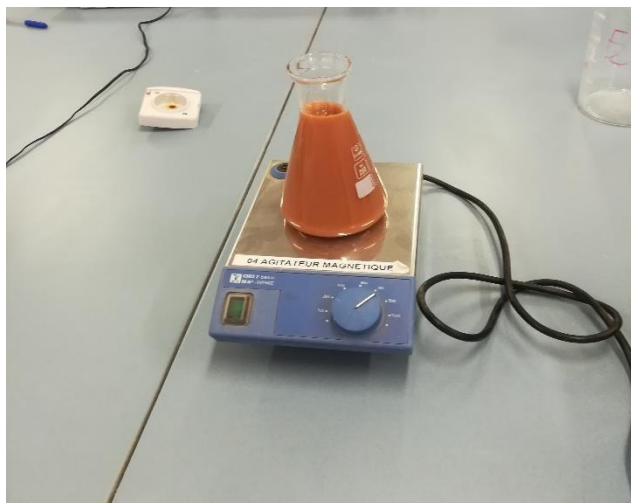


Figure N°16 : Agitateur magnétique



Figure N°18: conductimètre

Tableau N°9: Salinité du sol (extrait aqueux 1/5) [1]

<i>CE (ds/m) à 25°C</i>	<i>Degrés de salinité</i>
<i>CE < 0,6</i>	<i>Sol non salé</i>
<i>0,6 < CE < 1,2</i>	<i>Sol peusalé</i>
<i>1,2 < CE < 2,4</i>	<i>Sol Salé</i>
<i>2,4 < CE < 6</i>	<i>Sol très salé</i>
<i>CE > 6</i>	<i>Sol extrêmement salé</i>

III.4.3. Dosage des cations Na⁺, K⁺, Ca²⁺, Mg²⁺.

les dosages sont réalisés par spectrophotomètre d'émission atomique (photomètre à flamme)

Mais Mg⁺⁺ en utilise la méthode suivante :

Principe : Titrage molaire des ions calcium et magnésium avec une solution de sel disodique de l'acide éthylène diamine tétra acétique (EDTA) à PH10. Le noir érichrome T, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium, est utilisé comme indicateur.

Donc pour la détermination du mg/l de magnésium est donné par la formule suivante :

$$Mg^{+2} (mg/l) = \frac{(V_2 - V_1) \times 0,01 \times F \times 4,86}{50} \times 100$$

D'où :

V2 : Volume d'E.D.T.A

V1 : Volume d'E.D.T.A nécessaire pour une concentration donnée

C : Concentration molaire d'EDTA (0.01M/l)

MMg²⁺ : Masse molaire du Magnésium en g.

PE : Prise d'essai (volume de l'échantillon nécessaire pour ce dosage)

F : Facteur de dilution

Donc

$$Mg^{+2} (mg/l) = (V_2 - V_1) \times F \times 4,86$$

III.4.4. Dosage du Chlore

La méthode de MOHR est représentée ici : le chlore est précipité par du nitrate d'argent en présence de chromate de potassium. La fin de la réaction est indiquée par l'apparition d'un précipité rouge de chromate d'argent

En calcule le Cl selon la formule suivante :

$$Cl (meq/l) = \frac{(N_2 - N_1) \times 0,1 \times 1000 X_a}{V}$$

N2= volume d'Ag₂CrO₄ utilisée pour titrer l'échantillon.

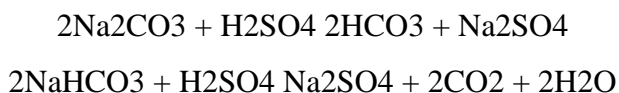
N1= volume d'AgNO₃ utilisée pour titrer le témoin (l'eau distillée).

V= volume de la prise d'essai.

A= inverse du rapport de dilution si on utilisé l'extrait de la pâte saturée.

III.4.5. Dosage des carbonates et bicarbonates :

Lors d'une attaque acide, les carbonates se décomposent en deux étapes :



En présence d'indicateurs. La fin de la réaction est indiquée par un changement de couleur, soit un virage.

En calculé selon la formule suivante :

$$CO \text{ (meq/l)} = \frac{2 \times V_1 \times 0,1 \times 1000 \times A}{V}$$

Avec :

A= inverse du rapport de dilution si on a utilisé l'extrait de la pâte saturée.

V= volume de la prise d'essai

III.4.6. Dosage des sulfates :

La méthode gravimétrique présentée est basée sur le principe de faire précipiter les sulfates sous forme de sulfate de baryum

Calculs :

$$SO_4 \text{ (meq/l)} = \frac{B \times 8,56 \times 1000 \times A}{V}$$

Avec : B = poids de BaSO₄ précipité ; V = volume de la prise d'essai ; A inverse du facteur de dilution.

Remarque : pour les autres caractères comme le taux de Matière organique, gypse, calcaire, granulométriques. Il faut assistance par l'autre travail (thèse, rapport, document, thème...)

Conclusion :

A la base des ces analyse les résultats obtenus ont été exprimés sous forme de courbes et des graphes présentée dans le quatrième chapitre

CHAPITRE IV

RESULTANTS ET DISCUSSIONS

Introduction :

Dans ce chapitre nous allons présenter, discuter et interpréter les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées épurées et leurs influences sur les parcelles irriguées afin de déterminer les éléments de contamination potentiels résultants de l'utilisation des eaux épurée en irrigation.

IV.1. Suivi de la qualité physico-chimique des eaux épurée

Le suivi mensuel des paramètres physicochimiques des eaux usées épurées sont présentés dans le tableau suivant

Tableau N°10 : Les analyses physicochimiques eaux usées épurées de la StepSaidOtba

Paramètres de l'auto-surveillance	Débitmoyen (m ³ /j)	MES (mg/l)	DBO₅ (mg/l)	DCO (mg/l)	Azote ammoniacal N-NH₄ (mg/l)	Azote nitrite N-NO₂ (mg/l)	Azote nitrate N-NO₃ (mg/l)	Azote total NT (mg/l)	PT (mg/l)	Salinité (mg/l)	Conductivité (µS/cm)	pH
Décembre	37,282.00	72.00	40.00	109.15	24.92	0.19	0.32	66.25	2.82	8,986.00	15,282.00	7.97
Janvier	36,429.67	65.67	58.67	102.87	25.20	0.05	0.12	42.80	2.66	9,622.73	16,213.18	7.99
Février	39,528.00	69.00	44.00	109.07	28.10	0.09	0.42	32.60	3.04	8,960.00	15,205.00	7.50
Mars	39,969.55	67.67	28.00	100.73	29.80	0.42	0.04	60.00	2.60	8,968.18	15,287.27	7.64

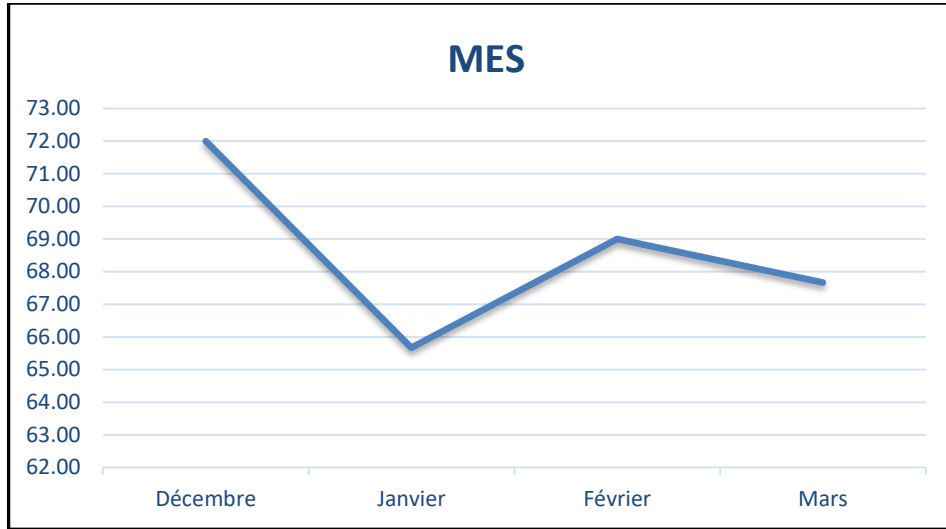


Figure N° 19 : la variation mensuelle de MES à la sortie de la Step

L'analyse des figures N° (19) : Nous avons remarqué que la variation mensuelle des (MES) n'est pas stable, et valeurs de MES sont élevées par rapport la norme (35 à 40) mg/l (Rendement Insuffisant de la Step) .

