

Bibliographie

- Alouini. Z. ,1994 :** Flux de la charge parasitologie dans les Station d'épuration. Revue de l'eau. Canada.
- BECHAC.J,BOUTIN.P, MERCIER.B, BUER.P(1984) :**Traitement deseaux usées.
- BELBIA Ghali (1996) :** La réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, une dimension important pour l'économie de l'eau.
- ECOSSE D. (2001) :** Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénuried'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac.Sciences, Amiens.
- Kelil.A.1989 :** Utilisation d'EUE pour l'irrigation, Evolution des normes d'hygiène. Agence de Bassin Rhône méditerranée .Corse.
- KOLIAI.D 2010/2011 :** Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5èmeAnnée
- Lahcen EL YOUSSEFI. Mars 2013 :** Durabilité d'un système de cultures non conventionnel irrigué par les eaux usées traitées dans la région d'Agadir.
- LAZAROVA.V(1998) :(CIRSEE - Lyonnaise des Eaux) et« La réutilisation des eaux usées » « L'eau, l'industrie, les nuisances »**
- MECHEBEK .A (1983) :** Eaux et sols d'Algérie (l'utilisation des eauxusées traitée dans l'agriculture).
- MOHANAD-SAÏD OUALI 2008 :** Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux, 2ème édition office des publication universitaire, Alger 107, p.
- Mohand-said OUALI :** Cours de procédés unitaire biologique et traitement des eaux, 2001, Edition OPU
- RENE Léonce :**Hydraulique agricole
- TIERCELIN J.R :** Traité d'irrigation
- STUKY-ENHYD 2009 :** Etude d'aménagement hydro agricole du secteur VIdu périmètre Sahel Algérois Ouest irrigué à partir des eaux usées épurées desSTEP de Hadjout et de Tipaza.
- YAHATENE Sofiane et TAHIRIM El Tiadj :** Réflexion sur la caractérisation physico-chimique des effluents liquides rejetésdans la grande sebkha d'Oran, Université d'Oran.
- Valiron.F :** Maîtrise de la pollution urbaine, état de l'art Edition technique documentation, Lavoisier.1992.

Liste des abréviations

Abréviations	Signification
MES	Matières en suspension
MVS	Matières volatiles en suspension
MEST	Matières en suspension totales
DBO5	Demande biochimique en Oxygène
DCO	Demande chimique en Oxygène
T	Température
PH	Potentiel d'hydrogène
J	Jour
ha	Hectare
µS/cm	Micro siemens par centimètre
Step	Station d'épuration
OMS	Organisation mondiale de la santé
REUE	Réutilisation des eaux usées épurées
EUE	Eau usée épurée
ESP	Pourcentage de sodium échangeable
CE	Conductivité électrique
ETM	Evapotranspiration maximal

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.II.1	Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines.....	14
Tableau.II.2	Paramètres de pollution.....	19
Tableau.II.3	Normes de rejets de l'O.M.S., appliqué en Algérie.....	20
Tableau.IV.1	Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte à goutte (FAO, 85).....	38
Tableau.IV.2	Survie des différents agents pathogènes dans l'environnement (d'après SHUVAL).....	44
Tableau.V.1	Comparaison d'apport d'N par différentes sources (kelil.A.1989).....	55
Tableau V.2	Comparaison de l'apport du phosphore par différentes sources (Kelil.A.1989).....	56
Tableau.V.3	Comparaison entre le rendement obtenu par l'irrigation par les EUE et celui obtenu par l'eau fraîche.....	57
Tableau V.4	Rendements pour différents cultures (expérimentation au champ à Ersehof, épandage de Braunschweis).....	59
Tableau VI.1	Répartition du nombre de STEP et des volumes des eaux usées épurées par unité.....	65
Tableau VI.2	Réutilisation des eaux usées épurées.....	70

LISTE DES FIGURES

Figure I.01 : pollution de l'environnement.....	2
Figure I.02: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.....	6
Figure I.03 : Volume moyen journalier des eaux recyclées m ³ /j.....	8
Figure III.1: principe d'épuration d'une eau usée.....	21
Figure III.2 : la configuration d'une chaîne de traitement.....	22
Figure III.3 : de grilleur courbe.....	23
Figure III.4: Photo d'une grille grossière et fin.....	24
Figure III.5: rétention mécanique des déchets qui sont ensuite pressés et évacués.....	25
Figure III.6 : Ouvrage de des sableur-dégraisseur.....	27
Figure III.7 : Essai de coagulation dans une usine de traitement.....	28
Figure III.8 : Coupe d'un lit filtrant vertical planté de roseaux.....	30
Figure IV.1 : irrigation par submersion.....	52
Figure IV.2 : irrigation par submersion.....	52
Figure IV.3 : irrigation à la raie	52
Figure IV.4 : irrigation à la raie.....	52
Figure IV.5 : irrigation par aspersion	52
Figure IV.6 : irrigation par aspersion.....	52
Figure IV.7 : Technique de Micro-irrigation.....	52
Figure IV.8 : Technique de Micro-irrigation	52
Figure VI.1 : Evolution des volumes des eaux usées épurées et projection 2015.....	67
Figure VI.2 :Volumes des eaux usées collectées, relevées et épurées (en million de m ³)	68
Figure VI.3 :Evolution de la REUE de l'année 2014 par rapport à l'année 2013.....	69
Figure VI.4 :Répartition des volumes d'eaux usées épurées et des volumes d'eaux réutilisées par STEP durant l'année 2014.....	72

ملخص :

إن هذه الدراسة تتمحور حول إمكانية و قدرة إعادة استعمال المياه القذرة المعالجة بمحطات التصفية و ذلك في المجال الزراعي الشيء الذي يتطلب منا البحث عن نوعية المياه المعالجة و ذلك بمقارنتها مع نوعية المياه العادية المستعملة في المجال الزراعي. و قد خلصت هذه الدراسة إلى انه يمكن إعادة استعمال هذه المياه في المجال الزراعي. كما قمنا أيضا بتحقيق يتمحور حول الوضعية الحالية لمحطات تصفية المياه الملوثة بالجزائر و مدى إعادة استعمالها. و قد خلص هذا التحقيق إلى ان هناك تطور ملموس على جميع المستويات.
مفتاح الكلمات: المياه- القذرة- المعالجة- الزراعي.

Résumé

Cette étude porte sur la possibilité de réutilisation des eaux usées épurées dans les STEP, en particulier dans le domaine de l'irrigation agricole. cela nécessite d'évaluer la qualité de ces eaux usées épurées et de les comparer avec celle des eaux habituellement utilisées pour l'irrigation (eau potable). Les expériences qui ont eu lieu dans différentes parties du monde ont montré que, sous certaines conditions, ces eaux non conventionnelles peuvent être utilisées dans le domaine l'irrigation agricole. Nous avons aussi entrepris une évaluation de l'expérience algérienne dans le domaine concernant l'épuration des eaux usées à travers le territoire algérien. Nous avons constaté que le nombre que le nombre de STEP et le volume des eaux usées est en constante évolution, mais l'expérience de la réutilisation des eaux usées épurées est encore à ses premiers balbutiements.

Mots clés : Eaux – Usées – Traitement – Agricole.

Summary

The study we carried out was about the possibility of the reuse of treated waste water, particularly in the field of irrigation of different crops. To do so, it is necessary to estimate the different parameters of the treated waste water and compare them those of sweet water usually used in irrigation. Different experiments carried out all over the world, have shown that treated waste water has given good results if all needed precautions are taken.

We have also undertaken a study to evaluate the Algerian experience in this domain. We have observed that the number of waste treatment plants and the total of volume of waste water treated is in a steady evolution, while the treated waste water reuse is still in its first experience.

Keys words: Water – Used – Treated – Crops.

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

Université Saad Dahleb– Blida 1

Faculté de Technologie

Département des Sciences de l'Eau et l'Environnement

Mémoire de Projet de fin d'études

Master

**VALORISATION DES EAUX USEES
EPUREES EN AGRICULTURE**

Réalisé par : BOUSSAHOUA Nourreddine

Devant le jury :

Président :Mr.OULARBIAzzeddine

Promoteur :Mr.ANSERSmail

Examineur :Pr.BOUDJADJA Abdelaziz

Examineur :Mr.MESSAOUD Nasser

Année universitaire : 2014-2015

Remerciement

Je remercie Dieu le tout puissant, pour m'avoir donné la santé, le courage et la volonté d'étudier et pour m'avoir permis de réaliser ce modeste travail dans les meilleures conditions.

Au terme de cette modeste étude, je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes vifs remerciements à Mr ANSER Smail (mon promoteur) pour le soutien, l'aide et les conseils qu'il m'a dispensés pour l'élaboration de cette présente thèse et à ma formation durant les années de spécialité.

Je remercie le président et les membres du jury qui me feront l'honneur de juger mon travail.

Je voudrais aussi remercier l'ensemble des professeurs, la direction du département des sciences de l'eau et l'environnement pour avoir veillé à notre formation.

Dédicaces

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

Ma mère

Mon père

*Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont
ils ont fait preuve pour que je réussisse.*

Je le dédie également à :

Mes frères

Mes sœurs

Mes amis :

*Housseem(19), Menaouar, Hamza ,Abdelghani, Oussama,
Rahim, Redha, Missoum*

*,Housseem,Karim,Smir,abderahman,chouaieb,hichem,Moha
med,Djalal,Mounir,Abdo,Youssef, Ahmed, Aida.*

Chapitre I

**Réutilisation des eaux usées
épurées (REUE) dans le monde**

Chapitre II

Considérations générales sur la réutilisation des eaux usées

Chapitre III

Procédés d'épuration des eaux
usées

Chapitre IV

La réutilisation des eaux usées
épurées en irrigation

Chapitre V

**Valeur agronomique des eaux
usées épurées en irrigation**

Chapitre VI

**Situation actuelle de la REUE
en Algérie**

INTRODUCTION GENERALE

Face à la rareté et la mauvaise répartition de l'eau, la réutilisation des eaux usées épurées (EUE) apparaît comme une solution des plus adaptées. Elle permet d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires d'autre part d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la protection de l'environnement.

Les eaux usées épurées présentent l'avantage de la stabilité par rapport à celle liées à la pluviométrie. La valorisation des EUE est à replacer dans le cadre de la gestion intégrées des ressources en eau.

Dans les nombreuses régions à climat aride et semi-aride, la réutilisation des EUE notamment dans l'agriculture et à un degré moindre dans l'industrie, constitue une alternative intéressante pour la préservation des ressources conventionnelles destinées en priorité à la production d'eau potable. La réutilisation des eaux usées épurées en agriculture, outre le fait qu'elle permet de réduire l'utilisation de l'eau potable et sa préservation, apporte des bénéfices additionnels résultant, dans certains cas, dans l'augmentation du rendement des cultures et de l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation.

Le traitement des eaux usées en Algérie connaît actuellement un grand essor avec la création et la réhabilitation des stations d'épuration. Les eaux usées sont à 80% d'origine domestique, 16% industrielle et 4% divers, et subissent un traitement secondaire biologique.

Un programme d'équipement est en train d'être mis en place pour un certain nombre de stations dont quelques-unes sont fonctionnelles. Cette nouvelle stratégie a pour objectif d'élargir la réutilisation des eaux usées épurées et d'enlever les restrictions imposées dans le cas de l'irrigation.

Les eaux usées représenteraient plus de 600 millions de m³/an. A l'horizon 2020, elles représenteront un volume très appréciable de 2 milliards de m³ si la demande de l'eau est totalement satisfaite à cet horizon.

Un tel volume une fois épuré, pour des considérations écologiques ou de protection des ressources en eaux, sera très apprécié quant à son utilisation par l'agriculture.

Le développement de la réutilisation de EUE doit cependant se faire en suivant une démarche avisée assurant le meilleur équilibre possible des résultats sur la plan sanitaire, environnemental et économique.

Introduction :

Du fait de la rareté des ressources en eau, la réutilisation des eaux usées en agriculture devient de plus en plus courante, cette réutilisation a pour objectif principal la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques et de trouver des sources d'eau alternatives pour l'irrigation vu la rareté croissante de l'eau.

Dans l'état actuel, le secteur agricole se maintient comme le plus grand consommateur d'eau avec plus de 80 % de la demande en eau des certains pays. Diverses raisons sociales et économiques consolident l'agriculture dans cette position. Pour une meilleure gestion des ressources en eaux et en vue d'une protection de l'environnement, la réutilisation agricole des eaux usées traitées doit connaître un meilleur sort dans ces pays. Cependant, le développement de cette pratique se heurte à un certain nombre de contraintes. Un effort reste donc à fournir pour pallier à ces contraintes et pour résoudre les problèmes liés à la gestion de ces eaux, à leur qualité et à leur impact sur la santé et le milieu. Les recherches entreprises ont pour principal objectif la contribution à cet effort et la mise à disposition des éléments nécessaires à une parfaite maîtrise de cette pratique et à l'atténuation de ces éventuel impact négatifs.

Ce chapitre concerne l'évolution de la réutilisation des eaux usées épurées (**REUE**) dans le monde et intérêt, bénéfices et contraintes de cette réutilisation à partir des certains d'expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.

I.1. Données générales :

Les motifs qui ont conduit et qui conduisent à envisager la réutilisation des eaux usées épurées sont de deux ordres: en termes de ressource en eau, la valorisation des eaux usées épurées répond à un objectif quantitatif et ce sont surtout les zones arides et semi arides du globe qui sont concernées. En parallèle, dans le domaine de la préservation environnementale, et donc des objectifs qualitatifs, de nombreuses réflexions ont conduit et conduisent à des opérations de réutilisation. L'objectif quantitatif est prépondérant dans la genèse des projets de **REUE**. Pour répondre à des pénuries chroniques ou occasionnelles, et après prise en compte des coûts d'investissement et d'exploitation, la **REUE** s'impose de plus en plus comme une solution économiquement pertinente.

Toutefois force est de constater que la mise en œuvre effective de projets de **REUE** tarde souvent à voir le jour du fait des contraintes institutionnelles et organisationnelles, mais également des réticences culturelles.



Figure I.01: pollution de l'environnement

I.2. Les besoins mondiaux en eau et de REUE :

Afin de mettre en perspective les enjeux potentiels de la **REUE**, il convient de garder en mémoire les valeurs suivantes concernant la mobilisation de l'eau à l'heure actuelle :

- Le volume total de l'eau prélevée par l'activité humaine dans le monde s'élève à 3 800 milliard m^3 /an

- La répartition de ce volume est à l'échelle mondiale de 70 % pour l'irrigation (2 660 milliards), 22 % pour l'eau industrielle (soit 836 milliards m^3 /an) et 8 % pour l'eau à usage domestique (soit 304 milliards m^3 /an)

- Les eaux usées collectées (sur les 1 140 milliards m^3 /an affectés à l'eau domestique et industrielle) représentent 370 milliards m^3 /an et un peu moins de la moitié fait l'objet d'un traitement, soit 160 milliards m^3 /an

- On estime à 2 % de ce total, soit 7 milliards de m^3 /an, la fraction de ces **EUE** qui sont réutilisées à ce jour tous usages confondus. Dès lors, s'il est justifié scientifiquement de parler de cycle naturel de l'eau, il faut rester prudent sur le concept de cycle anthropique de l'eau. (7 sur 3 800 définit un ratio modeste)

Il ressort de ces données numériques les enseignements suivants :

- Le gisement des **EUE** encore à recycler est important

- La **REUE** n'est qu'une solution partielle à la forte demande en eau, notamment agricole à travers le monde et ne se substitue pas aux questions globales de la mobilisation de l'eau.

I.3. la REUE dans le cycle de l'eau :

Dans le cycle naturel de l'eau, on sait que la série précipitation – ruissellement – évaporation – précipitation – etc... traduit globalement la conservation de la masse hydrique sur le globe.

Il est pertinent de conserver en mémoire ce schéma car l'homme reproduit un schéma similaire dans son usage de l'eau : prélèvement dans le milieu - utilisation – retour au milieu. Au de la du rejet, le milieu récepteur possède parfois une certaine capacité à dépolluer. La première logique historique a donc été de dépolluer les eaux rejetées par les égouts afin d'en supprimer les nuisances et de les réinsérer dans le cycle naturel. Pour cela on s'est préoccupé de réduire la charge organique.

Dans sa finalité, la **REUE** permet à la fois de raccourcir le cycle par une remobilisation rapide de la ressource et l'utilisation deux fois d'une eau mobilisée dans le milieu pour des activités en cascade.

I.4. Les usages de la EUE dans le monde :

Quasiment tous les domaines relatifs aux usages de l'eau sont concernés par la **REUE** sauf ce qui touche aux eaux thermales et minérales, dont les exigences de qualité sont telles qu'elles n'entrent pas dans les champs de la réutilisation. En effet, pour autant qu'on accepte de payer le prix toute eau usée est potentiellement réutilisable. La classification qui suit permet d'y voir plus clair en matière d'utilisations des **EUE**. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

I.4.1 Le bassin méditerranéen :

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'**Espagne** à la **Syrie**. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie.

C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée.

En **Tunisie**, si la demande en eau ne devrait théoriquement rejoindre les disponibilités qu'en 2015, on constate déjà que certains endroits souffrent d'une pénurie.

Dans ce pays, la réutilisation entre dans le cadre d'une politique nationale.

Les eaux usées de **Tunis** sont utilisées depuis le début des années 60 pour l'irrigation à la **Soukra** de culture de citrons. La réglementation de 1989 spécifie que l'utilisation des effluents secondaires traités est autorisée pour irriguer tous les types de cultures mis à part les légumes, Donc Les eaux usées traitées sont utilisées pour irriguer les arbres fruitiers (citrons, olives, pêche, pommes, poires...).

En Grèce, la ville **d'Athènes** a développé en 1996 une stratégie de réutilisation des eaux usées traitées. Parmi les réutilisations favorisées, l'irrigation des cultures est largement prédominante (71%). L'estimation de l'usage des eaux usées urbaines dans les industries est (5.2%), Et pour l'alimentation des chasses d'eau est (6.2%).

Le but de cette réutilisation est d'induire une réduction de la pollution dans le **Golfe Saronique** en rapport avec la diminution des rejets des effluents riches en nutriments.

Les autres pays du pourtour sud de la méditerranée, de **l'Espagne** à la **Syrie**, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. Les réutilisations sont alors l'occasion d'un effort pour répondre à des standards sanitaires existants ou en cours d'élaboration. C'est le cas pour l'arrosage des parcours de golf ou d'espaces verts.

Parmi les exemples de réutilisation indirecte des eaux usées urbaines non traitées, on peut citer les **marcites milanaises** qui sont des prairies arrosées avec les eaux du canal **Vettabia** recevant une part importante des eaux usées brutes de **Milan**.

I.4.2. L'Europe du Nord :

L'Europe du Nord a elle aussi, avec ses fermes d'épandage, une tradition longue de plusieurs siècles de réutilisation des eaux usées.

En Grande Bretagne, cette technique qui était sur le point de disparaître dans les années 50, a retrouvé une part de son importance passée. Dans ce pays, la recharge de nappe par des eaux usées constitue une autre forme indirecte et très répandue de recyclage.

L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. On retrouve cette pratique notamment en **Basse Saxe**, en **Rhénanie-Westphalie**, en **Hesse** et en **Bavière**. On y pratique l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terre ou de prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la **Hongrie** où **200 millions de mètres cubes** d'eaux usées sont utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies.

I.4.3. Le Japon:

La réutilisation des eaux usées au Japon est prédominante dans le cas des usages urbains tels que l'alimentation des chasses d'eau dans les immeubles, les usages industriels ou encore dans la restauration et l'augmentation des débits des cours d'eau urbains aménagés.

Tout immeuble de plus de **30000 m²** de surface de plancher ou susceptible de réutiliser plus de **100 m³** d'effluent traité par jour doit être équipé d'un double réseau de distribution.

I.4.4. L'Australie :

L'Australie est l'un des continents les plus secs. L'intensité des précipitations est très variable. Dans ce continent, la réutilisation des eaux usées concerne l'irrigation des cultures, des prairies, des espaces verts ou l'usage industriel. Parmi les initiatives industrielles, on peut citer l'usage de **4000 m³** par jour d'eaux usées épurées et traitées par microfiltration et Osmose inverse provenant d'une station d'épuration urbaine proche de **Newcastle**.

On pourrait encore citer de nombreux exemples tels que la ville de **Taif** en **Arabie Saoudite**. Cette ville est équipée d'une station d'épuration traitant **70000 m³** d'eau par jour.

Les effluents ainsi traités sont utilisés pour l'arrosage des parcs, des jardins ou pour nettoyer les rues, les bus, les taxis.

I.4.5. La réutilisation des eaux usées épurées en France :

En **France**, la réutilisation des eaux épurées est peu développée. Cela est essentiellement dû à l'abondance de nos ressources en eau. Le maintien du secteur agricole dépend bien sûr de l'irrigation et est aussi jugé indispensable à l'équilibre du milieu insulaire, l'irrigation est réalisée sur 220 hectares de pomme de terre et de courgettes.

Sur le continent, la réutilisation agricole des eaux épurées a permis de soulager les ressources traditionnelles trop sollicitées par l'irrigation de cultures grandes consommatrices d'eau (maïs...) à partir d'une partie des eaux usées de la station d'épuration de l'agglomération **clermontoise** et la station de la **Cogolin** qui ont subi un traitement par boues activées en aération prolongée ainsi qu'une double filtration (par tamis de 180 à 120 microns Successivement).

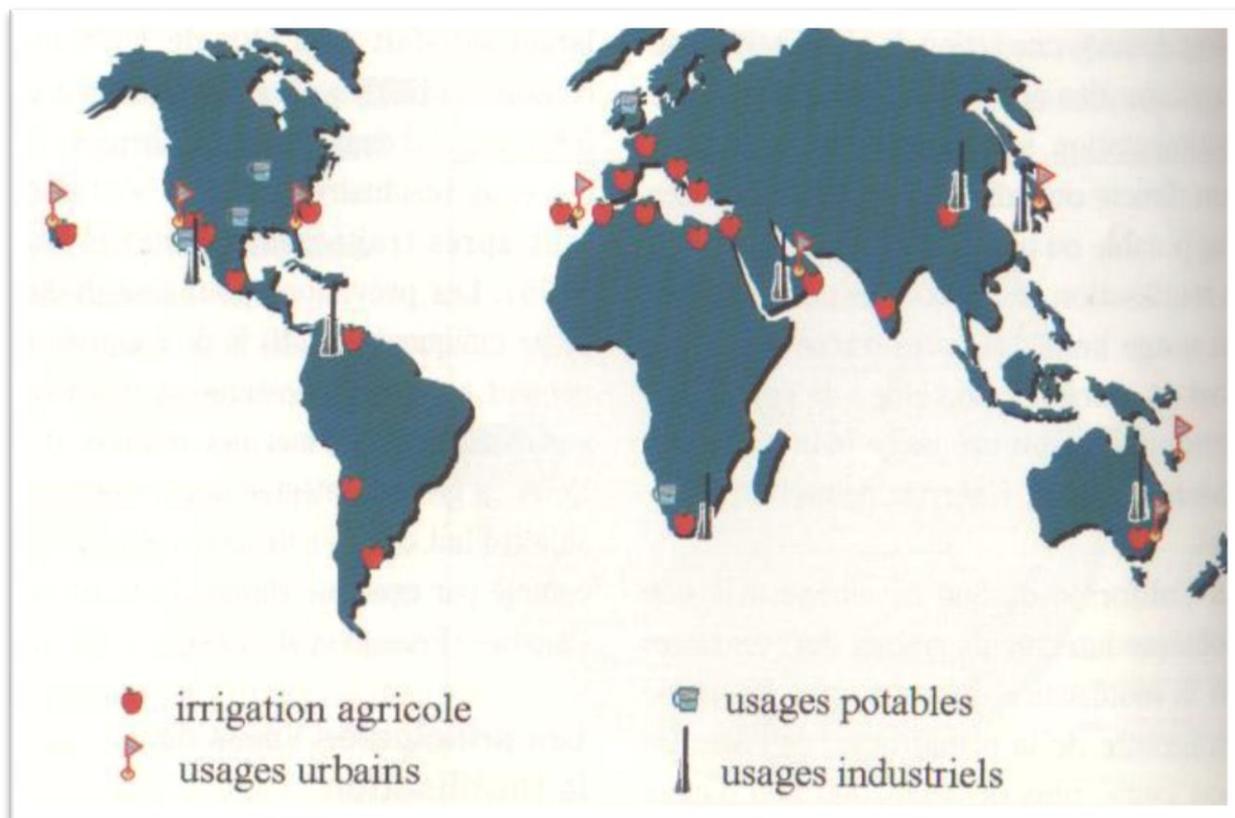


Figure I.02: répartition par secteur et localisation des expériences mondiales les plus importantes en réutilisation des eaux usées épurées.

I.4.6. L'expérience algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées épurées :

L'Algérie est classée dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques au regard du seuil de rareté fixé par la banque mondiale à 1000 m³/habitant/an et plus de 90% du territoire national à prédominance d'aridité avec des potentialités en eau global de 17,2 milliards de m³ dont 10,2 milliards m³ d'eaux superficielles et 7 milliards m³ dont 5 milliards de m³ au sud d'eau souterraines. Le projet de **REUE** en l'Algérie, a été lancé au début des années 2000/2001.

Pour les axes stratégiques, des actions sur la demande à travers des programmes d'économie d'eau, accroissement de la mobilisation des ressources en eaux non conventionnelles par la réutilisation des eaux usées épurées et dessalement d'eau de mer (13 grandes unités en cours de réalisation pour une capacité de 2,5 millions de m³/jour pour les grandes villes du littoral afin de libérer les capacités de barrages pour le développement des hauts plateaux et de l'agriculture.

Il soulignera que le volume d'eaux usées rejetées à l'échelle nationale est estimé actuellement à près de 750 millions de m³ et dépassera 1,5 milliards de m³ à l'horizon 2020.

Afin de prendre en charge l'épuration de ce potentiel d'eaux usées, le secteur des ressources en eau a engagé un programme ambitieux en matière de réalisation d'installations d'épuration. Le nombre de station d'épuration en exploitation est de 109 (49 STEP et 60 lagunes) pour une capacité de production environ 663000 m³/an.

Le nombre des stations en cours de réalisation est de 176 (87 STEP plus 89 lagunes).

Les stations d'épuration sont gérées pendant deux ans par les constructeurs puis par l'office national de l'assainissement (ONA) avec un programme de formation pour garantir une continuité de service.

