

UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID -TLEMCEM- Faculté des sciences
économiques, commerciales et des sciences de gestion



THÈSE

Pour l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences de gestion
Intitulée :

**L'impact de L'eau Recyclée Sur La Performance De L'Agriculture
Cas Pratique :
La Réutilisation des Eaux Usées Dans le Périmètre D'Hennaya**

Présenté(e) par :

MOUSSAOUI Rafika

Sous la direction du Professeur :

Pr. BENHABIB. Abderrezzak

Membres de jury :

Pr. BENBOUZIANE Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Pr. BENHABIB Abderrezak	Professeur	Université de Tlemcen	Encadreur
Pr. DERBAL Abdelkader	Professeur	Université d'Oran	Examineur
Pr. SALEM Abdelaziz	Professeur	Université d'Oran	Examineur
Dr. MERABET Amina	MCA	Université de Tlemcen	Examineur
Dr. CHERIF TOUIL Nouredine	MCA	Université de Mostaganem	Examineur
Pr. BENGUELLA Belkacem	Professeur	Université de Tlemcen	Invité

Année Universitaire 2016-2017

Remerciements

Au préambule de ce travail, je tiens à remercier mon directeur de thèse Monsieur le professeur BENHABIB Abderrezak, sans le soutien duquel ce travail n'aurait pas abouti.

Je remercie le professeur BENBOUZIANE Mohamed de m'avoir fait le privilège de présider le jury de ma soutenance.

J'exprime aussi ma profonde considération à Messieurs les membres du jury: le professeur DERBAL Abdelkader, le professeur SALEM Abdelaziz, le docteur MERABET Amina, le docteur CHERIF TOUIL Noureddine, et le professeur BENGUELLA Belkacem pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail et m'avoir fait l'honneur de l'examiner.

Je tenais aussi à rendre hommage à Messieurs : BELKAID Boubekeur (Directeur de l'Office National de l'Irrigation et de Drainage « ONID »), RAZI Boudkhal (Chef de Service Hydro Agricole HA), ZIDANI Boumedienne et LABLAK Selmane qui m'ont ouvert leurs portes.

Je ne remercierai jamais assez mon mari Bechir pour son soutien et ses encouragements me poussent toujours plus loin.

A mes enfants, à qui j'espère ce travail apportera la conviction qu'on n'est jamais assez vieux pour apprendre, avancer et réussir !

J'exprime aussi ma profonde considération à mes Frères : Ahmed, Abdellatif, Brahim, Djamel et Amine, à mes Sœurs : Latefa, Zahia, Ismahan et Fatima.

Enfin permettez-moi de dédier ce travail à ma mère Khadidja, mon père Djilali qui a toujours dit que le meilleur héritage qu'un homme pouvait laisser à ses enfants était leur instruction.

dédicace

Je tien à dédier ce travail :

*A mes chers parents pour la
Compréhension, la patience et le soutien
moral*

A mes soeurs et mes frères.

A mon mari Bechir « Tounsi »

A ma belle mère Meriem

*A mes Enfants :
Aziz, Abdessalam, Kawthar
Et sidi mohamed el hadi*

A la mémoire de ma tante KHATIMA et Yacine.



Rafika MOUSSAOUI

Liste Des Abréviations

BA :	Bassin d'aération
CSHPF :	Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France
DBO:	Demande Biochimique en Oxygène
DCO:	Demande chimique en oxygène
EU:	Eaux Usées
EUT:	Eaux Usées Traitées
FAO:	Food and Agriculture Organisation
GIRE :	Gestion Intégrée des Ressources en Eau.
GPI :	Grands Périmètres d'Irrigation.
MES:	Matières en Suspension
MO:	Matière Organique
NH ₃ :	Ammoniac (mg/l).
NO ₂ :	Nitrites (mg/l).
NO ₃ :	Nitrates (mg/l).
OMS:	Organisation Mondiale de la Santé
STEP:	Station D'épuration
ONA :	Office National d'Assainissement
ONID :	Office National d'Irrigation et de Drainage
PH :	Potentiel Hydrogène
REUSE :	Réutilisation des Eaux Usées Epurées
SAR :	Sodium Adsorption Ratio
SAU :	Surface Agricole Utile
UNESCO :	Organisation des Nations Unies pour l'Education, la Science et la Culture

Sommaire

Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I : L'Eau, et Le Recours à La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées.....	8
Introduction.....	9
I.1 Une Ressource Indispensable : L'eau.....	10
I.2 La Disponibilité des Ressources D'eau en Algérie.....	21
I.3 Généralités sur Les Eaux Usées.....	30
Conclusion.....	55
CHAPITRE II : La Performance de L'agriculture et L'évaluation de la Qualité de L'eau Usée Traitée	56
Introduction.....	57
II.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture	59
II.2 Réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie.....	74
II.3 Les Risques Liés à la Réutilisation Agricole des Eaux Epurées	80
II.4 Les Différentes Réglementations dans le Monde	84
Conclusion.....	101
Chapitre III L'Irrigation à Partir des Eaux Usées Epurées	103
Cas Pratique : Réutilisation dans le Périmètre d'Hennaya.....	
Introduction.....	104
III.1 Présentation et Description de la station d'épuration d'Ain El Houts.....	106
III.2 Présentation des Différentes Installations.....	109
III.3 Les Performances D'épuration au Niveau de la Step.....	118
III. 4 Présentation du Questionnaire et Analyse des Résultats.....	125
Conclusion.....	148
Discussion.....	150
Conclusion générale.....	157
Bibliographie.....	164

Introduction générale

Introduction générale

Nul n'ignore que l'eau est un enjeu majeur pour toute la planète, la pénurie en eau semble devenir une perspective inquiétante pour l'humanité. Aujourd'hui les pays en situation de stress hydrique sont de plus en plus nombreux tandis que les besoins ne cessent de grandir.

La croissance démographique et le développement économique exercent une pression sans précédent sur les ressources en eau, renouvelables mais limitées, notamment dans les régions arides. Il est estimé qu'à l'horizon 2025, 1,8 Milliard de personnes vivront dans des pays ou des régions disposant de moins de 500 m³ d'eau renouvelable par an et par habitant (FAO, 2003)¹.

A cet effet, il est normal de se tourner vers des ressources d'eau non conventionnelles pour satisfaire l'accroissement de la demande. Plusieurs pays de la région (comme les Etats du Golf) ont fait de grands efforts en matière de dessalement de l'eau de mer afin de satisfaire la demande de leurs populations urbaines. Cependant, en raison du coût élevé associé à cette technologie, son adoption est généralement limitée aux usages domestiques dans les pays à haut revenu. D'autres alternatives peuvent être aussi valorisées pour des usages domestiques et agricoles, « les eaux usées traitées », que nous pourrions les utiliser dans l'irrigation afin de préserver les ressources en eau de bonne qualité pour la potabilisation (FAO, 2003).

Le rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau(2003) et à travers ses statistiques démontre la gravité de la situation. Environ 2 millions de tonnes de déchets sont déversés chaque jour dans des eaux réceptrices, notamment des effluents industriels, des produits chimiques, des matières de vidange et des déchets agricoles (engrais, pesticides et résidus de pesticides). La production mondiale d'eaux usées est d'environ 1 500 km³. Si l'on admet que 1 litre d'eau usée

¹ Irrigation avec des eaux usées traitées – Manuel d'utilisation(2003), Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord, p.3

pollue 8 litres d'eau douce, la pollution mondiale actuelle pourrait atteindre 12 000 km³ et comme d'habitude, les populations pauvres sont les plus affectées : 50 % de la population des pays en développement est exposée à des sources d'eau polluées¹.

Parmi les domaines de réutilisation possible des eaux usées, l'agriculture constitue le secteur le plus intéressant. En fait, elle consomme plus de 70 % des ressources en eau notamment dans les pays en développement.

Ces eaux procurent à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable.

Par ailleurs, le contenu de ces eaux usées en éléments nutritifs, notamment en azote, potassium et phosphore, permet de diminuer les frais de fertilisation des sols. Mais, il ne faut pas oublier que même si cette ressource constitue une valeur hydrique et un potentiel d'apport de matières fertilisantes, elle peut être également une source de pollution en fonction principalement des caractéristiques de l'eau épurée et des boues, du degré d'épuration, de la méthode et de l'endroit d'utilisation². La pollution du sol et des eaux souterraines est parmi les inconvénients potentiels les plus importants de l'utilisation d'eau usée traitée qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés. Ces problèmes doivent être traités avec précaution par, le contrôle de la qualité de l'eau traitée, l'évolution de l'impact sur l'environnement.

La réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée directement par les agriculteurs, soit (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages.

Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées, Alors que, L'irrigation des cultures maraîchères à l'eau usée brute est interdite en Algérie (Code des Eaux, 1997), on constate alors que la réglementation n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables, soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et

¹ Rapport Mondial sur la Mise en Valeur des Ressources en Eau (2003), « L'eau pour les Hommes, l'Eau Pour la Vie » Éditions Unesco- WWAP, .P.09

² Irrigation avec des Eaux Usées Traitées – Manuel d'Utilisation(2003), Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Bureau Régional pour le Proche-Orient et Bureau Sous-Régional pour l'Afrique du Nord, p.1

l'agriculteur à des risques de contaminations chimiques et microbiologiques considérables.¹

À travers le rapport publié le 31 mai 2005 par l'Institut Global Water Intelligence, Le marché semble prometteur « Sur les 369 milliards de mètres cubes d'eaux usées collectés dans le monde chaque année, 7,1 milliards m³ sont réutilisés. C'est ce qu'on appelle le « re-use ». D'ici 2015, le volume d'eau réutilisée devrait connaître une croissance de 180%»²

Enfin, et du point de vue scientifique, la gestion efficace des techniques d'irrigation ou de fertilisation peuvent réduire au minimum ces inconvénients, à un niveau dont les effets environnementaux sont insignifiants. Pour cette raison, il est important de fournir aux agriculteurs l'information pour les aider à améliorer la gestion de l'eau usée traitée et les déchets solides, servant à la fertilisation.

L'Algérie³ se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par la situation de stress hydrique, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

En 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, ce qui plaçait le pays dans une situation confortable, cette ressource a diminuée jusqu'à « 720 m³ en 1990, 680 m³ en 1995, 630 m³ en 1998 ». Elle est estimée à environ « 500 m³ en 1999 » (CNES 2000). Si nous comparons notre situation avec les 3.600 m³ du Français, les 950 m³ du Marocain, les 925 m³ de l'Egyptien et les 490 m³ du Tunisien. La disponibilité d'eau ne sera plus que de 430 m³ en 2020 et 300 m³ en 2050. De ce fait, le pays est entré dans le troisième millénaire avec une situation critique au regard des normes internationalement retenues (norme OMS)⁴.

1 TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.11

² <http://seaaco.blogspot.com/p/la-reutilisation-des-eaux-usees.html>

³ Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, PNUD, 07 Mars 2009.

⁴ TOUATI Bouzid (2010), Les Barrages et la Politique hydraulique en Algérie : Etat, Diagnostic et Perspectives d'un Aménagement Durable, Thèse de Doctorat d'Etat en Aménagement du Territoire, p.17

Les volumes d'eaux usées rejetées En Algérie, à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m³ en 1979, 660 millions de m³ en 1985¹ et 730 millions de m³ en 2009. Les prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m³ en 2020. La capacité d'épuration des eaux usées est de 365 millions de m³/an correspondant à 65 stations d'épuration en exploitation². L'objectif déclaré des autorités est de comptabiliser 239 stations d'épuration des eaux usées (STEP) en 2014 correspondant à une capacité de 1,2 milliards de m³ par an d'eaux épurées³. Le recours croissant à cette ressource d'eau non conventionnelle constitue une incitation pour améliorer son utilisation on agriculture, sachant que, Dans les années 2000, seulement 40 % des besoins en eau agricole étaient satisfaits⁴.

Face à ce constat, et dans la nouvelle politique Algérienne de l'eau, la réutilisation des eaux usées épurées est devenue un axe prioritaire et des investissements ont été consentis dans la réhabilitation des anciennes stations et la construction de nouvelles.

L'Algérie a pris conscience que son développement socio-économique, est conditionné par la gestion intégrée et la préservation des ressources en eau, pour cela, dès 1996s, elle a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir « la Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments que nous allons détailler ultérieurement.

¹ REMINI,(Juin 2010), « La Problématique de L'eau en Algérie du Nord », Département des Sciences de l'Eau et de L'environnement, Faculté des Sciences de L'ingénieur, Université Blida, p 41

² Problématique du Secteur de L'eau et Impacts Liés au Climat en Algérie, 07 Mars 2009

³ MORGAN Mozas & ALEXIS Ghosn(2013) , Chefs de projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .11

⁴ MORGAN Mozas & ALEXIS Ghosn(2013) , Chefs de projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .16

⁵ BOUCHEDJA Abdellah(2012), *La Politique Nationale De L'eau En Algérie*.

Notre objectif à travers cette étude est de contribuer à mieux évaluer les eaux usées traitées en Algérie, ainsi que l'impact de l'irrigation par les Eau Usée Traité au niveau du périmètre Ain El Houtz, Tlemcen.

En faite, le but de notre travail est d'analyser l'effet de l'irrigation par les eaux usées traitées sur le rendement agricole, sur le sol, ainsi que sur la santé humaine.

La problématique de l'eau usée réutilisée en Algérie a fait l'objet de recherches de plusieurs auteurs :

Mr.REMINI B. (2005) et Mr.SALEM A. (2001 et 2002), qui ont traité la problématique de l'environnement et de la gestion intégrée de l'eau en Algérie.

Mr.KETTAB A. (2000) qui a traité le sujet des ressources en eau en Algérie.