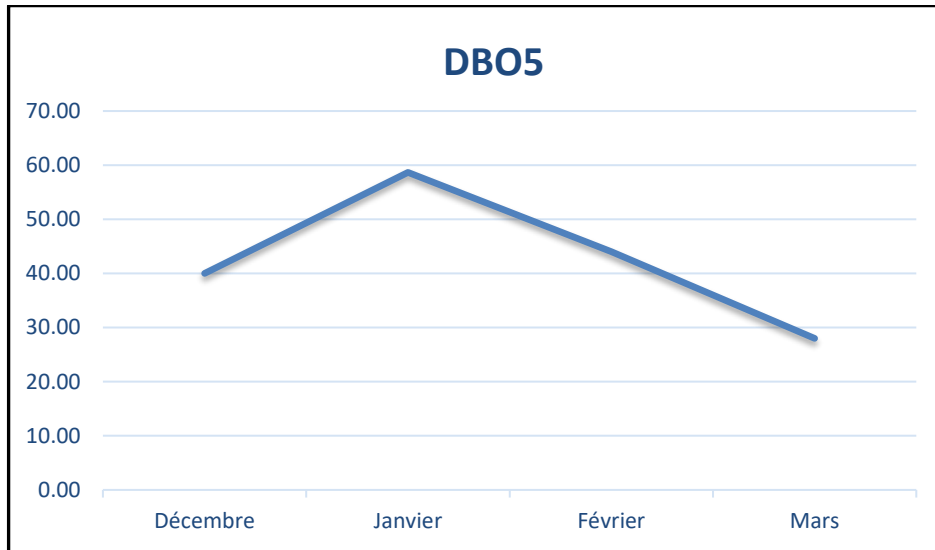


Figure N° 20 : la variation mensuelle de DBO5 à la sortie de la Step

L'analyse des figures N° (20) : Nous avons remarqué que la variation mensuelle des (DBO₅) n'est pas stable, et valeurs de MES sont élevées par rapport la norme (35 à 40) mg/l (Rendement Insuffisant de la Step)

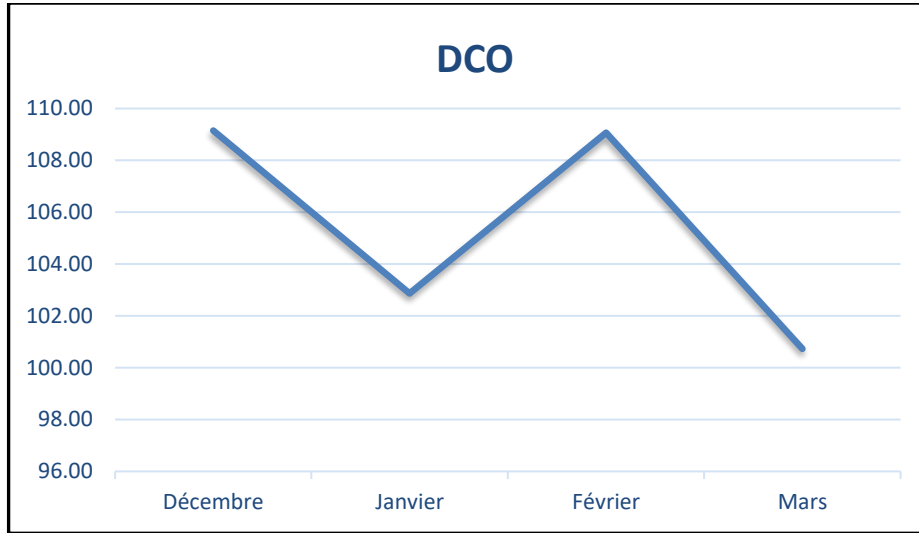


Figure N° 21 : la variation mensuelle de DSO à la sortie de la Step

L'analyse des figures N° (21) Malgré l'Instabilité de la DCO , Mais les Valeurs restent toujours dans la Norme

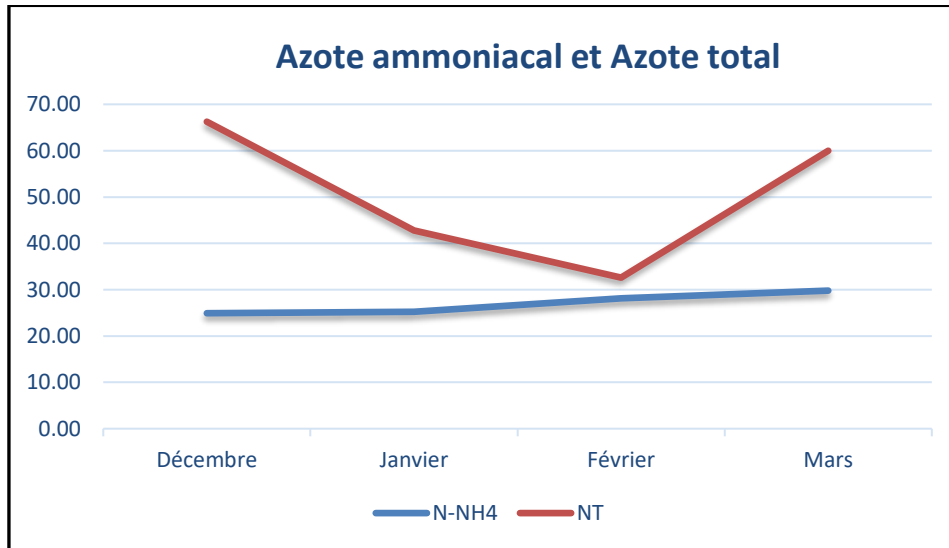


Figure N°22 : la variation mensuelle de N -NH₄ et NT à la sortie de la Step

Analyse des figures N° (22) :Les valeurs de l'Azote (N -NH₄ et NT) sont élevés (Perturbation de Fonctionnement de la Step

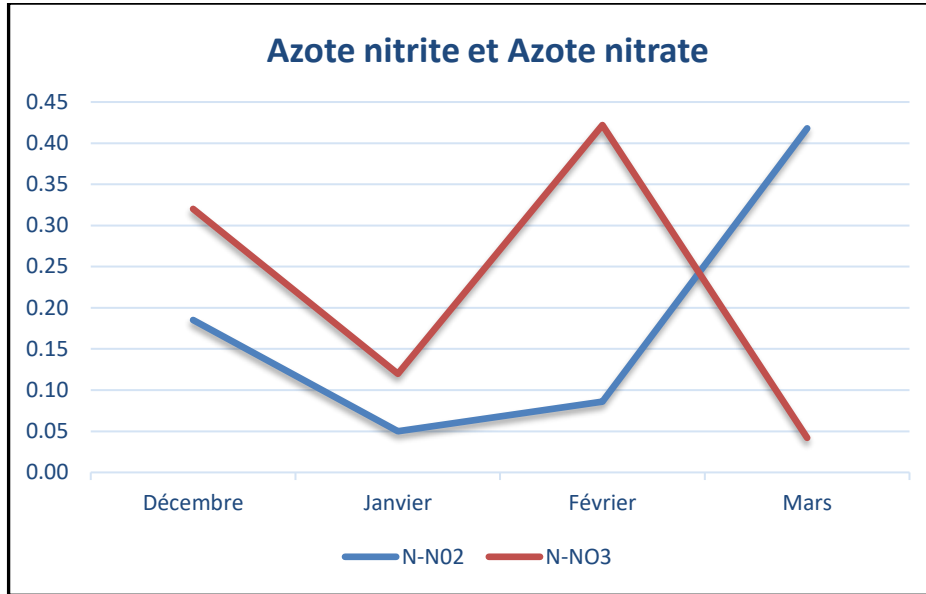


Figure N°23 : la variation mensuelle de N -NO2 et N-NO3 à la sortie de la Step

L'analyse des figures N° (23) Malgré la variation remarquable, mais les valeurs de l'Azote (N-NO₃) restent toujours dans les normes

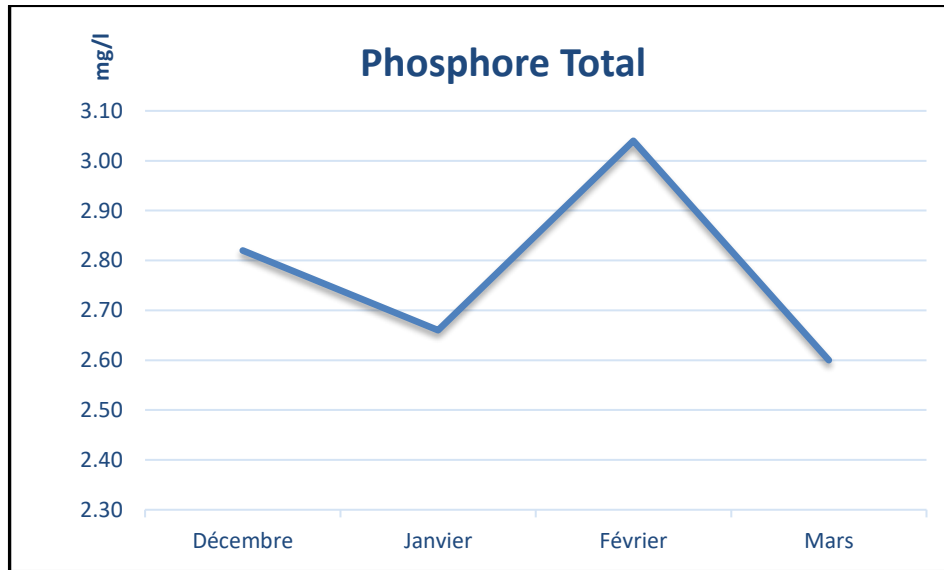


Figure N°24 : la variation mensuelle de PT à la sortie de la Step

L'analyse des figures N° (24) : Nous avons remarqué que la variation mensuelle des (PT) n'est pas stable, et ces valeurs sont élevées par rapport la norme 2 mg/l