Pour une meilleure utilisation de cette ressource spécifique, soulignera Bougueroua Omar directeur de l'hydraulique agricole, des actions pour les définitions des opportunités de réutilisation ainsi que la réglementation de l'usage de cette ressource non conventionnelle sont réalisés à travers l'étude de réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle nationale par Le ministère des ressources en eau, achevés en décembre 2008. Les principales conclusions de cette étude : pour un renforcement des allocations d'eau pour l'agriculture d'où extension des superficies irriguées (800 millions de m³), augmentation graduelle de taux de réutilisation de 37000 ha (280 millions de m³) à court terme, 80000 ha (600 millions de m³) à moyen terme et 100.000 ha (800 millions de m³) à long terme.

I.5. Les volume moyen journalier des eaux usées recyclées :

Pendant les dix dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en **Europe**, aux **États Unis** et en **Chine**, et jusqu'à 41 % en **Australie**.

Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5-1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, comme par exemple en **Californie**, en **Floride**, au **Mexique** et en **Chine**. Mais le volume réutilisé actuellement est 10%, ce qui représente un volume global d'environ 14,2 km (milliards de m³) par an.

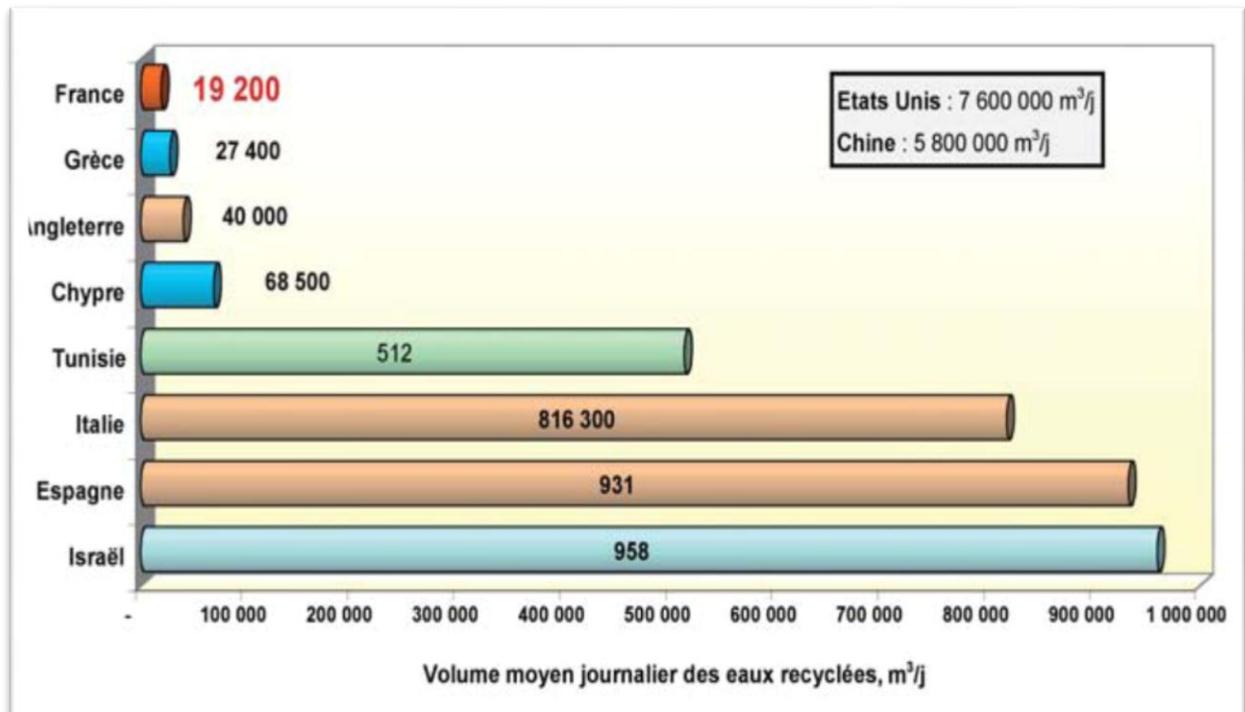


Figure I.03 : Volume moyen journalier des eaux recyclées m³/j

I.6. Les bénéfices de la réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées peut être un atout important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Parmi les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de l'eau on a :

1. Ressource alternative :

- Augmenter la ressource en eau et la flexibilité d'approvisionnement tout en diminuant la demande globale.
- Assurer une ressource fiable, disponible et indépendante des sécheresses pour l'irrigation et les usages industriels.
- Dans certains cas, une exécution rapide et plus facile que la mobilisation de nouvelles ressources en eau de première main.
- Garantir une indépendance vis-à-vis du fournisseur d'eau potable (par exemple pour des raisons politiques)

2. Conservation et préservation des ressources

- Économiser l'eau potable pour la réserver aux usages domestiques.
- Contrôler la surexploitation des ressources souterraines.

3. Aspects législatifs et sanitaires

- Anticiper la compatibilité avec les nouvelles tendances réglementaires.
- Contribuer au déploiement de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau.

4. Valeur économique ajoutée

- Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés.
- Favoriser le tourisme dans les régions arides.
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.

5. Valeur environnementale

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse.
- Éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc...
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.)

6. Développement durable

- Réduire les coûts énergétiques et environnementaux par rapport à ceux de l'exploitation des aquifères profonds, du transport d'eau à longues distances, du dessalement, etc.
- Assurer une ressource alternative à faible coût pour les régions arides, la protection des milieux sensibles et la restauration des zones humides.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue, surtout dans le secteur agricole. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à affecté de la pénurie d'eau, Et elle peut réutilise pour de nombreux usages (Industrie, Usages municipaux, Irrigation) a cause des avantages Précédentes. Mais il faut souligne que les défis, les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, Parmi celles :

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.
- Financement des infrastructures et des coûts d'exploitation.
- La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.
- Importance du choix de la filière de traitement.

Introduction :

On appelle réutilisation des eaux usées, l'emploi nouveau des «eaux de deuxième main» pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage, ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale.

La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux.

Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

II.1- Implantation d'une station d'épuration :

La nécessité de la mise en place d'une station d'épuration passe par un ensemble de dispositions, qui sont à prendre en considération dans l'élaboration du projet en commençant par le choix du site, qui est indissociable de l'étude d'impact.

A cet égard, quelques règles doivent être rappelées :

- Eviter de construire à proximité d'une zone urbaine, une zone industrielle et un environnement touristique ;
- Eviter les zones inondables ;
- Envisager des extensions et les aménagements futurs.

II.2- Choix du type de station d'épuration

La décision de choix du site d'implantation d'une station d'épuration étant prise, il convient après d'en choisir le type.

De nombreux critères de choix peuvent intervenir :

- La nature des eaux usées : il est important de bien connaître les caractéristiques des eaux à traiter, et identifier les rejets industriels susceptibles d'être présents dans les rejets d'une ville.

- La qualité d'eau à obtenir assure une qualité d'eau en aval qui répond aux normes de rejet dans le milieu naturel, ou pour une éventuelle réutilisation, notamment dans le secteur de l'agriculture.

II.3- Réutilisation agricole des eaux usées :

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore différentes phases en fonction des intérêts mise en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, eaux usées, coulés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau.

Actuellement, les possibilités de la réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

Toutefois, les projets de la réutilisation agricole des eaux usées sont des opérations à long terme, qu'il importe de mener avec prudence. En effet, si la réutilisation des eaux usées peut constituer une ressource additionnelle et contribuer à la protection de l'environnement, elle peut également, si elle est pratiquée de façon inappropriée, avoir des effets négatifs sur la santé humaine et animale.

Les problèmes relatifs à la réutilisation étant de nature interdisciplinaire, la prise en compte d'un grand nombre d'aspects nécessaires (procédés de traitement, systèmes d'irrigation, rendements et qualité des récoltes, protection de l'environnement, contrôlés, aspects socio-économiques et sanitaires). Ceci suppose la mise au point d'approches et de solutions spécifiques qui doivent être adaptées aux situations locales. L'utilisation des eaux usées suppose, d'autre part, la mise en place d'un cadre institutionnel et législatif.

II.3.1- Les motifs :

Les motifs pour le développement des systèmes de la réutilisation peuvent être très variés, suivant le contexte local :

- Absence d'exutoire pour les effluents collectés,
- Absence ou déficit de ressource en eau et, en conséquence, besoin de mobiliser des ressources supplémentaires,
- Protection de l'environnement et des milieux récepteurs,
- Utilisation des eaux usées comme source d'éléments fertilisants, et leurs applications pour améliorer les sols et la production agricole.

II.3.2- Intérêts et contraintes de la réutilisation des eaux usées :

Dans un souci de protection de l'environnement et de la santé publique, le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées, à travers la création et l'amélioration des stations d'épuration indépendamment de la réutilisation de cette ressource. Il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il est possible de la réutiliser. Parmi les domaines de la réutilisation, l'irrigation constitue le secteur le plus intéressant.

En effet, elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires. Elle constitue en outre, une alternative aux rejets dans les milieux récepteurs qui peuvent présenter des capacités d'absorption limitées. Par ailleurs, le contenu de ces eaux en fertilisants, notamment l'azote, le potassium et le phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols.

L'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation et éviter la croissance des algues dans les étendes d'eau fermées, telles que lacs et étangs.

Si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution. Son contenu en éléments traces et en germes pathogènes et sa teneur élevée en azote, peuvent présenter un risque pour la santé humaine.

II.3.3- Les usages possibles :

Théoriquement, on peut utiliser les effluents des villes pour de nombreux usages :

- Irrigation / Agriculture.
- Industrie.
- Usages municipaux (lavage de chaussées, arrosage).

II.4- Caractéristiques des eaux usées :

Un nombre de conditions sont à réunir pour envisager une utilisation planifiée et contrôlée des eaux usées, Il s'agit avant tout de connaître les caractéristiques des eaux usées et les procédés d'épuration à appliquer.

II.4.1- Origines des eaux usées :

Les eaux usées proviennent de trois sources principales :

II.4.1.1-Eaux usées urbaines :**Définition et caractéristiques des eaux usées urbaines**

Les eaux usées urbaines sont en grande partie les eaux distribuées par les systèmes d'approvisionnement en eau potable polluées par les activités anthropiques.

Elles comprennent également les eaux de ruissellement, ces dernières étant constituées par l'ensemble des eaux pluviales, les eaux d'arrosage des voies publiques et des parcs de stationnement, les eaux de lavage des caniveaux, des marchés et des cours. Les eaux urbaines sont donc constituées par (IBERINSA, 2001) :

- Les eaux sanitaires provenant de l'activité humaine et domestique, les restes d'aliments, les déjections, les détergents, les savons et produits de nettoyage ect ;
- Les eaux associées aux activités du centre de population telles que : centre commerciaux, hôpitaux, écoles, casernes, hôtels, bars, restaurants ;
- Les eaux résiduaires industrielles déversées dans des collecteurs urbains ;
- Les eaux résiduaires en provenance des centres d'élevage installés au sein des centres de population.

Les eaux usées urbaines contiennent des matières minérales et des matières organiques. Ces contaminants peuvent être quantifiés par le biais des mesures telles métaux lourds (cuivre, zinc, plomb, cadmium), matières en suspension totales (MEST), solides dissous totaux (SDT), les composés nitrogènes et phosphatés (N total, P total), les composés ammoniacaux (N-NH₄). (Tardat-Henry, 1984 ; Gray et Becker, 2002).

Selon Lester (1987), les métaux sont présents dans de nombreux produits à usage domestique susceptibles d'être rejetés à l'égout tels que les cosmétiques, les onguents, les produits d'entretien, les médicaments, les peintures. Les eaux de nettoyage et notamment celles des vêtements seraient la principale source de métaux dans les eaux usées domestiques (Grommaire-Mertz, 1998). Ces auteurs donnent des concentrations moyennes métalliques dans les eaux usées strictement domestiques : 3 µg/l de cadmium, 150 µg/l de cuivre, 100 µg/l de plomb, 500 µg/l de zinc.

Les eaux noires (eaux des toilettes) sont les principales sources de composés azotés, phosphorés et ammoniacaux dans les eaux usées urbaines. Les eaux domestiques sont responsables de l'augmentation de la demande en oxygène, 60% pour les eaux de toilettes et 40 % pour les eaux grises (eaux de cuisine, de douche, de lessive) (Eriksson et al 2002 ; Gray et Becker, 2002 ; Dyer et al. 2003) Le tableau présente des concentrations moyennes en DCO, DBO5, et en métaux pour les eaux usées de temps sec à l'exutoire des réseaux unitaires.

Tableau II.1: Concentrations de polluants dans les eaux usées urbaines

(Grommaire-Mertz, 1998)

Paramètres	Concentrations
MES	100 à 500 mg/L
DCO	250 à 1000 mg/L
DBO5	100 à 400 mg/L
Cadmium	1 à 10 µg/L
Cuivre	83 à 100 µg/L
Plomb	5 à 78 µg/L
Zinc	100 à 570 µg/L

II.4.1.2-Eaux usées agricoles :

(Eaux de drainages et de rejets des fermes). Ces eaux sont caractérisées par la présence de forte concentration de pesticides et d'engrais. Elles ont une valeur fertilisante très importante.

II.4.1.3- Eaux usées industrielles :

Les eaux usées industrielles sont celles qui proviennent des diverses usines de fabrication ou de transformation. Elles contiennent des substances (organiques ou minérales corrosives ou entrantes), ces substances sont souvent odorantes et colorées, et éventuellement des matières toxiques qui peuvent rompre l'équilibre écologique des milieux récepteurs. Les eaux évacuées par les industries sont :

- Les eaux de fabrication qui dépendent de la nature de l'industrie ;
- Les eaux de lavage des machines ;
- Les eaux de refroidissement qui dépendent du taux de recyclage.

Les usages industriels ont le choix entre trois possibilités :

- Soit déverser leurs effluents directement dans le réseau d'égouts si l'autorisation a été donnée par la commune ;
- Soit traiter entièrement leurs effluents avant de les rejeter directement dans le milieu naturel récepteur ;
- Soit effectuer un prétraitement en usine avant le rejet dans le réseau d'égouts.

II.4.2- Importance de rejets :

L'importance des rejets urbains dépend de certains facteurs notamment :

- Du type de réseau ;
- Des industries raccordées ou non au réseau ;
- La taille de l'agglomération.

II.4.2.1- Le type de réseau :

Les principaux systèmes de collecte utilisés en assainissement sont :

- Le système unitaire qui reçoit dans les mêmes canalisations les eaux usées et les eaux Pluviales.
- Le système séparatif comportant deux réseaux de canalisation différents, l'un pour les eaux pluviales et l'autre pour les eaux usées ;

Le système pseudo séparatif, actuellement peu préconisé dans la conception d'un nouvel équipement, est un système dans lequel, on divise les apports d'eaux pluviales en deux parties.

II.4.2.2-Le raccordement des industries :

Le raccordement des industries aux égouts urbains permet d'obtenir le mélange nécessaire d'eau usée urbaine et industrielle, ce qui présente des avantages, aussi bien pour l'usine que pour la municipalité.

Néanmoins, la capacité de réception du réseau d'assainissement, la qualité des eaux résiduaires, imposent certaines limites au raccordement à l'égout.

II.4.2.3- La taille de l'agglomération :

Le volume d'eaux usées rejeté par habitant par jour va généralement croissant avec la taille de l'agglomération, par suite de certaines différences d'habitudes de vie, le niveau de développement et suivant le mode de tarification de la consommation d'eau potable.

II.4.3- Evaluation de la pollution :**II.4.3.1-Définition de la pollution :**

La pollution est toute substance physique, chimique ou biologique rejetée dans une eau naturelle qui perturbe l'équilibre de cette eau, et induit d'importantes nuisances : mauvaises odeurs, des fermentations inconforts divers, risques sanitaires qui se répercutent, à court terme Ou à long terme, sur notre organisme, à travers, la chaîne alimentaire de laquelle nous dépendons.

II.4.3.2- Principaux polluants :

La composition des eaux usées est fonction de nombreux paramètres :

- Propriété physico-chimique de l'eau potable distribuée ;
- Mode de vie des usagers ;
- Importance et le type des rejets industriels.

D'une manière générale la pollution des eaux se manifeste sous les formes principales suivantes :

a) Pollution organique :

La pollution organique constitue la partie la plus importante, et comprend essentiellement des Composés biodégradables. Ces composés sont de diverses origines :

D'origine urbaine :

- Les protides (les protéines) : qui représentent tous les organismes vivants qui sont de nature protéique telle que les animaux, les plantes, les bactéries et même les virus. Ces protéines subissent une décomposition chimique au contact de l'eau (hydrolyse) en donnant des acides aminés.
- Les lipides (corps gras) : ce sont des éléments rejetés généralement par les eaux domestiques telles que les graisses animales, et les huiles végétales. Leur décomposition en milieu aérobie se traduit par une libération du CO₂, et en anaérobiose, il y a formation de CO₂ et CH₄ ;
- Les glucides : à l'état simple, il s'agit des sucres alimentaires, le glucose, et à l'état complexe donnant les polysaccharides.

D'origine industrielle :

Ce sont les produits organiques toxiques tels que les phénols, les aldéhydes, des composés azotés, les pesticides, des hydrocarbures et les détergents.

b) Pollution minérale :

Il s'agit principalement d'effluents industriels contenant des substances minérales tels que : Les sels, les nitrates, les chlorures, les phosphates, les ions métalliques, le plomb, le mercure, le chrome, le cuivre, le zinc et le chlore. Ces substances suscitent :

- Peuvent causer des problèmes sur l'organisme de l'individu ;
- Perturbent l'activité bactérienne en station d'épuration ;
- affectent sérieusement les cultures.

c) Pollution microbiologique :

Les eaux usées sont des milieux favorables au développement d'un très grand nombre d'organismes vivants, dont des germes pathogènes souvent fécaux.

Les germes pathogènes d'effluent hospitaliers, de lavage de linges et de matériels souillés, ainsi qu'au déversement de nombreuses industries agro-alimentaires (abattoirs, élevage agricoles,.....).

d) Métaux lourds :

La composition des eaux usées urbaines arrivant dans une station, ne peut que refléter d'une manière assez fidèle :

- La composition même des produits consommés par la population, (alimentations, les lessives, les savons....) ;
- La nature et la quantité des effluents industriels éventuellement rejetés à l'égout sans traitement au préalable à titre d'exemple, les composés du bore peuvent provenir des industries du verre, des ciments, des faïences, etc.

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel accidentel ou volontaire.

II.4.3.3-Les principaux paramètres de pollution :**a) Les paramètres physiques :**

- **la température** : La température est un paramètre dont le contrôle est indispensable surtout en présence d'effluents industriels.

Ce paramètre peut influencer sur la solubilité des sels, la concentration de l'oxygène dissout et sur l'activité microbienne.

- **Le pH** :

Le PH joue un rôle capital dans le traitement biologique ; il doit être compris entre 6,5 et 8,5 pour une bonne performance du traitement.

- **La conductivité** : Elle donne une idée sur la salinité de l'eau. Des variations de cette dernière peuvent influencer le traitement biologique et la décantation.
- **Les matières en suspension (MES)** :

Elles représentent la partie solide de la pollution, les MES créent généralement une pollution et causent de sérieuses nuisances.

- **Les matières volatiles sèches (MVS) :**

Elles représentent la fraction organique des matières en suspension, elles constituent environ 70-80 % DE MES.

- **Couleur et odeur :**

Dans les eaux usées brutes la couleur est due à la présence de matières organiques dissoutes ou colloïdes par des composés chimiques solubles qui sont colorés. L'odeur est due à une fermentation des matières organiques.

b) Les paramètres chimiques :

- Demande biologique en oxygène (DBO₅) : elle définit la teneur en matière biodégradable de l'eau.
- Demande chimique en oxygène (DCO) : elle permet la mesure globale des paramètres organiques biodégradables et réfractaires.
- Eléments toxiques : la présence des métaux lourds (plomb, mercure,) et des substances toxiques (phénols) dans l'eau usée peut la rendre toxique, ils sont évalués par les tests biologiques.
- Les nutriments (azote, phosphore) : le phosphore est présent dans les eaux usées sous forme de sels minéraux (ortho et poly phosphates) provenant surtout des poudres lessives, et sous forme organique provenant des matières fécales.

II.4.3.4- Mesure de la pollution :

C'est l'usage d'un certain nombre de paramètres pour caractériser la pollution des eaux.

Ces paramètres seront regroupés sous forme de tableau :

Tableau II.2: paramètres de pollution.

Paramètres	Unités	Signification
MES	mg / l	Matières en suspension : c'est la pollution dissoute, la plus facile à éliminer.
DBO ₅	Mg O ₂ / l	Demande biochimique en oxygène en 5 jours : elle correspond à la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours, par les microorganismes pour dégrader la pollution organique biodégradable
DCO	mgO ₂ / l	Demande chimique en oxygène : elle représente la quantité d'oxygène à fournir pour dégrader par voie chimique la pollution contenue dans un effluent
M.A	mg / l	Matières azotées : elles quantifient la teneur des différentes formes d'azote dans les eaux usées (organique, ammoniacal, nitrite, nitrate).
M.P	mg / l	Matières phosphorées : elles mesurent la teneur en phosphore dans un effluent
Eq/H	90 g/j de MES 57 g/j de M.O 15g/j de M.A 4g/j de M.P	Equivalent habitant : c'est une unité conventionnelle de mesure de la pollution rejetée par un habitant et par jour.
Débit	m ³ / jour m ³ / heure	La mesure du débit est très importante du fait de sa variation au cours de la journée. Ainsi on pourra faire face aux pointes de débit dans les réseaux.

Source: cours de réutilisation des eaux usées en irrigation. Spécialité : irrigation .ENSH

II.5- Conséquences sur le milieu récepteur :

Le rejet des eaux usées brutes perturbe l'équilibre du milieu récepteur, la quantité de pollution rejetée est devenu incompatible avec les capacités d'autoépuration des cours d'eau et provoque des conséquences néfastes :

- Dégradation du milieu naturel ;
- Pollution des mers, des lacs et des cours d'eau ;
- Risque de contamination des eaux souterraines ;

II.6. Les normes de rejet :

Conformément aux recommandations de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S), les normes de rejets des eaux usées en Algérie sont résumées dans le tableau suivant

Tableau II.3: normes de rejets de l'O.M.S., appliqué en Algérie

Paramètres	Normes
Température (°C)	30
PH	6,5- 8,5
O2 (mg/l)	5
DBO5 (mg/l)	30- 40
DCO (mg/l)	90 – 120
MES (mg/l)	30
Zinc (mg/l)	2
Chrome (mg/l)	0,1
Azote total (mg/l)	50
Phosphates (mg/l)	2
Hydrocarbures (mg/l)	10
Détergents (mg/l)	1
Huiles et graisses (mg/l)	20

Conclusion :

La réutilisation des eaux usées épurées est appelée à se développer, à se diversifier et à être socialement plus acceptée. Des efforts restent à faire dans de nombreux domaines afin de mieux maîtriser l'utilisation de ces eaux. Des systèmes de traitement fiables et économiques demandent à être développés. Les effets à long terme de la réutilisation des eaux usées et des opérations de recharge sont également à prendre en compte.

Les futurs projets de réutilisation des eaux usées épurées dépendront d'une meilleure planification et d'un meilleur aménagement des opérations de réutilisation. Ceci signifie l'amélioration de l'évaluation et de la prise en compte des facteurs techniques, sociaux, économique, réglementaires et environnementaux et la recherche d'une meilleure organisation sur le plan institutionnel.

Introduction :

Les eaux usées rassemblées par les égouts des agglomérations et déversées dans les milieux récepteurs naturels ont créés des désordres et altérations qui ont monopolisé l'attention des techniciens et des pouvoirs publics.

Le rejet dans le milieu récepteur d'un égout collectif est soumis à la règle de l'interdiction générale, c'est à dire qu'il doit être autorisé par les services compétents. L'autorisation étant assortie de règles techniques à observer qui sont adaptées aux caractéristiques de l'effluent, aux circonstances locales liées à la nature du milieu récepteur et à la protection qu'il nécessite en tenant compte de son aptitude à se régénérer naturellement sans destruction de son équilibre biologique. L'autorisation de rejet est ainsi souvent (mais pas dans tous les cas) assortie de l'obligation de la construction d'une station de traitement assurant un effluent traité d'un niveau de qualité adapté aux conditions imposées par les exigences du milieu récepteur.

Le schéma ci-dessous permet de situer d'une manière succincte les différentes étapes du principe de traitement des eaux usées :



Figure III.1 : Schéma d'une étape.

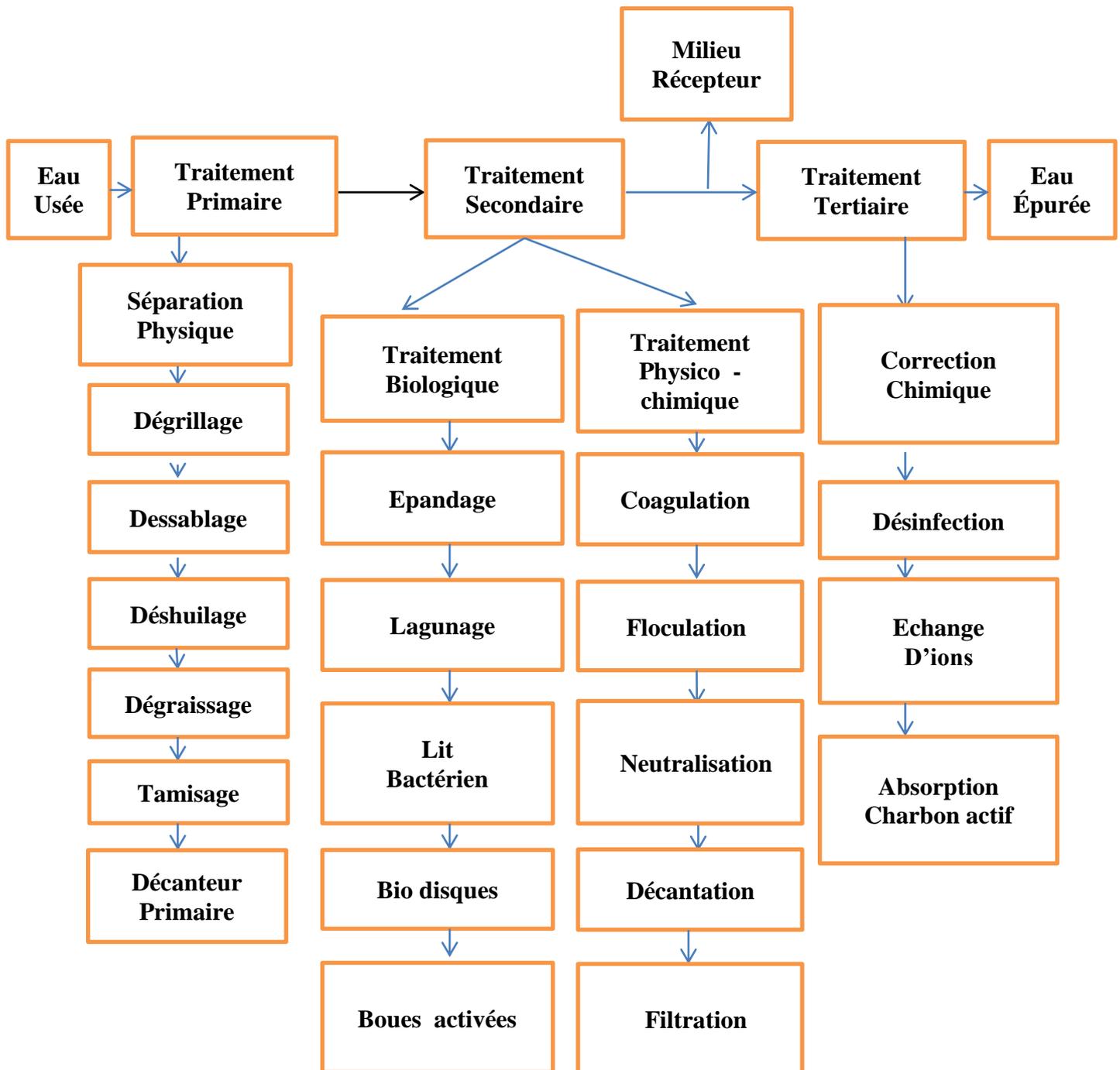


Figure III.2 : la configuration d'une chaîne de traitement.