Des études et enquêtes ont été menés aussi par des chercheurs Algériens et étrangers, c'est le cas par exemple de :

Mr. Hartani.T (2004) « La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algerie »

Melle.Meziani (2012), Doctorante, Université de Batna, département d'hydraulique, « la réutilisation des eaux usées dans la région de souf-sahara Algérien »

Melle.Ouafae Mokhtari (2012) « sur la réutilisation des eaux usées en agriculture périurbain autour de la ville d'Oujda(Maroc) »

Mme.EL HAITE Hakima (2010), « Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, Thèse de Doctorat »

Du point de vue méthodologique, et en raison de la pluridisciplinarité et de la diversité des aspects de la problématique étudiée, ce travail s'est basé essentiellement sur l'analyse des contenues et données rapportées de la littérature de différents domaines et disciplines en liaison avec la dite problématique, comme : les sciences de gestion, les sciences naturelles, l'histoire, les technologies et la chimie,

Afin d'apporter plus d'éclaircissement à notre problématique et qui se présente
comme suit :

**« Comment peut-on Evaluer la Performance de L'agriculture en Utilisant les
Eaux Usées Epurées? »**

Notre recherche a été orientée en fonction de quelques questions, à savoir :

◆ Quelles sont les efforts du pays en matière de mobilisation des ressources en eau ?

◆ pour quelles raisons l'Algérie oriente-t-elle ses choix vers les eaux non conventionnelles ?

Pour étudier cette problématique et trouver des éléments de réponses aux questionnements posés, nous nous sommes appuyés sur deux hypothèses principales :

1. L'Algérie a pris conscience que son développement socio-économique, est conditionné par la préservation des eaux usées épurées pour l'agriculture.

2. Les eaux usées traitées sont considéré comme des fertilisants qui peuvent remplacer les engrais.

Pour réaliser ces hypothèses, nous nous sommes appuyés sur une enquête auprès de 60 agriculteurs situés dans la wilaya de Tlemcen, périmètre de Ain El Houts. Pour cela nous avons divisé notre travail en trois chapitres.

Le chapitre I est une revue de la littérature. Il s'agit d'une synthèse de connaissances sur l'eau, Les Ressources Disponibles en Eau dans le Monde et en Algérie, ainsi que les eaux usées et le processus de traitement en général. Dans le deuxième chapitre, nous avons présenté la Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture Dans le Monde, les différents systèmes concernant la réutilisation des eaux usées en irrigation, Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture en Algérie ainsi que, les Critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation, Les risques liés à la

réutilisation agricole des eaux épurées, et enfin les différentes réglementations dans le monde.

Le troisième chapitre a été consacré à la présentation des composantes de la STEP de Ain el Houtz (Tlemcen) ainsi que le questionnaire mis en place avec les agriculteurs. Et enfin, une analyse qui rassemble les principaux résultats de ce travail.

A travers cette répartition, et dans le souci de garantir une meilleure santé publique et de protéger l'environnement pour un développement durable, le besoin de promouvoir l'épuration des eaux usées domestiques et industrielles s'avère important et doit être pris en compte par les autorités administratives et politiques.

Pour en finir, nous avons estimé de conclure notre travail en l'appuyant par des exemples d'expériences étrangères de divers pays qui ont utilisé les eaux usées épurées et qui ont réussi à réaliser des rendements ainsi de limité les risques attendus soit humaines ou environnemental.

CHAPITRE I

L'eau, et Le Recours à la Réutilisation des Eaux Usées Traitées

Introduction

Sur les 6,67 milliards d'habitants actuels de la planète (PNUD, 2007), 26% n'accèdent pas à une eau de qualité suffisante, et 50% ne disposent pas d'un système adéquat d'assainissement (PNUD, 2006). Chaque jour, 20 000 personnes, des enfants surtout, meurent de maladies liées à l'eau, l'équivalent d'un Nagasaki ou d'un Hiroshima (entre 2002 et 2020, 135 millions de personnes meurent de maladies transmises par l'eau¹).

La pression de la démographie joue aussi un rôle important : la population mondiale a presque quadruplé : en 1900, nous étions 2 milliards, nous serons 9 milliards en 2050².

De l'agriculture irriguée, de l'industrie et de l'urbanisation, les besoins en eau doublent tous les vingt ans et bien entendu, sur un volume total de 140 millions de kilomètres cubes d'eau, 97% se trouvent dans les océans et l'eau douce ne représente que 3%³.

La quantité d'eau disponible par habitant n'est pas suffisante, pour cela on parle toujours de stress hydrique. L'eau est devenue un facteur limitant le développement dans plusieurs pays. Selon le Water Resources Industry, 250 millions d'individus dans 26 pays se trouvent en pénurie d'eau et 400 millions vivent en stress hydrique, on parle de pénurie lorsque la valeur des ressources renouvelables de l'eau par habitant et par an est inférieure à 1000 mètres cubes, alors que le stress est défini si cette valeur est entre 1000 et 1700 mètres cubes/hab/année.

A cet effet, L'agriculture, l'industrie et la démographie sont les principales pressions sur l'eau. Cette dernière va accroître les besoins de la population tant en

¹ ROUISSAT Bouchrit, « La Gestion Des Ressources en Eau en Algérie : Situation, Défis et Apport de L'approche Systémique », p 3

² ONEMA , L'eau Dans le Monde, Les Agences de L'eau, , p.1

³ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p .10

nourriture qu'en besoins essentiels. L'ensemble de ces pressions sont une menace pour l'eau. *L'eau est en danger*¹ (Conf. Dublin, 1992).

Dans ce chapitre, nous allons mettre en exergue la notion de *L'EAU*, l'inégale répartition de l'eau à travers le monde, qu'est ce que le stress hydrique en Algérie et quel est le problème de l'eau ?

Enfin nous parlerons des eaux usées et des voies de réutilisation des eaux usées traitées.

I.1 Une Ressource Indispensable : L'eau

I.1.1 Cycle Naturel de L'eau²

Le cycle de l'eau joue un rôle essentiel dans l'histoire de notre planète. Ce processus dû aux interactions entre l'eau, le relief, l'atmosphère, les radiations solaires, fait passer l'eau de l'état liquide à l'état gazeux (vapeur) et à l'état solide (neige et glace), de manière permanente.

Ces différents états sont reliés en permanence les uns aux autres par le réseau créé par les fleuves, les rivières, les nappes d'eau souterraines, les nuages, les précipitations, les courants aériens chargés de particules d'humidité, l'évaporation. La principale masse d'eau, la mer, alimente l'ensemble de ce cycle et reçoit, par le biais des précipitations et des fleuves, l'eau qui s'est évaporée de sa surface. Le cycle de l'eau joue donc un rôle fondamental dans l'histoire géophysique, géologique et biologique de la Terre.

Les principaux transferts d'eau s'effectuent entre continents et océans :

- l'évaporation de l'eau océanique est la source d'eau douce principale de la planète.
- l'eau transportée à l'état de vapeur d'eau par les vents se condense et se précipite sur l'océan (les 4/5) et sur les continents (1/5).
- une partie des précipitations au niveau des continents retourne dans l'atmosphère par évapotranspiration, l'autre partie ruisselle.

¹ HUGONIN Patricia (2011), Introduction Aux Thématiques De L'eau, ISE, UNIGE, p.6

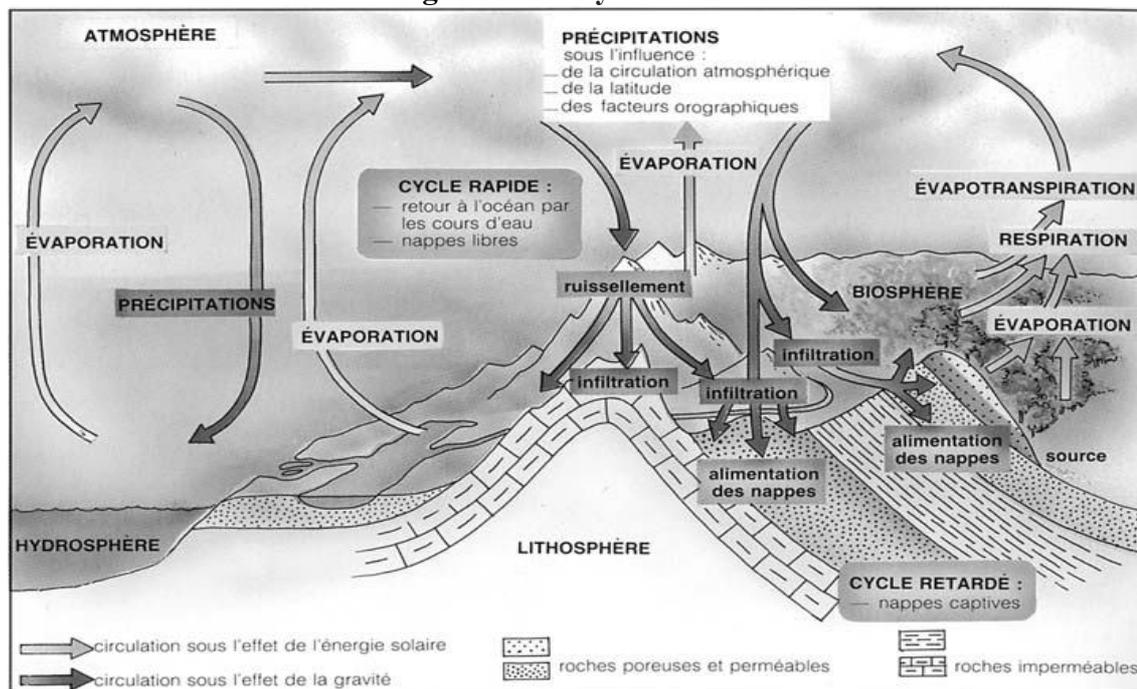
² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p.1

• l'eau est immobilisée dans les réservoirs souterrains et dans les glaciers et calottes glaciaires ; elle peut être ainsi pendant un temps exclue du cycle de l'eau.

L'évaporation des lacs, rivières et mers, ainsi que l'évapotranspiration des plantes —→ Forment les nuages (vapeur d'eau) qui se condensent (l'eau redevient liquide —→ Et la pluie tombe —→ L'eau de pluie ruisselle jusqu'aux lacs, rivières et mers —→ Une partie des précipitations (pluie, neige) s'infiltrate dans les sols pour devenir de l'eau souterraine. Celle-ci est puisée au moyen de puits. Parfois très vieille, elle peut être restée au même endroit pendant des milliers d'années¹. (Figure 1)

Le temps de renouvellement de l'eau est différent en fonction de sa nature, l'eau atmosphérique se renouvelle en 8 jours, tandis qu'il faut 10 à 20 jours pour les cours d'eau, 20 ans pour les lacs voire plus de 1000 ans pour les eaux souterraines et les océans².

Figure 1 : Le Cycle De L'eau



Source : BENZARIA Mohammed , MARS 2008

¹ LACROIX Édith et PELLETIER Maryse (2012), Québécoise Pour une Gestion Responsable de L'eau, p.3

² L'eau : enjeux, dynamique et solution, p.10

Alors on peut dire que l'eau est la seule molécule à être présente sous trois états sur la terre : solide, liquide et gazeux. L'eau peut changer d'état sans intervention humaine. Ces changements dépendent essentiellement de la température et de la pression mais aussi des composés chimiques présents dans l'atmosphère, donc de la pollution atmosphérique.¹

I.1.2 Qualité de L'eau, Enjeu Prioritaire

En plus de l'aspect quantitatif de la ressource d'eau, qui pose un problème crucial pour le développement et le bien être des gens, l'aspect qualitatif complique aussi davantage la problématique de l'eau. Cet aspect résulte en bonne partie de la pollution des eaux par les rejets des eaux domestiques, industrielles ou agricoles.

Dans les pays riches et développés, et pour faire face à ces problèmes de qualité de l'eau qui dégradent l'environnement, de vastes programmes pour collecter les eaux usées ont été mis en place suivis par l'implantation des stations de traitement pour éviter des rejets bruts dans le milieu naturel.

On peut prendre par exemple les Romains qui avaient déjà des systèmes d'évacuation perfectionnés. Le premier réseau moderne apparaît en Allemagne en 1843. En 1960, seulement 12% des Français sont reliés au tout-à-l'égout.

L'assainissement existe donc depuis longtemps dans les pays développés, et a pris beaucoup de temps pour se réaliser rapidement au vingtième siècle avec le développement scientifique et technique. Par exemple le Québec a réalisé l'essentiel de ses infrastructures d'assainissement des eaux durant ces 30 dernières années. Tandis que dans les pays en développement, le retard est alors installé, et pour le combler il faut beaucoup de temps, beaucoup d'argent et surtout beaucoup de volonté.

Il y a donc un déficit d'infrastructure en matière d'assainissement et les rejets des eaux usées dans le milieu naturel aggravent la crise d'eau. En effet ces rejets

¹HUGONIN Patricia (2011), Introduction Aux Thématiques De L'eau, ISE, UNIGE

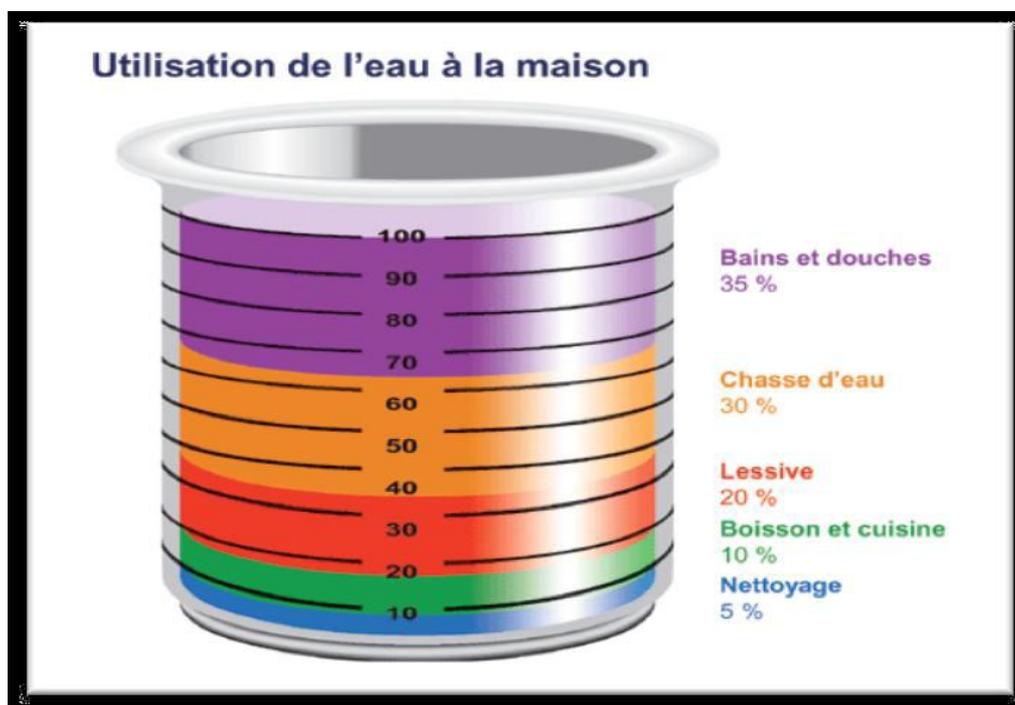
polluent les nappes, les cours d'eau et les lacs et diminuent donc le potentiel des ressources exploitables.