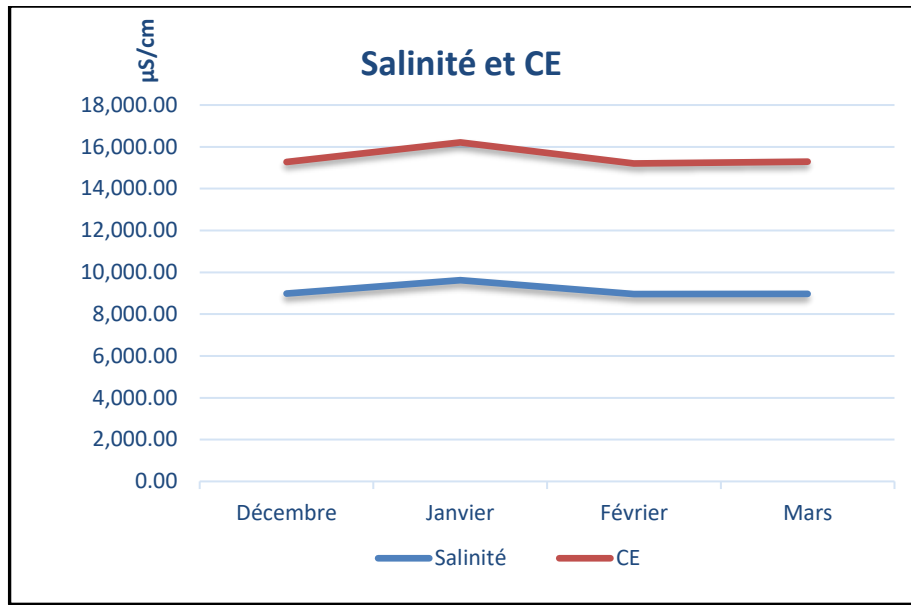


Figure N°25 : la variation mensuelle de Salinité et CE à la sortie de la Step

- L'analyse des figures N° (25) On constate que les eaux épurées sont très salées ce la peut provoquer La salinisation du sol.

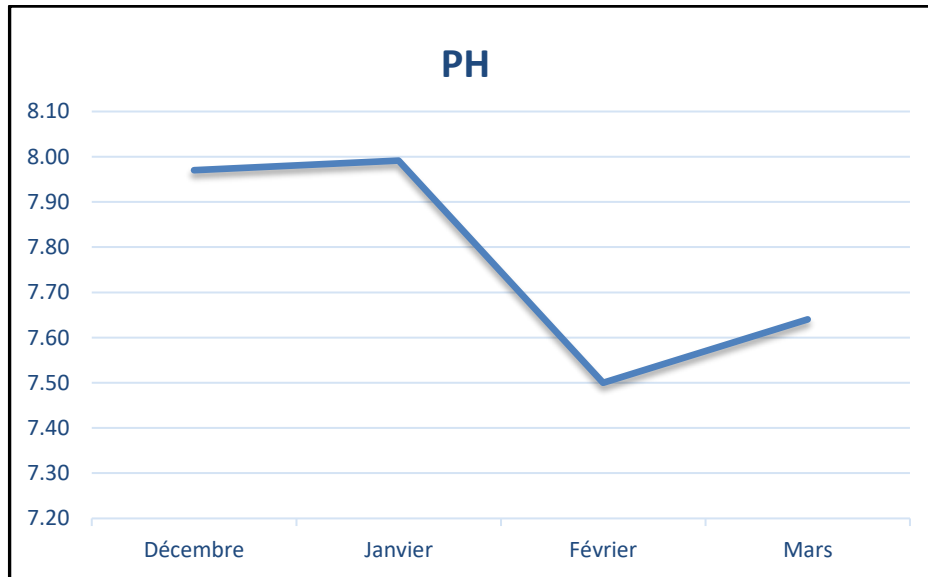


Figure N°26 : la variation mensuelle de PH à la sortie de la Step

- L'analyse des figures N° (26) :les valeurs de PH sont dans le Normes..

IV.2. Suivi de la qualité physico-chimique des sols

Les tableaux suivants présentent les résultats des analyses physicochimique sur des échantillons prélevés après chaque un mois d'Irrigation.

Tableau N°11 : Résultats analytiques des parcelles N°1

Date d'irrigation	PH	CE ds/m	CL⁻ meq/l	HCO₃⁻ meq/l	SO₄⁻ meq/l	Mg²⁺ meq/l	Na⁺ meq/l	Ca²⁺ meq/l
22/12/2017	6.32	1	13.5	0.5	40.66	1.22	28	3.1
25/1/2018	6.55	1.66	13.1	0.51	41.22	1.02	27	3
27/2/2018	7.01	1.73	14.2	0.53	43.72	1.12	27.2	2.96
28/3/2018	7.04	1.75	14.3	0.54	45.82	1.22	27.4	2.92

Tableau N°12 : Résultats analytiques des parcelles N°2

Date d'irrigation	PH	CE ds/m	CL⁻ meq/l	HCO₃⁻ meq/l	SO₄⁻ meq/l	Mg²⁺ meq/l	Na⁺ meq/l	Ca²⁺ meq/l
22/12/2017	6.35	0.91	16.5	0.5	43.77	2.05	31	2.7
25/1/2018	7.36	1.92	18.2	0.51	43.71	2.1	32.1	2.93
27/2/2018	7.45	2.34	20.1	0.59	42.3	2.08	33.9	3
28/3/2018	7.8	2.44	21.3	0.66	43.89	2.26	35.1	3.07

Tableau N°13 : Résultats analytiques des parcelles N°3

Date d'irrigation	PH	CE ds/m	CL⁻ meq/l	HCO₃⁻ meq/l	SO₄⁻ meq/l	Mg²⁺ meq/l	Na⁺ meq/l	Ca²⁺ meq/l
22/12/2017	6.46	0.85	21.5	0.5	44.51	1.5	27.5	3.3
25/1/2018	7.84	2.35	24.3	0.55	45	1.8	29.6	3.3
27/2/2018	8.54	3.1	29.3	0.7	45.8	2.1	35.6	3.9
28/3/2018	8.5	3.85	34.3	0.87	46.6	2.4	41.1	4.5

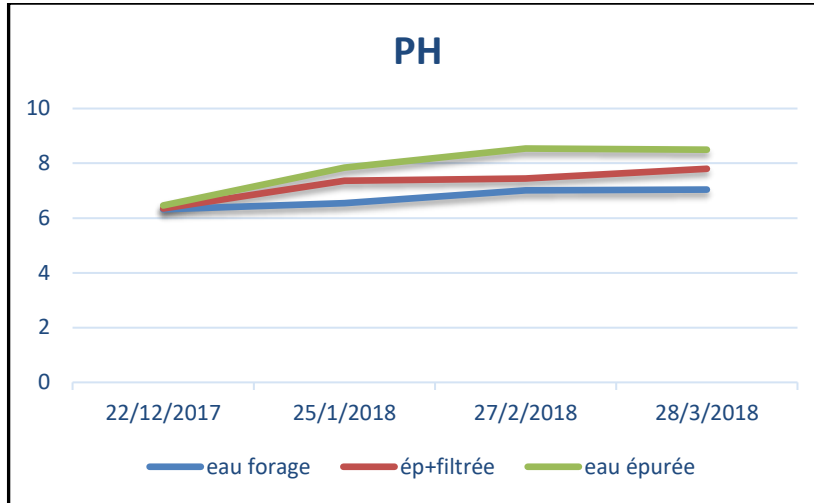


Figure N°27 : Evolution du PH dans le sol des parcelles irrigués Par Eau forage, Eau épurée, Eau épurée et filtrée

D'après la figures N° (27.) on constate que l'irrigation avec les trois types d'eau entraine une augmentation de PH remarquable pour l'eau épurée et l'eaux épurée filtrée.