III.1. le prétraitement :

Les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage déshuilage).

III.1.1-Dégrillage:

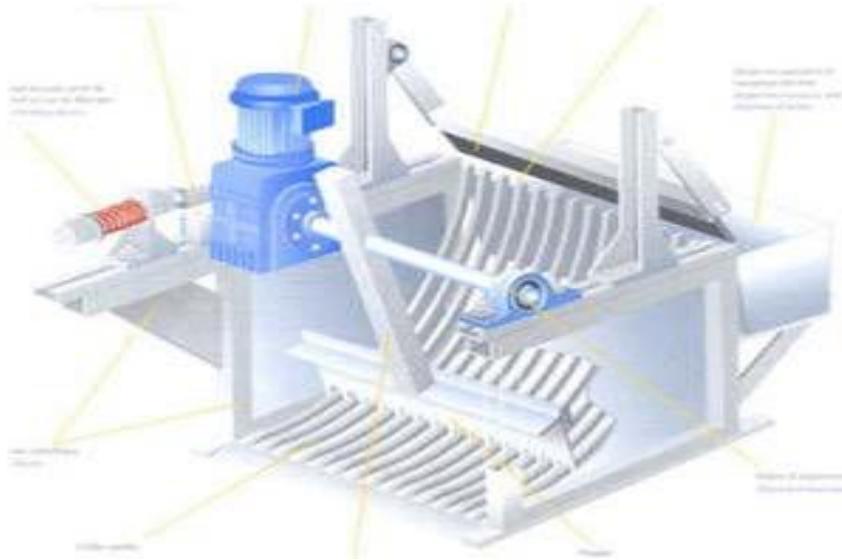


Figure III.3 : de grilleur courbe.

Le dégrillage est implanté à l'amont de toute installation de traitement d'eaux usées, parmi ses fonctions :

- Protection de la station contre l'arrivée intempestive de gros objets susceptibles de provoquer des bouchages dans les différentes unités de l'installation.
- Séparation et évacuation des matières volumineuses par l'eau brute, qui pourraient nuire à l'efficacité des traitements.

L'opération de dégrillage s'effectue par un simple passage des eaux à traiter à travers des grilles (il en existe plusieurs types) dont les barreaux plus ou moins espacés, retiennent les éléments les plus grossiers.

On distingue deux types de grilles :

Grilles manuelles:

Les grilles manuelles sont composées de barreaux droits en acier, de section cylindrique ou rectangulaire. Ces grilles peuvent être verticales, mais sont le plus souvent inclinées de 60 à 80 ° sur l'horizontale dans le cas où le débit d'effluent est important. Lorsque le nettoyage est manuel, la surface de la grille doit être calculée largement pour éviter la nécessité d'interventions trop fréquentes, surtout si l'écartement entre barreaux est inférieur à 20 mm .

Grilles mécaniques :

Ce sont des grilles à nettoyage automatique et sont utilisées à partir d'une certaine importance de la station (au-delà de 2.000 équivalents-habitants), pour éviter ainsi un colmatage rapide des grilles.

- Grille mécanique à nettoyage par l'aval : le mécanisme de nettoyage se trouvant placé à l'aval du champ de grille, généralement vertical ou incliné de 60° à 80° sur l'horizontale.
- Grille mécanique à nettoyage par l'amont : le mécanisme est assuré par un ou deux peignes montés à l'extrémité de bras, utilisée généralement pour les grilles dont l'espacement des barreaux est inférieur à 20 mm (grilles fines).



Figure III.4: Photo d'une grille grossière et fin.

III.1.1.1 Les caractéristiques générales d'une installation de dégrillage :

- **Forme et position de la grille :**

La grille peut être droite ou courbée ; les grilles droites peuvent être placées en position verticale ou inclinées par rapport au plan horizontale ; dans ce dernier cas, elles présentent au courant d'eau une plus grande surface.

- **Espacement des barreaux :**

L'espacement entre les barreaux permet de fixer la taille des déchets à éliminer ; pour cela, on distingue trois types de dégrillage, en fonction de la taille des détritrus à éliminer :

- 30 à 100 mm : pré dégrillage ;
- 10 à 30 mm : dégrillage moyen ;
- 3 à 10 mm : dégrillage fin.
 - Nettoyage

Pour éviter le colmatage de l'installation, une opération de nettoyage est obligatoire ; elle peut être manuelle dans le cas des petites stations ou automatique lorsque le volume des déchets à évacuer est important.

Les figures suivantes représentent schématiquement quelques dispositifs de dégrillage

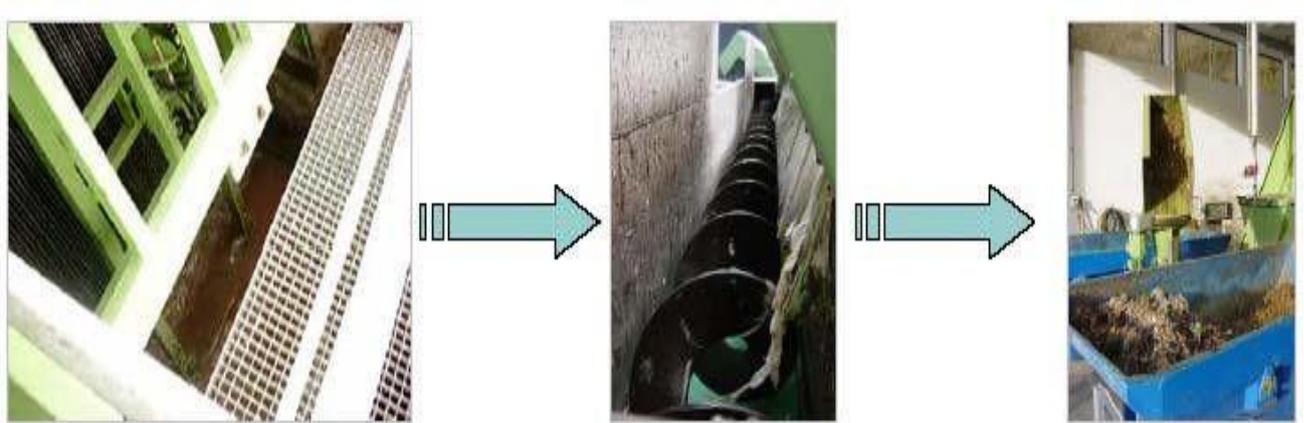


Figure III.5: rétention mécanique des déchets qui sont ensuite pressés et évacués.

Evacuation des déchets :

Les déchets extraits par le dispositif de nettoyage peuvent être évacués par bac amovible, bande transporteuse ou vis d'Archimède.

III.1.1.2 Condition d'utilisation des installations de dégrillage :

Les installations de dégrillage sont choisies en fonction de deux paramètres essentiels :

- La charge de l'eau usée (en déchets à éliminer)
- Le débit de l'effluent à traiter

Ces deux paramètres permettent de choisir :

- Les dimensions du canal d'amenée des eaux ;
- Le canal recevant le grille a des dimensions dépendant du débit à traiter :

Hauteur de 0.4 à 10m et largeur de 0.3 à 5m.

- La forme de la grille et l'espacement entre les barreaux ;
- la grille courbé est utilisées dans le cas des eaux a moyenne charge et pour des débits variant de 10 à 5 000 m³/h, tandis que les grilles droites sont indiquées pour les fortes charges et des débits allant jusqu'à 40 000 m³/h.

- Le type et la position du dispositif de nettoyage par rapport au sens du courant (par l'amont ou par l'aval).
- Le nettoyage par l'aval est surtout indiqué lorsque la charge et le débit sont forts. Dans ce cas, il faut utiliser des dispositifs résistants (crémaillère ou grappin).

Le dispositif d'évacuation des déchets.

III.1.1.3 Vitesse de passage et perte de charge :

La vitesse de passage de l'eau doit permettre l'application des matières sur la grille sans provoquer de pertes de charge importantes ni entraîner des colmatages en profondeur des barreaux.

Vitesse moyenne de passage : $0.6 \text{ m/s} < V < 1,00 \text{ m/s}$ ou 1.40 m/s en débit maximal
Pertes de charge : $0.05 \text{ m} < \Delta h < 0.15 \text{ m}$ en eau de consommation et $0.1 \text{ m} < \Delta h < 0.40 \text{ m}$ en eau résiduaire.

III.1.2. La dilacération :

Cette opération concerne particulièrement les eaux résiduaires. Elle a pour but de broyer les matières solides et de les transformer en particules plus fines qui sont envoyées vers les décanteurs. Cette opération peut être mise en œuvre en remplacement du dégrillage fin

III 1.3. Tamisage :

Cette opération constitue un dégrillage fin ; elle est mise en œuvre dans le cas d'eaux résiduaires chargées de matières en suspension de petite taille (eaux usées d'abattoirs et de conserveries de légumes). On distingue :

Le macro tamisage (dimensions de mailles $> 250 \mu$)

Le micro tamisage ($30 \mu < \text{vide de maille} < 150 \mu$)

III.1.4. Dessablage :

Cette opération est indispensable si on veut :

- Eviter le colmatage des canalisations surtout si elles sont enterrées ;
- Protéger les équipements à pièces tournantes de corrosion (axes de chaînes, rotors de centrifugeuse, pompes de relèvement...);
- Le dessablage concerne les particules minérales de diamètre supérieur à 0.2 mm et de masse spécifique de l'ordre de 2.65 g/cm^3

La vitesse de sédimentation de ces particules est fonction de :

Leur nature, forme, dimensions et la viscosité du liquide dans lequel elles se trouvent La technique du dessablage consiste à faire circuler l'eau dans une chambre de tranquillisation avec une vitesse constante de 0.3 m/s quel que soit le débit.

Cette condition est difficile à réaliser en raison des variations du débit.

➤ **Types de des sableurs :**

On distingue plusieurs types de des sableurs suivant la géométrie des bassins ou la circulation du fluide :

- ❖ Des sableurs canaux gravitaires .
- ❖ Des sableurs tangentiels.

III.1.5.Dégraissage- déshuilage :

C'est une opération destinée à éliminer les graisses et les huiles présentes dans les eaux résiduaires (station-service, abattoirs, industries alimentaires etc....)

- ❖ Les inconvénients des graisses et huiles sont notamment :
 - Envahissement des décanteurs ;
 - Diminution des capacités d'oxygénation des installations des traitements biologique isolation de la zoogée en lit bactérien ;
 - Mauvaise sédimentation des boues dans le clarificateur ;
 - Bouchage des canalisations et des pompes ;
 - Acidification du milieu dans le digesteur anaérobie.

Pour qu'un dégraissage soit efficace, il faut que la température de l'eau soit inférieure à 30°C.

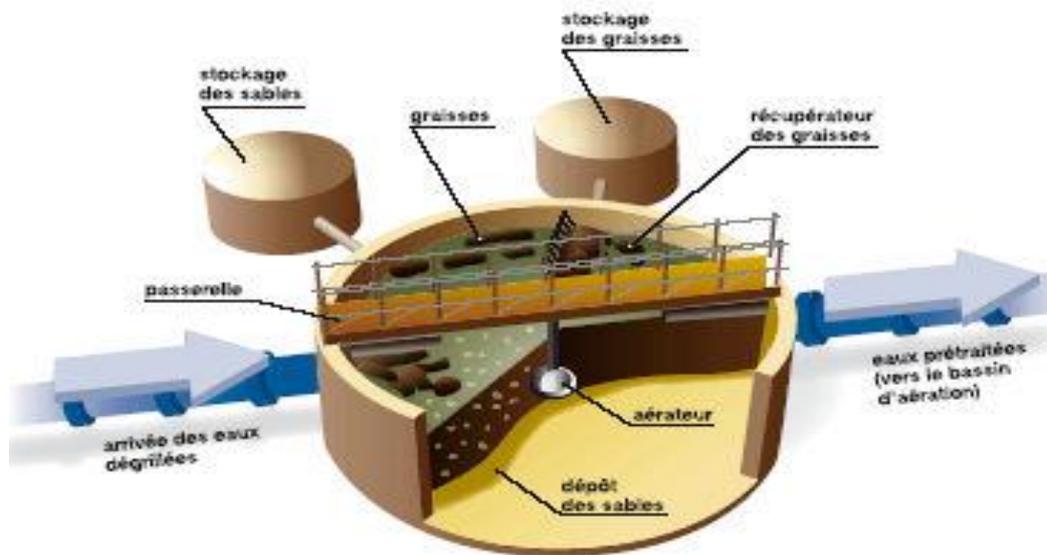


Figure III.6 : Ouvrage de des sableur-dégraisseur.

III.2. Traitement physico-chimique des eaux :

Après une étape de prétraitement, le traitement physico-chimique consiste en une séparation physique solide-liquide après un ajout de réactifs chimiques ayant provoqué l'agglomération des matières en suspension (MES). Le traitement se déroule en 5 phases :

III.2.1. Coagulation:

Le processus de coagulation implique d'ajouter du fer ou de l'aluminium à l'eau comme du sulfate d'aluminium, sulfate ferrique, chlorure ferrique ou des polymères, ces produits chimiques s'appellent des coagulants et ont une charge positive.

La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau.

La coagulation peut enlever un grand nombre de particules organiques, la coagulation peut également enlever les particules suspendues, y compris les précipités inorganiques, tel que le fer, le carbone organique dissout peut donner une odeur et un goût à l'eau désagréable.

Tandis que la coagulation peut enlever des particules et des matières dissoutes, l'eau peut encore contenir des microbes pathogènes.



Figure III.7 : Essai de coagulation dans une usine de traitement.

III.2.2. Flocculation:

La flocculation a pour objectif de favoriser, à l'aide d'un mélangeur, les contacts entre les particules déstabilisées. Ces particules s'agglutinent pour former un floc qu'on peut facilement éliminer par les procédés de décantation et de filtration.

III.2.3.Neutralisation:

Le pH d'un effluent rejeté dans un réseau d'égouts doit être compris entre 5,5 et 8,5 (9,5 dans le cas d'une neutralisation par la chaux).

Dans le cas d'effluents dépassant ces limites, une neutralisation est indispensable et nécessite:

- ❖ Un bac de réaction agité dont le volume sera calculé au minimum sur le temps de réaction de l'agent neutralisant, mais plus ce bac sera grand moins la consommation en réactifs sera importante dans le cas d'auto neutralisation des effluents (effluents acides et effluents basiques).
- ❖ Un pH-mètre avec au moins une régulation proportionnelle. des stockages ou des préparations d'agents neutralisants.

III.2.4.Décantation:

La décantation, est un procédé qu'on utilise dans pratiquement toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux, a pour but d'éliminer les particules en suspension dont la densité est supérieure à celle de l'eau. Ces particules sont en général des particules de floc ou des particules résultant de la précipitation qui a lieu lors des traitements d'adoucissement ou d'élimination du fer et du manganèse. Les particules s'accumulent au fond du bassin de décantation d'où on les extrait périodiquement. L'eau clarifiée située près de la surface, est dirigée vers l'unité de filtration.

III.2.5.La filtration:

La cinquième étape lors du traitement de l'eau conventionnel est la filtration Par filtration on entend en principe une méthode pour éliminer des impuretés de l'eau en la faisant passer à travers un media filtrant. Aujourd'hui, la filtration regroupe un grand nombre de technologies, dont les technologies de filtrations membranaires qui permettent même de déminéraliser l'eau. Mais il faut prendre garde aux confusions : souvent, l'on parle en langage courant de filtration particulière en l'appelant infiltration .La filtration particulière regroupe l'ensemble des méthodes de traitement de l'eau ou l'on fait passer l'eau à travers un media filtrant.

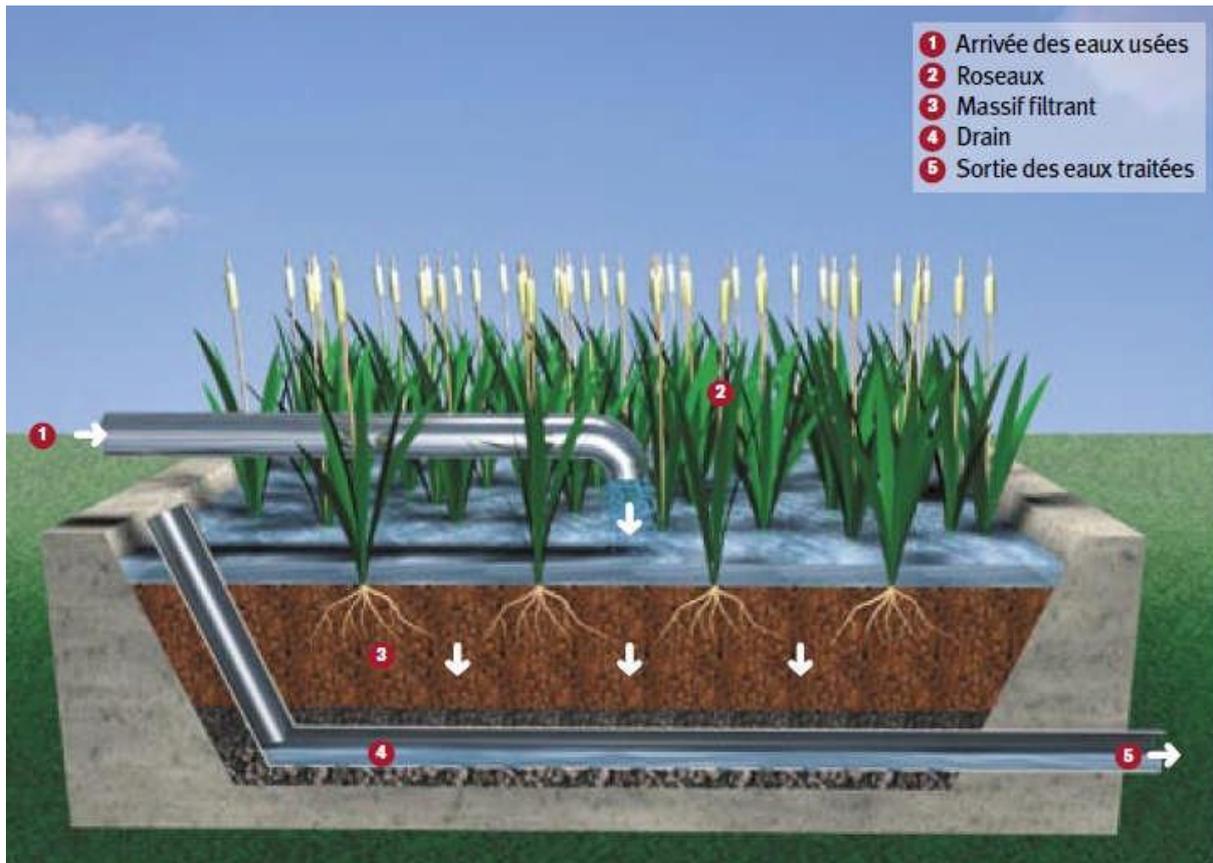


Figure III.8 : Coupe d'un lit filtrant vertical planté de roseaux.

III.3- Traitement biologique :

Le traitement biologique des eaux résiduaires a pour but d'éliminer la matière organique dissoute par action des bactéries et micro-organismes.

Il permet de passer des éléments présents sous forme soluble ou colloïdale en éléments floculables et de constituer des agrégats que l'on peut séparer de l'eau.

Il faut aussi signaler que la plupart des procédés biologiques exigent un domaine optimum de pH compris entre 6,5 et 8,5 quant à l'activité microbienne, elle est optimale à 30°C et requière des quantités suffisantes en nutriments.

On peut grossièrement classer les micro-organismes en :

- Germes aérobies qui exigent de l'oxygène pour leur métabolisme ;
- Germes anaérobies qui tirent leurs besoins énergétiques de la matière organique en absence de l'oxygène
- Germes aérobies facultatifs qui ont un métabolisme aérobie et un métabolisme anaérobie.

L'épuration des eaux usées fait appel à deux types de procédés :

- Les procédés extensifs.
- Les procédés intensifs.

III.3.1- Les procédés extensifs :

III.3.1.1- L'épandage :

a) Principe :

C'est le procédé le plus ancien, il consiste à déverser directement sur le sol perméable des eaux usées, où les granulats constituant le sol sont alors un matériau de support de micro-organismes, ces derniers servent à dégrader la matière organique. Ce procédé peut être dangereux dans la mesure où les eaux qui s'infiltrent à travers le sol peuvent contaminer la nappe.

b) Avantages et inconvénients de l'épandage :

- **Inconvénients :**

L'épuration par épandage présente un certain nombre de risques qui peuvent être : L'intoxication à travers la chaîne alimentaire, la contamination des nappes et le risque de colmatage des sols.

- **Avantage :**

L'épandage présente l'avantage d'être un procédé simple et très économique, n'exigeant pas de grands moyens de mise en œuvre ou d'exploitation et permet la fertilisation des sols pauvres par un apport de substances nutritives contenues dans l'effluent.

III.3.1.2- Le lagunage :

On distingue principalement deux types de lagunage :

- Le lagunage naturel ;
- Le lagunage aéré.

Le lagunage naturel est un procédé de traitement des eaux usées fondé sur un écosystème constitué principalement d'algues et des bactéries aérobies et anaérobies. Le rayonnement solaire est utilisé comme source énergétique pour la production de l'oxygène par photosynthèse par les algues microscopiques.

Ce type de lagunage se caractérise essentiellement par un temps de séjour très élevé des effluents, plusieurs dizaines de jours et par des mécanismes de fonctionnement biologique fortement liés à la température et aux saisons. Dans le lagunage aéré, un support supplémentaire de l'oxygène nécessaire à l'assimilation des matières organiques par les bactéries est fourni par brassage de surface grâce à des aérateurs mécaniques.

- **Avantage :**

- Adaptation aux variations de charges polluantes ;
- Contrôles et entretien réduit ;
- Aucune source d'énergie ;
- Investissement modéré si le terrain est disponible à bas prix ;
- Bon rendement sur les germes pathogènes ;
- Bon rendement sur le phosphore.

- **Inconvénients :**

- Surface nécessaire très importante ;
- Imperméabilité des bassins nécessaire ;
- Rendement faible au climat froid ;
- Temps de séjour élevé.

III.3.2- Les procédés intensifs :

III.3.2.1- Le lit bactérien :

a) Principe :

Ce traitement est basé sur le principe d'infiltration à travers le sol. Un lit bactérien se présente comme une colonne circulaire pouvant atteindre 4 à 5 mètres de hauteurs dans laquelle se trouve un matériau poreux.

Les eaux à traiter ruissellent à la surface de la pellicule biologique qui prolifère sur le support, celles-ci renferment une forte concentration de bactéries et de champignons.

Ces organismes absorbent et métabolisent la matière organique de l'effluent, s'appauvrissent progressivement au cours de son trajet.

b) Avantages et inconvénients du lit bactérien :

- **Avantage :**

Un bon rendement est atteint avec un choix convenable du matériau et des dimensions des pores (augmentation de la surface spécifique). Les lits bactériens sont aussi performants dans le cas d'effluents urbains ou dans le cas de certaines industries spécifiques (parfumeries, agro-alime) Entre autre l'exploitation d'une station à lits bactériens reste très simple : pas de gestion de stock de boues.

- **Inconvénients :**

Les traitements préalables doivent être performants, faute de quoi, un encrassage progressif apparaît qui contraint à vider, laver et remettre en place le matériau du lit. Les fréquentes odeurs enregistrées au changement de saisons.

III.3.2.2- Le disque biologique :**a) Principe :**

Dans le procédé à bio disque, le support est constitué par des disques parallèles régulièrement espacés sur un axe horizontal, tournant à faible vitesse et immergés sur la moitié de leur hauteur. Ce mouvement induit une oxygénation de la culture pendant la période d'immersion.

Les performances de ce procédé sont liées à :

- La profondeur d'immersion des disques (généralement deux mètres) ;
- La vitesse de rotation de l'arbre qui doit être optimale pour permettre une aération et une fixation des bactéries convenable ;

La température qui doit être comprise entre 15 et 29°C.

b) Avantages et inconvénients :

- **Inconvénients :**

Les disques ne s'adaptent pas au traitement à forte charge, ils sont très sensibles à la qualité des eaux à traiter, aux pointes excessives des concentrations et de débits, aussi ce procédé par bio disque ne s'adapte qu'au traitement des effluents de petites agglomérations.

- **Avantage :**

Ce procédé est d'une extrême simplicité d'exploitation et économique.

III.3.2.3- Les boues activées :**a) Principe :**

C'est le procédé le plus répandu actuellement pour l'épuration des eaux résiduaires urbaines des petites, moyennes ou grandes collectivités.

Le procédé à boues activées est un système en continu dans lequel des micro-organismes sont mis en contact avec des eaux usées renfermant des matières biodégradables pendant un temps suffisant.

Ces amas biologiques sont maintenus en agitation au sein de l'eau de façon à assurer un contact avec toute la partie de l'effluent. L'oxygénation est fournie en quantités suffisantes par des aérateurs.

Ainsi, dans le bassin d'aération, en présence d'oxygène, les micro-organismes vont se développer et se reproduire aux dépens des matières biodégradables formant ainsi des flocons décantables, orientés par la suite vers un clarificateur. A la sortie une eau traitée et des boues seront produites, une partie de ces boues sera expédiée vers les organes de traitement des boues et l'autre partie réintroduite dans l'aérateur.

b) Avantages et inconvénients du procédé à boues activées :**• Avantage :**

Le procédé à boues activées permet de réduire le temps de séjour de la pollution ainsi que les surfaces du terrain utilisées.