Beaucoup de problèmes liés à la quantité et à la qualité de l'eau se répercutent d'une manière dramatique sur les populations. Les maladies transmises par l'eau et le non salubrité causent la mort d'environ 34 000 personnes par jour dans le monde¹.

I.1.3 Les Usages de L'eau

L'eau est utilisée spécialement par l'être humain. Les plus grandes quantités sont décernées à l'agriculture, la production industrielle : Plus de 90% des réserves d'eau douce de la planète servent à l'agriculture et à l'industrie.² La production d'énergie, et bien sur son usage domestique (dans la salle de bain près de 65% de la consommation d'eau).

Figure 2 : Utilisation de L'eau à la Maison



¹ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 4

² LACROIX Édith et PELLETIER Maryse (2012), Québécoise Pour une Gestion Responsable de L'eau p.5

La consommation d'eau dans la production industrielle¹ est d'autant plus élevée que le pays est développé et industrialisé. Globalement, l'usage industriel représente 22 % de l'ensemble des prélèvements d'eau douce. Cependant, une grande disparité existe entre les pays développés qui utilisent 59 % de leurs ressources hydriques pour l'industrie, alors que dans les pays sous-développés, le secteur industriel ne consomme que 8 % des volumes d'eau globaux.

En France par exemple, la consommation d'eau concerne quatre secteurs d'activités (Chimie, fibre synthétique, papier et métallurgie) qui totalisent à eux seuls les 2/3 de la consommation industrielle (Tableau 1).

Tableau 1: Quantités Moyennes D'eau Nécessaires à la Fabrication de 1 kg de Produit

Matière	Quantité D'eau en Litre
Acier	300-660
Papier	500-800
Sucre	300-400
Ciment	35-50
Carton	60-400
Savon	1-35
Matière plastique	1-2

Le secteur de l'industrie est le plus grand pollueur et consommateur d'eau, ses effets se manifestent à long terme. La transformation d'une tonne d'aluminium nécessite 1600 m³ d'eau, celle exigée pour la fabrication d'une tonne d'engrais azotés est de 600 m³ d'eau. Ces volumes d'eau lessivent de grandes quantités de matières polluantes.

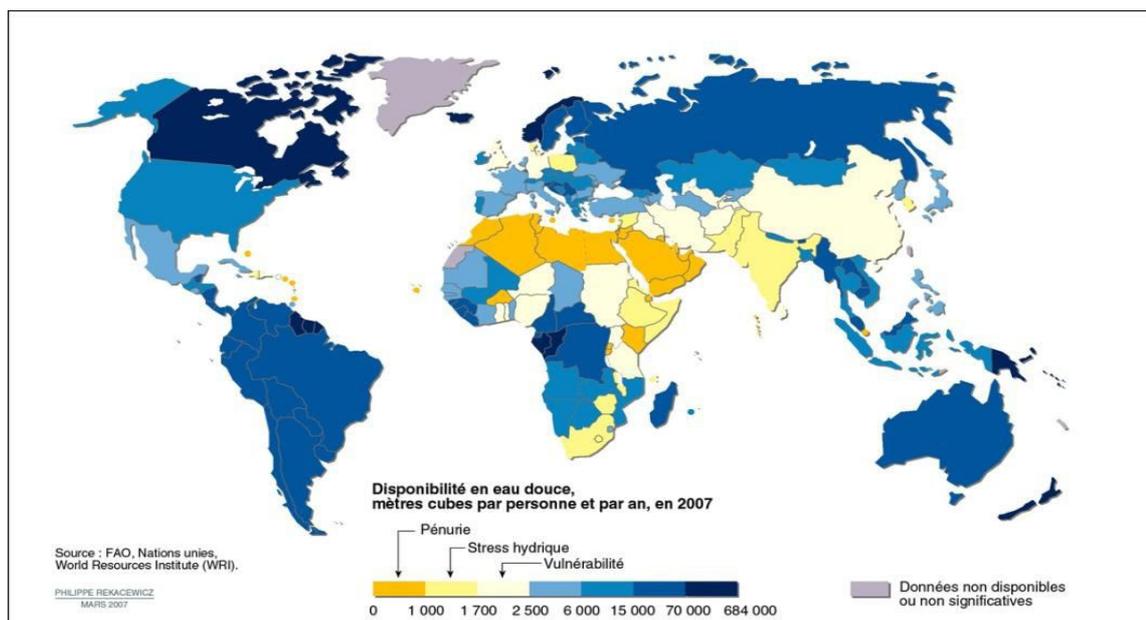
¹ CHAREB-YSSAAD Ismahane, Gestion Intégrée et Economie de L'eau, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, p.7

Les usages de l'eau varient avec la structure économique des pays. On note par exemple une prédominance des usages agricoles en Italie et en Espagne, tandis qu'en Belgique et aux Pays-Bas¹ au moins la moitié de la ressource est utilisée par l'industrie. En France, sur l'ensemble de ces prélèvements hors énergie, 33% sont destinés à la consommation domestique, 31% à l'agriculture et 27% à l'industrie.

I.1.4 L'inégale Répartition de L'eau

Les réserves d'eau dont dispose la planète semblent suffisantes pour répondre à l'ensemble des besoins. Cependant, elles sont inégalement réparties à la surface du globe. d'un point de vue géographique² (Figure 3) : 9 pays concentrent 60% des ressources en eau douce, dont le Brésil qui a lui seul en possède 12%. La Chine reçoit 7% des précipitations qui abritent 21% de la population du globe, alors que l'Amazonie qui compte 0.3% de la population mondiale reçoit 15% des pluies.

Figure 3-Disponibilité en Eau Douce³



Source : Patricia HUGONIN, 2011

¹ Salon International de L'eau(2013), Innovation et Solutions Pour une Gestion Durable de la Ressource, France p 11

² HUGONIN Patricia (2011), Introduction Aux Thématiques De L'eau, ISE, UNIGE, p.4

³ HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.5

On estime que¹ (Brésil, Russie, Chine, Canada, Indonésie, États-Unis, Inde, Colombie et Congo) se partagent 60 % des ressources mondiales en eau douce, alors qu'en même temps le manque d'eau touche 1,1 milliard de personnes.

Ces pays présentent des caractéristiques relativement spécifiques, notamment : ils sont localisés dans des zones tropicales ou équatoriales, ils bénéficient d'une pluviométrie très intense, et ils sont souvent traversés par de grands fleuves et/ou possèdent de nombreux lacs.

D'autres pays ne disposent pas de ressources en eau abondantes. Il s'agit notamment des zones arides et semi-arides : déserts africains, Maghreb, zones arides de l'Ouest australien, Sud Ouest des États-Unis, Proche et Moyen Orient, etc. Ces zones représentent plus du tiers de la surface des continents et n'ont accès qu'à seulement 2% du volume annuel utilisable.

D'une région à l'autre, les inégalités sont très marquées. L'Asie, par exemple, concentre près de 60% de la population mondiale, mais ne dispose que de 30% des ressources mondiales disponibles en eau douce². La Chine³ aussi, qui représente 21% de la population mondiale n'a que peu d'eau douce : elle comptabilise uniquement 7 % des ressources mondiales en eau ; cette eau est inégalement répartie sur son territoire, Le Nord possède 80% des ressources en eau et 55% de la population, tandis que le Sud dispose de moins de 15% pour 45% de la population. Et certaines provinces du Nord disposent de moins de 500m³ d'eau/habitan/an.

A titre comparatif 1 européen consomme 150 litres/jour et dans les pays en voie de développement 1 habitant consomme 10 litres/jour.

Les pays industrialisés consomment en moyenne 10 fois plus d'eau douce que les pays en voie de développement.

¹ ONEMA, Les Agences de L'eau, Etablissements Publics du Ministère en Charge du Développement Durable, p.2

² SYLLA Ibrahima(2011), Rumeurs et Frayeurs Autour de L'eau dans le Monde, Les Systèmes D'information Géographique Participatifs (SIG-P) dans la Gestion des Ressources Naturelles et la Sécurité alimentaire en Afrique, p.2

³HUGONIN Patricia (2011), Op.cit., p.7

I.1.5 L'eau et le Stress Hydrique

Selon¹ le Rapport Mondial sur le Développement Humain 2007/2008 publié par le PNUD, l'Égypte, le Liban, le Soudan et les pays d'Afrique du Nord pourraient être les plus touchés par le changement climatique, qui pourrait conduire à des inondations dans certaines régions, à la pénurie d'eau, donc à la sécheresse et la désertification dans d'autres.

Par exemple, dans la région de Kordofan, au Soudan, une augmentation de la température de 1,5 °C entre 2030 et 2060 réduirait la moyenne des précipitations de 5%, provoquant une baisse générale de la production agricole et une diminution de la production de maïs par exemple de 70% par rapport aux niveaux actuels.

Une augmentation de 1,2 °C d'ici 2020 réduirait l'eau disponible au Liban de 15% et, dans certaines régions du Maroc, de plus de 10%.

De plus, d'après le rapport de l'AFED² (2010), la consommation en eau de plusieurs pays Arabes a augmenté d'environ 50% entre 1985 et 2000, alors que la population aussi dans ces pays a augmenté de 40% durant la même période.

• La Croissance Démographique et L'eau

La population mondiale était de 2 milliards de personnes en 1900. Elle a plus que triplé en un siècle et a atteint en 2008 les 6,5 milliards d'individus. Elle devrait atteindre 9 milliards de personnes en 2050. Pendant que la population mondiale triplait, la consommation d'eau douce était multipliée par six³. Cette croissance de nos besoins en eau s'explique :

- dans les pays du Nord par l'amélioration des conditions de vie et du confort domestique (sanitaires, hygiène, lavages...).

- dans les pays du Sud par l'urbanisation galopante, l'augmentation de l'activité industrielle et les besoins en eau toujours plus grands pour l'irrigation.

¹ Séminaire International « La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées Dans La Région Arabe Golden(2011), Edité par : GEB-Environnement.com, Publié au Maroc, p.20

²GEB-Environnement.com (2011), Op-cit p.24

³ Les Enjeux de L'eau dans le Monde, Chapitre 4, Eau Seine, Normandie, p85

D'un autre côté, la quantité d'eau douce renouvelable et disponible est passée, par habitant, de 17 000 m³ en 1950 à 7500 m³ en 1995 et devrait tomber à 5100 m³ en 2025. Dès 2030, la demande en eau pourrait dépasser l'offre.¹

50 pays, soit plus de 750 millions d'habitants, disposent d'une quantité d'eau inférieure à 1700 m³ par an et par habitant, alors que le seuil d'alerte des besoins en eau par habitant se situe à environ 2000 m³ par habitant et par an.

Parmi ces pays, 26 reçoivent moins de 1000 m³ par an et par habitant et sont en situation de pénurie : le Mexique, les pays de la côte ouest de l'Amérique du Sud (Pérou, Chili), ceux de l'Afrique Saharienne, de l'Afrique de l'est et de l'Afrique australe, le Proche et le Moyen-Orient, l'Asie centrale, l'Iran, le Pakistan, l'Inde de l'Ouest.

• la Notion de Stress Hydrique

L'Unesco a mis en place la notion de « Water Stress Index » : on retient comme indicateur de menace le rapport entre la quantité d'eau douce consommée et la quantité d'eau disponible. Plus ce rapport est élevé, plus la menace est importante² :

- si le rapport est inférieur à 10 %, la situation est satisfaisante.
- entre 10 et 20 %, des efforts de gestion et des investissements sont nécessaires : c'est le cas de la France, de la Grande-Bretagne, du Portugal.
- entre 20 % et 40 %, les efforts et les investissements doivent être plus importants et des arbitrages doivent être rendus entre les utilisateurs (eau des villes et eau des campagnes) : c'est le cas de plusieurs pays d'Europe occidentale : l'Espagne, l'Italie, la Belgique, le Luxembourg, l'Allemagne.
- au-delà de 40 %, l'eau devient rare et le pays concerné est obligé de recourir à l'importation, au traitement des eaux usées..., l'Afrique du Nord, le Moyen-Orient, l'Asie centrale, une partie de l'Europe de l'Est, le Mexique sont concernés. (Tableau 2) on situe les pays arabes dans cette zone de stress hydrique.