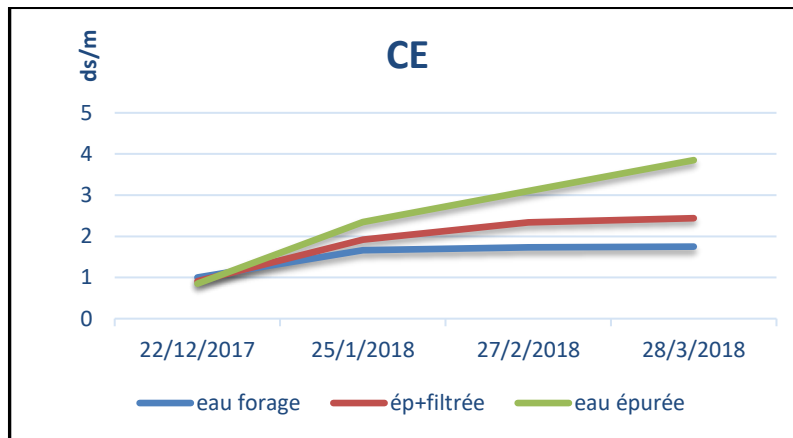


Figure N°28 : Evolution du CE dans le sol des parcelles irrigués Par Eau forage, Eau épurée, Eau épurée et filtrée

D'après la Figure N° (28) Nous constatons qu'il y a une forte augmentation de conductivité électrique CE pour l'irrigation en eau épurée et légère pour l'eaux épurée filtrée.

S'implique que l'irrigation par l'eaux épurée provoque la salinisation de sol et un sol alcalin($7,25 \leq \text{pH} \leq 7,51$)

IV.2.1. Bilan ionique de parcelle N°1

Le bilan ionique de la parcelle N°1 (Sol Irrigué par l'Eau de Forage) est représentée comme suit

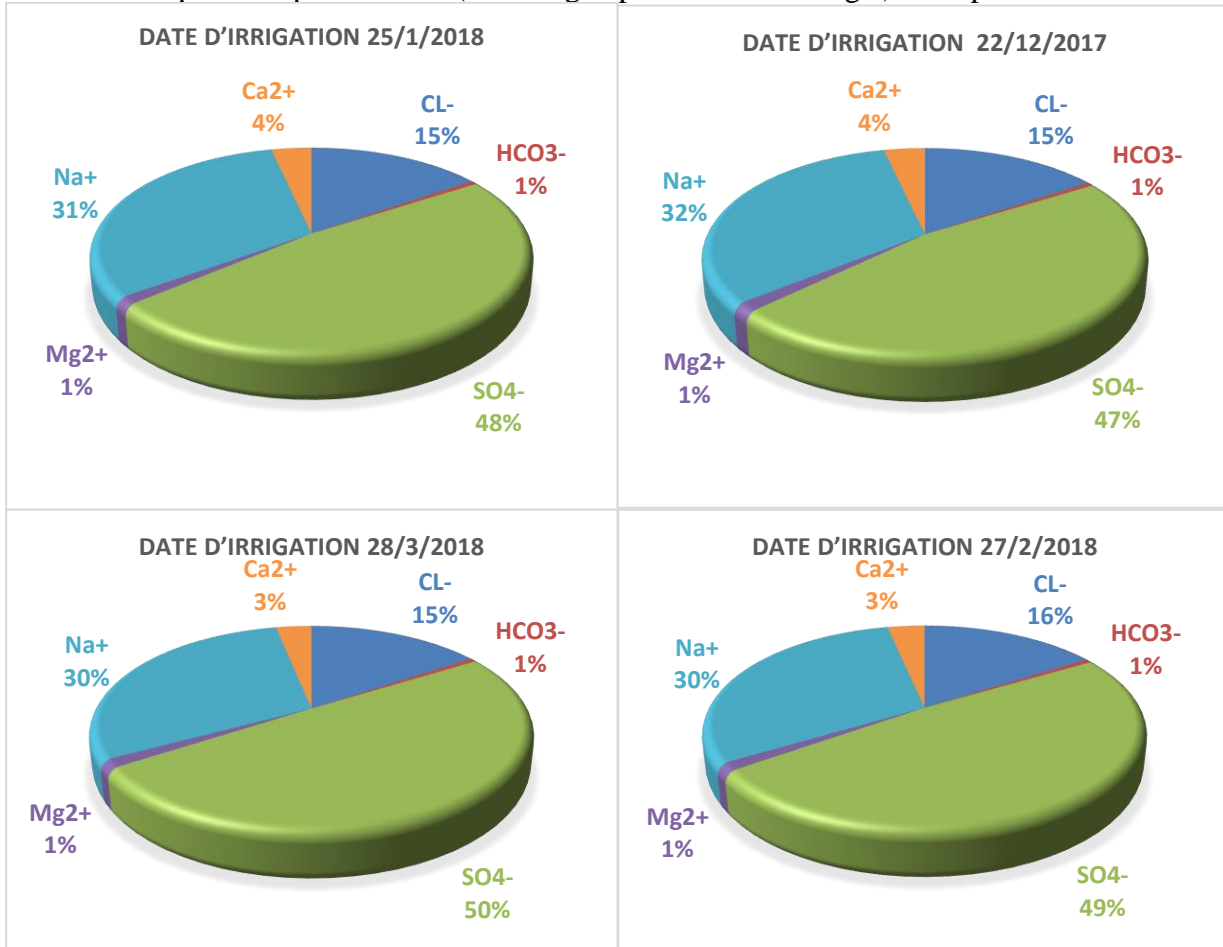


Figure N°29 : Répartition des ions dans la parcelle N°1

Afin de déterminer les sels dominants dans le sol responsables de la salinité, nous avons dosé les éléments majeurs qui se trouvent dans les extraits aqueux (1/5) des sols étudiés.

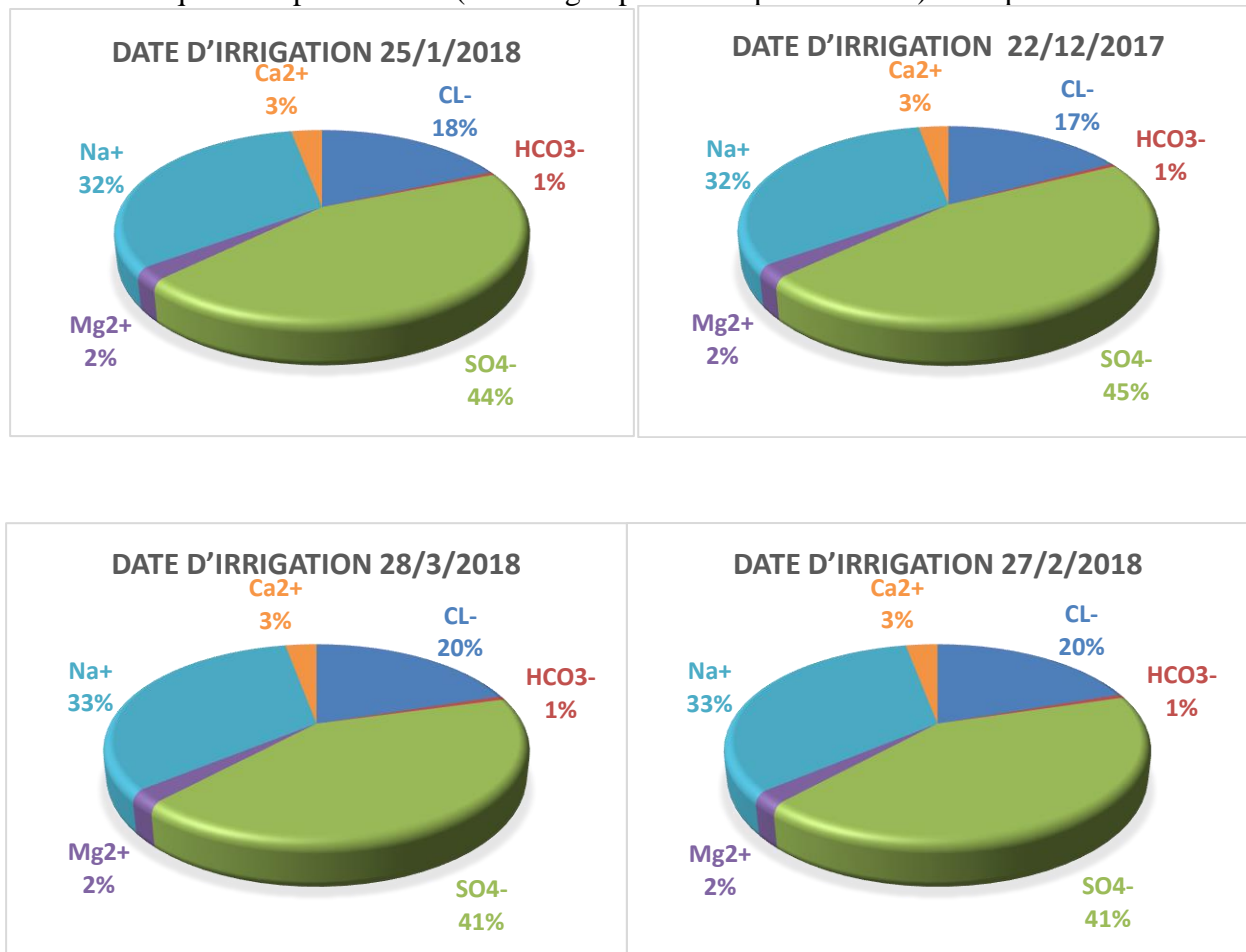
Les résultats indiquent une dominance des ions Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} quel que soit la période d'irrigation ; ils varient de 32 à 30% pour le sodium, de 15 à 16 % pour les chlorures, de 50 à 47% pour les sulfates (les autres ions présentent des concentrations très faibles).