Le procédé à boues activées offre l'avantage d'une recirculation de la culture bactérienne ceci conduit à un enrichissement du bassin par les micro-organismes épurateurs.

• Inconvénients :

Les installations à boues activées sont très coûteuses vue l'équipement qu'elles comportent (ouvrages en béton, ouvrages métalliques, appareillages électromécanique...).

L'exploitation de ce type de station exige un personnel qualifié et une vigilance permanente, le bon rendement repose sur le bon fonctionnement des aérateurs.

III.4- Traitement tertiaire :

En générale, les techniques d'épuration, même les plus énergiquement poussées, laissent passer dans l'eau épurée des matières organiques difficilement biodégradables et échappant à la meilleure décantation.

Ainsi même après un traitement secondaire l'eau véhicule presque toujours des micro-organismes et des micropolluants qui risquent de provoquer des dangers. Si une éventuelle réutilisation de cette eau est envisagée, il convient par conséquent d'utiliser des procédés à l'élimination de cette pollution résiduelle. On parlera donc des corrections chimiques ce qui permettra de donner à l'eau une qualité meilleure pour sa réutilisation.

La principale méthode utilisée est la désinfection par le chlore, qui doit être appliquée avec des doses très fortes et des temps de contact plus long. Mais il convient de signaler que les chloramines formés sont toxiques et présentent un danger pour la vie aquatique, ainsi il y a lieu de penser à une opération de déchloration avant le rejet.

A côté de la désinfection par le chlore, d'autres procédés existent également mais qui restent pratiquement inutilisables dans les domaines de l'épuration des eaux usées. Ceci s'explique par leurs coûts qui restent excessivement élevés, mais qui donnent une eau de qualité qui laisse à désirer. On peut citer pour exemple des échanges d'ions et l'absorption par du charbon actif. Toutefois le coût excessif d'un traitement tertiaire, montre le pourquoi de son absence dans la majorité des stations d'épuration, son prix ne renferme pas seulement le prix des réactifs ou des équipements mais surtout celui d'un personnel hautement qualifié.

Conclusion :

L'eau est le véhicule de transport et de dissémination idéal de nombreux polluants. Les contraintes d'assainissement, de plus en plus strictes, exigent le traitement d'un nombre plus important de polluants (matières organiques, minérales, pathogènes et toxiques). Étant donnée la grande diversité de ces déchets, l'épuration d'un affluent résiduaire comporte plusieurs étapes, chacune spécifique aux caractéristiques particulières des éléments à traiter. D'un point de vue général, est sans vouloir être exhaustif, compte tenu de la diversité des procédés mis en œuvre selon les cas, l'épuration de l'eau amène toujours avant leur rejet dans le milieu naturel à :

- séparer et éliminer les matières en suspension.
- éliminer la pollution organique, principalement par voie biologique, et plus récemment les pollutions azotées et phosphorées.

Introduction:

Les rejets d'eaux urbaines et des entreprises industrielles sont les principales origines des eaux usées réutilisées. Selon leurs origines les eaux usées sont distinguées par leurs débits arrivants à la station d'épuration, leur concentration en matière en suspension, leur DBO ainsi que par leur DCO.

Les procédés de traitement des eaux usées varient avec leurs origines, ainsi les effluents urbains sont faciles à traiter par rapport aux effluents industriels.

La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation est surtout développée dans les pays où la ressource hydrique est très sollicitée tels que les pays du Maghreb et certains états des USA.

Dans ce travail on suppose que les eaux utilisées sont celles récupérées à la sortie de la station d'épuration, autrement dit des eaux usées qui ont subies un prétraitement, un traitement primaire et un traitement secondaire.

IV.1- Domaines de la réutilisation des eaux usées épurées :

Les usages des eaux usées épurées sont nombreux. Cependant, les réalisations les plus connues, portent sur l'agriculture (vergers, fourrages, produits à consommer après cuisson), d'autres usages sont possibles et qui portent, dans l'ordre sur les eaux urbaines de lavage et d'arrosage, le refroidissement, l'industrie, les loisirs avec la navigation de plaisance. En effet pour ces usages, l'adaptation en qualité est assez aisée.

Quelques cas sont à noter pour la pisciculture et pour la pêche, bien que l'adaptation en qualité soit plus délicate.

Par contre, pour l'eau de boisson, l'irrigation destinée à des produits agricoles à consommer crus, ou même pour l'alimentation du bétail ; les contraintes de santé sont publiques ou les coûts économiques, ont pour le moment écarté toute réalisation importante

IV.2- Problèmes dus à la réutilisation des eaux usées :

La réutilisation des eaux usées est confrontée à plusieurs contraintes. Celles-ci présentent les risques qui lui sont associés. Ces limitations peuvent être réparties en trois catégories :

IV.2.1- Problèmes liés au sol:

Le principal risque encouru par le sol lors de l'irrigation des cultures par des eaux d'effluents moyennant les différentes techniques existantes est celui du colmatage.

En règle générale, ce colmatage n'affecte que la partie superficielle du sol, les résultats des études menées sur ce sujet concorde tous.

IV.2.1.1- Problèmes de colmatage :

Ces problèmes sont liés à trois causes principales:

IV.2.1.1.1- Colmatage physique:

Le taux de matières en suspension est un paramètre important à prendre en compte lors des études de faisabilité relatives au colmatage du sol, ces matières en suspension pouvant obstruer les pores et provoquer tout au moins en surface, une imperméabilisation.

La cinématique de ce phénomène dépend de la teneur en matières en suspension de l'eau utilisée, mais également des caractéristiques physiques du sol (texture, porosité, perméabilité). Les ions Ca^{2+} et Mg^{2+} dans les proportions rencontrées naturellement dans les sols maintiennent la structure de ceux-ci. Lorsque ces sols sont soumis à l'irrigation avec des eaux riches en sodium échangeables, ce dernier peut se substituer aux ions alcalino-terreux des argiles et dé flocculer celles-ci, entraînant par ce fait une imperméabilisation. Ce risque est d'autant plus grand que l'eau est minéralisée.

En particulier, les sols lourds (plus riche en argile), et alcalins supportent en général moins bien que des sols légers des eaux de qualités médiocre.

IV.2.1.1.2- Colmatage chimique:

De part certaines modifications des caractéristiques physico-chimiques du milieu (PH, température, potentiel redox), des précipitations de certains sels peuvent avoir lieu (sels de calcium, sels de fer ...)

IV.2.1.1.3- Colmatage biologique:

L'apport par l'eau de quantités notables de matières organiques est également un facteur important dans le colmatage des sols. Cet apport de matières organiques favorisent le développement de la végétation, celle-ci génèrent à son tour de la matière organique engendrant ainsi un processus de colmatage.

Le développement, qui apparaît surtout dans les bassins d'infiltration est également un phénomène important responsable de ce colmatage. Les organismes morts s'accumulent dans le fond et bloquent les pores de la même manière que les matières en suspension.

Ces phénomènes peuvent également apparaître en irrigation lors de périodes de submersion trop importantes ou dans des zones de stagnation de l'eau sur des terrains peu drainants.

D'autre part, ces algues, lors de leur développement, peuvent précipiter des sels tels que le carbonate de calcium qui obstruent mécaniquement les pores.

De même, certaines bactéries peuvent faire précipiter des sels de fer.

Tableau IV.1: Qualité de l'eau et potentiel de colmatage dans des systèmes d'irrigation par goutte à goutte (FAO, 85).

Problème	Unité	Degré de restriction pour l'usage		
		pas de restriction	Peu modéré	Sévère
1) Physique Matières en suspension	Mg/l	<50	50-100	>50
2) Chimique pH –	/	<7.0	7.0 — 8.0	>8.0
Matières dissoutes	Mg/l	<500	500-2000	>2000
Manganèse	Mg/l	<0,1	0,1-1,5	>1.5
Fer	Mg/l	<0.1	0.1-1.5	>1.5
Sulfate d'hydrogène	Mg/l	<0,5	0,5-2	>2
3) Microbiologique				
Coliformes totaux	Unités/100ml	<10 000	10000— 50000	>50000

Source : FAO 1985

IV.2.1.2- Remèdes au colmatage des sols:

En ce qui concerne les sols sur lesquels est pratiquée une irrigation, les expérimentations menées montrent que des labourages fréquents suffisant à limiter ces phénomènes de colmatage d'une part par action mécanique, d'autre part en activant la dégradation des matières organiques du fait de l'aération du sol. Ce travail de la terre est également bénéfique pour lutter contre la tendance à la formation des croûtes dites salées lorsque les eaux utilisées sont très minéralisées. Cette pratique présente bien évidemment des limites et il importe que le sol possède au préalable une aptitude à recevoir des effluents.

Les plus impotentes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité (limons sable ou sols sableux), c'est à dire souvent sur des sols qualifiés de pauvre du point de vue agricole mais qui sont valorisés par une irrigation au moyen d'eaux usées riches en fertilisant.

IV.2.1.3- Perméabilité :

Il y a problème de perméabilité si l'eau ne pénètre pas assez rapidement dans le sol pendant une irrigation pour reconstituer la réserve d'eau nécessaire à la culture jusqu'à l'arrosage suivant. Une mauvaise perméabilité du sol entrave donc l'apport d'eau à la culture et risque de rendre beaucoup plus difficile les pratiques culturales en raison d'un croûtage sur les semences, d'un engorgement à la surface du sol, phénomènes qui s'accompagnent de toutes sortes d'inconvénients: maladies, salinité, mauvaises herbes, problèmes d'aération et de nutrition.

Cette imperméabilisation est liée à la composition ionique de l'eau d'irrigation, c'est ainsi que ce problème est lié à la teneur en carbonates (CO_3^{2-}) et bicarbonates (HCO_3^-) de l'eau d'irrigation.

Quand le sol est sec entre les arrosages une partie de (CO_3^{2-}) et (HCO_3^-) précipite sous forme de carbonate mixte de calcium et de magnésium, ce qui revient à enlever des cations Ca^{2+} et Mg^{2+} de la solution du sol et accroître la proportion relative de sodium et donc le risque d'imperméabilisation.

Une classification des eaux d'irrigation est basée sur le calcul du carbonate de calcium résiduel (R.S.C.) par la formule suivante:

$$\text{R.S.C.} = (\text{CO}_3^{2-}) + (\text{HCO}_3^-) - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$$

La qualité de l'eau d'irrigation est liée à la valeur de R.S.C. :

R.S.C. > 2.5 L'eau d'irrigation n'est pas utilisable

1.25 > R.S.C. < 2.5 L'eau d'irrigation est marginale

R.S.C. < 1.25 L'eau d'irrigation est utilisable.

Le problème de perméabilité est également lié à l'alcalinisation qui est la fixation exagérée du sodium par le complexe absorbant du sol. Ce processus est toujours accompagné d'une augmentation du PH. Cette alcalinisation est appréciée par le pourcentage de sodium échangeable ESP donné par la formule suivante :

$$\text{ESP} = (\text{Na} / \text{CEC}) * 100$$

CEC : étant la capacité d'échange cationique

Na : la teneur du sol en sodium échangeable

- ❖ Si l'ESP est supérieur à 15% les risques d'alcalinisation sont élevés et l'eau est dite mauvaise
- ❖ Si l'ESP est compris entre 8 et 15% les risques sont faibles et l'eau est dite moyenne
- ❖ Si l'ESP est inférieur à 15% ces risques sont nuls et l'eau est dite bonne.

IV.2.1.4- Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité:

Parmi les solutions d'aménagement envisageable aux problèmes de perméabilité, on peut citer:

- ❖ Les amendements du sol par utilisation du gypse.
- ❖ Les façons culturales ou le labour profond constituent une autre solution efficace mais provisoire et il importe que le sol possède au préalable une certaine aptitude à recevoir des effluents. Les plus importantes réalisations actuelles dans le domaine de l'irrigation par des eaux usées montrent que cette pratique est réalisée sur des sols à très bonne perméabilité.
- ❖ des apports de matières organiques peuvent aussi améliorer la structure sol.

IV.2.2- Les risques sanitaires immédiats:

IV.2.2.1-Salinité globale :

a)Salinité

La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation.

Les principaux sels responsable de la salinité de l'eau sont le calcium, le magnésium, les sulfates et les bicarbonates .Elle s'exprime en concentration pondérale (mg/l) ou en conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Une valeur élevée de la salinité signifie une grande quantité d'ions en solution, ce qui rend élevée peut causer des brûlures racinaires.

b) Sodium

Le sodium et l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation, le problème principal est qu'une grande quantité du sodium peut dégrader les propriétés physico-chimiques des sols qui influent sur la perméabilité du sol et l'infiltration de l'eau.

Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol, ce qui provoque un sol dur et compact, lorsqu'il est sec et excessivement imperméable à l'eau.

Le sodium contribue aussi directement à la salinité totale de l'eau et peut être toxique pour les cultures sensibles comme les carottes, les haricots et les fraises.

$$\text{SAR} = (\text{Na}^+) / \text{racine} ((\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++}) / 2)$$

Le sodium et le magnésium sont exprimés en meq/l.

c) Alcalinité et dureté

L'alcalinité est une mesure du pouvoir de l'eau à neutraliser les acides, en d'autres termes, l'alcalinité mesure la résistance à tout changement de PH, le pouvoir neutralisant de l'eau est attribué principalement à la présence de bicarbonate de calcium et de magnésium dissous dans l'eau, lorsque on ajoute de l'acide pour neutraliser l'alcalinité. La réaction produit de l'eau, du dioxyde de carbone qui se libère dans l'air, ainsi que les cations accompagnateurs (Ca^{++} et Mg^{++}).

Donc il est très important de casser cette alcalinité qui empêche le calcium et le magnésium d'être disponibles à de à la plante. Si on le fait pas, en séchant tous les carbonates se transforment automatiquement en chaux calcique et dolomitique. Ce qui engendre des dépôts calcaires pouvant colmater les systèmes d'adsorption ou de goutte à goutte ou encore, des traces blanchâtres sur les feuilles, en cas d'arrosage par aspersion.

d) Le chlore:

La plupart des cultures d'arbre et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faibles doses alors que la plupart des cultures annuelles ne le sont pas. Toutefois, certaines cultures peu sensibles peuvent être affectées par des concentrations plus fortes. Les symptômes de toxicité sont : la brûlure du feuillage ou le dessèchement des tissus foliaires qui se produisent de manière caractéristique tout d'abord à l'extrême pointe des feuilles plus âgées puis progressives vers l'arrière en suivant les bords, à mesure que le phénomène s'aggrave.

e) Le bore:

Le bore est un des éléments essentiels à la croissance végétale, mais il n'est nécessaire qu'à des doses relativement faibles. En quantité excessive il devient toxique. Les problèmes de toxicité par le bore sont souvent en rapport avec la présence de cet élément dans l'eau d'irrigation, mais ils peuvent à l'occasion se manifester quand le bore se trouve naturellement dans le sol.

Il semble que la sensibilité au bore affecte des cultures très diverses. Les symptômes de toxicité se manifestent d'une manière caractéristique tout d'abord sur les bouts et les bords des feuilles plus âgées ou par des taches ou un détaches ou un dessèchement des tissus foliaires.

Le jaunissement ou les taches sont suivie dans certains cas par un dessèchement qui progresse depuis le bout de la feuille, le long des bords et vers le centrant les nervures.

IV.2.2.2- Toxicité chimique :

La toxicité due aux composées chimiques (métaux lourds essentiellement) pourrait provenir de l'accumulation de ceux-ci dans les cultures (effet de concentration) et leur transmission aux consommateurs (humain ou bétail).

Il faut également signaler que les quantités de métaux lourds apportés par les boues d'eaux résiduaires utilisées en agriculture sont nettement supérieures à celles apportées par les eaux usées.

De ce fait, les problèmes dus aux éléments - traces minéraux ne devaient se poser que dans certaines situations particulières. Par contre, cet aspect doit être examiné de manière plus approfondie dans le cas d'épandage d'eaux résiduaires (effluent brut).

a) Les métaux Lourds

Nous pouvons séparer les métaux lourds en quatre classes, selon qu'ils soient ou non indispensables au développement des végétaux et selon qu'ils posent ou non des problèmes sanitaires.

-Catégorie N°1

Le manganèse (Mn) et le fer (Fe) sont tous deux indispensables au bon développement des végétaux, et leur utilisation en agriculture ne pose pas de problème pour la santé. En effet ils sont déjà naturellement présents en forte proportion dans les sols.

-Catégorie N°2

Les métaux suivants ne sont pas indispensables pour les végétaux, mais ne présentent pas non plus de danger pour l'utilisation agricole, en effet :

- Le plomb (Pb) reste fixé au sol et par conséquent ne pénètre pas dans les plantes,
- Le sélénium (Se) l'étain et le mercure (Hg) sont présents généralement, à des teneurs trop faibles dans les eaux épurées pour poser des problèmes sanitaires,
- Le chrome (Cr) est sous forme ionique (Cr^{3+}), qui est peu toxique et qui ne pénètre pas dans les végétaux,
- L'aluminium (Al) est déjà présent naturellement dans les sols, en forte proportion.

-Catégorie N°3

Il existe des métaux lourds indispensables pour les végétaux, mais dont l'utilisation en agriculture peut poser des problèmes il s'agit :

- Du cuivre (Cu), qui présente une certaine toxicité pour les animaux d'élevage, Cependant le seuil de phyto-toxicité est atteint avant celui du zoo-toxicité, c'est-à-dire que l'on va pouvoir détecter une contamination chez les plantes en premier et par là, éviter de les donner à manger aux animaux,
- Du molybdène (Mo), qui est peu toxique, mais qui peut poser un problème sanitaire pour le bétail,
- Du zinc (Zn) qui est peu toxique, mais qui s'accumule très facilement dans les tissus végétaux.

-Catégorie N°4

En fin, il existe trois métaux lourds qui ne sont pas indispensables au développement des végétaux, et qui de plus sont dangereux d'un point de vue sanitaire. Il s'agit :

- De l'arsenic (As) : une nouvelle valeur limite a été recommandée en 1993 par l'OMS, et adoptée par l'union européenne (1998) et la France (2001). Le niveau d'arsenic toléré pour la potabilité a ainsi été abaissé de 50ug/l à 10ug/l (Miquel, 2003)
- De nickel (Ni) : il est peu toxique, mais s'accumule facilement dans les tissus végétaux.
- Du cadmium (Cd) : c'est de loin le micropolluant non organique le plus préoccupant. Il est parfois présent à des concentrations importantes dans les eaux usées, il est très mobile dans le sol, il peut s'accumuler dans les plantes et atteindre des concentrations sanitaires ment préoccupantes avant la manifestation d'effets phytotoxiques. Il peut s'accumuler dans l'organisme et provoquer une intoxication grave, il est d'ailleurs soumis à différentes réglementations spécifiques, notamment l'OMS qui préconise un apport alimentaire moyen de 0,057 à 0,071mg/j/individu, ou encore la FAO qui fixe comme taux maximum dans les aliments : 0,1 mg/kg pour les légumes, 0.05 mg/kg pour les céréales et dérivés.

b) Les micropolluants organiques

Le risque posé par les effets à long terme de ces produits, pour lesquels il n'existe souvent aucune étude est encore inconnu, de même l'apparition des nouvelles substances toxiques telles que les composés organochlorés, n'est pas à exclure, L'existence de ce risque potentiel ne conduit pas à une interdiction de l'utilisation d'eaux épurées pour l'irrigation.

La plupart de ces éléments traces sont peu solubles, est les traitements des eaux usées (par décantation ou flottation) sont efficaces pour éliminer, on les retrouve donc plutôt dans les boues que dans les eaux épurées.

Les concentrations infimes dans les effluents d'origine urbaine et leur transfert limité vers les végétaux redents très faibles le risque sanitaire dans le cas d'une réutilisation agricole (cauchi, 1996).

IV.2.2.3- Agents pathogènes

Les eaux usées sont des milieux particulièrement favorables aux développements des microorganismes de tout genre, notamment en ce qui concerne les bactéries pathogènes et les virus.

La composition microbiologie des effluents est extrêmement conditionnée par les modes de vie et les conditions sanitaires régionales.

Les temps de survie des agents pathogène en eaux usées et dans les sols à une température comprise entre 20°C et 30°C est très élevé pour certain (tableau N°1).

La résistance des micro-organismes aux facteurs environnementaux varie selon les espèces

Tableau IV.2 : Survie des différents agents pathogènes dans l'environnement (d'après SHUVAL)

Agents pathogènes	Temps des survies (en jours)	
	Dans les eaux usées 20°C à 30°C	Dans les sols à 20°C
VIRUS ENTEROVIRUS	< à 50	120
BACTERIES COLIFORMES		
FECAUX	< à 30	60
SALMONELLA	< à 30	60
SHIGELLA	< à 10	30
PROTOZOIRES		
ENTAMOEBAHISTOLYTICA (KYSTES)	< à 15	30
HELMINTHES		
ASCARIS LUMBRICOIDES (KYSTES)	Plusieurs mois	>à une année

La contamination susceptible de se produire se situe à différents niveaux :

❖ **Le consommateur :**

La protection du consommateur passe par une réglementation de la qualité sanitaire des eaux utilisées pour l'irrigation. Il faut tout de même souligner l'absence d'étude portant sur les effets sanitaires liés à la REU, donc actuellement, il n'existe pas de normes bactériologiques bien définies relative à l'eau utilisée à des fins d'irrigation.

D'autre part, la qualité bactériologique dépend des cultures pratiquées. Pour certaines, un niveau de 10⁴ à 10⁵ bactéries coliformes sera acceptable. Pour d'autres, ce niveau pourra descendre à moins de 100 / 100 ml, nécessitant ainsi une désinfection de l'eau.

❖ **Le personnel d'exploitation:**

Pour le personnel d'exploitation, la prévention passe par une formation sur les précautions à prendre. Quelques études menées sur le risque sanitaire pour le personnel font ressortir que ce risque n'est pas plus élevé que pour le personnel travaillant sur les stations d'épuration.

❖ **Le voisinage immédiat:**

Il est à mentionné également qu'une épuration insuffisante peut aussi entraîner des nuisances pour le voisinage immédiat en ce qui concerne les odeurs et le développement de moustiques.

Il convient donc, dans la mesure du possible que les terrains agricoles utilisés soient suffisamment éloignés des habitations et en aval par rapport aux vents dominants, d'autant plus l'irrigation qui se fait par asperseurs les risques de contamination humaine par les bactéries ou virus transportés par les aérosols sont toujours possibles. Pour remédier à cela, il a été mis en place sur certaines réalisations, une zone morte autour du périmètre irrigué ou un rideau d'arbres protecteurs.

IV.2.3.4- Procèdes de lutte contre la phytotoxicité

Les problèmes de toxicité se manifestent à des concentrations relativement faibles dans l'eau d'irrigation. Si l'on pratique des cultures sensibles, on pourra être amène à adopter certaines techniques qui ont pour effet soit de diminuer la concentration effective des substances toxiques soit d'apporter des ajustements permettant améliorer la production avec les concentrations présentes.

❖ **Pratiques visant à diminuer la concentration effective des constituants toxiques (sodium, chlore, bore) :**

- arroser plus fréquemment ;
- fournir un supplément d'eau pour lessivage;
- en cas de toxicité par le sodium utiliser des amendements du sol ou de l'eau tels que le gypse...
- modifier l'approvisionnement en eau ou mélanger des eaux de Provenance différente.

Pratiques visant à s'adapter à la situation:

- faire des cultures moins sensibles;

- fournir un supplément d'azote pour obtenir une fertilité maximum du sol nécessaire à la croissance des cultures telles que les agrumes ;
- lessiver périodiquement, augmenter la fraction de lessivage, modifier le profil du sol pour améliorer la percolation de l'eau en profondeur, et installer un drainage artificiel.

IV 2.3.5-Protection des ressources en eau et risques environnementaux

a)Les eaux souterraines

Trois paramètres réintègrent dans la contamination des eaux souterraines : le sol, les roches sous-jacentes et la nappe.

Deux caractéristiques sont essentielles pour les sols : la capacité de rétention et la capacité d'épuration.

Les sols qui ont une bonne capacité de rétention sont les sols argilo- sableux, ceux ayant une mauvaise qualité sont les roches fissurées (cas de Hassi R'mel).

Une bonne capacité de rétention assure une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps.

La capacité d'épuration est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et l'exportation par les végétaux.

Les réservoirs ayant une perméabilité d'interstices (gravier, sable) permettent une bonne épuration à l'inverse des sols avec une perméabilité de fissures (calcaire, cas de Hassi R'mel).

Les nappes libres (cas de l'aquifère du Turonien (Hassi R'mel)), sont plus exposées à la contamination, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection naturelle, vers la surface, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes.

Les nappes captives sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué.

La réutilisation des eaux usées épurées peut donc être remise en cause dans des zones qui cumulent ces facteurs de risque, c'est-à-dire des nappes libres proches de la surface du sol dans des réservoirs avec une perméabilité de fissures. L'utilisation de ces ressources pour l'alimentation en eau des collectivités constitue un facteur aggravant le risque.

Pour ce qui est de la survie des micro-organismes lors de l'infiltration et des risques de contamination du sol, les bactéries, les protozoaires et les helminthes sont très rapidement éliminés par les phénomènes d'adsorption et des compétitions trophiques selon les mêmes phénomènes que dans les traitements par percolation / infiltration.

Seuls les virus semblent poser problème, mais les différentes études recensées par Asano convergent toutes vers le fait qu'après quelques mètres (au-delà de 3) la quasi-totalité des virus est éliminée (Zsano, 1998).

De manière générale le risque semble faible, même si chaque cas particulier doit être soigneusement étudié pour déterminer des facteurs de risques propres à chaque terrain.

Il existe des cas où l'utilisation d'eaux épurées en agriculture est toujours préférable à un rejet direct dans la nappe, comme cela se fait dans certaines régions où les rejets sont impossibles à faire vers les cours d'eau.

b) Les eaux superficielles

Les rejets directs d'eaux épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable et de contamination microbiologique. C'est pour quoi une réutilisation des eaux usées épurées est quasiment toujours préférable à un rejet direct dans le milieu récepteur.

D'autre part, nous avons remarqué que les rejets de ces eaux dans le milieu récepteur, qui semble être une opération plus risquée (recharge de la nappe du turonien) et qui s'effectue depuis six (06) ans n'ont entraîné aucune pollution microbiologique ou chimique dans la formation.