¹ Les Enjeux de L'eau Dans le Monde ,Op-Cit, p85

² Les Enjeux de L'eau Dans le Monde ,Op-Cit, p 86

Tableau 2 : Etat Hydrique des Pays Arabes¹

Disponibilité en eau douce (m ³ /personne/an)			
PENURIE 0-1000	STRESS 1000 – 1700	VULNERABILITE 1700 - 2500	2500 – 6000
Algérie Arabie Saoudite Bahreïn Djibouti EAU Egypte Jordanie Koweït Libye Maroc* Oman Palestine Qatar Tunisie Yémen	Comores Liban Somalie Syrie	Irak Soudan	Mauritanie

SOURCE: Séminaire International Sur La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées Dans La Région Arabe (Maroc en 2011)

Plusieurs facteurs peuvent expliquer ce stress hydrique:²

- Les retards accumulés dans les décennies 1980 et 1990 pour ajuster l'offre à la demande en eau.
- La baisse de la pluviométrie depuis trois décennies, avec un pic de sécheresse en 2001-2002.
- Le phénomène de désertification des sols qui accentue la menace de sécheresse, en particulier dans l'Ouest Algérien. Cette situation pourrait être amplifiée par les effets du changement climatique qui sont susceptibles d'être plus prononcés dans le bassin méditerranéen que dans d'autres régions du monde.

¹ SEMINAIRE INTERNATIONAL SUR LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITÉES DANS LA REGION ARABE Golden, Edité par : GEB-Environnement.com, Publié au Maroc en 2011

² Morgan Mozas & Alexis Ghosn(2013) , Chefs de projet d'Ipemed, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p .3

La carte ci-dessous (figure 4) présente l'état actuel du stress hydrique dans le monde.¹

Figure 4 : Représentation du Stress Hydrique Dans le Monde



source : adapté de Catherine Boutin(*), Alain Héduit(**), Jean-Michel Helmer((2009)

En 2000, la moyenne annuelle mondiale des ressources en eau renouvelables par habitant était estimée à 6 600 m³ mais qu'à l'horizon 2025, ce nombre devrait dramatiquement chuter à 4 800 m³. Pour pallier à ces fortes disparités, de nombreux pays ont orienté leurs recherches vers des programmes de réutilisation des eaux et on note une multiplication importante de projets. Ces dix dernières années, le volume des eaux usées réutilisées a augmenté de 10 à 29 % par an, en Europe, aux Etats-Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Ces résultats ne doivent pas faire oublier que seulement 5 % des eaux usées traitées sont réutilisées, soit un volume de 7,1 km³ par an, à comparer avec les 10 000 à 14 000 km³ par an d'eau douce renouvelable et facilement accessible

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.10

I.2 La Disponibilité des Ressources D'eau en Algérie

I.2.1 Les Ressources D'eau et Leur Mobilisation

❖ Les Potentialités D'eau En Algérie¹

L'Algérie présente 2 grands types de réserves hydrauliques²:

- Des châteaux d'eau montagnards dont les plus importants sont situés dans le Tell central et oriental (grande Kabylie, babors et ouarsenis) mais qui ont l'inconvénient de ne pas avoir à leurs pieds de vastes plaines, Au contraire, la majorité des oueds qui en sont issus se jettent très rapidement dans la Méditerranée.
- Des nappes souterraines dans les hautes plaines ou plusieurs aquifères renouvelables ont été identifiés (nappes du Chott-EChergui, du Hodna ...).

Les ressources mobilisables annuellement peuvent être estimées approximativement à 17 milliards de m³ dont 80% de ruissellement et 20% d'eaux souterraines. La consommation actuelle est environ de plus de 3,5 milliards de m³ dont 1 milliard 1/2 provient des eaux souterraines. La marge d'utilisation est donc importante, surtout pour les eaux de ruissellement, pour les eaux souterraines, elle est plus faible: 43 % sont utilisées.

Avec une superficie de 2,4 millions de km², le territoire se compose d'une diversité géographique et climatique, avec du nord vers le sud, des régions côtières et sub-littorales, une vaste étendue de hautes plaines (« hauts plateaux ») semi-arides et un immense ensemble saharien au climat aride et hyper-aride.

Le bilan hydrologique moyen annuel de l'Algérie du Nord fait ressortir un déficit d'écoulement qui atteint 87 % alors que 13 % seulement des précipitations profitent à l'écoulement.

¹ Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars 2009, p, 3

² DEKHIL Saad, L'eau et Le Développement De L'irrigation En Algérie, MEDIT n° 1-2/91, p.36

Sur l'ensemble du territoire, les ressources en eau se répartissent comme suit¹ :

- 12 milliards de m³ dans les régions Nord : 10 (écoulements superficiels), 2 (ressources souterraines).
- 5,2 milliards de m³ dans les régions sahariennes : 0,2 (écoulements superficiels), 5 (ressources souterraines).

Le climat de l'Algérie est connu pour sa grande diversité spatiale et sa grande variabilité interannuelle, il se distingue par :

- une variabilité spatiale et temporelle marquées. S'il pleut uniquement 350 mm en moyenne dans la région Ouest, cette moyenne peut dépasser les 1000 mm à l'Est et atteindre, certaines années, les 2000 mm sur les reliefs élevés.
- une pluviométrie qui décroît rapidement vers le Sud. A la lisière du Sahara, la moyenne devient inférieure à 100 mm.
- une concentration des précipitations en un nombre réduit (de décembre à avril représentant les 5 mois les plus productifs).

❖ La Mobilisation de L'eau en Algérie²

& En 2011 : 2,7 milliards m³/an (63 barrages)

& En 2030 : 4,3 milliards m³/an (121 barrages)

& Développement de la réutilisation des eaux usées (1,2 millions m³/an à l'horizon 2015)

& Dessalement (2,3 millions m³/jour)

De part sa rareté, l'eau en Algérie, comme dans la plupart des pays du Sud de la Méditerranée, est un facteur limitant le développement, c'est une source de tensions sociales. La rareté est appréhendée en termes de stress hydrique et d'irrégularité de la ressource, deux facteurs susceptibles de s'accroître avec le changement climatique.

¹ www.umc.edu.dz

Avec moins de 600 m³ par habitant et par an, l'Algérie (36 millions d'habitants en 2010) se situe dans la catégorie des pays pauvres en ressources hydriques, au regard du seuil de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

Les capacités totales de mobilisation sont de 12 milliards de m³/an dont¹:

- Un volume de 6,8 Milliards au Nord (5 Milliards de m³/an pour les eaux de surface, 1.8 Milliards de m³/an pour les eaux souterraines)².
- Un volume de 5,2 Milliards de m³/an dans les régions Sahariennes qui équivaut aux réserves exploitables sans risque de déséquilibre hydrodynamique.

❖ **Les Problèmes de L'eau en Algérie**

La situation actuelle de l'eau en Algérie est très difficile :

➤ **Un déséquilibre entre les besoins et les ressources disponibles** : la croissance démographique et le développement économique et social du pays exigent la disponibilité de différents besoins, mais malheureusement en parallèle, on trouve un accroissement considérable de ces besoins en eau potable, industrielle et agricole.

➤ **La pollution des nappes et des ressources superficielles** : les rejets domestiques, industriels et agricoles dépassent les capacités des systèmes d'épuration, ce qui réduit considérablement les volumes d'eau devant être utilisés. Les défis à relever dans ce domaine sont liés à la préservation de ce qu'on appelle « l'or bleu », réalisé pour la sécurité de la population et l'économie du pays.

Malheureusement, Le besoin en eau douce, en Algérie, ne cesse de croître. En 2002, selon les estimations du Ministère des ressources en eau, le volume d'eau distribué à travers le pays atteignait 3,3 milliards de m³. 1300 millions de m³ ont été affecté à l'usage domestique, 1800 millions de m³ pour l'irrigation, et 200 millions de m³ pour l'industrie.

¹ Problématique du secteur de l'eau et impacts liés au climat en Algérie, 07 Mars 2009, p, 5

² Morgan Mozas & Alexis Ghosn(Octobre 2013), État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p. 3

Tableau 3 : Évolution en % de l'utilisation de l'eau en Algérie¹.

	1975	1980	1992	1998	2002
Domestique	16	21	25	34	39
Irrigation	80	75	70	62	55
Industrie	3	4	5	3,5	6

(Source : *Bouchedja Abdellah*, Ministère des ressources en eau, Alger, 2003)

Face à cette situation critique, L'état s'est engagé dans un vaste programme de mobilisation des ressources en eau pour satisfaire la demande et mettre fin à la problématique du stress hydrique.

I.2.2 La Politique de L'eau En Algérie

A l'instar des autres pays, l'Algérie a enrichi sa politique nationale de l'eau en l'adaptant à toutes les mutations nées aussi bien des changements climatiques, de l'évolution, des enjeux et des besoins sociaux-économiques ainsi que d'une perception du coût réel de l'eau et des conséquences économiques.

Dés 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassins et les Comités de Bassins.

Le territoire Algérien a été subdivisé en cinq grands bassins versant créant dans chacun d'entre eux des organismes de bassin: Agences de Bassin hydrographique et Comités de bassin hydrographique.

¹ *Bouchedja Abdellah - Directeur Général ABHCSM(2012)*, LA POLITIQUE NATIONALE DE L'EAU EN ALGÉRIE, 10ème Conférence Internationale, Istanbul – Turquie, p.6

Tableau 4 : La Ressource en Eau Dans les Cinq Régions Hydrographiques¹

Régions hydrographiques	Eaux superficielles	Eaux Souterraines	Total de la ressource
Oranie - Chott Chergui	1 milliard de m ³	0.6 milliard de m ³	1.6 milliard de m ³
Cheliff – Zahrez	1.5 milliard de m ³	0.33 milliard de m ³	1.83 milliard de m ³
Algérois - Hodna – Soummam	3.4 milliard de m ³	0.74 milliard de m ³	4.14 milliard de m ³
Constantinois - Seybouse – Mellegue	3.7 milliard de m ³	0.43 milliard de m ³	4.43 milliard de m ³
Sahara	0.2 milliard de m ³	5 milliard de m ³	(il s'agit de la nappe albiennne)

Source : *Bouchedja Abdellah (2012)*, Ministère des Ressources en Eau

❖ Principe de la Politique de L'eau en Algérie

Unicité de la ressource: Gestion unitaire à l'échelle du Bassin Hydrographique. Cette gestion sera assurée par les Agences de Bassins Hydrographiques.

Concertation : Cette concertation se fait par le biais des comités de bassins hydrographiques.

Economie : Elle se fera par la lutte contre les fuites et le gaspillage de l'eau avec des objectifs basés sur le comptage systématique et la réhabilitation des réseaux ainsi que par la sensibilisation des usagers à l'utilisation de cette ressource.

Ecologie : L'eau est une ressource rare et un bien collectif à protéger contre toute forme de pollution.

L'universalité: L'eau est l'affaire de tous les usagers.

¹ *Bouchedja Abdellah (2012)*, La Politique Nationale De L'eau En Algérie , Ministère des Ressources en Eau Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue.

La Banque Mondiale¹, évoque qu'une « politique équilibrée Algérienne en matière de mobilisation et de diversification des ressources en eau, au moment où plusieurs pays de la région sont confrontés à de graves difficultés pour approvisionner leurs populations en eau potable » et met en exergue les efforts consentis par les autorités pour éloigner le pays de sa situation de « pauvreté hydrique ».

D'importants financements publics ont été alloués au secteur de l'eau pour mener à bien les réformes structurelles lancées en 2001-2002 : les investissements publics dans ce secteur sont passés de 28,5 milliards de dinars Algériens (soit 34,8 millions d'euros) en 1999 à 594 milliards de DA (soit 738,4 millions d'euros) en 2006.

La concurrence entre les différents usages de l'eau (eaux domestiques, industrielle et agricole) et les interactions entre l'eau et les questions énergétiques et alimentaires ont incité les autorités Algériennes à passer d'une politique sectorielle à une politique intégrée de l'eau.

L'Algérie affiche notamment une volonté de mieux exploiter son potentiel agricole pour réduire la dépendance du pays. Pour cela et à travers la pression croissante sur les ressources en eau d'ici à 2050, il faut tenir compte de la nécessité d'étendre les surfaces irriguées, d'alimenter en eau une population plus nombreuse et de répondre aux besoins potentiels en eau du secteur énergétique.

À long terme, le développement économique en Algérie doit prendre en considération les défis sociaux (accès à l'eau potable en quantité et en qualité suffisantes, tarification sociale, partage de l'eau entre les territoires, etc.) et environnementaux (renouvellement des nappes souterraines, limitation des émissions de CO₂, réduction des rejets polluants, sauvegarde des écosystèmes, etc.) comme étant les deux indicateurs essentiels du développement durable dans ce pays.

¹ Morgan Mozas & Alexis Ghosn ,(2013) Chefs de projet d'Ipemed, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p .4

I.2.3 Gestion intégrée et durable de l'eau en Algérie

La gestion des ressources en eau doit toujours s'opérer dans un cadre caractérisé par trois objectifs interdépendants - sociaux, économiques et environnementaux, et chercher à satisfaire, de manière équilibrée, les besoins correspondants. Ce principe sert à la formulation de la politique de gestion intégrée des ressources en eau qui exige une bonne coordination des activités des sous-secteurs de l'eau en permettant ainsi, de faire face aux problèmes d'environnement, de santé d'origine hydrique, et les projets polyvalents de construction de barrages hydroélectriques. Pour atteindre ces objectifs, la politique de gestion intégrée s'intéresse aux points suivants:¹

- ◆ Approvisionnement en eau, assainissement et santé.
- ◆ Protection de la biodiversité.
- ◆ Protection de l'environnement maritime et côtier
- ◆ Sécheresse et désertification.

❖ La Performance De la Gestion de L'eau

La particularité de l'eau est qu'elle doit être considérée à la fois comme un bien économique et social. La gestion d'un tel bien doit répondre à plusieurs critères distincts. Nous allons présenter trois critères pour évaluer la gestion de l'eau à savoir : l'efficacité, l'équité et l'imputabilité².

➤ L'efficacité

Parvenir à une gestion efficace d'un service tel que la distribution de l'eau potable ou dans le traitement des eaux usées, représente un défi important pour le secteur public. On peut décomposer l'efficacité de la gestion de l'eau en trois composantes : l'efficacité statique, l'efficacité dynamique et l'éco-efficacité.

¹ Politique De Gestion Intégrée Des Ressources En Eau(2000), Banque Africaine De Développement et Fonds Africain De Développement, OCOD.