L'ordre décroissant des principaux ions dans la parcelle N°1 est le suivant :



IV.2.2. Bilan ionique de parcelle N°2

Le bilan ionique de la parcelle N°2(Sol Irrigué par l'Eau épurée filtrée) est représentée comme suit



: Répartition des ions dans la parcelle N°2 Figure N°

Afin de déterminer les sels dominants dans le sol responsables de la salinité, nous avons dosé les éléments majeurs qui se trouvent dans les extraits aqueux (1/5) des sols étudiés.

Les résultats indiquent une dominance des ions Na⁺, Cl⁻, SO₄⁻² quel que soit la période d'irrigation ; ils varient de 33 à 32% pour le sodium, de 20 à 17 % pour les chlorures, de 45 à 41% pour les sulfates (les autres ions présentent des concentrations très faibles).

L'ordre décroissant des principaux ions dans la parcelle N°2 est le suivant :



IV.2.3. Bilan ionique de parcelle N°3

Le bilan ionique de la parcelle N°3(Sol Irrigué par l'Eau épurée) est représentée comme suit

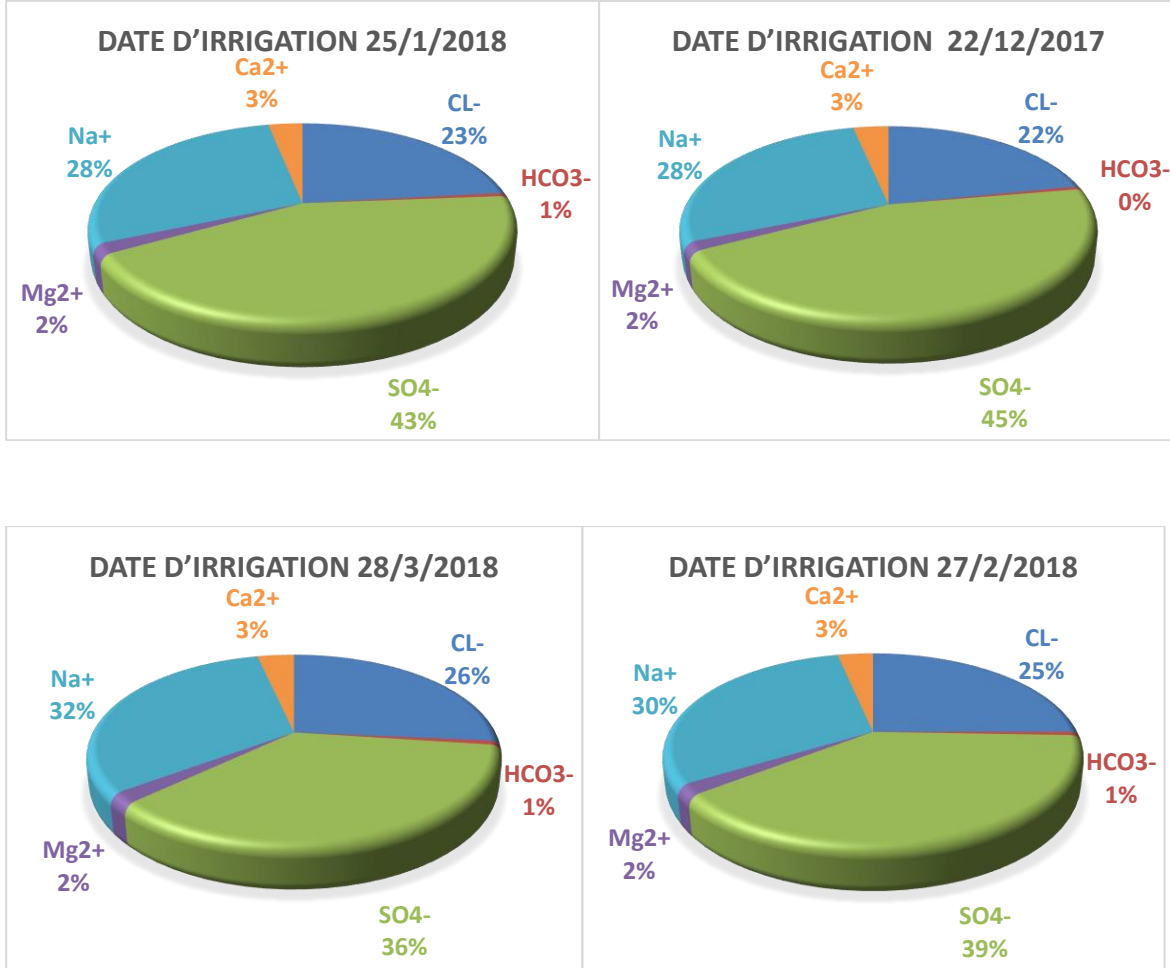


Figure N°31 : Répartition des ions dans la parcelle N°3

Afin de déterminer les sels dominants dans le sol responsables de la salinité, nous avons dosé les éléments majeurs qui se trouvent dans les extraits aqueux (1/5) des sols étudiés.

Les résultats indiquent une dominance des ions Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻ quel que soit la période d'irrigation ; ils varient de 32 à 28% pour le sodium, de 26 à 22 % pour les chlorures, de 45 à 36% pour les sulfates (les autres ions présentent des concentrations très faibles).

L'ordre décroissant des principaux ions dans la parcelle N°3 est le suivant :



IV.2.4. Résumé des Analyses physicochimiques du sol

Suite aux courbes figurés en ci-dessus respectivement, PH et CE ,

Notre sol peut être contaminé par les eaux usées épurées et les eaux épurées filtrées a cause des valeurs très élevés de CE, donc une salinité très élevé du sol dès le départ avant l'Irrigation et une augmentation durant les périodes d'irrigation.

IV.3. Suivi de les éléments polluants du sol

Vu, l'importance du phosphore et l'Azote et leurs impacts direct sur le sol , et dont le but de bien délimité et préciser les éléments de contamination du sol , nous avons procédé à des analyses pour déterminer les valeurs d'accumulation de phosphore et l'azote.

Les résultats d'analyse physicochimique des sols sont présentés sur les tableaux suivants.

Tableau N°13 : Résultats analytiques des parcelles N°1

Date d'irrigation	N %	PT %	Taux D'accumulation phosphor	Taux D'accumulation Azote
22/12/2017	0.0420	0.0210	0.0000	0.0000
25/1/2018	0.0437	0.0221	0.0011	0.0017
27/2/2018	0.0441	0.0243	0.0022	0.0004
28/3/2018	0.0538	0.0255	0.0012	0.0097

Tableau N°15 : Résultats analytiques des parcelles N°2

Date d'irrigation	N %	PT %	Taux D'accumulation phosphor	Taux D'accumulation Azote	TAUX variation P _{total}	TAUX variation N _{total}
22/12/2017	0.0420	0.0210	0.0000	0.0000	0	0
25/1/2018	0.0437	0.0221	0.0011	0.0017	0.19	0
27/2/2018	0.0441	0.0243	0.0022	0.0004	0.72	0
28/3/2018	0.0538	0.0255	0.0012	0.0097	0.07	7

Tableau N°16 : Résultats analytiques des parcelles N°3

Date d'irrigation	N %	PT %	Taux D'accumulation phosphor	Taux D'accumulation Azote	TAUX variation	TAUX variation
22/12/2017	0.0650	0.0290	0.0000	0.0000		0
25/1/2018	0.0728	0.0305	0.0015	0.0078	0.66	2.8
27/2/2018	0.0764	0.0341	0.0037	0.0036	1.04	0
28/3/2018	0.1009	0.0351	0.0010	0.0245	0.6	20