IV.3.Cultures irrigables par les EUE :

- Les produits maraîchers qu'il est possible de produire avec des EUE sont les produits qui ne sont consommés que sous forme cuite. En raison de la difficulté de contrôle et des capacités actuelles d'effectuer le contrôle, toutes les autres productions seront à proscrire avec la REUE. Le cas des arbres fruitiers est différent puisque l'on peut cesser l'irrigation plusieurs jours avant la récolte. De cette façon, le contact avec les EUE et les produits agricoles est évité pendant la récolte (en autant que les fruits tombés au sol ne soient pas ramassés). Ces produits sont donc permis avec la REUE. Dans la même catégorie, on pourrait aussi répertorier toutes les productions destinées exclusivement à la conserverie.
- Dans un avenir plus ou moins lointain, il sera éventuellement possible, avec l'amélioration des moyens de contrôle et l'expérience des producteurs, de tolérer la production de certaines espèces végétales qui peuvent être consommées crues mais produites sous des conditions spécifiques (goutte à goutte) et qui ne sont généralement pas en contact avec les EUE. Ces productions ne devraient être tolérées que sur des périmètres de petite taille qui faciliteraient l'efficacité du contrôle

La liste des produits permis par le présent projet de norme pour la REUE inclurait, pour les produits maraîchers :

IV.3.1 .Liste des productions maraîchères et fruitières permises avec la réutilisation ou qui pourront éventuellement le devenir :

- ✓ Cette liste a été publiée par le comité n°44 LEANOR dans un projet de proposition de Norme Algérienne pour la REUE

Fruits

- ✓ Agrumes : pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine
- ✓ Agrumes non destinés à la consommation : bigarade, bergamote

IV.3.2 Liste des productions maraîchères et fruitières qui pourront être permises dans le moyen Terme :

- ✓ **Fruits**
- ✓ Petits fruits : framboise, mûre, groseille,...
- ✓ **Légumes**
- ✓ Brocoli
- ✓ Chou-fleur
- ✓ Poivron et piment
- ✓ Tomate
- ✓ Toma tille, cerise de terre
- ✓ En plus des cultures fruitières, maraîchères permises pour la REUE, certaines cultures seraient permises d'office, compte tenu de leur caractère « non alimentaire », de leur utilisation après récolte (transformation, cuisson, stérilisation) ou du mode d'irrigation utilisé
- ✓ Les cultures industrielles non alimentaires comme les textiles (lin, coton, sisal,...), le tabac, etc,...
- ✓ Les productions maraîchères et fruitières destinées à la conserverie ou à la transformation non alimentaire;
- ✓ Les céréales et les oléagineuses (blé, seigle, orge, avoine, soja, tournesol, etc...);
- ✓ Les cultures fourragères (luzerne, maïs fourrager, bersim, etc...);
- ✓ Les productions agro forestières ligneuses;
- ✓ Les productions ornementales.

IV.3.3 Lignes directrices d'ordre général des bonnes pratiques pour la réutilisation :

Les principales lignes directrices de bonnes pratiques citées ci-dessous sont extraites des normes usuelles de REUE et peuvent être regroupées en deux parties :

a) Utilisation et production :

- ✓ L'accès aux EUE, que ce soit en stockage ou en distribution, devrait être limité à un minimum (clôtures, bornes cadenassées, etc.). Les bornes devraient être clairement identifiées pour éviter l'usage des EUE en tant qu'eau potable;
- ✓ Dans les parcelles irriguées, le système d'irrigation doit limiter les contacts directs des agriculteurs avec les EUE;
- ✓ Les quantités d'EUE appliquées devraient être minimales afin de répondre aux besoins des plantes tout en limitant l'impact potentiel sur l'environnement;
- ✓ Des mesures préventives doivent être prises pour protéger les utilisateurs des EUE.
- ✓ Ces mesures vont se retrouver à plusieurs niveaux
- ✓ formation des opérateurs aux risques et aux règles d'hygiène et de salubrité;
- ✓ protection « mécanique » : port de vêtements protecteurs appropriés : bottes, gants, ...
- ✓ Pour l'irrigation, il faut prévoir des bandes de protection pour limiter les contacts avec les populations voisines, en particulier lors que l'aspersion est utilisée;
- ✓ Lorsque l'aspersion est utilisée, éviter d'irriguer pendant les journées venteuses;
- ✓ Arroser préférablement de nuit lorsque moins de gens peuvent être atteints;
- ✓ Il faut arrêter l'irrigation avec des EUE avant la récolte des produits afin de réduire la contamination pathogénique des plantes lorsque c'est possible : une semaine pour les fourrages et 10 jours pour les fruits;
- ✓ Il faut éviter de laisser le bétail brouter sur les pâturages irrigués avec des EUE;
- ✓ Les produits agricoles (vigne et fruitiers) tombés au sol ne doivent en aucun cas être récupérés. Dans certains cas cependant (conserverie), il est possible de ramasser les fruits au sol en raison de l'étape de stérilisation subséquente.

b) Post-récolte / préparation :

- ✓ Autant que faire se peut, les contenants servant à faire la récolte ne devraient pas être déposés au sol.
- ✓ Les camions et moyens de transport utilisés devraient être bien nettoyés et désinfectés entre les transports de produits irrigués avec des EUE afin de limiter les risques de contamination croisée.
- ✓ Les produits issus de la REUE devraient toujours être lavés à l'eau potable ou avec une solution désinfectante faible puis rincés à l'eau potable.

- ✓ Le pelage des produits réduit considérablement le niveau de pathogènes.

La cuisson complète des produits élimine les contaminants microbiologiques.

c) Adaptation des différents systèmes d'irrigation:

❖ Techniques de submersion ou apparentés :(voir la figure IV(1,2))

Ces techniques nécessitent toutes un apport important d'eau, qui peut se faire par des fossés, digues, ou des conduites de gros diamètre. Ces équipements délivrent l'eau sur un bord de la parcelle et ne nécessitent pas d'équipements compliqués ou de précision (ce sont des déversoirs au flanc des canaux, des vannes...).

Les problèmes ne se posent donc pas d'un point de vue technologique (pas de colmatage...). Par contre on doit tenir compte des risques de contamination pour les mains d'œuvres, consommateurs, animaux ... il est donc préférable, soit de limiter l'accès aux fossés par des grillades, soit de transporter l'eau dans des conduites fermées.

❖ Irrigation à la raie:(voir la figure IV(3,4))

Ces techniques nécessitent des réglages de débits qui peuvent se faire à la pelle ou à la main. Il y a donc de forts risques d'éclaboussures. Pour limiter les risques de contamination des techniciens par l'effluent, les recommandations suivantes sont à prendre en considération:

- ✓ l'emploi de gaines souples manœuvrables par chaînettes.
- ✓ l'emploi de tuyaux enterrés ou de venettes : l'ouverture sera réglée une fois pour toutes pour que l'on n'ait plus de risques de contact avec l'effluent. On placera un clapet à l'extrémité de la conduite pour pouvoir la vidanger.

❖ Irrigation par aspersion: :(voir la figure IV(5,6))

Les adaptations que l'on peut apporter au matériel vont avoir pour but de maîtriser au mieux l'aérosol. La quantité d'aérosol produite est d'autant plus grande et plus sensible au vent que la pression est forte, que la portée est grande, et que les gouttes sont fines.

Les adaptations proposées sont les suivantes:

- ✓ Favoriser des pressions minimales de fonctionnement, adopter des buses de fort diamètre.
- ✓ Utiliser des asperseurs ayant un angle de tir faible et donc une trajectoire tendue pour limiter la prise au vent. Les meilleurs angles de tir sont de 10 à 25° par rapport à l'horizontal.
- ✓ Si on utilise des rampes pivotantes ou frontales, on peut les équiper de cannes télescopiques fixées sur la rampe pour abaisser la tête d'arrosage en fonction de la hauteur de la culture, ou de buses dirigées vers le sol.
- ✓ Mettre en place des brise-vent:

La hauteur des arbres impose l'espacement entre les haies; ils créent une zone de protection contre les vents longue de 1 fois la hauteur en amont et de 15 à 20 fois celle-ci en aval.

Globalement, il faut placer les brises vents toutes les 20 hauteurs.

❖ **Micro-irrigation :(voir la figure IV(7,8))**

Cette technique d'irrigation semble être la plus adaptée à la réutilisation des eaux usées. Par contre, du fait du faible diamètre des orifices des distributeurs, le réseau est très sensible aux Colmatages par les matières en suspension, les développements organiques causés par les eaux usées.

C'est pourquoi il faut apporter une grande attention au choix des distributeurs car certains y sont plus sensibles que d'autres.

Parallèlement au choix des distributeurs, il faut prévoir :

- ✓ Un bout mort à l'extrémité de chaque rampe (environ 1 m), pour que, la vitesse de l'eau chutant, les particules sédimentent à cet endroit et non pas au niveau des derniers distributeurs de la rampe.
- ✓ Des valves de vidange, éventuellement automatique, aussi aux extrémités des rampes pour pouvoir effectuer des purges régulièrement et facilement.



Figure IV.1 : irrigation submersion



Figure IV.2 : irrigation submersion



Figure IV.3: irrigation à la raie



Figure IV.4 : irrigation à la raie



Figure IV.5 : irrigation par aspersion



Figure IV.6: irrigation par aspersion



Figure IV.7: micro irrigation



Figure IV.8: micro irrigation

Conclusion:

La réutilisation des eaux usées nécessite une collecte, un traitement, un transport et une distribution. Le traitement doit être complété par l'adaptation de la qualité des eaux pour la rendre compatible avec l'usage.

Il existe de nombreuses contraintes à l'usage des eaux usées épurées pour l'irrigation dont les plus importantes sont les contraintes humaines (habitudes locales, contraintes sociales...), les contraintes liées à la qualité de l'effluent, ainsi que celles liées aux risques infectieux des eaux usées.

Le milieu naturel (type de sol, type de végétaux...) doit être aussi pris en considération.

Il y'a aussi un certain nombre de précaution à prendre et qui sont liées au réseau de distribution et au type d'irrigation.

Introduction :

L'épuration des eaux usées par des procédés conventionnels suivie d'une désinfection de l'eau, donne un effluent de qualité acceptable pour l'irrigation.

La présence de la matière organique résiduelle et des éléments fertilisants tel que les nitrates, les phosphates et le potassium dans l'eau épurée justifient aussi leur réutilisation dans l'irrigation et permet aussi l'intensification de certaines cultures.

-La réutilisation des eaux usées en agriculture a des objectifs variés suivant le débit appliqué par l'irrigation.

-Dans l'irrigation à faible débit, l'effluent est directement réutilisé par la plante, cela permet d'économiser l'eau et les engrais puisque l'eau épurée apporte les deux à la fois

-Si le débit apporté est supérieur à la consommation de la plante, il y'a non seulement production de cultures, mais l'excès traversant le sol peut être drainé et réutilisé.

Il existe différentes possibilités de réutilisation des eaux usées épurées, mais le plus important est l'irrigation agricole.

Avec les eaux usées épurées, on peut irriguer des cultures très variées : céréales (blé, maïs, orge, avoine, sorgho, riz, etc), cultures maraichères (pomme de terre, etc) cultures fourragères (luzerne, maïs fourrager, etc.), cultures industrielles (coton, betterave à sucre, arbres fruitiers, etc).

V.1 : Valeur fertilisante des eaux usées épurées**V.1.1 : Matière organique**

Après le traitement, les eaux usées épurées ont une teneur faible en matière organique bio-dégradable ($DBO_5=30\text{mg/l}$) mais peuvent constituer un apport appréciable au sol compte tenu de volumes importants utilisés pour l'irrigation.

Cet apport appréciable en matière organique est nécessaire car un sol cultivé perd en moyenne **0,7 à 1** tonne de matière organique/an par minéralisation.

L'irrigation avec de l'eau usée épurée compense cette perte en matière organique et joue un rôle fondamental dans la régulation de la fertilité du sol.

V.1.2 : Azote

L'azote est un élément majeur auquel le rendement de la production végétale est le plus sensible. L'azote influe sur la taille et la couleur des plantes.

L'eau usée épurée contient essentiellement de l'azote ammoniacale, des quantités variables de nitrates, peu d'azote organique-l'azote sous forme ammoniacale et nitrate est directement assimilable par les plantes.

L'azote organique sera assimilé après sa décomposition par la microflore du sol. La teneur totale en azote est importante (20-30mg/l) a constitué une ressource non négligeable. Toutefois cette teneur reste modeste au regard des besoins des plantes en azote comme le montre le tableau (V-1)

Source d'azote			
	Ammonitrate NH ₄ NO ₃	Fumier de ferme 20-25% Matière sèche	Eau épurée 25 mg/l
1 kg / N	3.8 kg	250 kg	40 m ³
Blé dur (ha/an) 120 – 140 kg d'azote	0.4 – 0.5t	30 – 35 t	4800 – 5600 m ³

Tableau V.1- comparaison d'apport d'N par différentes sources (kelil.A.1989)

V.1.3- Phosphore

Elément nutritif majeur pour la plante. Les rendements de la production végétale sont un peu moins sensibles à la déficience en phosphore qu'au manque d'azote. Il est présent dans les eaux usées épurées dans des proportions beaucoup plus faible par rapport à l'azote ; sa teneur est assez constante quelle que soit, le procédé d'épuration utilise.

-La littérature cite des concentrations qui varient de **6a5** mg/l

-Les formes dominantes sont les ortho phosphates (H₂PO₄⁻), elles sont de l'ordre de **1a5** mg/l (F.VALIRON ,1987) assimilables par les plantes.

La forme organique est faible (1/3 de phosphore total) .cette teneur est modeste en comparaison aux besoins des plantes.

	Superphosphate 20 à 35% en P ₂ O ₅	Fumer de ferme 20 à 25%	Eau épurée 10mg/l (p total)
1kg / P ₂ O ₅	=3.7kg	=400kg	44m ³
Blé dur (ha/an) 100-130kg de phosphore	=04-05 t	=40-50 t	400-570 m ³

Tableau V.2 : comparaison de l'apport du phosphore par différentes sources (Kelil.A.1989)

On peut remarquer que les besoins annuels en azote et en potassium d'un (ha) de blé sont satisfaits par un apport d'eau épurée estimé à 5000 m³.

V. 1-4 : Potassium

Le potassium est un élément absorbé en quantités relativement importantes par les plantes- or les eaux usées épurées ont une teneur faible de cet élément (6 – 15 mg/l).

V.2 : Impact de la réutilisation des eaux usées épurées sur le végétal et le sol

La réutilisation des eaux usées domestiques doit être considérée comme une nouvelle ressource en eau surtout pour l'irrigation mais avec la prise en considération du risque sanitaire, la contamination du sol et l'effet de ces eaux sur la croissance des cultures.

V.2.1 : Impact sur le végétal

L'irrigation du Cotton avec des eaux usées épurées (EUE) et principalement par goutte à goutte représente une pratique dans différents pays, par exemple une étude à indiquer que l'apport de 200 kg de N par ha et par an grâce aux EUE excède l'apport de N minéral par les engrais (120 à 180 kg/ha.an) souvent appliqué pour la culture du Cotton, l'excès en azote dans le système sol-plante provoque une augmentation de concentration de l'azote foliaire durant la phase végétative et la phase de croissance du Cotton ; et une baisse du pourcentage des tissus du Cotton (da Fonseca *et al.*, 2007).

L'irrigation par les EUE à donner des résultats similaires et parfois meilleurs que l'irrigation par l'eau fraîche, le Tableau V.3, montre la différence (Choukr-Allah and Hamdy, 2004) :

Tableau V.3 : comparaison entre le rendement obtenu par l'irrigation par les EUE et celui obtenu par l'eau fraîche (Choukr-Allah and Hamdy, 2004) :

Traitement	Cultures						
	Chrysanthème	Melon	Courgette	Aubergine	Maïs	Blé Tendre	Blé dur
	Fleurs/plant	T/ha	Kg/plant	Kg /m ²	Qx/ha	Qx/ha	Qx/ha
Eau Fraiche	69	26.2	1.29	3.17	12.43	5.10	0
Eaux usées Epurées	80	34.6	2.18	3.41	12.62	48.69	31.83

L'apport de la même quantité des EUE (125 mm) pour la culture du blé pendant le stade de floraison et le stade de remplissage des graines a donné un rendement satisfaisant de 41,4 q/ha, un rendement maximal de 48,1 q/ha a été obtenu quand on a appliqué 70 % des besoins en irrigation (175 mm) pendant le stade de floraison et on a obtenu une grande chute du rendement des graines quand on a appliqué moins de 50 mm pendant ce stade, alors on conclut que le stade de floraison est le plus critique stade de croissance(Choukr-Allah and Hamdy, 2004).

Les effets de l'irrigation par des eaux usées sur le complexe sol/plante démontrent dans le cas d'une culture de pomme de terre en Tunisie, que quel que soit la technique d'irrigation utilisée, sous un même programme de fertigation, les eaux usées traitées apportent des rendements toujours supérieurs à ceux obtenus par irrigation à l'eau de nappe (Xanthoulis and Fonder, 2005).

Au Maroc, dans le cas de cultures d'aubergine et de géranium, les eaux usées épurées par épuration ont une charge fertilisante telle qu'un effet dépressif sur le nombre de fruits produits a été observé ainsi qu'une moindre consommation hydrique de la culture.

En Palestine, la recherche de plantes adaptées à l'irrigation par des eaux usées a permis d'identifier une variété de pois qui ne subit pas de perte et dont les paramètres de biomasse, rendement en graines et qualité de formation des graines sont améliorés lors d'irrigation par des eaux usées.

Dans la plus part des cas, l'irrigation par goutte à goutte de surface ou souterraine a donné des résultats similaires, une réduction de la contamination microbiologique est observée pour le goutte à goutte souterrain.

L'irrigation complémentaire par les eaux usées pour une culture céréalière au Maroc montre que dans le cas de la culture de blé dur, les rendements sous irrigation par les eaux usées épurées par infiltration-percolation sont statistiquement meilleurs que sous irrigation par eau de puits. Pour la culture de blé tendre, les rendements sont liés à la quantité d'éléments fertilisants apportés plutôt qu'à la nutrition hydrique (Xanthoulis and Fonder, 2005).

Pour les cultures maraîchères irriguées avec les eaux usées traitées, il est nécessaire de faire respecter un délai entre l'irrigation et la décontamination. Pour le maïs fourrager produit dans un périmètre irrigué avec l'eau usée traitée, il est nécessaire de faire respecter un délai entre l'irrigation et la consommation de l'herbe par les animaux. Les premiers résultats montrent que cette espèce ne se décontamine pas rapidement. Un délai de 10 jours pour le maïs nous paraît un minimum et il faut veiller à ce qu'il soit respecté (Hamou *et al*, 2000).

Année	Cultures	Bilan hydrique	Rendements Qx / ha augmentation			
			Sans effluent	Avec effluent	Qx /ha	%
1959	-Céréale de printemps.....	-307	20.0	29.8	9.8	49.0
	-Pomme de terre.....	-211	54.0	201	147	272
1960	-Seigle d'hiver.....	-70	25.4	32.9	7.5	29.5
	-Pomme de terre.....	-108	253	302	49	19.4
1961	-Seigle d'hiver.....	+102	12.6	32.8	20.2	160.3
	-Betterave à sucre....	+29	449	455	6	1.3
1962	-Céréale de printemps.....	-39	32.3	43.4	11.1	34.4
	-Betterave à sucre...	-5	142	315	173	122
1963	-Pomme de terre.....	-71	235	324	89	37.9
1964	-Betterave à sucre....	-99	259	545	286	110
	-Seigle d'hiver.....	-142	16	27	11	68.8
1965	Pomme de terre.....	+55	322	324	2	0.6
1966	-Seigle d'hiver.....	-10	22.5	30.2	7.7	34.2
1967	-Céréale de printemps.....	+6	31.4	35.2	3.8	12.2
	-Pomme de terre.....	+15	320	320	0	0
1968	-Orge d'hiver.....	-96	20.8	29.3	8.5	40.9
	-Seigle d'hiver.....	-96	24.6	36.5	11.9	48.3

Tableau (V.4) rendements pour différents cultures (expérimentation au champ à Ersehof, épandage de Braunschweis).

Pae ailleurs, dans une expérimentation menée au département d'agronomie université de Blida (oucif.M. thèse d'ingénieur : valorisation des eaux usées épurées en agriculture (1990/1991) il a été montré que du maïs et du trèfle.

Deux parcelles de laitue irriguée par de l'eau fraîche et des EUE ont été surveillées pendant une période de 3 ans, la quantité des éléments minéraux, les métaux lourds et des microorganismes pathogènes dans le sol a été analysé. L'irrigation par les EUE avait une grande influence sur les paramètres du sol : matière organique, N, P, Ca, Al, Fe, Pb et Zn. Les microorganismes pathogènes ont été détectés dans le sol de la parcelle irriguée par les EUE pendant 27 jours sous des conditions humides. Le rendement de laitue de la parcelle irriguée par les EUE été significativement meilleur (Manas *et al*, 2009).

-L'irrigation avec des eaux usées épurées ont donné des résultats très satisfaisants pour la plupart des cultures surtout sur le plan quantitatif que qualitatif, sur la composition du blé, notamment sur la teneur en certains acides aminés essentiels.

Le tableau V.4 montre l'augmentation de rendements pour différentes cultures.

A titre d'exemple, on a constaté que le taux de production sont de l'ordre de 272% dans le cas de la pomme de terre et de 110% pour la betterave à sucre.

V.2.2 : Impact sur le sol

L'irrigation par les EUE provoqué une augmentation de la conductivité électrique(EC) du sol de 16 % sous un régime de 100 % d'évapotranspiration maximal (ETM) durant le premier stade de croissance, la quantité du nitrate lessivée est de l'ordre de 38,5 kg/ha dont 67 % durant le deuxième stade de croissance.

Le bilan d'azote dans le sol pour des cultures testées sous un apport d'irrigation par les EUE indiquent un grand risque d'infestation de la nappe par le nitrate. En réalité la texture du sol, le taux de lessivage et la grande concentration en nitrate dans les effluents contribuent à un potentiel de lessivage du nitrate très important, la quantité d'azote perdue dans les percolations profondes varie et dépend de la culture, la quantité d'irrigation apportée et la qualité des EUE. Un apport d'eau correspond à 120 % d'ETM induit un lessivage très important de N et réduit aussi l'accumulation des sels dans la zone racinaire, éventuellement le rendement obtenu a été augmenté pour ce régime d'apport.

L'application d'un apport égale à l'évapotranspiration maximale (ETM) de la culture induit l'accumulation des sels et réduit le rendement et le lessivage d'azote (Choukr-Allah and Hamdy, 2004).

Sous une culture de maïs, la teneur en nitrate s'accumule dans le sol lorsqu'il n'y a pas d'irrigation, alors qu'inversement, le sodium s'accumule lorsqu'il y a irrigation. Le phosphore présent dans le sol est plus important pour la croissance des plantes en condition de non irrigation. La teneur en potassium est invariable au cours du temps, les sols israéliens étant naturellement bien pourvus en cet élément. Par contre, il est un facteur limitant à la croissance

des plantes, une carence induisant une non réponse à la fertilisation azotée (Xanthoulis et Fonder, 2005).

L'irrigation avec les EUE a augmenté le rendement de la canne à sucre, cependant une application supérieure à 100 % du besoin de la plante ne donne pas un bénéfice en termes de rendement et cause par la suite des problèmes d'accumulation de Na dans le sol, cette application induit à des changements du pH et autres échanges cationiques (Leal *et al*, 2009a). Une expérience a été menée sur une culture de riz en Grèce montre que des échantillons de sol prélevés à partir des blocs irrigués par des EUE ont une grande valeur, de conductivité électrique (EC) et de macroéléments comme Cl, Na, Ca, Mg, K, N, et P comparé avec des valeurs obtenues dans des échantillons prélevés à partir des blocs irrigués par l'eau de rivière (Papadopoulos *et al*, 2009).

Les bénéfices économiques et agronomiques de l'irrigation par les EUE sont évidents, mais des polluants peuvent être introduits et accumulés dans le sol après une application à long terme à cause de la mauvaise gestion et le traitement impropre des eaux usées (Chen *et al*, 2004).

Des changements dans les paramètres de salinité du sol sont les plus importantes altérations après une irrigation par des EUE dans les systèmes culturaux (Leal *et al*, 2009b). L'irrigation par des effluents domestiques a été évaluée durant 25 mois dans le sud d'Iran de 2003 à 2005 dans lequel 14 espèces d'arbres sont irriguées par des effluents et des eaux de forage avec un apport annuel respectivement de 3940 et 5395 m³/ha, alors pour atténuer l'effet environnemental de ces effluents, un système d'irrigation par goutte à goutte a été conçu.

Les résultats statistiques obtenus montrent que les effluents n'ont pas un effet adverse sur les propriétés du sol, l'EC du sol a été réduit de 8,2, 6,8 et 7 dS/m vers 1,07, 1,12 et 3,5 dS/m respectivement dans les couches 0-30, 30-60 et 60-90 cm, le SAR a été réduit aussi, tandis que le pH a été augmenté de 0,8 et 0,6 unité dans les couches 0-30 et 30-60 cm, la matière organique a été aussi augmentée, les 25 mois d'irrigation avec les effluents cause une légère augmentation dans la densité apparente et une légère baisse dans la perméabilité du sol (Hassanli *et al*, 2008).

Conclusion

Après traitement, les eaux usées épurées ont une teneur faible en matière organique mais peuvent constituer un apport important au sol compte tenu des volumes importants qu'exige l'irrigation.

L'azote contenu dans les eaux usées épurées constitue une source non négligeable, mais reste très modeste en comparaison avec les engrais azotés.

Le phosphore contenu dans les eaux usées épurées constitue une source non négligeable, mais reste très modeste en comparaison avec les engrais phosphorés.

Les eaux usées épurées ont une teneur faible en potassium alors que c'est élément absorbé en quantités relativement élevées par les plantes racines et les plantes tubercules.

L'irrigation avec les eaux usées épurées ont donné des résultats très satisfaisants pour la plupart des cultures surtout sur le Plan quantitatif par apport à l'irrigation avec les eaux des forages.

Introduction

Sans eau, pas de vie. L'eau a de tout temps accompagné la vie des êtres vivants. Patrimoine commun de l'humanité, au même titre que l'air, l'eau est constamment détériorée dans le monde, qu'il s'agisse de pollution par les rejets industriels (éléments toxiques), par les substances utilisées pour l'agriculture intensive (nitrates, pesticides), ou par les excès de notre mode de vie (pollution, chlore), l'eau est rarement biocompatible. Aussi, la variabilité du climat et les conditions météorologiques extrêmes qui l'accompagnent (sécheresse et inondation) influent directement sur le milieu naturel et sur le développement socio-économique. La sécheresse étant une donnée incontournable du climat algérien, sa présence est permanente sur une grande partie du pays. Le secteur de l'agriculture est le secteur d'activité le plus exposé à la variabilité du climat et considérant le rôle vital qu'il doit jouer dans la réalisation des objectifs de sécurité alimentaire du pays, la mise en place d'un réseau d'alerte précoce à la sécheresse en vue d'atténuer les risques climatiques est devenue une nécessité vitale .