² BOYER Marcel, Ph. D. PATRY Michel, Ph. D. TREMBLAY Pierre J., ing., Ph.D(1999)., La Gestion Déléguée De L'eau : Les Enjeux, Montréal, p5-11

➤ L'équité

Le principe de l'équité en ce qui concerne la distribution de l'eau repose sur une accessibilité universelle de ce bien essentiel à la survie. Cependant, cette accessibilité n'implique nullement la gratuité du service. Bien au contraire, il est important de réaliser que la gratuité de la consommation de l'eau n'engendre pas nécessairement une situation socialement équitable.

➤ L'imputabilité

Étant donné les caractéristiques du marché de l'eau (monopole naturel, impact sur le bien-être social, conséquences environnementales, impacts sur la santé, etc.), l'État a un rôle incontournable à jouer, notamment à travers la réglementation et ce, quel que soit le mode de gestion privilégié.

❖ **Gestion intégrée et durable de l'eau**

Selon l'allocution d'Ángel Gurría (secrétaire général de l'OCDE) lors du 13ème Congrès mondial de l'eau en 2008, « la gouvernance est bien la clé pour relever tous les défis de la gestion de l'eau ».¹

La première conférence internationale de « Mar el Plata » sur l'eau en 1977 initie le début d'une vraie politique de l'eau, l'objectif était de marquer le commencement d'une nouvelle ère dans l'histoire du développement et du management de l'eau. Elle se termine par l'approbation du plan d'Action de Mar del Plata. Il faudra cependant attendre 1992 avec la conférence de Dublin (ICWE-International Conference on Water and the Environment) pour voir réapparaître l'eau comme thème central des débats.

L'adoption des principes de Dublin et la Conférence de Rio vont impulser la création du CME et du Global Water Partnership (GWP), puis de l'International of Water Management Institute (IWMI). Le constat est pourtant alarmant : les ressources en eau sont en danger. **Le problème est davantage lié à la mauvaise gestion des ressources en eau qu'à son manque effectif².**

¹ HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.11

² HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.12

Le GIRE¹ la gestion intégrée de l'eau, actuellement considéré comme la solution au problème est mondiale. Celle-ci est un processus qui encourage la mise en valeur et la gestion coordonnée de l'eau, des terres et des ressources associées en vue de maximiser le bien-être économique et social qui en résulte d'une manière équitable, sans compromettre la durabilité d'écosystèmes vitaux.

On prend par exemple, La Suisse, pourtant riche en eau, qui réussit à maîtriser sa consommation. Ce succès est dû notamment à la législation suisse en matière de protection des eaux (LEaux, OEaux) à une application de la loi sur la protection des eaux et à une volonté étatique et populaire.

L'Uruguay et l'Afrique du Sud, pourtant pays émergents, ont introduit la gestion de l'eau dans leur constitution afin d'en faire un engagement politique.²

La politique nationale de l'eau se donne des instruments de gestion intégrée et durable des ressources, ce qui permet également de garantir l'impact escompté des grands projets en cours. « Apprendre à gérer la ressource en eau dans une perspective de développement durable, c'est apprendre à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle, et à préserver la qualité de l'environnement. ».

Pour Préserver la qualité de l'eau et de l'environnement, l'Algérie a lancé le programme de réhabilitation et de réalisation de stations d'épuration (STEP) qui a concerné en premier lieu les agglomérations de plus de 100 000 habitants et les agglomérations situées en amont des barrages (en exploitation ou en construction). Plus particulièrement, les villes côtières dont les effluents font l'objet de traitement avant leur rejet dans le littoral.

Le volume épuré est passé de 90 hm³/an au début des années 2000 à 400 hm³ aujourd'hui. On recense un total de 102 unités, dotées d'une capacité installée de 600 hm³. Le programme en cours (40 STEP à réaliser) permet d'atteindre 900 hm³

¹ HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.22

² HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.22

en 2015 et 1200 hm³ en 2020. Au-delà de l'impact écologique, les eaux usées épurées permettent de développer la mise en valeur agricole.

Il est à noter aussi, les travaux d'assainissement luttant contre la remontée des eaux dans les régions d'El Oued et Ouargla dans le Sud ainsi que les travaux de protection contre les crues de la vallée du M'Zab et des villes de Sidi Bel Abbés et de Tébessa.

Consciente des défis à relever dans la gestion des ressources en eau et de la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle politique dans ce secteur, l'Algérie organise pour la première fois des Assises nationales de l'eau en 1995. Suite à cette rencontre, un état des lieux, un diagnostic des systèmes de distribution et d'assainissement d'eau fut établi ainsi qu'une stratégie nationale élaborée¹.

Entre 1995 et 2005, une série de réformes a repensé la mobilisation, la gestion et l'utilisation des ressources en eau prenant en compte trois points clés : les principes (cadre réglementaire, gestion intégrée, efficience de l'eau agricole, politique tarifaire), les institutions (création du ministère des Ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences nationales et régionales), et les priorités (alimentation en eau potable, transferts d'eau, etc.) qui définissent la nouvelle politique nationale de l'eau.

I.3 Généralités Sur les Eaux Usées

I.3.1 Composition Des Eaux Usées²

Les eaux usées urbaines proviennent essentiellement des activités domestiques et industrielles ainsi que des eaux souterraines et des précipitations (les réseaux étant généralement unitaires). Les eaux domestiques proviennent des activités humaines quotidiennes, alors que les eaux usées industrielles sont très variées en termes de quantité et de qualité. Leurs caractéristiques dépendent du type d'industrie et du niveau de traitement que les eaux usées subissent avant leur rejet.

¹ Morgan Mozas & Alexis Ghosn , (2013)Chefs de Projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .5

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, p 6

En effet, la réglementation distingue des niveaux de qualité pour les eaux usées épurées, déterminés essentiellement par les taux de concentration en microorganismes. Il est donc indispensable de connaître la composition des eaux usées afin de définir les domaines de réutilisation possibles et le niveau de restriction.

La composition des eaux usées (Tableau 5), est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.).

Tableau 5: Composants Majeurs Typique D'eau Usée Domestique¹

Constituants	Concentration (mg/l)		
	Fort	Moyen	Faible
Solides totaux	1200	700	350
Solides dissous (TDS)	850	500	250
Solides suspendus	350	200	100
Azote (en N)	85	40	20
Phosphore (en P)	20	10	6
Chlore	100	50	30
Alcalinité (en CaCO ₃)	200	100	50
Graisses	150	100	50
DBO ₅	300	200	100

Source : DJEDDI Hamsa, 2007, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pou l'irrigation des essences forestières urbaines

¹ DJEDDI Hamsa, (2007), Mémoire de Magistère en Ecologie et Environnement, Utilisation des eaux d'une station d'épuration pou l'irrigation des essences forestières urbaines, p.16

I.3.1.1 Les Microorganismes

Les eaux usées contiennent tous les microorganismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes¹.

■ Les bactéries

Les bactéries sont les microorganismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées². La concentration en bactéries pathogènes est de l'ordre de **104 germes L-1**. Parmi les plus détectées on retrouve, les salmonellas, dont celles responsables de la typhoïde, des paratyphoïdes et des troubles intestinaux. Les coliformes thermotolérants sont des germes témoins de contamination fécale communément utilisés pour contrôler la qualité relative d'une eau³.

■ Les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées restent difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous estimation de leur nombre réel⁴. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal. Parmi les virus entériques humains les plus nombreux il faut citer les entérovirus (exemple: polio), les rotavirus, les retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries. Des chercheurs ont constaté que, au cours du processus de traitement des eaux usées, les virus sont plus difficiles à éliminer que les bactéries

¹ Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat .p 7

³ Asano T. (1998)., Wastewater Reclamation and Reuse. Water Quality Management Library, P. 1475

⁴ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.16

classiques couramment utilisées comme indicateurs de la qualité bactériologique des eaux.

■ Les protozoaires

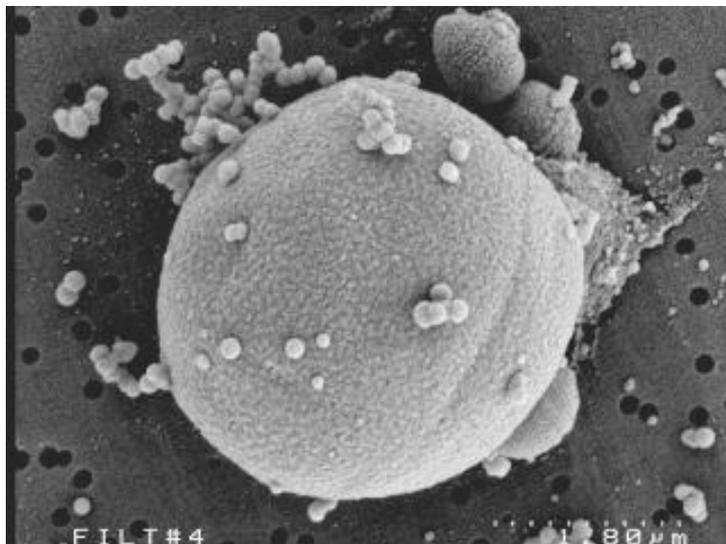


Photo 1 : Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries¹. Plusieurs protozoaires pathogènes ont été identifiés dans les eaux usées², Ces organismes peuvent survivre plusieurs semaines voire même plusieurs années. En revanche, 10 à 30 kystes, est une dose suffisante pour causer des troubles sanitaires.³

■ Les helminthes

Les helminthes sont des parasites intestinaux, fréquemment rencontrés dans les eaux résiduaires, dans les eaux usées urbaines. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire.⁴ Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve. Les œufs et les larves sont résistants dans l'environnement et le risque

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.18

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, .p 8

³ BUMONT S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.p.220

⁴ CSHPF. (1995)., Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines, p22.

lié à leur présence est à considérer pour le traitement et la réutilisation des eaux résiduaires. En effet, la persistance de ces organismes à différentes conditions environnementales ainsi que leur résistance à la désinfection permet leur reproduction, ce qui constitue leur risque potentiel. Les helminthes pathogènes rencontrés dans les eaux usées sont¹ : *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermicularis*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*.

I.3.1.2 Les matières en suspension (MES)²

Ce sont des matières biodégradables pour la plupart. Les micro-organismes sont le plus souvent adsorbés à leur surface et sont ainsi « transportés » par les MES. Elles donnent également à l'eau une apparence trouble, une mauvaise odeur. Cependant, elles peuvent avoir un intérêt pour l'irrigation des cultures³. Les

Particules en suspension peuvent, par définition, être éliminées par décantation. C'est une étape simple et efficace pour réduire la charge organique et la teneur en germes pathogènes des eaux usées. Toutefois, un traitement beaucoup plus poussé est généralement requis pour faire face aux risques sanitaires.

I.3.1.3 Eléments traces⁴, minéraux ou organiques

Les micro-polluants organiques et non organiques résultent d'une pollution Multiple et complexe. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante⁵.

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, p 8

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, p 25

³ Faby J.A., Brissaud F. (1997)., L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

⁴ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.22

⁵ Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2004)., Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.

■ Les métaux lourds

Les métaux lourds que l'on trouve dans les eaux usées urbaines sont extrêmement nombreux. Les plus abondants sont le fer, le zinc, le cuivre et le plomb. Les autres métaux (manganèse, aluminium, chrome, arsenic, sélénium, mercure, cadmium, molybdène, nickel, etc.) sont présents à l'état de traces. Leur origine est multiple: ils proviennent « des produits consommés au sens large par la population, de la corrosion des matériaux des réseaux de la distribution de l'eau et de l'assainissement des eaux pluviales dans le cas de réseau unitaire, des activités de service (santé, automobile) et éventuellement de rejets industriels ». Les éléments les plus dangereux sont le plomb (Pb), l'arsenic (As), le mercure (Hg), le cadmium (Cd) et le nickel (Ni).

■ Les éléments organiques toxiques

Les micro-polluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique, des rejets industriels et des eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier etc...

Les stations d'épuration sont des sources potentielles de ces produits toxiques. Cependant, en raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues plutôt que dans les eaux résiduaires¹.

I.3.1.4 Substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée, et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture. Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre², qui se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, .p 12

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, .p 10

épurées ou brutes. D'après Faby et Brissaud (1997), une lame d'eau résiduaire traitée de 100 mm peut apporter à l'hectare de terre agricole environ :¹

- ✚ de 16 à 62 kg d'azote,
- ✚ de 2 à 69 kg de potassium,
- ✚ de 4 à 24 kg de phosphore,
- ✚ de 18 à 208 kg de calcium
- ✚ de 9 à 100 kg de magnésium,
- ✚ de 27 à 182 kg de sodium²

Le potentiel de fertilisation de l'eau usée traitée est un atout pour les cultures mais peut également être une source de pollution pour l'environnement, en fonction principalement de la gestion des eaux usées appliquée par les agriculteurs. Dans ce cadre, la FAO (2003) a promulgué de nouvelles mesures : il est recommandé de surveiller NO₃-N, NH₄-N, P et K, pour trois raisons principales:

- ❖ l'estimation des engrais additionnels à fournir pour optimiser le rendement et la qualité des cultures.
- ❖ le choix du système agricole approprié pour la meilleure efficacité d'utilisation des nutriments et de l'eau.
- ❖ la protection des eaux de surface et souterraines de la pollution par NO₃-N.

1.3.2 Traitements Des Eaux Usées

Une étude de (Global Water Intelligence, 2005) montre à l'heure actuelle que seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées, ce qui représente un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, mais ce marché enregistre, aux États-Unis comme en Europe, une croissance

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, p 11

² Faby J.A., Brissaud F. (1997)., L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.

d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement¹.

Selon Valiron et al. (1983), la réutilisation de l'eau est définie ainsi: « La réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques »².