IV.3.1. La pollution dans la parcelle N°1

La parcelle N°1 irrigue par l'eau de forage

IV.3.1.1. Pollution phosphorée

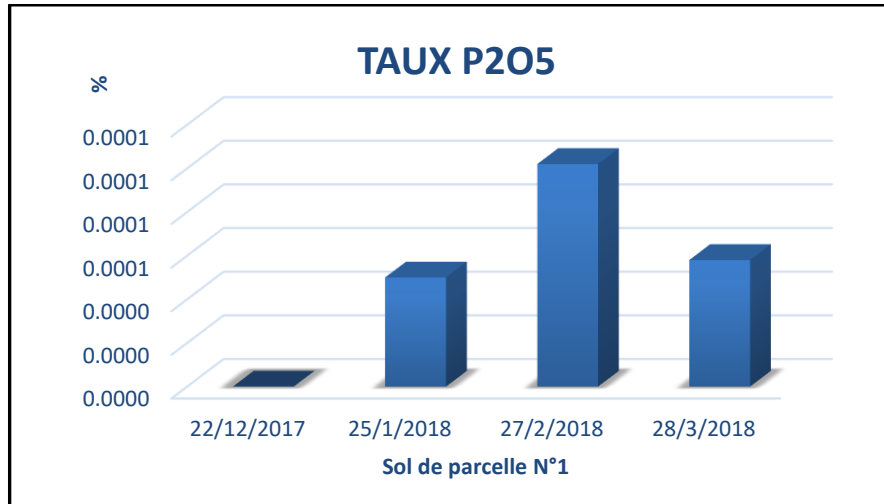


Figure N°32 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°1

Nous pouvons dire que l'évolution de l'accumulation de phosphore est très faible presque nul de l'ordre de 0,0001xxx%

IV.3.1.2. Pollution azotée

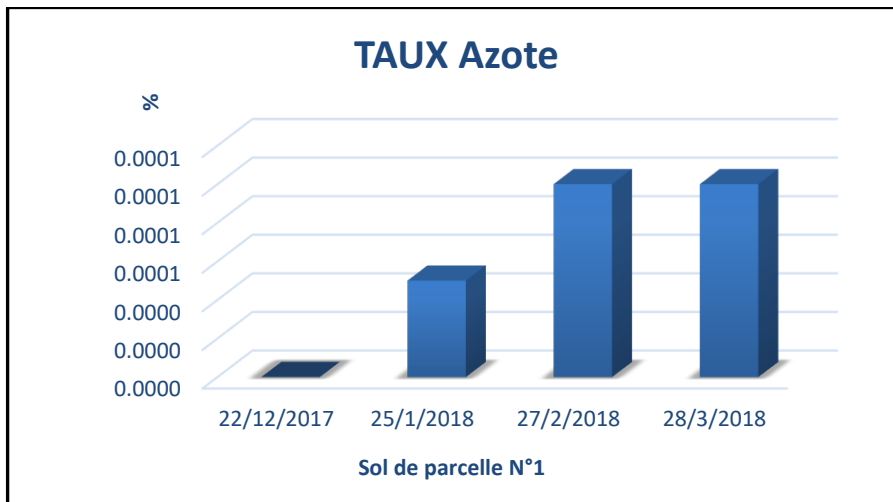


Figure N°33 : Evolution du taux d'accumulation de l'Azote parcelle N°1

- On constate que l'évolution de l'accumulation de l'Azote est très faible presque nul de l'ordre de 0,0001xxx%

IV.3.2. La pollution dans la Parcelle N°2

La parcelle N°2 irrigue par l'eau épurée filtrée

IV.3.2.1. Pollution phosphorée

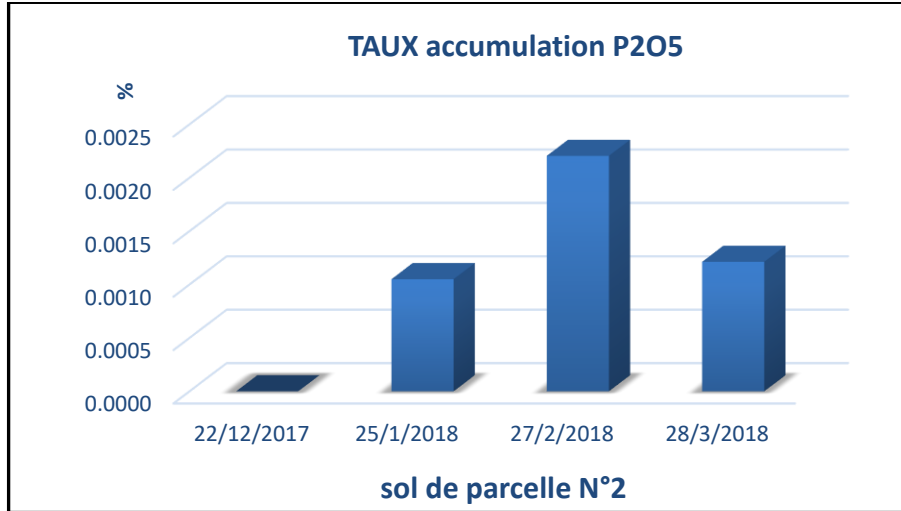


Figure N°34 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°2

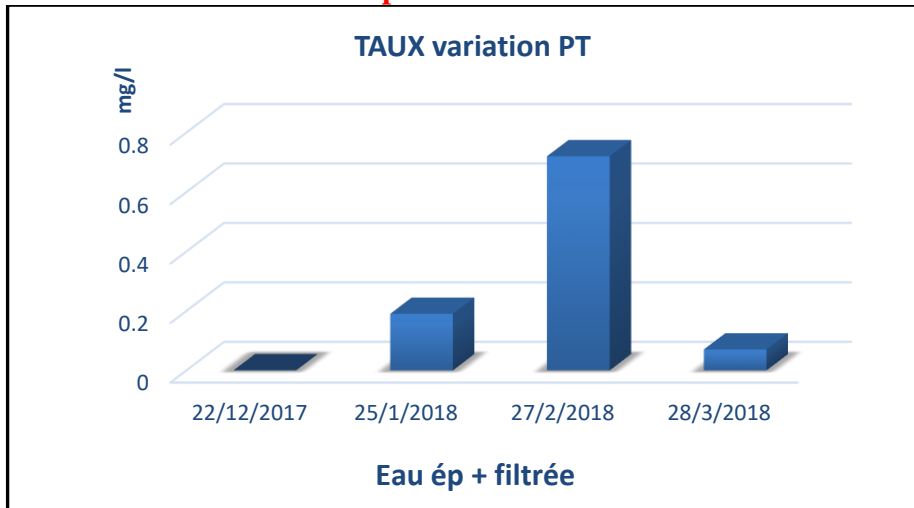


Figure N°35 : Evolution du taux de variation de phosphore Eau épurée + filtrée

On constate que l'évolution de l'accumulation de phosphore du sol est faible avec un taux de variation plus ou moins important du phosphore de l'eau d'irrigation .

Le Figures n°34 et 35 sont similaires et portent la forme de Variation.

IV.3.2.2. Pollution azotée

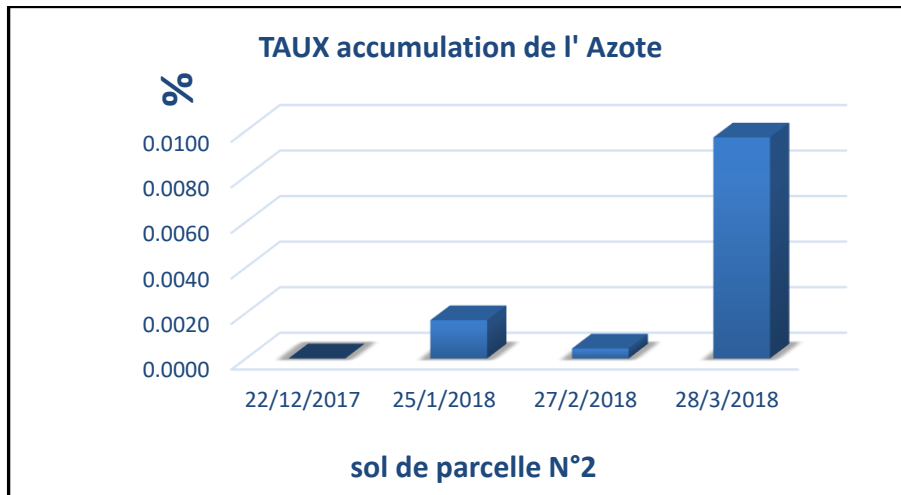


Figure N°36 : Evolution du taux d'accumulation de l'azote parcelle N°2

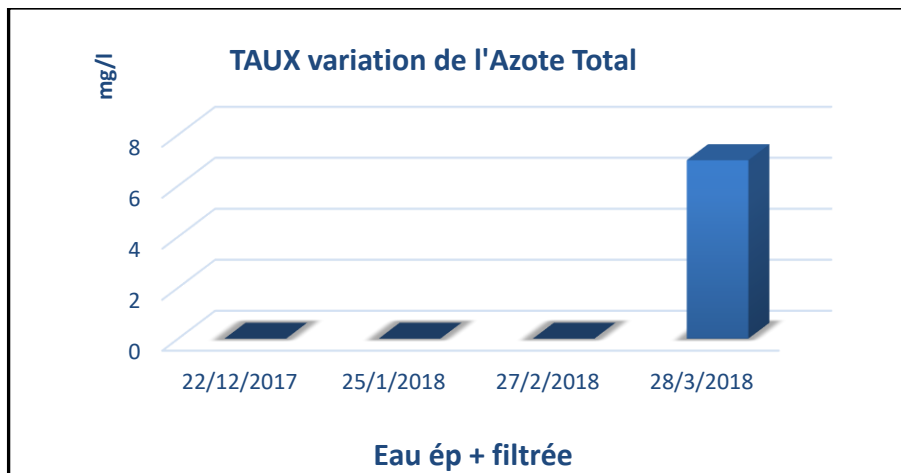


Figure N°37 : Evolution du taux de variation de de l'azote Eau épurée + filtrée

Nous constatons que l'évolution de l'accumulation du sol de l'Azote est faible avec un taux de variation plus ou moins important de l'Azote de l'eau d'irrigation .