Dans le secteur de l'agriculture, l'utilisation de l'eau non conventionnelle est une ressource additionnelle pour l'irrigation ; de même que les eaux usées épurées sont une source d'éléments fertilisants permettant une économie d'engrais. Seulement la manipulation des eaux usées ne cesse de poser des problèmes de santé à l'homme, de la phytotoxicité de certains rejets et de la pollution des eaux souterraines. La réutilisation de ces 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, sont parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée épurées. Cependant, de point de vue rigoureusement scientifique, la planification rigoureuse et la gestion efficace des régimes d'irrigation peuvent réduire au minimum ces inconvénients.

Etendue à de grandes surfaces agricoles, la réutilisation de l'eau usée épurée aurait deux impacts très importants : celle d'économiser d'importantes quantités d'eau potable qui seraient ainsi allouées pour des besoins des populations et permettre de baisser la pression de mobilisation qui s'exerce sur les nappes qui auront le temps de se recharger.

VI.1 : Potentiel de mobilisation des eaux usées en Algérie.

Le traitement des eaux usées en Algérie connaît actuellement un essor avec la création et le renouvellement des stations d'épuration.

Les eaux usées sont à 80 % d'origine domestique et 16% d'origine industrielle et 4% touristique et subissent un traitement biologique secondaire.

Les eaux usées représenteraient plus de 600 millions de m³/an. A l'horizon 2020, elles représenteront un volume très appréciable : près de 2 milliards de m³ si la demande en eau est totalement satisfaite à cet horizon (Ministère des ressources en eau 2003).

VI.1.1 : Exploitations des STEP

Un programme d'équipement est en train d'être mis en place pour un certain nombre de stations qui s'ajouteront à celles déjà fonctionnelles. Selon les chiffres de l'ONA (ONA/direction générale), la situation au mois de Décembre 2014. est la suivante :

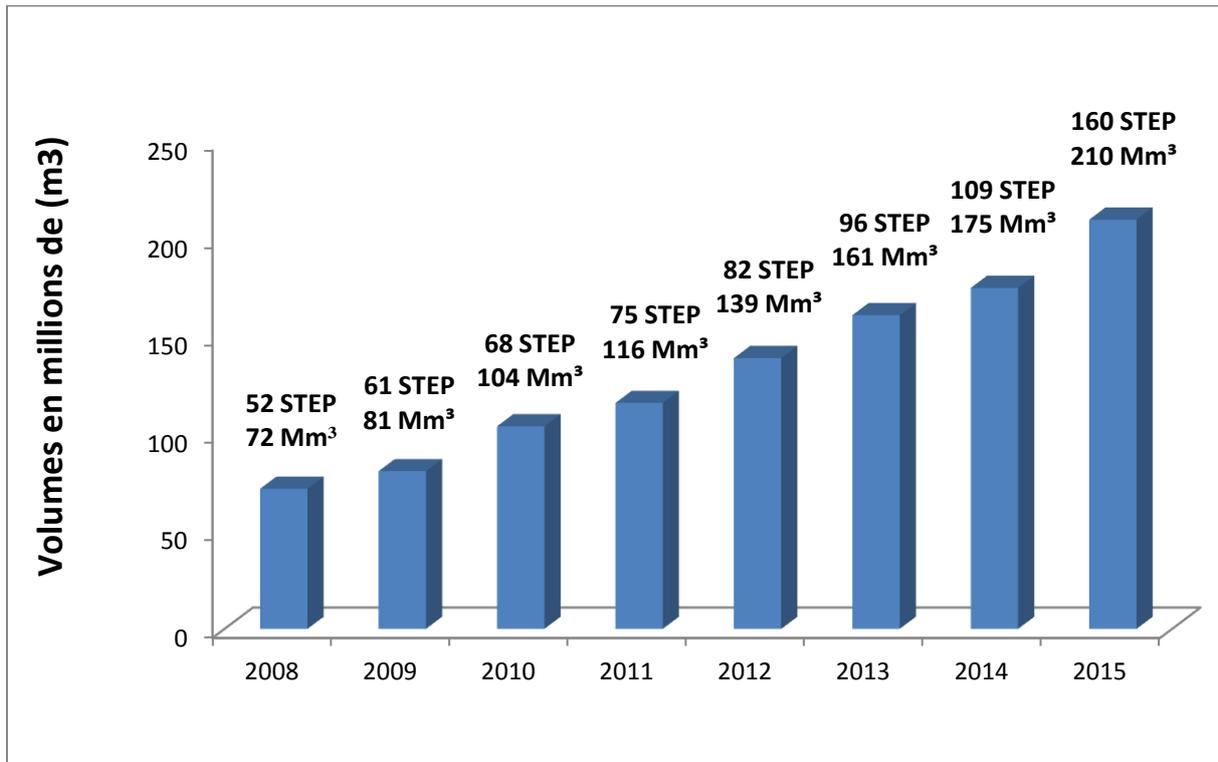
- Nombre de STEP en exploitation : 109(dont 60 stations de lagunage).
- Capacités installées des 109 STEP : 7 471 282 Eq /hab soit un débit nominal moyen de 1164.051m³/j.
- Volume mensuel des eaux épurées :15 Millions de m³ avec un cumul à fin Décembre de 175 Millions de m³.
- Débit moyen journalier des eaux usées épurées : 497 621 m³/j.
- Taux d'utilisation des capacités installée : 43%

Tableau VI.1 : Répartition du nombre de STEP et des volumes des eaux usées épurées par unité :

Zone	Unité	Nombre de STEP	Débit nominal des STEP (m ³ /j)	Débit journalier des eaux épurées (m ³ /j)	Volume mensuel des eaux épurées (m ³)	Taux d'utilisation des capacités installées (%)
Oran	Tlemcen	3	61440	49840	1545040	81
	Mascara	16	45474	19194	595040	42
	Ain témouchent	6	12681	2459	76229	19
	Mostaganem	5	12300	10520	326120	86
	Sidi Bel Abbés	4	34912	17238	534378	49
Total Zone		34	166807	99251	3076781	60
Tizi Ouzou	Tizi Ouzu	7	31130	18455	572104	59
	Bejaia	4	22700	11293	350083	50
	Bouira	3	46216	21215	657668	46
Total Zone		14	100046	50963	1579855	51
Sétif	Sétif	6	133676	32536	1008616	24
	Bordj Bou Arreridj	3	32671	9345	289688	29
Total Zone		9	166347	41881	1298304	25
Annaba	Souk Ahras	3	40200	8463	262353	21
	Guelma	1	32000	23500	728500	73
	Annaba	1	83620	21938	680071	26
Total Zone		5	155820	53901	1670924	35
Chlef	Chlef	1	36504	7733	239736	21
	Ain Defla	1	12900	15144	469464	117
	Relizane	2	4100	869	26939	21
Total Zone		4	53504	23746	736139	44

Constantine	Jijel	2	50600	9106	282286	18
	Mila	2	29657	10589	328259	36
	Skikda	1	46000	0	0	
Total Zone		5	126257	19695	610545	16
Batna	Batna	2	21950	13177	408489	60
	Khenchela	6	26670	17267	535286	65
	Oum El Bouaghi	1	260	40	1240	15
Total Zone		9	48880	30484	945015	62
Tiaert	Tiaert	1	38000	35157	1 089768	93
	Saida	5	37929	11323	351289	30
	Tissemsilt	3	8560	4259	132014	50
Total Zone		9	84489	50748	1573173	60
Alger	Médéa	1	26000	16723	518406	64
	Tamanrasset	2	18200	5108	158358	28
	Boumerdes	3	26000	15871	492010	61
Total Zone		6	70200	37702	1168774	54
Laghouat	Naama	3	7320	4197	130107	57
	Laghouat	1	26700	9051	280571	34
Total Zone		4	34020	13248	410688	39
Béchar	Tindouf	1	12000	5549	172025	46
Total zone		1	12000	5549	172025	46
D-A EL Oeud		4	76799	24323	754305	32
D-A Oeud Righ		2	9375	5252	162825	56
D-A Ouargla		3	59507	40868	1266901	69
Total Zone		109	1164051	497621	15426255	43

Source : Direction de l'Exploitation et de la Maintenance

VI.2 : Evolution des volumes des eaux usées épurées et projection 2015**Figure VI.1 : Evolution des volumes des eaux usées épurées et projection 2015**

-Le diagramme VI.1 montre une évolution constante du nombre de STEP passant de 52 en 2008 à 160 en 2015.

-On remarque qu'entre 2014 et 2015 cette augmentation a été très rapide (+ de 150% par rapport à 2008).

-Le volume des eaux usées épurées augmente de façon continue, ce volume a augmenté de 300% en 2015 par rapport à celui de 2008.

VI :3 Interventions réalisées sur le réseau d'assainissement

Le volume total des eaux usées collectées pour l'Année 2014 est de 834 millions de m³ sur l'ensemble des 874 communes dont le réseau d'assainissement a été transféré à l'ONA pour exploitation et géré par les 217 centres d'assainissement opérationnels.

Le linéaire du réseau d'assainissement de ces 874 communes est de 3883km, pour une population raccordée de plus de 21 millions d'habitants, soit 104 litres d'eaux usées collectées par jour et par habitant en moyenne sur l'année.

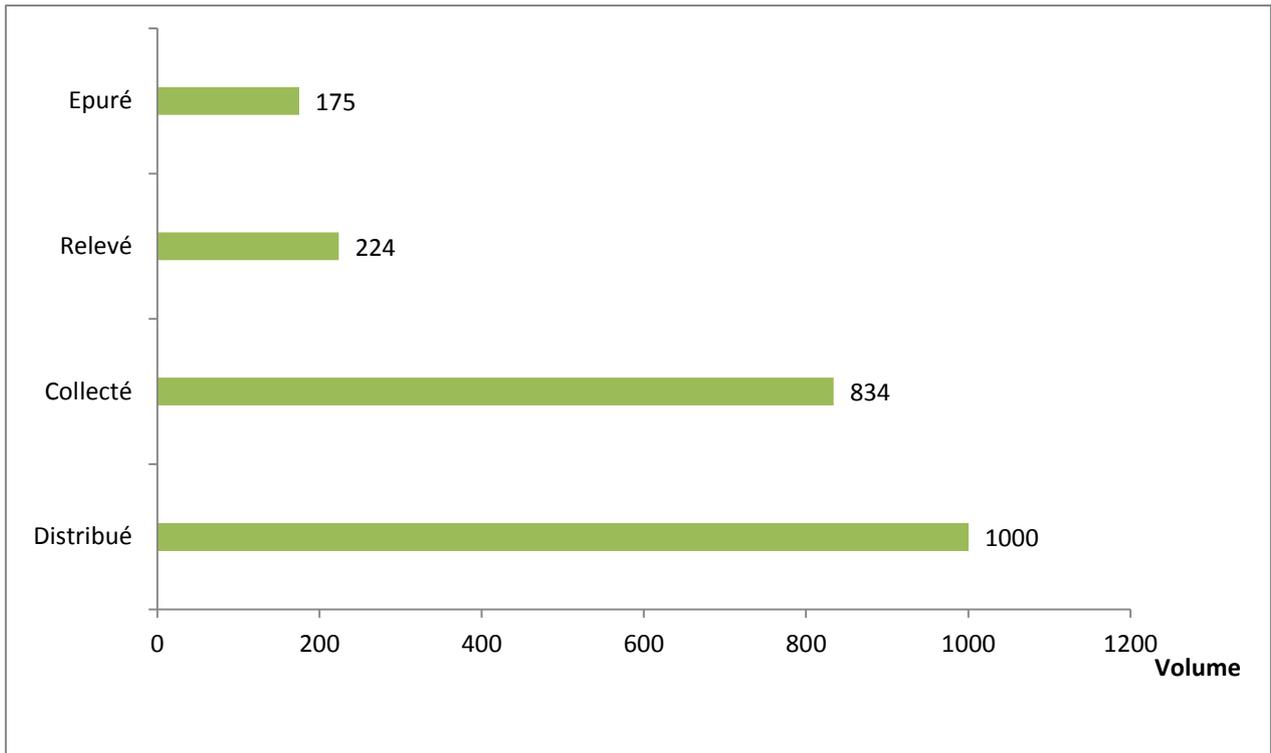


Figure VI.2 : Volumes des eaux usées collectées, relevées et épurées (en million de m³)

À partir de cette figure, on remarque que le volume des eaux distribuées est égal à 1000 Mm³ sur l'année 2014 et que le volume des eaux usées collectées est égal à 834 Mm³ et que le volume des eaux usées relevées est de 224 Mm³, le volume des eaux usées épurées est de 175 Mm³.

VI.4 : Bilan de la Réutilisation des eaux usées épurées :

-Les filières d'épuration des eaux usées urbaines en Algérie sont limitées à deux procédés dont la fonction principale est l'élimination de la charge de pollution organique : Procédé naturel : Le lagunage ou l'élimination de la charge organique et en partie la charge microbiologique se fait d'une manière naturelle dans les bassins de stabilisation. Procédé classique : La boue activée où l'élimination de la charge organique se fait dans les bassins d'aérations.

-Le potentiel actuel de la REUE à des fins agricoles, des STEP en exploitation gérées par l'ONA concernées par cette pratique, est estimé à plus de 24 millions de m³ durant l'année 2014, soit 48% du volume épuré par ces 17 stations et environ 15% du volume total épuré par les 109 STEP en exploitation. Cette réutilisation a permis l'irrigation de 11 078 ha de superficie agricole.

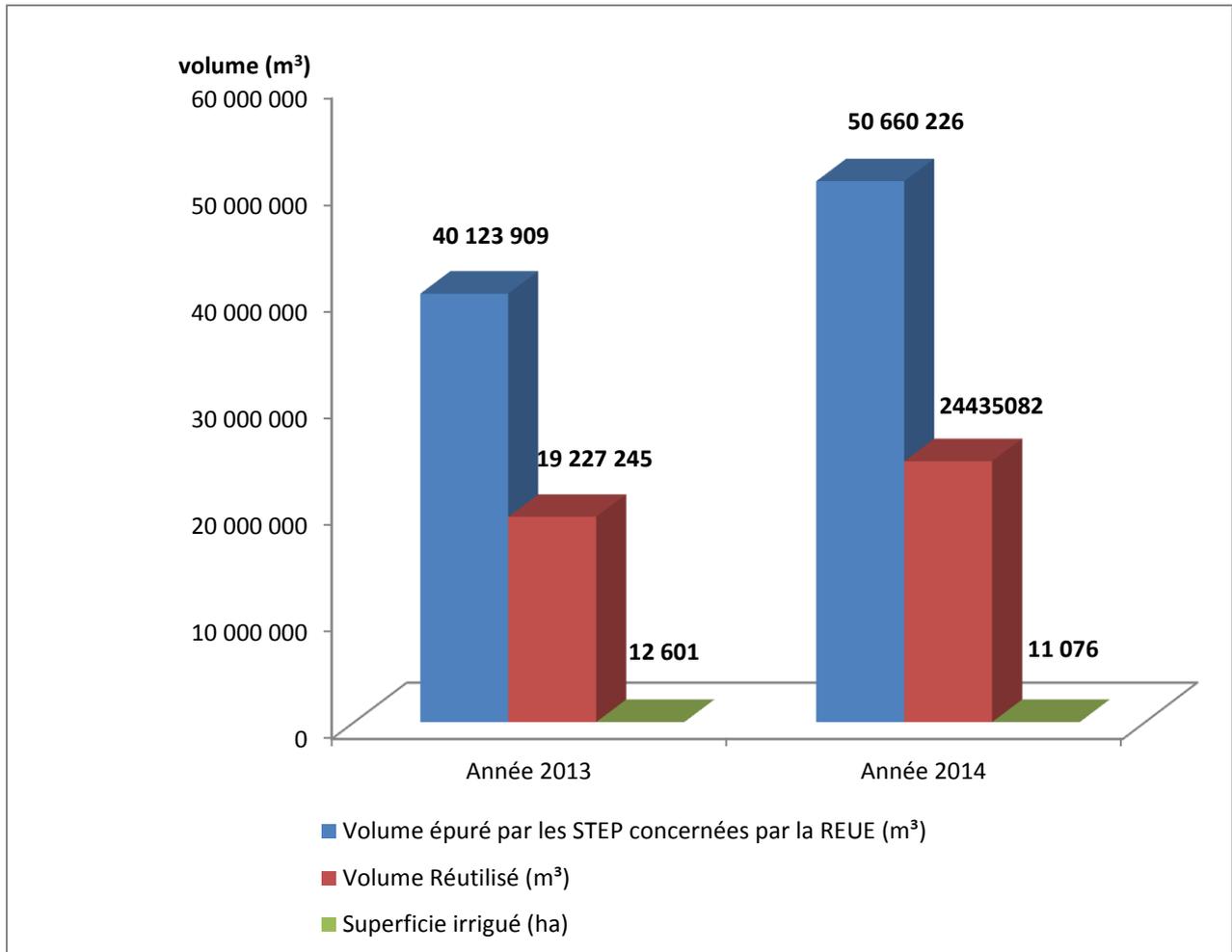


Figure VI.3 : Evolution de la REUE de l'année 2014 par rapport à l'année 2013

Une augmentation significative de 5 Millions de m³ d'eau épurée a été notée au cours de l'année 2014 (17 STEP) par rapport à l'année 2013 (15 STEP), cela est dû à l'élargissement du spectre d'application de la pratique de la réutilisation (deux STEP en plus) suite à la demande en eau par les agriculteurs.

La superficie des périmètres irrigués a légèrement diminué suite à l'interdiction de la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de Sedrata.

En remarquant la superficie irriguée par les eaux usées épurées est très faible par rapport au volume des eaux usées épurées.

Tableau.VI.2 : Réutilisation des eaux usées épurées

	Unité	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m ³ /j)	Volume mensuel épuré (m ³)	Volume mensuel réutilisé (m ³)	Domaine Agricole (ha)	Type de culture	Utilisateurs (Concessionnaire)
Alger	Boumerdes	Station d'épuration à boues activées de Boumerdes	75 000	15 000	5422042	431700	Flici : 49	Pépinière d'Olivier,	Flici
							Rahmoun : 76		Rahmoun
Ourgla		Station de lagunage aéré d'Ouargla	260 102	56 997	13454786	13454786	16.5	4 000 Palmiers Dattiers et 100 Oliviers	Autorisation DRE
El Oued		Station de lagunage aéré de kouinine (El Oued)	239 134	44 335	7023156	365400	17	Arbres (Eucalyptus et kazarina)	ONA
Annaba	Guelma	Station d'épuration à boues activées de Guelma	200 000	32 000	6921287	6921287	Guelma, Boumahra et Boucheouf 6	Les vergers	O.N.I.D Réutilisation indirecte Apport à Oued
	Souk Ahras	Station d'épuration à boues activées de Souk Ahras	150 000	30 000	2378987	2378987	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte Apport à Oued Medjerda
		Station d'épuration à boues activées de Sedrata	100000	10000	856579	45880	Interdiction par la gendarmerie nationale de pomper les eaux à partir de l'oued Charef		
Oran	Tlemcen	Station d'épuration à boues activées de Tlemcen	150 000	30 000	6120718	5831362	Plaine de Hennaya	Arboriculture	ONID
	Mascara	Station d'épuration à boues activées de Mascara	100 000	13 000	3405638	3405638	400	Oliviers	Associations agriculteurs Réutilisation indirecte
		Station de lagunage aéré de Ghriss	48 000	5 800	171715	171715	420		
		Station de lagunage aéré de Bouhanifia	32 500	3 900	11024	11024	475		
		Station de lagunage aéré de Hacine	20 000	3 200	129327	129327	390		
		Station de lagunage naturel d'Oued Taria	21 000	2 520	191211	191211	196		
		Station de lagunage naturel de Hachem	15 000	1 800	455 272	78100	220		
		Station de lagunage naturel de Sehaouria	12 600	1 513	STEP à l'arrêt		143		
		Station de lagunage naturel de Tizi	12 000	1 440	305320	305320	200		
Station de lagunage naturel de Mohammadia Est	19 000	2 280	476708	477808	175				

Sétif	Bordj Bou Arreridj	Station d'épuration à boues activées de Bordj Bou Arreridj	150 000	30 000	2801514	2292527	Dhaissa 150	Céréales	Autorisation DRE
Tiaret	Saida	Station d'épuration à boues activées de Ain El Hadjar	30 000	4 800	534942	52318	58	Arboriculture, Céréales	
Total des 17 STEP			1634336	288585	50660226	24435082	11078 ha		

ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

A partir du mois d'Aout la réutilisation des eaux usées épurées de la STEP de sedrata a été interrompue suite à l'interdiction par la gendarmerie nationale de pomper Les eaux à partir de l'oued Charef.

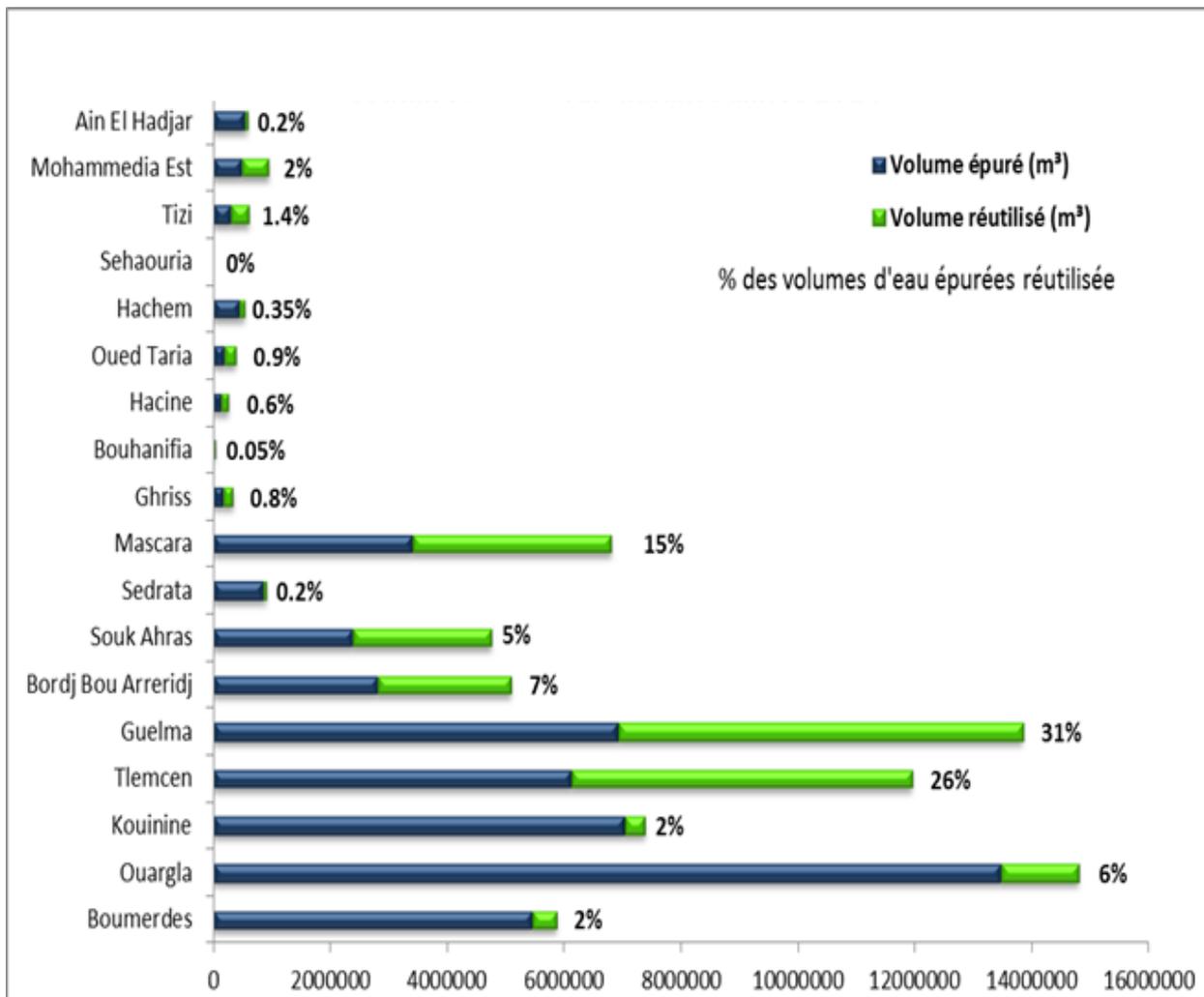


Figure VI.4 : Répartition des volumes d’eaux usées épurées et des volumes d’eaux réutilisées par STEP durant l’année 2014

Durant l'année 2014, le volume d'eaux usées épurées le plus important pour une réutilisation directe a été enregistré au niveau de la STEP de Tlemcen (5 831 362 m³) pour l'irrigation du périmètre agricole de Hennaya (912 ha).

Certaines stations d'épuration réutilisent un volume d'eaux usées épurées de 28 311 m³ durant l'année 2014, pour l'arrosage des espaces verts et le nettoyage des ouvrages de la STEP, cette initiative est à encourager, sans pour autant négliger la sensibilisation des utilisateurs par rapport à cet usage.

Conclusion

D'après les données dont nous disposons nous pouvons dire que :

-Le volume d'eau distribuée bien que appréciable reste loin des objectifs de satisfaire totalement la demande en eau (objectif de 2003 du ministère de ressources en eau).

-Le volume d'eau usées collectées représente 80% du volume distribue, ce qui note l'existence d'un bon réseau d'assainissement.

-Le volume d'eau usée épurée est faible vu le nombre très un suffisant de STEP.

-La réutilisation des eaux usées épurées dans d'irrigation est évidemment très faible est reste presque symbolique (à peine 11 mille ha irrigues).

CONCLUSION GENERALE

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 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. C'est particulièrement important pour notre pays puisqu'il est la plupart du temps aride ou semi-aride. Il bénéficie de faibles précipitations, la plupart du temps saisonnières, et à distribution irrégulière. Par ailleurs, la qualité de l'eau se détériore fortement.

Il reste aux agriculteurs de se soumettre à cette nouvelle réalité de l'usage réglementé des eaux non conventionnelles, car ceci peut leur procurer une régularité en matière de disponibilité, à même d'avoir à gérer des stations d'épuration par le biais de la concession et surtout de procéder périodiquement au suivi et aux analyses nécessaires.

L'eau est une ressource limitée, il faut agir pour conserver et préserver ce patrimoine commun irremplaçable.