La réutilisation des eaux usées s'impose de plus en plus comme une évidence dans les politiques de développement durable des pays souffrant de stress hydrique. « Agbar », filiale espagnole de Suez Environnement, parvient par exemple à réutiliser 21 % des eaux traitées grâce à sa technologie avancée et à son savoir-faire. « Plus qu'une alternative, il s'agit d'une opportunité : produire de l'eau régénérée de qualité 'potable', consomme quatre fois moins d'énergie que produire de l'eau dessalée » souligne Rafael Mujeriego.

Pendant les 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.

I.3 .2.1 L'Histoire des eaux usées traitées

L'épuration et la réutilisation des eaux usées ont été pratiquées en Australie depuis 1880. Dans les années 1950 et 1960, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des golfs et espaces verts s'est développée et en 1993 elle a été

¹ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P43

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 10

encouragée par le gouvernement d'Etat qui l'a réglementée dans la loi pour la Protection de l'Environnement de 1995¹.

Aux États-Unis, 34 états disposent de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Les grandes réalisations sont en Californie où les eaux usées sont utilisées pour irriguer le coton, le maïs et la betterave à sucre et en Floride, où, en plus des parcs et des golfs, 3000 ha de cultures et de pépinières sont irriguées par les eaux usées traitées.

En 1989, la Tunisie est le premier pays de l'Ouest méditerranéen à avoir adopté des réglementations pour la réutilisation des eaux usées. On compte environ 6400 hectares irrigués par les eaux usées traitées, les cultures irriguées sont les arbres fruitiers (citrons, olives, pommes, poires etc.), les vignobles, les fourrages (luzerne, sorgho), le coton, etc.²

Bien que quelques rares exemples contraires existent, les eaux usées ne doivent pas être réutilisées brutes. Un traitement est toujours nécessaire, différent selon le type d'utilisation choisi. Pour l'irrigation et les utilisations urbaines, les objectifs principaux sont de ³:

- réduire les risques de colmatage,
- éviter les mauvaises odeurs,
- éliminer les microorganismes pathogènes, chaque fois que la réglementation l'exige.

- réduire la teneur en azote, quand la protection d'une nappe souterraine l'impose.

Les projets de réutilisation concernent souvent les effluents de stations d'épuration existantes et le traitement primaire ou secondaire devra être complété par un traitement tertiaire.

¹ MONCHALIN Gérard, AVIRON-VIOLET Jacques, (juillet 2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement », .P.08

² BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal,

³ MONCHALIN Gérard, AVIRON-VIOLET Jacques, (juillet 2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement », .P.15

Les procédés d'épuration peuvent être classés en :

- Procédés conventionnels (décantation primaire, lits bactériens, boues activées, biofiltration, dénitrification)
- désinfection (chloration, ozonation, ultrafiltration)
- procédés extensifs (lagunage naturel, infiltration - percolation)

Traiter les eaux demande l'application de techniques différentes. Ces techniques peuvent être d'ordre mécanique, physique, chimique, ou encore biologique. Le but étant toujours d'assainir l'eau rejetée ou utilisée afin qu'elle soit compatible avec l'environnement ou l'usage que l'on compte en faire.

Dans une station de traitement des eaux usées on distingue deux lignes différentes :

- La ligne des eaux
- La ligne des boues

Dans la ligne des eaux, sont traités les déchets provenant des égouts. Cela comprend trois stades¹ :

- Le traitement primaire : Un processus physique utilisé pour éliminer une partie des substances organiques ou sédimentaires qui sont contenues dans le liquide. Cela comprend le dégrillage, le tamisage, le dégraissage et la sédimentation primaire.

- Le traitement secondaire : Un processus biologique utilisé pour éliminer les substances organiques sédimentaires et non sédimentaires contenues dans le liquide. Cela comprend l'aération et la sédimentation secondaire.

- Le traitement tertiaire : Réalisé sur l'effluent à la sortie de la sédimentation secondaire, il permet d'obtenir un affinement post-traitement à l'épuration. Il comprend des traitements spéciaux pour diminuer le contenu des substances qui n'ont pas été éliminées par les traitements primaires et secondaires.

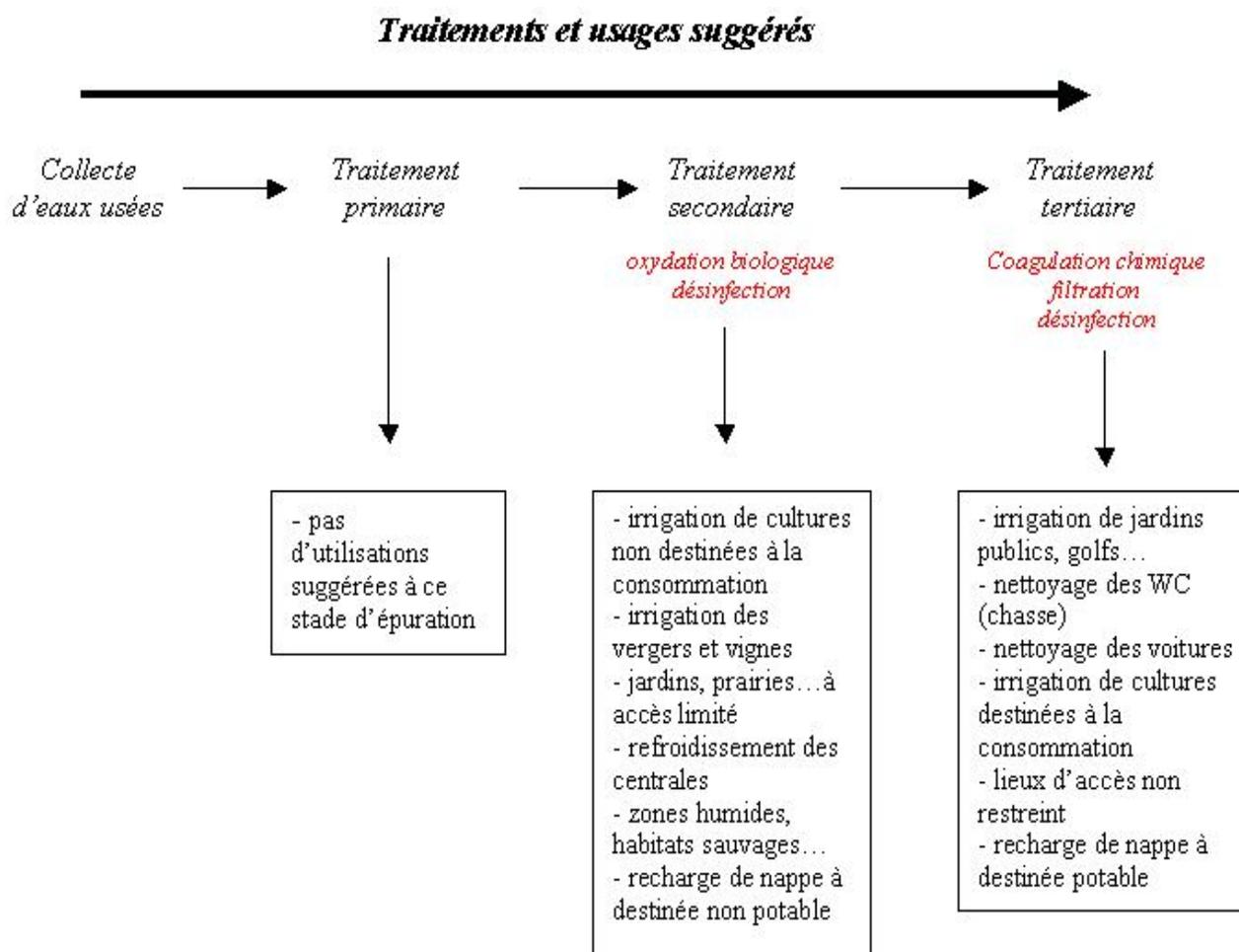
¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctora, p 17

Dans la ligne des boues, sont traitées toutes celles produites pendant les phases de sédimentation de la ligne des eaux.

Le but de cette ligne est d'éliminer la quantité élevée d'eau contenue dans les boues et d'en réduire le volume. L'objectif ici est également de stabiliser le matériel organique et de détruire les organismes pathogènes présents, de façon à rendre le produit final moins coûteux et moins dangereux pour l'environnement.

L'effluent final traité est conduit dans des filières de traitements et d'épandage et peut être aussi utilisé par l'agriculture ou certaines industries.

Figure N° 5: Usages Suggérés Suivant le Niveau de Traitement



Source : Catherine Boutin, Alain Héduit, Jean-Michel Helmer(2009)

A cet effet, On va essayer d'expliquer en détail toutes les étapes d'épuration des eaux usées à travers les deux lignes :

❖ **Le Traitement Préliminaire**

Le prétraitement vise à protéger le relèvement des eaux brutes et plus généralement à éliminer tout ce qui pourrait gêner les traitements ultérieurs.¹ Suivant la qualité de l'eau à traiter, plusieurs opérations peuvent être nécessaires, parmi lesquelles² :

❖ **Le Dégrillage**

Le dégrillage consiste à débarrasser l'effluent des matières les plus volumineuses. Il consiste à faire passer les eaux usées au travers d'une grille dont les barreaux moins espacés, retiennent les éléments grossiers après nettoyage des grilles par des moyens mécaniques, manuels.

Parmi l'espacement des barreaux on distingue³ :

Un pré dégrillage : espacement 30 à 100mm

Un dégrillage moyen : espacement 10 à 25mm

Un dégrillage fin : espacement 3 à 10mm Pour le nettoyage des grilles, on distingue deux types de grilles.

❖ **Le Dessablage**

Ce procédé consiste à l'élimination du sable présent dans l'effluent brut qui est indispensable pour protéger les conduites et les pompes contre l'érosion et le colmatage.

¹ FAO. (2003)., L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation. FAO Irrigation and Drainage paper, p65.

²BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.43

³ BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.10

❖ Le Dégraissage et le Déshuilage

L'opération est destinée à réduire les graisses et huiles non émulsionnées par simple sédimentation physique en surface. Il existe différents dispositifs de déshuilage-dégraissage conçus suivant la nature de l'eau à traiter.

❖ Le Traitement Primaire

Il consiste en une séparation des éléments liquides et des éléments solides sous l'effet de la pesanteur. Les matières solides se déposent dans le fond d'un ouvrage appelé décanteur pour former les boues primaires¹. Ces dernières sont récupérées au moyen d'un système de raclage. Ce traitement s'effectue par des voies physico-chimiques pour faciliter la décantation.²

- **La décantation simple** : est un processus physique de séparation sous l'action de la pesanteur. Les matières en suspension ou colloïdales ont tendance à se séparer du liquide par sédimentation.

- **La décantation associée** : le principe ici est de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation pour former des floccs plus gros et faciliter la décantation.

¹ Vaillant J.R. (1974), Perfectionnement et Nouveautés pour L'épuration des Eaux Résiduaires : Eaux Usées Urbaines et Eaux Résiduaires Industrielles. Ed. Eyrolles. Paris, p.413

² BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.11

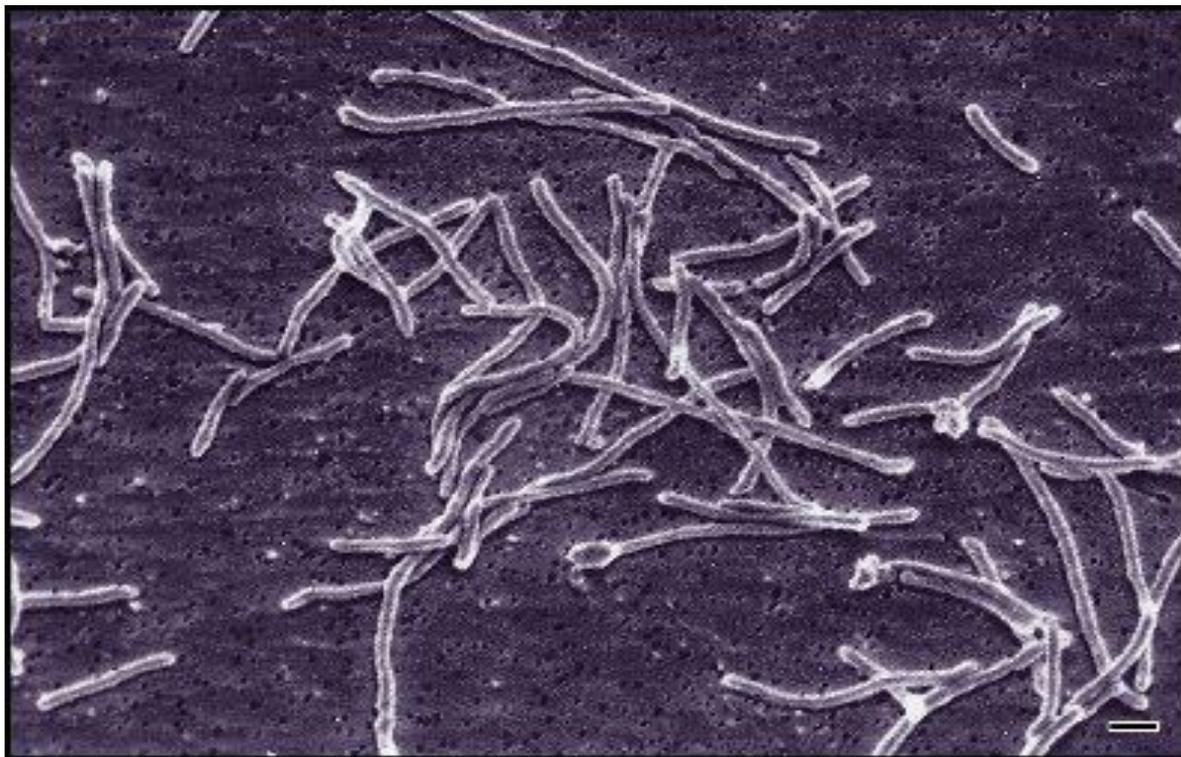
❖ **L'épuration Biologique¹**

Photo 2 : L'épuration Biologique

Dans le traitement des eaux industrielles ou le traitement des eaux domestiques on utilise souvent les traitements biologiques afin d'éliminer les éléments organiques telles les graisses, sucres, protéines, etc. La dégradation de ces éléments organiques est assurée par des microorganismes (bactéries) qui consomment les matières organiques en présence d'oxygène (méthode aérobie) ou sans oxygène (méthode anaérobie)².