Le Figures n°36 et 37 sont similaires et portent la forme de Variation.

IV.3.3. La pollution dans la Parcelle N°3

IV.3.3.1 Pollution phosphorée

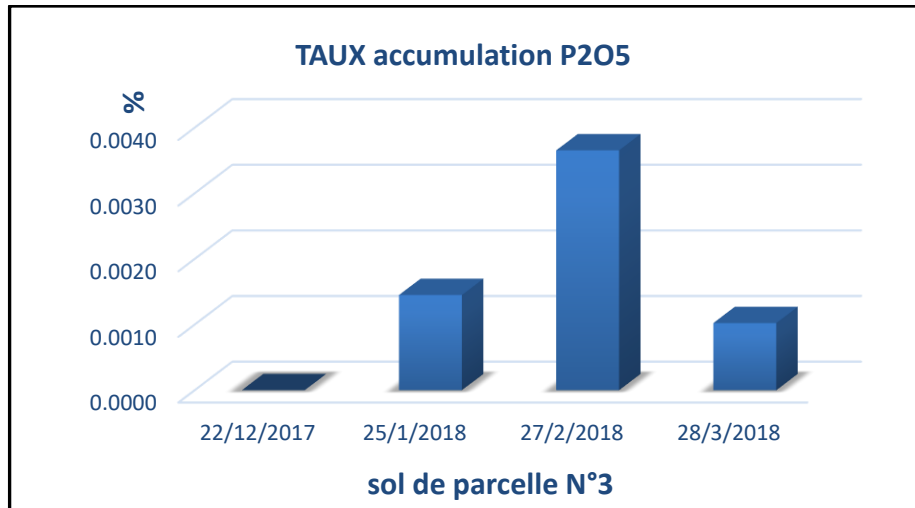


Figure N°38 : Evolution du taux d'accumulation de phosphore parcelle N°3

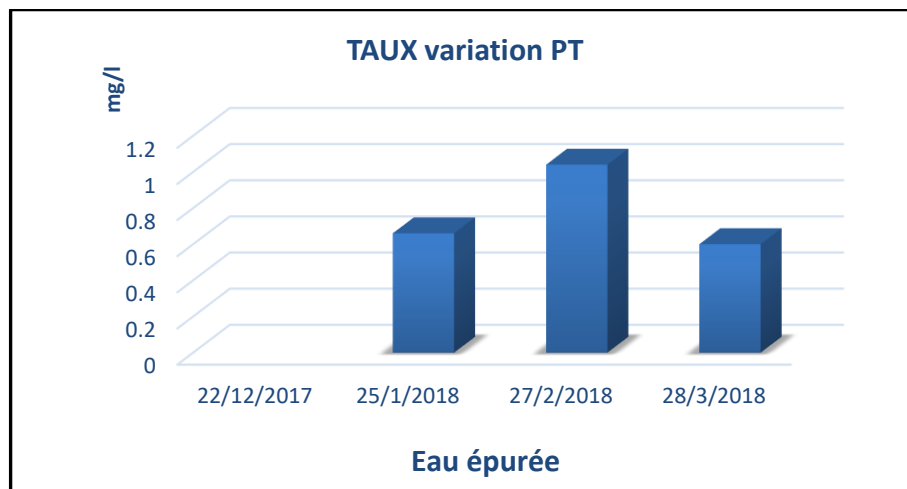
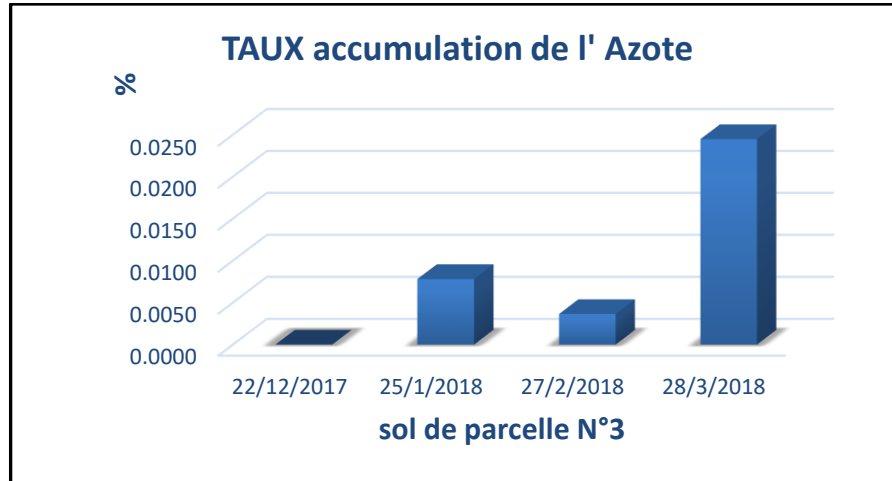


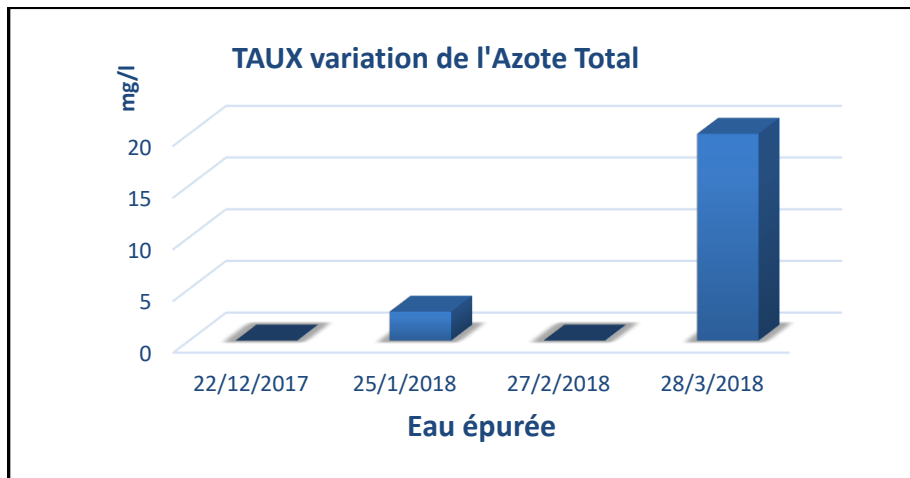
Figure N°39 : Evolution du taux de variation de phosphore Eau épurée

On constate que l'évolution de l'accumulation de phosphore du sol et le taux de variation de phosphore de l'eau d'irrigation sont importante et gardent la même forme .

IV.3.3.2 Pollution azotée



**: Evolution du taux d'accumulation de l'azote40Figure N°
parcelle N°3**



**1 : Evolution du taux de variation de de l'azote4Figure N°
Eau épurée**

On constate que l'évolution de l'accumulation de l'Azote du sol et le taux de variation de l'Azote de l'eau d'irrigation sont importante et gardent la même forme

Conclusion :

chimiques.-Au cours de ce chapitre, et après l'interprétationdes résultatsdes analyses physico

Nous pouvons confirmer que notre sol sera contaminé enfuture par l'irrigation avec des eaux usées épurée et une contamination moins degré par l'irrigation avec des eaux épurées filtrées.

Conclusion Générale

Sur la base des essais et des analyses faites sur une période de Trois mois, dans la Step de SaidOtba nous avons constaté ce que suit :

Notre sol peut être contaminer par les eaux usées épurée dès les premiers jours d'Irrigation, a cause des valeurs très élevés deMES, DBO₅ la Salinité et CE, d'une part et parla concentration de Phosphore et l'azote des eaux usées épurées d'autre part, ces derniers ont des valeurs très élevés qui sont causé une accumulation très importante de l'Azote et Phosphore spécialement dans la parcelle irriguée par l'eau épurée.