Ainsi, pour satisfaire l'ensemble des besoins en eau du pays et afin de réserver les eaux de bonne qualité à l'alimentation en eau potable, l'utilisation des eaux usées épurées est une nécessité et doit être partie intégrante de la stratégie de mobilisation de toutes les ressources disponibles, cette stratégie est d'autant plus indispensable que le pays ne cesse d'accroître ses efforts dans le domaine de l'assainissement et du traitement des eaux usées à travers la création et l'amélioration des STEP et il serait dommage que cette eau ne soit pas valorisée chaque fois qu'il en est possible.

Les eaux usées collectées en 2014 représente, selon les dernières données à 834 million de m³ alors que les eaux distribuées représente 1 milliard de m³ loin des objectifs de 2020 (2 milliards de m³ d'eau usées collectées).

Le développement de la réutilisation des EUE par l'industrie et l'agriculture en particulier doit cependant suivre une démarche avisée assurent le meilleur équilibre possible des résultats sur le plan sanitaire, environnemental et économique.

A travers l'expérience de beaucoup de pays (Canada, France, Maroc, Grèce, Tunisie....) certains problèmes semblent entraver l'essor de la réutilisation des eaux usées épurées et des boues. Ces difficultés sont généralement d'ordre qualitatif et socio-économique, en raison des risques sanitaires qu'ils peuvent engendrer et aux perceptions culturelles qui sont autant d'obstacles à la valorisation de ces ressources non conventionnelles ces risques sont liés aux qualités physico chimiques et microbiologiques des eaux usées épurées qui sont variables à cause de leur origine et de leur mode d'épuration.

SOMMAIRE

CHAPITRE I : Réutilisation des eaux usées épurées (REUE) dans le monde

Introduction	01
I.1 : Données générales	01
I.2 : Les besoins mondiaux en eau et de REUE.....	02
I.3 : la REUE dans le cycle de l'eau	03
I.4 : Les usages de la EUE dans le monde	03
I.4.1 : Le bassin méditerranéen	03
I.4.2 :L'Europe du Nord	04
I.4.3 : Le Japon.....	05
I.4.4 : L' Australie	05
I.4.5 : La réutilisation des eaux usées épurées en France	05
I.4.6 : L'expérience algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées épurées	06
I.5 : Les volumes moyens journaliers des eaux usées recyclées	07
I.6 : Les bénéfices et les avantages de la réutilisation des eaux usées	08
1. Ressource alternative	08
2. Conservation et préservation des ressources	08
3. Aspects législatifs et sanitaires	08
4. Valeur économique ajoutée	09
5. Valeur environnementale	09
6. Développement durable	09
Conclusion	09

CHAPITRE II : Considérations générales sur la réutilisation des eaux usées

Introduction	10
II.1 : Implantation d'une station d'épuration	10
II.2 : Choix du type de station d'épuration	10
II.3 : Réutilisation agricole des eaux usées	11
II.3.1 : Les motifs	11
II.3.2 : Intérêts et contraintes de la réutilisation des eaux usées	12
II.3.3 : Les usages possibles	12
II.4 : Caractéristiques des eaux usées	12
II.4.1 : Origines des eaux usées	12
II.4.1.1 : Eaux usées urbaines	12
Définition et caractéristiques des eaux usées urbaines	12
II.4.1.2 : Eaux usées agricoles	14
II.4.1.3 : Eaux usées industrielles	14
II.4.2 : Importance de rejets	15
II.4.2.1 : Le type de réseau	15
II.4.2.2 : Le raccordement des industries	15
II.4.2.3 : La taille de l'agglomération	15
II.4.3 : Evaluation de la pollution	15
II.4.3 : Définition de la pollution	15
II.4.3.2 : Principaux polluants	16
a)Pollution organique	16
b) Pollution minérale	16
c) Pollution microbiologique	17

d) Métaux lourds	17
II.4.3.3 : Les principaux paramètres de pollution	17
a) Les paramètres physiques	17
b) Les paramètres chimiques	18
II.4.3.4 : Mesure de la pollution	18
II.5 : Conséquences sur le milieu récepteur	19
II.6 : Les normes de rejet	20
Conclusion	20

CHAPITRE III : Procédés d'épuration des eaux usées

Introduction	21
III.1 : le prétraitement	23
III.1.1 : Dégrillage.....	24
III.1.1.1 : Les caractéristiques générales d'une installation de dégrillage	24
III.1.1.2 : Condition d'utilisation des installations de dégrillage	25
III.1.1.3 : Vitesse de passage et perte de charge	26
III.1.2 : La dilacération	26
III 1.3 : Tamisage	26
III.1.4 : Dessablage	26
III.1.5 : Dégraissage- déshuilage	27
III.2 : Traitement physico-chimique des eaux	28
III.2.1 : Coagulation.....	28
III.2.2 : Flocculation.....	28
III.2.3 : Neutralisation.....	29
III.2.4 : Décantation.....	29
III.2.5 : La filtration.....	29
III.3 : Traitement biologique	30
III.3.1 : Les procédés extensifs	31
III.3.1.1 : L'épandage	31
a) Principe	31
b) Avantages et inconvénients de l'épandage	31
III.3.1.2 : Le lagunage	31
III.3.2 : Les procédés intensifs	32
III.3.2.1 : Le lit bactérien	32
a) Principe	32
b) Avantages et inconvénients du lit bactérien	32
III.3.2.2 : Le disque biologique	33
a) Principe	33
b) Avantages et inconvénients	33
III.3.2.3 : Les boues activées	33
a) Principe	33
b) Avantages et inconvénients du procédé à boues activées	34
III.4 : Traitement tertiaire	34
Conclusion	35

CHAPITRE IV : La réutilisation des eaux usées en irrigation

Introduction.....	36
IV.1 : Domaines de la réutilisation des eaux usées	36
IV.2 : Problèmes dus à la réutilisation des eaux usées	36

IV.2.1 : Problèmes liés au sol.....	36
IV.2.1.1 : Problèmes de colmatage	37
IV.2.1.1.1 : Colmatage physique.....	37
IV.2.1.1.2 : Colmatage chimique.....	37
IV.2.1.1.3 : Colmatage biologique.....	37
IV.2.1.2 : Remèdes au colmatage des sols.....	38
IV.2.1.3 : Perméabilité	39
IV.2.1.4 : Solutions d'aménagement aux problèmes de perméabilité.....	40
IV.2.2 : Les risques sanitaires immédiats.....	40
IV.2.2.1 : Salinité globale	40
a) Salinité	40
b) Sodium	40
c) Alcalinité et dureté	41
d) Le chlore.....	41
e) Le bore.....	41
IV.2.2.2 : Toxicité chimique	41
a) Les métaux Lourds	42
b) Les micropolluants organiques	43
IV.2.2.3 : Agents pathogènes	43
IV.2.3.4 : Procèdes de lutte contre la phytotoxicité.....	45
IV 2.3.5 : Protection des ressources en eau et risques environnementaux	46
a) Les eaux souterraines	46
b) Les eaux superficielles	47
IV.3 : Cultures irrigables par les EUE	47
IV.3.1 : Liste des productions maraîchères et fruitières permises avec la réutilisation ou qui pourront éventuellement le devenir	48
IV.3.2 : Liste des productions maraîchères et fruitières qui pourront être permises dans le moyen Terme	48
IV.3.3 : Lignes directrices d'ordre général des bonnes pratiques pour la réutilisation	49
a) Utilisation et production	49
b) Post-récolte / préparation	49
c) Adaptation des différents systèmes d'irrigation.....	50
Conclusion.....	53

CHAPITRE V : Valeur agronomique des eaux usées épurées en irrigation

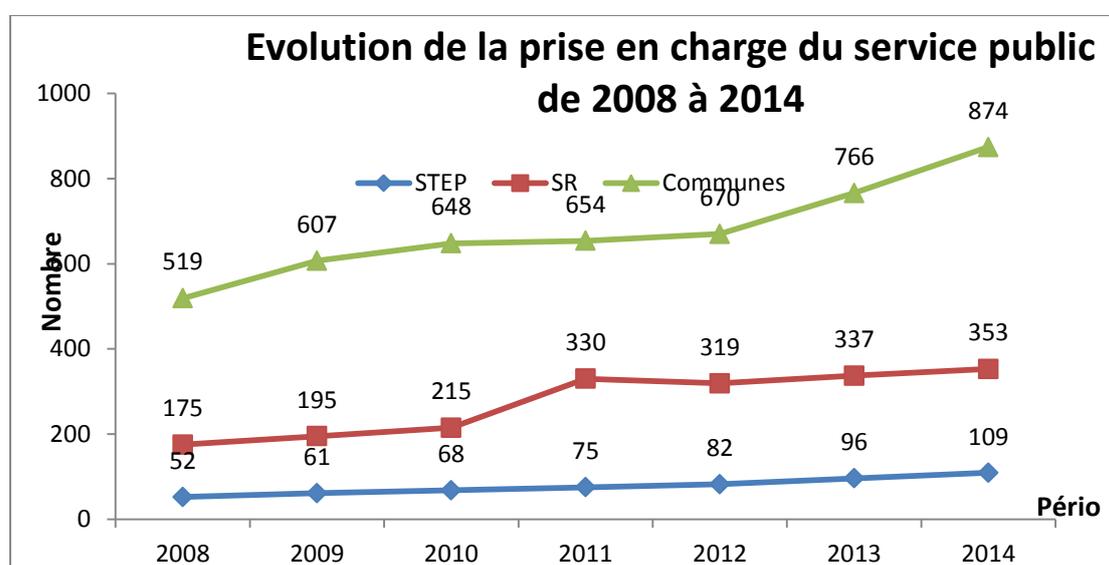
Introduction	54
V.1 : Valeur fertilisante des eaux usées épurées	54
V.1.1 : Matière organique	54
V.1.2 : Azote	54
V.1.3 : Phosphore.....	55
V. 1-4 : Potassium	56
V.2 : Impact de la réutilisation des eaux usées épurées sur le végétal et le sol	56
V.2.1 : Impact sur le végétal	57
V.2.2 : Impact sur le sol	58
Conclusion	61

CHAPITRE VI : Situation actuelle de la REUE en Algérie

Introduction	63
VI.1 : Potentiel de mobilisation des eaux usées an Algérie	64
VI.1.1 : Exploitations des STEP	64
VI.2 : Evolution des volumes des eaux usées épurées et projection 2015	67
VI : 3 Interventions réalisées sur le réseau d'assainissement	67
VI.4 : Bilan de la Réutilisation des eaux usées épurées	68
Conclusion	73

ANNEXE N : 1.Evolution de la prise en charge du service public lors des sept dernières années :

Nombre	Années							Evolution 2008/2014
	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
STEP	52	61	68	75	82	96	109	+57
SR	175	195	215	330	319	337	353	+178
Communes	519	607	648	654	670	766	874	+355



ANNEXE N : 2.Bilan d'exposition des stations d'épuration :

❖ Rendements moyens des STEP durant l'année 2014

Zone	Wilaya	Désignation	capacité		MES		RENDEMENT	DBO5		RENDEMENT	DCO		RENDEMENT		
			(Eq/H)	(M ³ /j)	ENTREE	SORTIE		ENTREE	SORTIE		ENTREE	SORTIE			
Oran	Tlemcen	Station d'épuration boues activées à maghia	150000	30000	279	42	85	333	30	91	444	63	86		
		Station d'épuration à boues activées tlemcen	150000	30000	280	21	93	229	37	84	311	40	87		
		Station de lagunage naturel sidi snoussi	12000	1440	255	25	90	273	37	86	565	179	68		
	Total Unité	03 STEP	312000	61440	271	29	89	278	35	88	440	94	79		
	Mascara	Station d'épuration à boues activées mascara	100000	13000	342	18	95	341	20	94	1508	49	97		
		Station de lagunage naturel mohammadia Est	19000	2280	156	20	87	206	65	69	516	164	68		
		Station de lagunage naturel Tzi	12000	1440	796	76	90	823	142	83	2215	218	90		
		Station de lagunage naturel Oued Tarit	21000	2520	343	72	79	420	123	71	1150	186	84		
		Station de lagunage aéré Bouhanifia	325000	3900	92	33	64	158	39	75	436	108	75		
		Station de lagunage aéré Ghriss	48000	5800	215	39	82	461	103	78	1292	148	89		
		Station de lagunage aéré Hacine	20000	3200	261	37	86	508	71	86	1958	138	93		
		Station de lagunage naturel Hachem	15000	1800	292	48	84	360	79	78	936	156	83		
		Station de lagunage naturel Sehaouria	12600	1513	à l'arrêt										
		Station de lagunage naturel Oggaz	7200	864	176	356	-102	1736	250	86	4470	549	88		
		Station de lagunage naturel Khalouia	6321	949	299	67	78	419	100	76	1205	174	86		
		Station de lagunage naturel Froha	9400	1128	335	181	46	504	137	73	1300	210	84		
		Station de lagunage naturel Sidi Kada	11000	1320	519	58	89	649	112	83	2671	408	85		
		Station de lagunage naturel d'EL Ghomri	18000	2160	745	48	94	381	65	83	1354	232	83		
		Station de lagunage aéré Maoussa	18500	2220	207	30	85	277	43	84	757	102	86		
		Station de lagunage aéré Bouhenni	11500	1380	423	53	87	1019	117	89	5112	366	93		
		Total Unité	16 STEP	362021	45474	357	64	82	504	94	81	1616	193	88	
Ain Témouchent	Station de lagunage naturel Emir abdelkader	4000	480	262	121	54	285	64	78	382	85	78			

		Station de lagunage naturel Ain larbaa	16000	1920	308	180	42	152	51	67	191	66	66
		Station de lagunage naturel El Malah	22000	2640	512	208	59	226	68	70	244	98	60
		Station de lagunage naturel Hassi El Ghella	18500	2220	247	148	40	123	51	59	150	66	56
		Station de lagunage naturel El Amria	33000	4221	696	380	45	427	85	80	519	157	70
		Station de lagunage naturel Sidi Safi	10000	1200	229	95	58	138	42	70	172	58	67
	Total Unité	06 STEP	103500	12681	364	181	50	221	59	73	271	86	68
	Mostaganem	Station de lagunage naturel Fomaka	27000	2100	176	75	57	258	56	78	423	150	65
		Station de lagunage naturel aéré Ain Nouissy-Béni yahi	25000	2800	283	41	86	190	62	68	383	174	55
		Station de lagunage naturel Bouguirat	18000	2600	144	43	70	137	42	69	257	127	51
		Station de lagunage aéré Hadjadj	18000	2200	174	26	85	259	59	77	442	157	65
		Station de lagunage aéré Masra	18000	2600	153	24	85	210	47	78	387	134	65
	Total Unité	05 STEP	106000	12300	186	42	78	211	53	75	378	148	61
	Sidi-Bel-Abbés	Station d'épuration à boues activées Sidi-Bel-Abbés	220000	28000	730	12	98	426	22	95	589	139	76
		Station de lagunage aéré Moulay Slissen	10000	833	670	19	97	495	39	92	1295	118	91
		Station de lagunage aéré Ras El Ma	49000	5882	513	7	99	403	23	94	822	383	53
		Station de lagunage naturel Chetouane Belaila	2000	197	592	En cours de remplissage			390	En cours de remplissage		992	En cours de remplissage
	Total Unité	04 STEP	281000	34912	662	14	98	454	31	93	943	163	83
	Total Zone	34 STEP	1164521	166807	368	66	82	334	54	84	730	137	81
	Laghouat	Naama	Station de lagunage naturel Ain Ben Khellil	22000	1700	209	78	63	342	48	86	647	100
Station de lagunage aéré Makmen Ben Amar			20000	1550	365	99	73	350	53	85	527	118	78
Station de lagunage aéré Naama			30000	4070	348	100	71	360	69	81	492	107	78
Total Unité		03 STEP	72000	7320	348	101	71	345	57	83	561	113	80
Laghouat		Station d'épuration à boues Laghouat	167000	26700	480	11	98	363	11	97	817	44	95
Total Unité		01 STEP	167000	26700	480	11	98	363	11	97	817	44	95
Total Zone	04 STEP	239000	34020	548	33	94	373	20	95	912	59	94	

Tiaret	Tiaret	Station d'épuration à boues activées Tiaret	390000	38000	413	33	92	205	18	91	526	95	82
	Total Unité			38000	413	33	92	205	18	91	526	95	82
	Tissemsilt	Station de lagunage naturel Laayoune	16800	2009	633	209	67	602	61	90	976	127	87
		Station d'épuration à boues activées Theniet El Had	32222	5840	587	19	97	422	8	98	713	30	96
		Station de lagunage naturel Ammari	5925	711	479	124	74	323	53	83	533	116	78
	Total Unité	03 STEP	54947	8560	566	117	79	449	41	91	740	91	88
	Saida	Station d'épuration à boues activées Ain El Hadjar	30000	4800	327	11	97	252	22	91	303	28	91
		Station de lagunage aéré Sidi Amar	12240	1469	1428	184	87	993	176	82	2047	145	93
		Station d'épuration à boues activées Saida	150000	30000	113	10	91	179	7	96	382	20	95
		Station de lagunage aéré Sidi Aissa	5042	625									
Station de lagunage naturel Maamoura		6900	1035	238	63	73	273	46	83	724	115	84	
Total Unité		05 STEP	204182	37929	494	60	88	391	49	87	820	69	92
Total Zone	09 STEP	649129	84489	491	70	86	348	36	90	688	85	88	
Oued Righ	Touggourt	Station d'épuration à boues activées Touggourt	62500	9360	543	26	95	224	21	91	396	33	92
		Station à filtres plantés Témacine	100	15	354	25	93	205	25	88	313	41	87
	Total Unité	02 STEP	62600	9375	448	26	94	215	23	89	355	37	89
	Total Zone	02 STEP	62600	9375	448	26	94	215	23	89	332	37	89
D-A Ouargla	Ouargla	Station de lagunage aéré Ouargla	260102	56997	142	90	37	134	32	76	327	117	64
		Station de lagunage aéré de Sidi Khouiled	7165	995	200	73	63	181	44	76	389	101	74
		Station à filtres plantés de N'Goussa	10915	1515	105	29	73	199	11	94	335	71	79
	Total Unité	03 STEP	278182	59507	149	64	57	171	29	83	350	96	72
	Total Zone	03 STEP	278182	59507	149	64	57	171	29	83	350	96	72
D-A El Oued	El Oued	Station de lagunage aéré kouinine	239134	44335	258	103	60	269	25	91	444	79	82
		Station de lagunage aéré Hassani AbdelKrim	79620	14332	170	39	77	369	28	93	697	91	87
		Station de lagunage aéré Sidi Aoun	72286	13011	297	231	22	235	30	87	334	56	83
		Station de lagunage aéré Reguiba	28451	5121	271	176	35	299	32	89	402	79	80
	Total Unité	04 STEP	419491	76799	248	137	45	297	28	90	405	66	84
	Total Zone	04 STEP	419491	76799	248	137	45	297	28	90	405	66	84

Constantine	Mila	Station d'épuration à boues activées Chelghom Laid	45000	9000	241	15	94	291	31	89	480	42	91	
		Station d'épuration à boues activées Sidi Merouane	137711	20657	332	45	86	254	21	92	401	28	93	
	Total Unité	02 STEP	182711	20657	286	30	90	272	26	90	440	35	92	
		Station d'épuration à boues activées Jijel	15000	30000	334	7	98	277	17	94	486	41	92	
		Station d'épuration à boues activées El Milia	120000	20600	159	21	87	131	14	90	231	22	90	
	Total Unité	02 STEP	270000	50600	327	8	98	273	17	94	481	41	92	
	Skikda	Station d'épuration à boues activées Skikda	230000	46000	Analyses non effectuées									
	Total Unité	01 STEP	230000	46000										
	Total Zone	05 STEP	682711	126257	377	19	95	272	21	92	552	38	93	
Batna	Batna	Station d'épuration à boues activées Batna	200000	20000	313	22	93	316	20	94	697	90	87	
		Station d'épuration à boues activées Timgad	13800	1950	317	4	99	248	3	99	408	25	94	
	Total Unité	02 STEP	213800	21950	315	13	96	282	11	96	553	57	90	
	Khenchela	Station d'épuration à boues activées Khenchela	192000	23000	275	26	91	306	34	89	870	64	93	
		Station de lagunage naturel M'Toussa	4002	600	360	201	44	457	146	68	696	238	66	
		Station lagunage naturel Ain Djarbouaa	1828	275	281	407	-44	416	132	68	705	213	70	
		Station de lagunage naturel Remila	2295	345	253	288	-14	385	174	55	693	255	63	
		Station de lagunage naturel Tamza	2100	600	349	285	18	435	159	63	576	171	70	
		Station de lagunage aéré Ain Touila	15400	1850	224	108	52	220	29	87	554	119	79	
		Total Unité	06 STEP	217625	26670	303	224	26	394	125	68	886	87	90
		Station de lagunage naturel Boughrara Saoudi	5000	260	102	242	-136	185	97	47	332	145	56	
	Total Unité	01 STEP	5000	260	102	242	-136	185	97	47	332	145	56	
	Total Zone	09 STEP	436425	48880	278	136	51	312	73	77	663	89	87	
Annaba	Annaba	Station d'épuration à boues activées Annaba	580700	83620	191	14	93	103	5	95	185	39	79	
		Total Unité	01 STEP	580700	83620	191	14	93	103	5	95	185	39	79
	Souk Ahras	Station d'épuration à boues activées Souk-Ahras	150000	30000	357	19	95	185	5	97	415	26	94	

		Station d'épuration à boues activées Hennancha	2000	200	328	183	44	Analyses non effectuées	380		Analyses non effectuées		
		Station d'épuration à boues activées Sedrata	100000	10000	335	21	94	332	15	95	561	35	94
	Total Unité	03 STEP	252000	40200	340	25	93	250	20	92	521	31	94
	Guelma	Station d'épuration à boues activées Guelma	200000	32000	355	9	97	230	10	96	428	38	91
	Total Unité	01 STEP	200000	32000	355	9	97	230	10	96	428	38	91
	Total Zone	05 STEP	1032700	155820	295	16	95	196	12	94	370	32	91
Chlef	Chlef	Station d'épuration à boues activées Chlef	227528	36504	520	10	98	382	7	98	732	49	93
	Total Zone	01 STEP	227528	36504	520	10	98	382	7	98	732	49	93
	Ain Defla	Station d'épuration à boues activées Ain Defla	50000	12900	249	9	96	258	15	94	334	39	88
	Total Unité	01 STEP	50000	12900	249	9	96	258	15	94	334	39	88
	Relizane	Station de lagunage aéré Ammi Moussa	80000	4000	369	30	92	649	46	93	945	164	83
		Station d'épuration à boues activées de Sidi Lezrag	5000	100	568	124	78	668	349	48	1069	357	67
	Total Unité	02 STEP	85000	4100	469	77	84	625	107	83	1007	260	74
Total Zone	04 STEP	362528	53504	399	24	94	529	44	92	699	107	85	
Tizi-Ouzou	Tizi-Ouzou	Station d'épuration à boues activées Tizi Ouzou	120000	18000	298	13	96	339	19	94	471	41	91
		Station d'épuration à boues activées Tigzirt	13000	480	644	90	86	799	126	84	1650	194	88
		Station d'épuration à boues activées Azzeffoune	5000	500	265	12	96	249	12	95	459	51	89
		Station d'épuration à boues activées Boghni	13000	1950	323	12	96	320	22	93	452	38	92
		Station d'épuration à boues activées Boukhalfa	25000	3750	352	10	97	302	15	95	466	36	92
		Station d'épuration à boues activées Tadmaït	13000	1950	301	10	97	322	19	94	494	49	90
		Station d'épuration à boues activées Draa El Mizan	30000	4500	Analyses non effectuées								
	Total Unité	07 STEP	219000	31130	367	25	93	389	36	91	671	69	90
	Bejaia	Station d'épuration à boues activées Aokas	10000	1000	398	59	85	469	34	93	798	62	92
		Station d'épuration à boues activées Ali Lebhar	25000	3000	272	8	97	276	7	97	525	18	97
Station d'épuration à boues activées		47580	5700	182	7	96	171	5	97	353	16	96	

		Souk El Tennin												
		Station d'épuration à boues activées Bejaia	80000	13000	45	14	69	70	9	87	176	38	79	
	Total Unité	04 STEP	162580	22700	279	24	91	302	15	95	551	32	94	
	Bouira		Station d'épuration à boues activées Lakhdaria	45000	9000									
			Station d'épuration à boues activées Sour El Ghouzlene	75000	11376	232	3	99	181	11	94	402	32	92
			Station d'épuration à boues activées Bouira	130000	25840	213	28	87	214	16	93	332	46	86
	Total Unité	03 STEP	250000	46216	219	14	93	197	12	94	356	37	90	
Total Zone	14 STEP	631580	100046	288	21	93	299	21	93	526	46	91		
Sétif	Sétif	Station d'épuration à boues activées Sétif	330000	66000	391	23	94	352	27	92	971	82	92	
		Station de lagunage naturel Béni-Fouda	11200	1341	373	98	74	551	80	85	1017	236	77	
		Station de lagunage naturel Hammam Sokhna	13200	1584	197	120	39	218	105	52	470	194	59	
		Station d'épuration à boues activées Ain Oulmene	150000	18000	591	21	96	496	22	95	1230	104	92	
		Station d'épuration à boues activées Bougaa	70000	9751	389	10	97	309	8	98	652	35	95	
		Station d'épuration à boues activées El Eulma	230000	37000	313	15	95	386	20	95	820	103	87	
	Total Unité	06 STEP	804400	133676	376	48	87	385	44	89	860	125	85	
	Bordj Bou Arréridj		Station d'épuration à boues activées Bordj Bou Arréridj	150000	30000	402	21	95	385	38	90	929	97	90
			Station de lagunage naturel Bir Aissa	4454	344	805	93	88	412	63	85	1241	148	88
			Station de lagunage aéré El Hammadia	26061	2327	513	326	36	456	128	72	1090	195	82
	Total Unité	03 STEP	180515	32671	573	147	74	418	76	82	1087	147	87	
Total Zone	09 STEP	984915	166347	474,61	134	72	402	76	81	973	136	86		
Alger	Médéa	Station d'épuration à boues activées Médéa	162500	26000	462	14	97	370	7	98	695	41	94	
	Total Unité	01 STEP	162500	26000	462	14	97	370	7	98	695	41	94	
	Boumerdes		Station d'épuration à boues activées Boumerdes	75000	15000	264	13	95	320	10	97	546	38	93
			Station d'épuration à boues activées Thenia	30000	6000	264	10	96	242	5	98	443	33	93
			Station d'épuration à boues activées Zemmouri	25000	5000	177	12	93	118	5	96	232	30	87