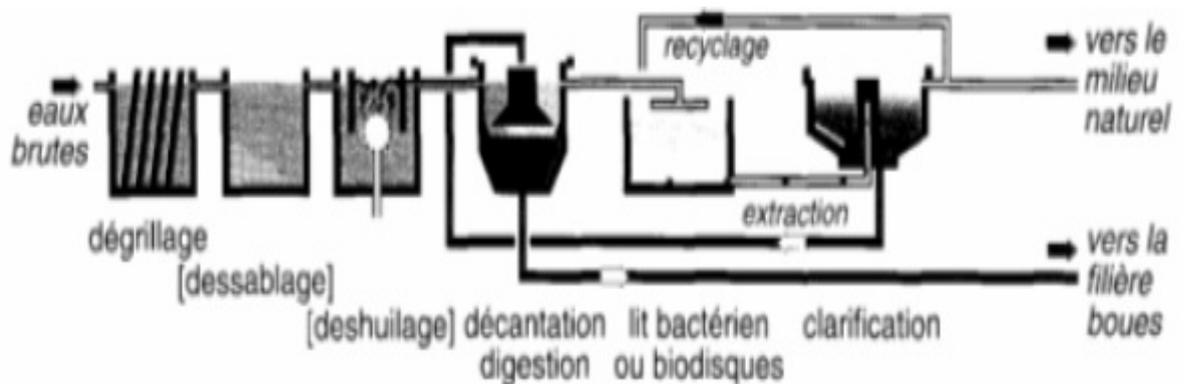
¹ w.w.w.traitementdeseaux .fr, Nov, 2011

² Mr KHECHIBA ILYAS, Mr MAHI ABDELWAHHAB(2016), Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place, Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, p.3.

Les différents procédés biologiques d'épuration des eaux usées sont¹

❖ Les Lits Bactériens :

Figure N° 6 : Les Lits Bactériens



Les lits bactériens, appelés aussi lits ou filtres à ruissellement sont utilisés pour le traitement biologique des eaux usées depuis près de 100 ans.

Son principe de fonctionnement est de faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement sur une masse de matériau (naturel ou plastique) servant de support aux micro-organismes et qui est fixé sur le support éliminant les matières organiques par absorption des constituants solubles en suspension.

Les lits bactériens sont des réacteurs biologiques à cultures fixées, non immergées, utilisant un matériau de contact traditionnel (pouzzolane, cailloux).

❖ Les Boues Activées

Le procédé à boues activées a été découvert en 1914 à Manchester. Le principe consiste donc à provoquer le développement d'un floc bactérien dans un

¹ BOUMEDIENE Mohammed El Amin(2013), Bilan De Suivi Des Performances De Fonctionnement D'une Station D'épuration A Boues Activées, p.12

bassin (bassins d'aération) alimenté en eau usée à traiter.¹ La prolifération des micro-organismes nécessite aussi une oxygénation suffisante².

La suspension boueuse contenant la flore bactérienne épuratrice contenue dans le bassin d'aération s'appelle boue activée et c'est elle qui absorbe la matière organique et les composées azotées peuvent aussi être oxydés par les phénomènes de nitrification.

❖ Les Disques Biologiques

Les disques biologiques ou bio disques sont des disques enfilés parallèlement sur un axe horizontal tournant. Ces disques plongent dans une auge, où circule l'eau à épurer ayant subi une décantation. Pendant une partie de leur rotation ils se chargent de substrat puis ils émergent dans l'air le reste du temps (pour absorber de l'oxygène). Les disques sont recouverts d'un bio film sur les deux faces. Ils ont un diamètre de 1 à 3 m, sont espacés de 20 mm et tournent à une vitesse de 1 à 2 tr mn-1.

Les boues en excès se détachent du disque et sont récupérées dans un clarificateur secondaire avant rejet dans le milieu naturel.

❖ Le Lagunage

Le lagunage est un système de traitement des eaux qui se sert des mécanismes naturels de l'environnement où l'eau est épurée par des communautés de micro-organismes variés.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.45

² BOUALLA Nabila(2011), L'EXPÉRIENCE ALGÉRIENNE EN MATIÈRE D'ÉPURATION DES EAUX USÉES, ScienceLib Editions Mersenne : Volume 3, p.6

L'épuration par lagunage naturel repose sur la présence de bactéries en cultures libres et d'algues. L'oxygène nécessaire à la respiration bactérienne est produit par des végétaux en présence de rayonnement lumineux.

Parmi les avantages du lagunage, on peut citer :

- Une bonne élimination de la pollution bactériologique
- Efficacité sur des effluents peu concentrés
- Très faible consommation énergétique
- Exploitation simple

◆ **Le traitement secondaire**

A l'issue des traitements, une ultime décantation permet de séparer l'eau épurée des boues ou résidus secondaires issus de la dégradation des matières organiques. Cette décantation est opérée dans des bassins spéciaux, les clarificateurs. L'eau épurée peut alors être rejetée dans le milieu naturel. Les boues récupérées en fond d'ouvrage sont en partie renvoyées vers le bassin d'aération pour y maintenir la concentration voulue en microorganismes,

-Épuratoires et, en partie, extraites et envoyées sur la ligne de traitement des Boues (lits de séchage, silos).¹

◆ **le traitement tertiaire**

A l'issue des procédés décrits précédemment, les eaux sont normalement rejetées dans le milieu naturel. Dans le cadre d'une réutilisation des eaux usées épurées (REUE), nécessitant des traitements supplémentaires, essentiellement pour éliminer les micro-organismes qui pourraient poser des problèmes sanitaires.

Ce ne sont pas des traitements d'épuration « classiques » (mis à part le lagunage)¹. Par contre ils sont fréquemment utilisés dans les usines de production d'eau potable.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.43

❖ Les Membranes

Les membranes permettent de filtrer et d'éliminer toutes les MES, tous les microorganismes et toutes les substances qui s'y adsorbent. Seules subsistent les matières dissoutes. L'efficacité épuratrice d'une membrane dépend de son « seuil de coupure ». (Selon Lazarova et al 2003), un seuil de coupure de 0,035 μm permet de désinfecter de manière quasi-totale².

Les autres avantages d'un traitement par membranes sont une réduction considérable de la surface nécessaire au site de traitement (moins 50 % de surface totale au sol et moins 40 % du volume d'un bassin biologique, toujours selon Lazarova et une automatisation poussée de l'usine.

Par contre, les membranes nécessitent d'être nettoyées régulièrement pour continuer à être efficaces. De plus, le traitement par membranes est un procédé dont le coût est élevé.

❖ Le Lagunage Tertiaire

Le lagunage tertiaire est un procédé extensif de désinfection similaire au lagunage secondaire, si ce n'est qu'il est précédé d'un traitement d'épuration comme par exemple un traitement par boues activées. Il permet d'éliminer les micro-organismes, d'affiner l'épuration, de faire face aux variations de flux et de protéger le milieu récepteur³.

❖ L'infiltration/Percolation

L'infiltration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un massif filtrant. On infiltre les effluents à raison de quelques centaines de litres par mètre carré de massif filtrant et par jour. Trois mécanismes entrent en jeu :

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.47

² Lazarova V., Gaid A., Rodriguez-Gonzales J., Alday Ansola J. (2003)., L'intérêt de la réutilisation des eaux usées : analyses d'exemples mondiaux. *Techniques, Sciences et Méthodes*,9 : 64-85.

³ Cauchi, Hyvrard, Nakache, Schwartzbrod, Zagury, Baron, Carre, Courtois, Denis, Derrat, Larbaigt, Derangere, Martigne, Seguret. (1996)., Dossier : la réutilisation des eaux usées après épuration. *Techniques, Sciences et Méthodes*, 2 : 81-118.

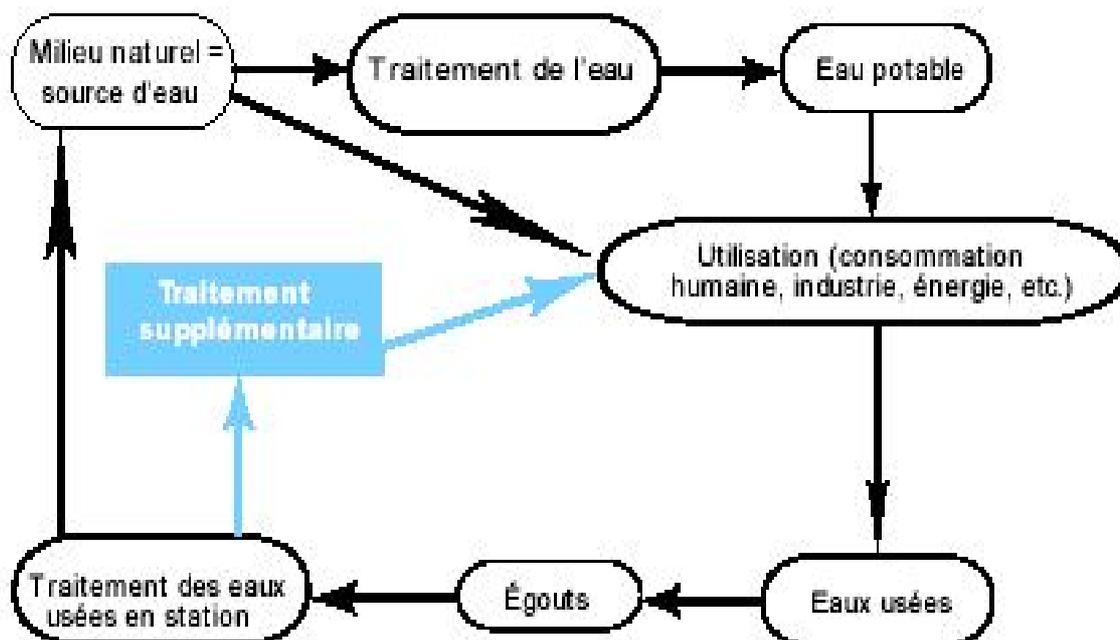
la filtration des MES : plus le sable est grossier, plus la fixation des MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase d'infiltration et phase de séchage.

I.3.3 Les Principales Voies de Réutilisation des Eaux Usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu Environnemental. On peut ajouter aussi que, cette notion remplit un double objectif d'économie et de protection de la ressource : en amont, elle permet de l'économiser en fournissant une « ressource alternative », tandis qu'à l'autre bout de la chaîne, elle diminue le volume des rejets d'eaux usées dans l'environnement. La mise à disposition de cette ressource alternative peut contribuer au développement durable des régions touchées par les pénuries d'eau et les sécheresses.

Plus généralement, la raréfaction des ressources et l'importance des coûts d'acheminement et d'évacuation des eaux pour l'alimentation des villes conduisent les autorités un peu partout dans le monde à se pencher sur la question de la réutilisation des eaux usées. Cette réutilisation peut être destinée : • au nettoyage de certains équipements industriels, • au refroidissement industriel (notamment dans les secteurs du nucléaire, de la pétrochimie et de l'automobile), • à l'irrigation, • aux utilisations municipales (arrosage des parcs, lavage des rues, lutte contre les incendies...) et • à être valorisées sous forme de chaleur.

Figure N° 7: La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées



(Source : Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. 2004)

La demande en eau est croissante et particulièrement forte dans les pays du nord (un américain consomme en moyenne deux cents fois plus d'eau qu'un Africain). Il faut donc sans cesse trouver les moyens techniques pour recueillir et utiliser l'eau comme il convient. L'eau apparaît comme un enjeu majeur pour l'avenir, une richesse qu'il faut partager, gérer et préserver¹.

L'évolution de la réutilisation des eaux usées a connu et connaît encore à l'heure actuelle différentes phases en fonction des intérêts mis en jeu, qu'ils soient économiques, sanitaires, socioculturels ou environnementaux. Elle est liée au développement de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. Actuellement, les possibilités de réutilisation des eaux usées sont très larges, quand la qualité est en adéquation avec l'usage.

A cet effet, on va illustrer les différents usages de la réutilisation des eaux usées :

¹ ECOSSE David, (2001), « La Réutilisation des Eaux Usées ». Mém. D.E.S.S, Fac. Sciences, 2001

I.3.3.1 La Réutilisation Des Eaux Usées et L'industrie

L'eau constitue souvent un élément essentiel à la production industrielle. Dans un contexte de raréfaction de la ressource, de nombreuses entreprises cherchent à développer le recyclage de leurs eaux usées. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle.

Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement.¹ Nous allons prendre l'exemple de la centrale nucléaire de **Palo Verde**² :

La station de Palo Verde est la plus grosse centrale nucléaire des États-Unis (4 millions de kW). Elle se trouve à Phoenix, en Arizona. Elle est aujourd'hui l'unique exemple dans le monde d'une centrale nucléaire qui utilise des eaux épurées pour ses tours de refroidissement.

Une centrale électrique a besoin d'eau pour produire de la vapeur (pour faire tourner les turbines) et pour refroidir ses équipements. La centrale consomme environ 6 400 m³ d'eau par minute. Or Palo Verde se situe dans un endroit sans réserves d'eau naturelles (pas de rivières, de lacs ni de mer). La décision a donc été prise de recourir aux eaux usées provenant de la ville de Phoenix. Les eaux usées urbaines sont traitées par une station d'épuration qui a une capacité de 500 000 m³ par jour environ. L'opération a débuté en 1974.