Le suivi périodique des bilans ioniques du sol des parcelles irriguées par les trois types d'eaux nous a permis de conclure il y aura des risques de salinisation des sols et de la nappe.

Les concentrations des ions (sulfates, chlorures et Sodium) peuvent être provoquer une augmentation de la salinité.

Les résultats physico-chimiques obtenus à la sortie de la Step présentent une pollution organique, azotée et phosphorée assez élevée.

On peut également confirmer que la Step de Said donne des bons résultats de la DCO, Par ailleurs, les teneurs en MES y compris l'azote, phosphore et en particulier les nitrates et les nitrites, donnent des valeurs qui ne respectent pas les normes.

Pour minimiser au maximum la contamination de notre sol nous recommandons de suivre ce que suit :

- * Un l'essévage du sol en question avant l'irrigation pour diminuer les sels (à déterminer selon le degré de salinité du sol).
- * Assuré une épuration efficace des eaux usées pour atteindre des résultats qui respectent les normes en vigueurs.

Références bibliographiques

1. AUBERT.,1975-Les sols sodiques en Afrique du nord. Annuaire de l'I.N.A. Alger
2. A.N.R.H., (2011)- Agence National des Ressources Hydrauliques,
3. Chimie de sol mars 2013
4. DUGNIOLLE 1980GLANIC et BENNETON 1989 : L'assainissement des eaux résiduaires domestiques CSTC Revue N°3 septembre pp 44 – 52
5. DAOUD Y., HALITIM A., 1994- Irrigation et salinisation au Sahara Algérien. Sécheresse
6. EDLINE., 1979 in YOUNG, 2011
7. FAO 2003 L'IRRIGATION AVEC DES EAUX USEES TRAITEES
8. Guide de référence en fertilisation. 1ière édition. Première mise à jour (Avril 2005). Ed. C.R.A.A.Q, Sainte-Foy. 294 p.
9. GAUCHER, 1968
10. Guide du sol – ENESAD
11. **INRA - Touggourt**
12. KHADRAOUI., SAFIA., 2005 : qualité des eaux dans le sud algérien
13. Les normes Algérienne des eaux usées suivant le Décret exécutif n°06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427, correspondant au 19 avril 2006, définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels (Algérie)
14. organisation. Pub. Univ. Sorbonne, Paris, 361p. Centre de Référence en Agriculture et Agroalimentaire du Québec (CRAAQ), (2005),
15. ONA Direction Régionale de Ouargla
16. Rouvillois- Brigol, M. 1975. Le pays de Ouargla (Sahara Algérien) variation et
17. UNIFA : Union des Industries de la Fertilisation le Sol Chapi 4
18. UNESCO CARTES 1972

Annexe

Les normes internationales selon l'organisation mondiale de la santé

Respective pour les eaux usées.

Caractéristiques	Normes utilisées(OMS)
PH	6,5-8,5
DBO5	<30 mg/l
DCO	<90 mg/l
MES	<20 mg/l
NH+4	<0,5 mg/l
NO2	1 mg/l
NO3	<1 mg/l
P2O5	<2 mg/l
Température T	<30°C
Couleur	Incolore
Odeur	Inodore

Les Normes européennes des rejets des eaux usée

Caractéristiques	Normes utilisées européenne
DBO5	25 mg/l
DCO	125 mg/l
MES	35 mg/l
NT	15 mg/l
PT	2 mg/l

Caractéristiques du compost de sol [le sol, terreau de la biodiversité]

PARAMETRES	TENEURS MOYENNES DANS LE COMPOST DOMESTIQUE
Humidité	50% - 60%
Substances organiques	8% - 13%
PH (H ₂ O)	7,5 - 8,5
Azote (N total)	0,3% - 0,4%
Potassium (K ₂ O)	0,2% - 1,0%
Phosphore (P ₂ O ₅)	0,15% - 0,4%
Magnésium (MgO)	0,1% - 0,2%
Calcium (CaO)	0,4% - 1,2%
Nombre de semences ayant un pouvoir germinatif par litre	0 - 60

Contamination du sol irrigué par les eaux usées épurées

Résumé :

- Ouargla est l'une des principales oasis du Sahara Algérienne, comme de nombreuses régions sahariennes, Ouargla est affectée par une forte salinisation du sol. Notre travail a pour objectif principal l'étude de l'effet d'irrigation par les eaux usées épurées, les eaux épurées filtrées et les eaux de forage, sur les caractéristiques physico-chimiques de sol de la station d'épuration de Said Otba Ouargla, après avoir prélevé des échantillons des eaux et des sols pour l'analyser physico-chimique.
- La zone d'étude est caractérisée par un sol à structure sableuse, qui est très salé dans les horizons de surface, pauvre de la matière organique et il est présente des faibles teneurs en argile.
- Les résultats physico-chimiques obtenus à la sortie de la Step présentent une pollution organique, azotée et phosphorée assez élevée.
- On peut également confirmer que la Step de Said otba donne des bons résultats de la DCO, Par ailleurs, les teneurs en MES y compris l'azote, phosphore et en particulier les nitrates et les nitrites, donnent des valeurs qui ne respectent pas les normes.
- Nous avons constaté qu'il y a une évolution significative de la salinité dans les deux parcelles irriguées (eau épurée, eau épurée filtrée). Nos résultats montrent un effet très important de l'irrigation par l'eau usées épurée sur les caractéristiques physico-chimiques de sol de la STEP de Ouargla.

Mots clés : Eau usée épurée, eau de forage, physico-chimiques, irrigation, sol, salinité, STEP, Ouargla.

تلوث التربة المسقية بالمياه المستعملة المعالجة

ملخص :

- ورقلة من أهم واحات الصحراء الجزائرية. مثل العديد من المناطق الصحراوية. ورقلة تتميز بتربة مالحة. تهدف الدراسة إلى معرفة مفعول السقي بالمياه المستعملة المعالجة, المياه المختلطة بين المعالجة مياه أبار السقي, و السقي بمياه الأبار فقط) على الخصائص الفيزيوكيميائية لتربة محطة تصفية المياه المستعملة بسعيد عتبة بورقلة. من خلال إجراء التحاليل الفيزيوكيميائية لعينات من مياه و التربة و تحليل النتائج المستخلصة.
 - موقع الدراسة يتميز بتربة ذات بنية رملية 'مالحة في السطح' خالية من المواد العضوية و تحتوي على كميات قليلة من الطين
 - نتائج التحاليل الفيزيوكيميائية عند خروج المياه المستعملة المعالجة من المحطة يشير الى احتمال كبير لحدوث تلوث عضوي للتربة بالأخص بعنصري الازوت و الفسفور
 - على ضوء نتائج التحليل الفيزيوكيميائية للمياه المستعملة يمكن القول أن المحطة تعطي مردود جيد بالنسبة (DCO) على خلافة النتائج المسجلة بالنسبة (MES, azote, phosphore, nitrates و nitrites) التي لا تتوافق مع المعايير التقنية
 - لاحظنا أن هناك ارتفاع كبير و ملحوظ في ملوحة على مستوى التربة المسقية بالمياه (المستعملة المعالجة و المياه المختلطة بين المعالجة مياه أبار السقي), النتائج توضح المفعول الكبير للسقي بواسطة المياه المستعملة المعالجة و على الخصائص الفيزيوكيميائية لتربة محطة معالجة المياه المستعملة بورقلة.
- الكلمات المفتاحية :** المياه المستعملة المعالجة, مياه أبار السقي, الفيزيوكيميائية, التربة, الملوحة, محطة تصفية المياه, ورقلة..

Contamination of ground irrigated by treated wastewater

Abstract:

- Ouargla is one of the principal oases of the Sahara, like many area Saharan, Ouargla is affected by a strong Salinization of the ground. Our work has as a principal objective the study of the effect of irrigation by treated wastewater, treated water with drilling water end treated water. on the physicochemical characteristics of ground of the station of purification of Said Otba Ouargla, after having to take samples of water end ground to analyze it.
- The zone of study is characterized by a ground has sandy structure, which is very salted in the horizons of surface, deprived of the organic matter and it is present low contents of claying.
- The physicochemical results obtained at the exit of the Step show a high organic pollution, a particular the nitrogen and phosphorus pollution.
- It can also be confirmed that the Step of Said otba gives good results of the COD, Moreover, the contents of MES including nitrogen, phosphorus and in particular nitrates and nitrites, give values that do not meet the standards
- We found that there is a significant evolution of salinity in the two irrigated plots (treated water end treated water with water of drilling). Our results show a very important effect of purified water irrigation on the physicochemical soil characteristics of the Ouargla STEP.

Keywords: treated wastewater, drilling water, physicochemical, irrigation, ground, salinity, STEP, Ouargla.