	Total Unité	03 STEP	130000	26000	235	12	95	227	7	97	407	34	92
	Tamanrasset	Station de lagunage aéré Tamanrasset	126000	15500	Analyses non effectuées								
		Station de lagunage naturel In Ghar	15000	2700									
	Total Unité	02 STEP	141000	18200									
Total Zone	06 STEP	433500	70200	348	15	96	283	8	97	551	36	94	
Béchar	Tindouf	Station de lagunage naturel Tindouf	94000	12000	356	130	63	293	126	57	356	174	51
	Total Zone	01 STEP	94000	12000	356	130	63	293	126	57	356	174	51
Total général		109 STEP	7471282	1164051	360	65	82	322	45	86	630	88	86

ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

ANNEXE N : 3.Paramètres d'exploitation des STEP par Zone durant l'année 2014 :

Zones	Nombre de STEP	Capacités		Débit annuel moyen Traité (m ³ /j)	Volumes annuels des déchets (m ³)				Charge totale annuelle de pollution éliminée par zone (kg)		
		(Eq/H)	(m ³ /j)		Solides	Sables	Graisses	Boues	MES	DBO5	DCO
Oran	34	1164521	166807	89538	723	1088	138	3526	11080005	9 620 345	17 310 460
Laghouat	4	239000	34020	20024	163	508	402	322	2493427	1 786 892	13 437 821
Tiaret	9	649129	84489	31295	454	548	257	15461	4830750	2 684 795	5 301 464
Ouargla	3	278182	59507	35369	90	774	0	0	970302	1 609 365	3 168 694
El Oued	4	419491	76799	22329	31	500	0	0	1662240	2 110 534	1 939 016
Constantine	5	682711	126257	26247	60	408	67	3168	2573877	2 167 129	3 593 142
Batna	9	436425	48880	38213	96	657	51	1234	2855053	2 845 288	5369958
Annaba	5	1032700	155820	65803	93	501	245	15785	6454254	3 968 665	5 308 498
Chlef	4	362528	53504	20894	97	136	32	3907	2232601	2 458 325	2 858 950
Tizi-Ouzou	14	631580	100046	42270	2736	318	93	7853	3719587	3 618 330	5 539 989
Sétif	9	984915	166347	40945	218	669	55	24202	6519062	5775375	13 781 819
Alger	6	433500	70200	32488	153	500	63	501803	3188721	2878228	4 739 884
Béchar	1	94000	12000	5023	43	156	0	0	374180	262520	311392
Oued Righ	2	62600	9375	7931	18	154	9	283628	1666878	558443	989575
Total Général	109	7471282	1164051	478370	4975	6918	1412	1002954	50620937	42344233	83650660

ANNEXE N : 4. Indicateurs d'exploitation des STEP :

La répartition par zone, des volumes épurés par l'ensemble des STEP gérées par l'O.N.A, est détaillée dans les tableaux et graphiques ci contres :

Zone	Nombre de STEP	Capacités		Débits moyens Traités (m ³ /j)
		(Eq/H)	(m ³ /j)	
Oran	34	1 164 521	166 807	89 538
Laghouat	4	239 000	34 020	20 024
Tiaret	9	649 129	84 489	31 295
Ouargla	3	278 182	59 507	35 369
El Oued	4	419 491	76 799	22 329
Constantine	5	682 711	126 257	26 247
Batna	9	436 425	48 880	38 213
Annaba	5	1 032 700	155 820	65 803
Chlef	4	362 528	53 504	20 894
Tizi-Ouzou	14	631 580	100 046	42 270
Sétif	9	984 915	166347	40 945
Alger	6	433 500	70 200	32 488
Béchar	1	94 000	12 000	5 023
Oued Righ	2	62 600	9 375	7 931
Total général	109	7 471 282	1164051	478 370

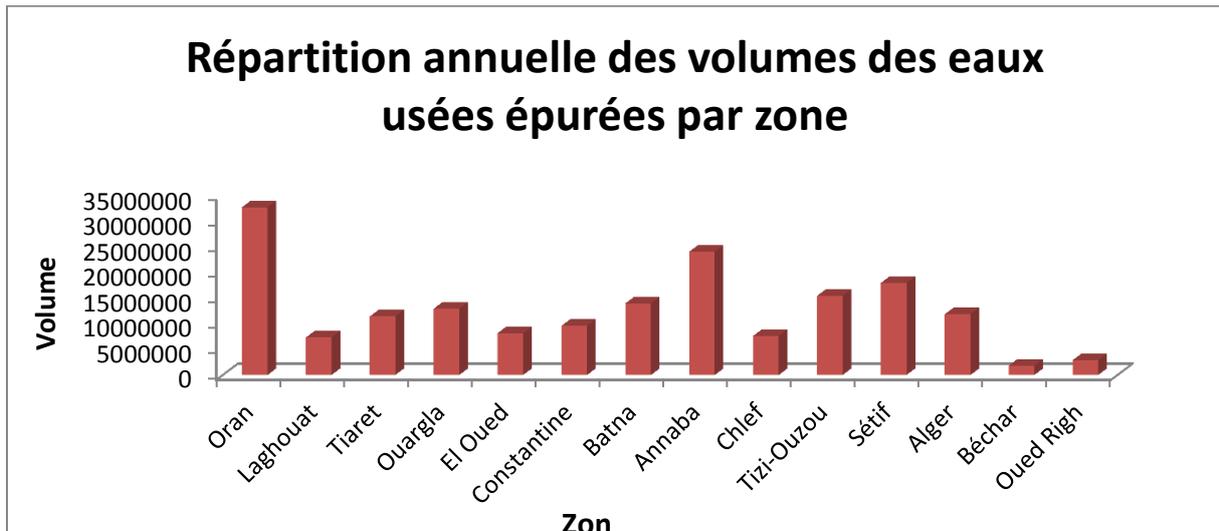
ANNEXE N : 5.Consolidé des volumes des eaux usées épurées durant l'année 2014

Zones/Directions d'assainissement	Volume des eaux traitées (m ³)												Volume Annuel traité	Taux D'utilisation (%)
	1 ^{er} Trimestre 2014			2 ^{ème} Trimestre 2014			3 ^{ème} Trimestre 2014			4 ^{ème} Trimestre 2014				
	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre		
Oran	2747127	2388372	2717677	2697780	2657196	2782200	2524919	2644641	2738370	2956749	2749545	3076781	32681375	54
Laghouat	629269	595476	652798	817967	662842	652800	636182	583885	206340	92572	205590	1573173	7308894	59
Tiaret	759134	770623	911352	1221939	731208	712117	745217	655826	1025010	1230908	1392521	1266901	11422757	37
Ouargla	1240186	1186625	1210725	624457	1213657	1167150	1067718	1072625	1043750	1143959	1184450	754305	12909606	59
El Oued	672192	657510	678247	923440	646303	681717	641821	596213	656031	686814	699245	610545	8150077	29
Constantine	889634	836920	891650	1090010	816731	879295	818542	762130	507115	555458	587776	945015	9580276	21
Batna	1032074	919041	1044217	2422743	1068256	1012020	973441	963751	963552	904793	972942	1670924	13947754	78
Annaba	1279374	1992666	2647936	438150	2559003	2422010	2548898	2479366	2241110	2338589	2334765	736139	24018006	42
Chlef	367979	328188	467449	1334536	389755	447652	521642	491482	476168	534860	686731	1579855	7626297	39
Tizi-Ouzou	1410326	1275381	1134555	1220850	1501619	1371651	1271428	1309559	896622	1160039	1578238	1298304	15428572	42
Sétif	1079281	1154263	1250261	1082060	1232188	1278156	1245890	1245460	1309110	1476258	1423277	1168774	14944978	25
Alger	1053412	1097884	1149841	618720	956477	1052686	1044359	1147756	1046141	1124899	1155421	410688	11858283	46
Béchar	168718	124241	134297	144143	163682	160008	141307	165466	170751	149436	139417	172025	1833491	42
Oued Righ	268533,16	276148,32	319675,72	291815,10	213559	203863,50	239045	210953	287196	265244	155946	162825	2894804	85
Total général	13957238	13603338	15210681	14928609	14812476	14823326	14420409	14329112	13567266	14620578	15265864	15426255	174605151	41
Total	42411257			42316787			42316787			45312697				

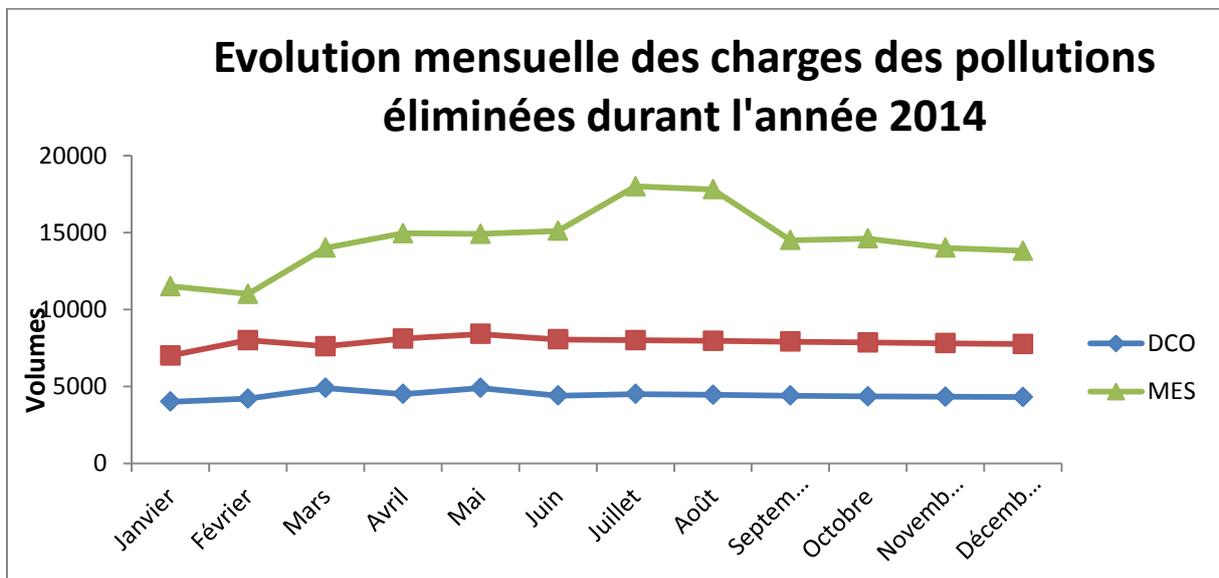
ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

ANNEXE N : 6



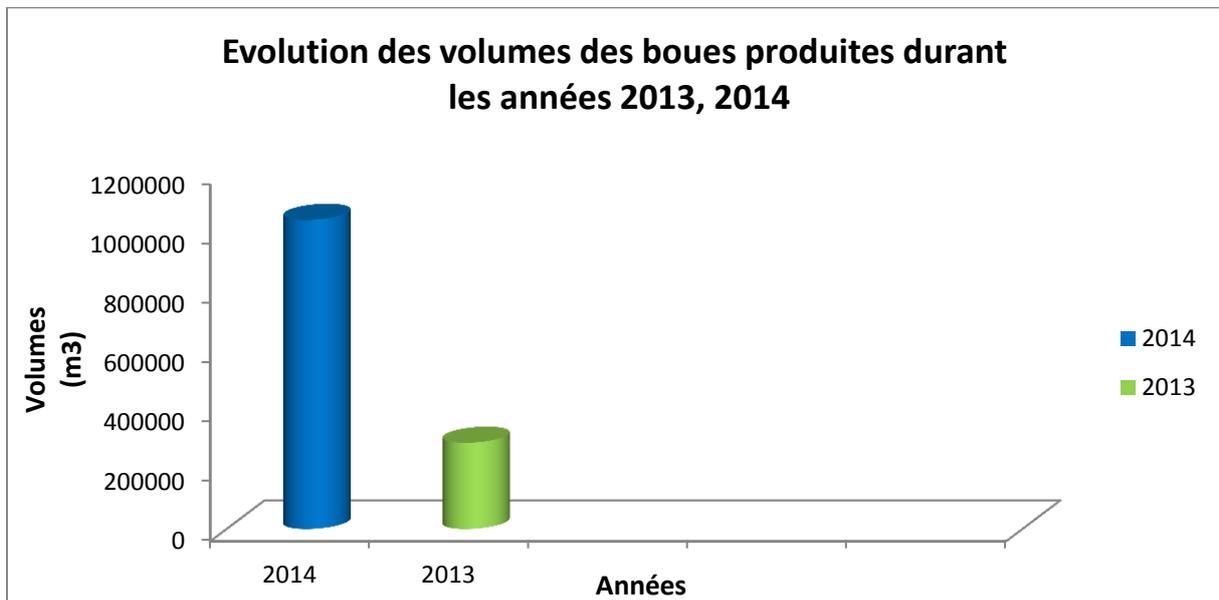
ANNEXE N : 7



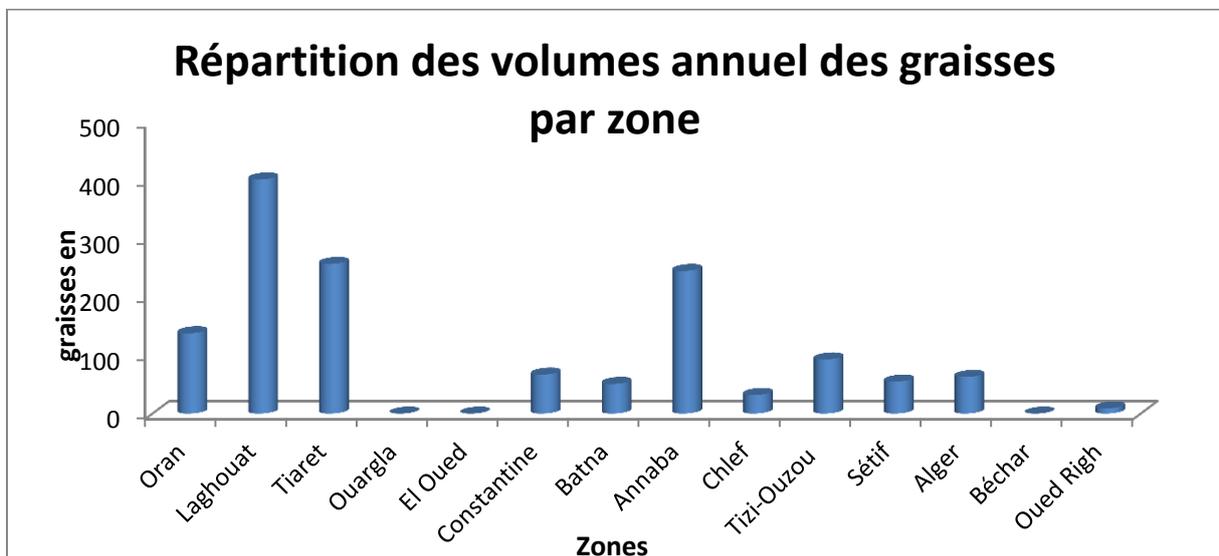
ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

ANNEXE N : 8



ANNEXE N : 9



ANNEXE N : 10.Coûts d'exploitation des Systèmes d'assainissement :

Tableau 1 : Coûts d'exploitation par unité

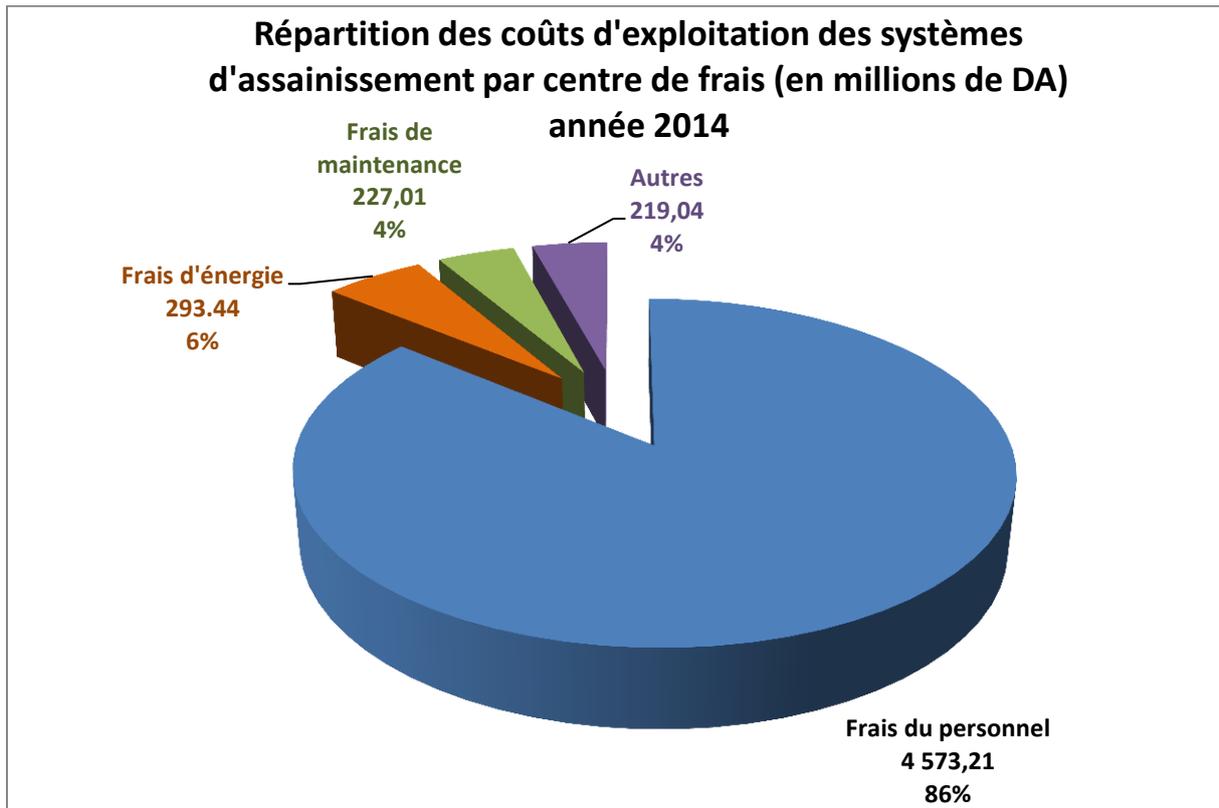
Zone	Unité	Frais d'exploitation			Total
		STEP	RESEAUX	SR	
Alger	Médéa	25075276,21	62976435,87	3473203,75	91524915,83
	Boumerdès	53157097,50	48341454,27	32904377,77	134402929,54
	Blida		108636648,46	3595500,70	112232149,16
	Tamanrasset	13182500,69	53650157,66	5952115,59	72784773,94
	Ilizi		54626099,23	4712154,16	59338253,39
Total Zone	5	91414874,40	328230795,49	50637351,97	470283021,86
Tizi Ouzou	Tizi Ouzou	96974789,32	113328256,90	8795995,51	219099041,73
	Béjaïa	37895836,27	74968830,33	19255895,94	132120562,54
	Bouira	61407365,14	38245129,35	3099185,62	102751680,11
Total Zone	3	196277990,73	226542216,58	31151077,07	453971284,38
Chlef	Chlef	30767807,79	42005021,62	14748418,52	87521247,93
	Ain Defla	23399056,00	37512044,00	2313152,00	63224252,00
	Relizane	10447213,00	35372838,50	4837239,00	50657290,50
Total Zone	3	64614076,79	114889904,12	21898809,52	201402790,43
Tiaret	Tiaret	42769473,80	91997108,00	11788439,00	146555020,80
	Tissemsilt	30178744,90	53478168,00	554936,00	84211848,90
	Saida	69828078,70	37769568,00	0,00	107597646,70
Total Zone	3	142776297,40	183244844,00	12343375,00	338364516,40
Béchar	Adrar	0,00	44309776,26	7299917,69	51609693,95
	Béchar	0,00	92656553,01	0,00	92656553,01
	Tindouf	10763238,79	33922802,80	2048026,64	46734068,23
Total Zone	3	10763238,79	170889132,07	9347944,33	191000315,19
Laghouat	Laghouat	36491063,97	93931376,78	10374575,20	140797015,95
	Ghardaïa	0,00	91645768,19	1202536,68	92848304,87
	El Bayadh	0,00	43110392,45		43110392,45

	Nâama	16 300 535,41	57 177 330,50		73 477 865,91
	Djelfa	0,00	72 755 651,47		72 755 651,47
Total Zone	5	52 791 599,38	358 620 519,39	11 577 111,88	422 989 230,65
Oran	Ain Témouchent	23 357 790,23	61 338 963,41	3 051 094,11	87 747 847,75
	Mascara	57 029 161,70	52 904 481,95	6 100 407,29	116 034 050,94
	Mostaganem	22 085 037,65	71 106 137,52	16 142 235,72	109 333 410,88
	SBA	25 168 888,00	55 845 234,00	3 287 020,00	84 301 142,00
	SBA (Barrage Taiba)	20 284 130,00	0,00	0,00	20 284 130,00
	Tlemcen	45 620 786,35	42 917 509,00	7700 909,80	96 239 205,15
Total Zone	5	193 545 793,93	284 112 325,88	36 281 666,92	513 939 786,72
Sétif	Sétif	95 709 789,48	71 085 441,00	20 203 368,23	186 998 598,71
	BBA	32 275 137,18	46 471 878,71	2 741 494,77	81 488 510,66
	M'sila	0,00	51 839 135,91	0,00	51 839 135,91
Total Zone	3	127 984 926,66	169 396 455,62	22 944 863,00	320 326 245,28
Batna	Batna	54 780 868,40	84 972 489,22	0,00	139 753 357,62
	Biskra	0,00	47 131 548,21	3 463 413,16	50 594 961,37
	Khenchela	30 754 062,17	38 090 120,33	0,00	68 844 182,50
	OEB	441 773,00	90 500 057,83	0,00	90 941 830,83
Total Zone	4	85 976 703,57	260 694 215,59	3 463 413,16	350 134 332,32
Annaba	Souk Ahras	72 135 085,43	97 358 411,67	0,00	169 493 497,11
	Tébessa	0,00	112 913 656,34	0,00	112 913 656,34
	Guelma	35 207 467,26	92 929 812,83	7 952 603,75	136 089 883,84
	Annaba	69 012 927,81	0,00	0,00	69 012 927,81
Total Zone	3	176335480,50	303 201 880,84	7 952 603,75	487 509 965,09
Constantine	Jijel	35 785 615,28	70 257 420,52	29 611 257,94	135 654 293,74
	Skikda	19 860 417,08	114705694,19	38 091 565,26	172 657 676,53
	Mila	47 851 850,50	122 569 949,97	42 590 984,79	213 012 785,26
Total Zone	3	103 497 882,86	307 533 064,68	110 293 807,98	521 324 755,52
D-A El Oued	El Oued-Sud	28 035 363,69	48 024 999,79	70 551 670,95	146 612 034,43
	El Oued-Nord	41 197 240,76	22 178 789,34	74 827 301,24	138 203 331,34
D-A Ouargla		61 714 751,35	271 090 117,34	154 818 260,53	487 623 129,22
D-A Touggourt		30 416 981,21	191 053 695,84	47 546 983,24	269 017 660,28
TOTAL ONA		1407363202,02	3239702956,57	665 636240,53	5 312 702 399,11

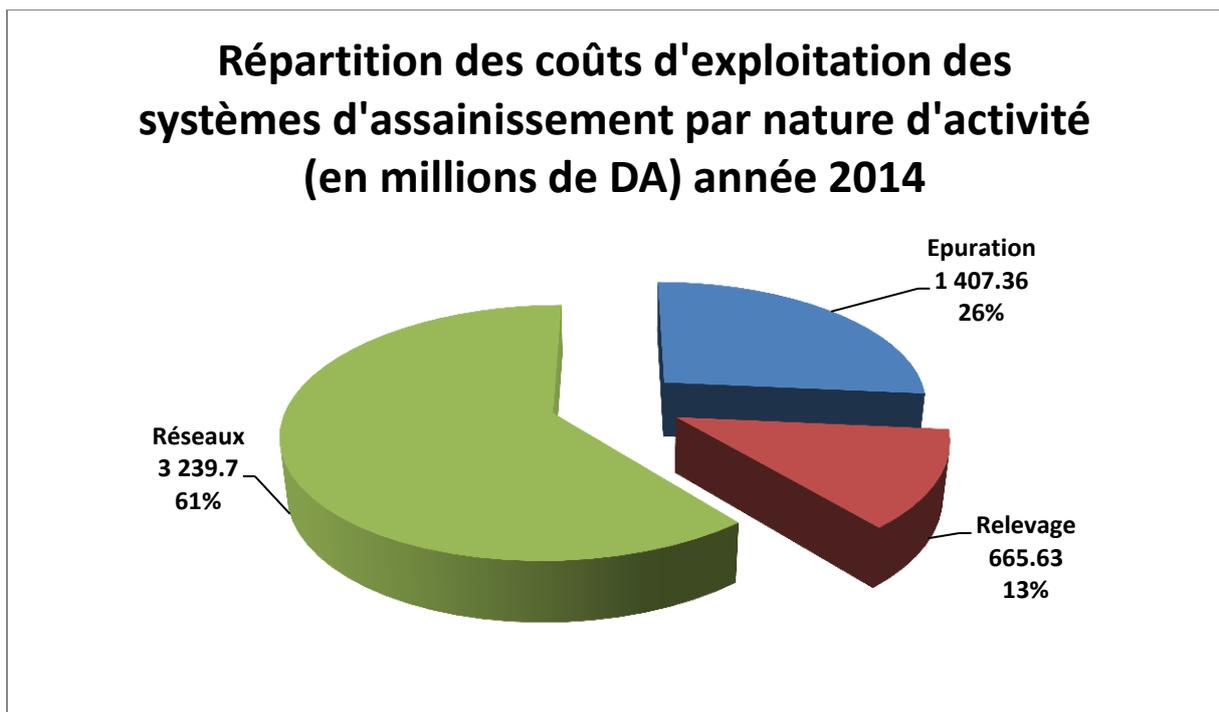
ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

ANNEXE N : 11



ANNEXE N : 12



ONA/ Direction Générale

direction de l'Exploitation et de la Maintenance

ANNEXE N : 13 .Répartition des coûts d'exploitation par centre de frais en millions de dinars

Coûts d'exploitation	Epuration	Réseaux	Relevage	Total (millions de DA)
(en millions de DA)				
Energie (en millions de DA)	199		94	293
Personnel (en millions de DA)	1 095	2 951	527	4 573
Maintenance (en millions de DA)	56	151	20	227
Autres (en millions de DA)	57	138	24	219
Total Goûts d'exploitation (en millions de DA)	1 407	3 240	665	5 312

ONA/Direction Générale

Direction de l'Exploitation et de la Maintenance

LES ANNEXES