¹ ECOSSE David(2001), « La Réutilisation des Eaux Usées », Mém. D.E.S.S, Fac. Sciences

² BAUMONT Samuel , CAMARD Jean-Philippe , LEFRANC Agnès , FRANCONI Antoine(Novembre 1998) « Réutilisation des Eaux Usées Epurées : Risques Sanitaires et Faisabilité en Île-de-France », Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, P. 82

I.3.3.2 La Réutilisation En Zone Urbaine

Les utilisations possibles d'eaux épurées en zone urbaine sont extrêmement nombreuses, et il existe de multiples exemples à travers le monde. Ces projets concernent :

- l'arrosage de parcs, de terrains de sport, de terrains de golf, d'aires de jeux.
- les piscines, bassins pour la pêche et la navigation de plaisance.
- les eaux des sanitaires d'un immeuble ou d'un groupe d'immeubles.
- les réservoirs anti-incendies, etc.

Les pays à la pointe de la REUE en milieu urbain sont en majorité des pays développés et fortement urbanisés : États-Unis, Japon, Corée du Sud, Allemagne.

I.3.3.3 La Réutilisation des Eaux Usées et L'agriculture

L'agriculture consomme la part la plus importante de l'eau, à travers les statistiques, L'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit¹: Agriculture: 70%, Industrie: 20%, Eau potable: 10%

Afin de préserver l'eau douce, et de faire face aux besoins alimentaires de la population future, il est donc normal de se tourner vers d'autres ressources en eau. Selon la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), la superficie irriguée devrait s'accroître de 33% d'ici 2010 et de 53% d'ici 2025². Cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau qui risque de se faire aux dépens de l'eau potable. C'est pourquoi, La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne l'agriculture, comme par exemple :

En France, l'expérience actuelle se limite à des projets de faible taille (irrigation jusqu'à 320 ha), situés surtout dans les zones côtières de l'Atlantique (par exemple Pornic pour l'irrigation de golfs) et de la Méditerranée (par exemple

¹ BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal, P. 14

² BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal, P. 16

Montpellier pour l'irrigation des cultures). L'application qui connaît l'expansion la plus importante reste l'irrigation des golfs.

Selon une enquête de la Sofres de 2006¹, 62 % des français considèrent la réutilisation des eaux usées comme une priorité et sont favorables à tous les usages non-potables. Par exemple, les habitants des Alpes-Maritimes estiment nécessaire de prévoir la réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts (98 % favorables), le nettoyage urbain (96 % favorables), l'arrosage des golfs (83 % favorables).

L'expérience de Mexico City apparaît comme le plus important projet de réutilisation des eaux usées au niveau mondial. Presque 100 % des eaux usées brutes de la capitale mexicaine sont réutilisées pour l'irrigation de plus de 85 000 ha de diverses cultures agricoles.

Aux Etats-Unis, la réutilisation agricole est une pratique très répandue. 34 états disposent de réglementations ou de recommandations, souvent très sévères. Ces mesures législatives, et plus de trente ans d'expérience, font des Etats-Unis un pays phare au plan mondial dans le domaine de la réutilisation des eaux usées.

En Floride et en Californie, respectivement 34 % (340 000 m³/j) et 63 % (570 000 m³/j) du volume total d'eaux usées réutilisée sont pour l'agriculture. L'usine de réutilisation de West Basin (Californie) (capacité finale 270 000 m³/j), gérée par United Water Services, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, a développé le plus vaste programme de réutilisation basé sur des technologies de pointe et des usages diversifiés.

En Italie², la réutilisation des eaux usées est devenue un enjeu politique important. En 2005, la ville de Milan a démarré la plus grande usine de réutilisation des eaux usées en Europe avec une capacité moyenne de traitement 345.000 m³/j.

¹ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « *Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France* », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P46

² LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « *Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France* », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P44

Cette usine permet de recycler les eaux usées traitées et désinfectées pour l'irrigation de plus de 22.000 hectares de cultures maraîchères à haute valeur ajoutée.

En Jordanie¹ aussi, le ministère jordanien de l'Eau et de l'Irrigation vient d'accorder à Suez Environnement, un contrat de partenariat de 25 ans afin d'agrandir l'usine de traitement des eaux usées d'As Samra. Le projet permettra d'accroître les capacités de l'usine actuelle, qui passera ainsi de 267 000 à 365 000 mètres cubes par jour afin de répondre aux besoins d'une population estimée de 3,5 millions d'habitants, soit près de 35 % de la population du pays. Une fois l'extension réalisée, elle constituera la plus vaste usine de traitement des eaux usées en service de toute la Jordanie. Elle produira une eau traitée qui représentera près de 10 % des ressources en eau, cette eau ainsi obtenue sera entièrement réutilisée en irrigation et permettra de réduire l'utilisation de l'eau potable dans le secteur agricole.

Enfin en Algérie, L'eau est une ressource limitée, difficile à mobiliser et à exploiter tellement elle est conditionnée par des précipitations orageuses, variables et irrégulières dans le temps et dans l'espace. Les écoulements superficiels sont estimés à plus de 12 milliards de mètres cubes annuellement où seulement près de 2 milliards sont mobilisés par an. Ce volume devrait atteindre les 3 milliards quand tous les barrages en construction seront opérationnels.

Le volume mobilisable est de l'ordre de 6 milliards de mètres cubes quelque soient les moyens utilisés.

L'Algérie aura à vivre une situation de pénuries d'eau, d'ici l'an 2010, si rien n'est fait pour d'abord utiliser rationnellement cette ressource et la mobiliser par la suite.

La réutilisation et l'exploitation des eaux usées destinées à l'agriculture sont actuellement de l'ordre de 650 millions m³. En 2011, 750 millions m³ pour devenir

¹ Suez Environnement (2009) « L'eau En Jordanie : Une Problématique Vitale, Un Enjeu Stratégique, Un Marché En Pleine Expansion », P. 18

1 milliard m³ à l'horizon de l'année 2015 en signalant que les capacités de notre pays au début des années 1990 ne dépassaient pas 98 millions m³ seulement. Les eaux utilisées doivent être destinées à l'agriculture qui enregistre en Algérie un déficit remarquable, car 65% de ces eaux sont destinés à l'irrigation agricole alors que nos voisins en Tunisie ont pu atteindre 80%¹.

La réutilisation des eaux usées destinées à l'agriculture est devenue un enjeu politique important et contribue elle aussi comme les autres secteurs au développement durable qui a été défini comme un « développement qui dure », ou qui « assure durablement une prospérité maximale à partir des ressources disponibles ».

Pour cela, il ya des normes qui doivent être appliquées et respectées : L'irrigation, avec des eaux usées épurées des cultures maraîchères dont les produits sont consommés crus est interdite, les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée. Les parcelles irriguées, au moyen des eaux usées épurées, doivent être éloignées de plus de 100 mètres des routes, des habitations, des puits de surface et autres ouvrages destinés à l'alimentation en eau potable. Tout raccordement avec une canalisation transportant de l'eau potable est interdit.

En plus et À travers l'arrêté interministériel du 8 safar 1433 correspondant au 2 Janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation²:

- L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette.
- Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol.
- L'irrigation par aspersion est à éviter.
- Les irrigations doivent être arrêtées une semaine avant la coupe.
- L'utilisation de la main d'œuvre qualifié

¹ S. Mohamed (mai 2010), « l'eau dans l'agriculture saharienne », Liberte Algérie

² GUEMACHE Leila(2015), Sous-Directeur des Grands Périmètres Oran, Dispositions réglementaires Régissant la Réutilisation des Eaux Usées Epurées à des Fins Agricoles, p.22

Conclusion

L'eau est essentielle à la vie, c'est une ressource naturelle, source de vie mais aussi de conflits. C'est le constituant essentiel des êtres vivants : un homme ne peut vivre que 2 jours sans eau, la quantité moyenne d'eau contenue dans le corps d'un adulte est de 60 %. Il y a encore quelques années, l'eau n'était qu'une molécule chimique que l'on mettait en bouteille, ressource inépuisable à laquelle on ne prêtait guère attention.

A la fin des années 60, les mentalités commencent à évoluer avec notamment la proclamation de la Charte européenne de l'eau. C'est l'une des premières tentatives de considérer l'eau comme élément indispensable à la vie. Bien que dans les années 80, des conférences internationales soient liées à l'eau, il faudra cependant attendre 1992 avec l'adoption des principes de Dublin, pour que la communauté internationale prenne conscience de la situation alarmante des ressources en eau.

90 % des 3 milliards d'habitants qui s'ajouteront à la population mondiale d'ici 2050 se trouveront dans les pays en développement, principalement dans des régions où, actuellement, la population ne bénéficie pas d'un accès correct à l'eau potable et à l'assainissement. La gestion de l'eau est un défi à relever aujourd'hui.¹

La gestion du secteur de l'eau en Algérie relève principalement de la loi relative à l'eau (loi n°05-12 du 4 août 2005). En plus de donner un cadre général précis aux changements qui ont eu lieu en Algérie depuis dix ans, la loi donne pour la première fois la possibilité d'effectuer une concession ou une délégation de service public de l'eau à des personnes morales de droit public ou privé.

L'ensemble des textes réglementant les activités liées à l'environnement, en vue de maîtriser qualitativement les ressources en eau, souligne l'importance d'intégrer le long terme et la durabilité des ressources dans les choix politiques.

¹HUGONIN Patricia (2011), Op-Cit, p.25

CHAPITRE II

La Performance de L'Agriculture et L'Evaluation de la Qualité de L'eau Usée Traitée Pour L'irrigation

Introduction

On dit souvent que la prochaine crise que l'humanité subira sera celle de l'eau potable et que, par conséquent, sa préservation est une priorité. Pourtant, n'est-il pas fréquent de constater son emploi pour des usages ne le justifiant pas tels que le nettoyage des voitures ou encore l'arrosage de parcs par exemple ? Afin de limiter son utilisation déraisonnée, il convient de chercher des approvisionnements alternatifs. La Réutilisation des Eaux Usées Epurées (REUT) pourrait alors en être un.

La croissance de la pression sur les ressources en eau, le développement de l'eau et de la recherche, sont des facteurs qui contribuent à l'évolution de cette pratique.

Les eaux usées épurées peuvent être exploitées et réutilisées¹ :

- Comme une ressource alternative qui vient augmenter le potentiel des ressources en eau.
- Dans l'agriculture pour la création de nouveaux périmètres irrigués.
- Dans la protection de l'environnement

La réutilisation des eaux usées connaît des applications variables suivant les pays : En Israël 67% des eaux usées sont utilisées pour l'irrigation, en Inde 25 % et en Afrique du Sud 24 %. En Amérique latine, le plus grand projet des eaux usées se trouve à Mexico, où 83 000 hectares sont irrigués avec des eaux usées brutes. On estime que 10% des récoltes dans le monde sont irriguées par des eaux usées brutes, et de nombreux pays dont l'Algérie, utilisent les eaux usées et épurées pour l'irrigation.

¹ EL HAITE Hakima (2010), Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, p 19

Un grand nombre de facteurs doit être pris en considération dans cette technique à savoir : les systèmes d'irrigation, les rendements et la qualité des récoltes, la protection de l'environnement, les contrôles, les aspects socio-économiques.

La réutilisation des eaux usées dans l'agriculture nécessite la mise en œuvre d'une réglementation, d'une politique des mesures institutionnelles et organisationnelles entre les traiteurs et les demandeurs des eaux usées et l'intégration de leur réutilisation dans les schémas d'aménagement et de gestion des eaux¹.

Une présentation générale du secteur de la production agricole Algérien va permettre de mieux cerner l'environnement du producteur agricole et pour le cadre qui nous intéresse, d'identifier ses attentes concernant l'utilisation des eaux usées traitées et son impact sur les terres agricoles.

Dans cette perspective, nous proposons de présenter, les différents systèmes et paramètres demandés en agriculture, les eaux usées traitées et la situation agricole en Algérie.

Aussi, nous allons mettre en exergue les critères de qualité des eaux usées pour l'irrigation, les risques qu'on va rencontrer en utilisant ces eaux, et enfin mettre l'accent sur les différentes réglementations dans le monde.

¹ EL HAITE Hakima (2010), Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, p 22

II.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture

II.1.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture Dans le Monde

L'utilisation des eaux usées en agriculture est une pratique très ancienne et assez répandue dans le monde entier. Ce développement s'explique principalement par le manque d'eau potable et par le besoin d'accroître la production agricole. Plus de 20 millions d'hectares dans 50 pays sont actuellement irrigués avec des eaux usées épurées ou brutes¹.

Le secteur agricole est le plus grand utilisateur de l'eau, l'augmentation de la population exige de plus en plus de nourriture, celle-ci peut être réalisée par l'extension des terres irriguées qui ont l'avantage de meilleure productivité.

L'irrigation a joué un rôle considérable pour l'augmentation de la production alimentaire au cours des dernières décennies, cependant son apport total reste inférieur à celui de l'agriculture pluviale.

Les superficies irriguées sont évaluées à 264 millions ha soit 17 % des 1,5 milliards ha de superficies cultivées dans le monde. Les superficies cultivables quant à elles sont estimées par la FAO (Food and Agriculture Organisation) à 4.2 milliards d'hectares. Ces 17 % assurent près de 40 % de la production alimentaire mondiale alors que les 60 % restants sont le produit de l'agriculture pluviale. Une petite superficie irriguée peut remplacer et produire autant qu'une plus vaste superficie en régime pluvial, de faible rendement.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.26

La productivité des terres irriguées est trois fois supérieure à celle des terres cultivées non irriguées. Les surfaces les plus vastes sont indiquées dans le tableau (6)¹.

Tableau 6 : Superficies irriguées dans le monde

Pays	Surface irriguée (millions ha)	%
Chine	76	28,8
Inde	44	16,2
USA	25	9,6
Moyen Orient et Afrique du Nord	23	8,7
Pakistan	15	5,8
Amérique latine et Caraïbes	14	5,4
Afrique Subsaharienne	6	2,3
Autres pays	61	23,2
Total	264	100

Source : CHAREB-YSSAAD Ismahane, Gestion intégrée et économie de l'eau

La réutilisation des eaux usées², lorsqu'elle est correctement faite, peut être plus efficace que l'eau dans le domaine de l'agriculture pour une gestion durable. Les principaux avantages de la REUT pour l'agriculture sont :

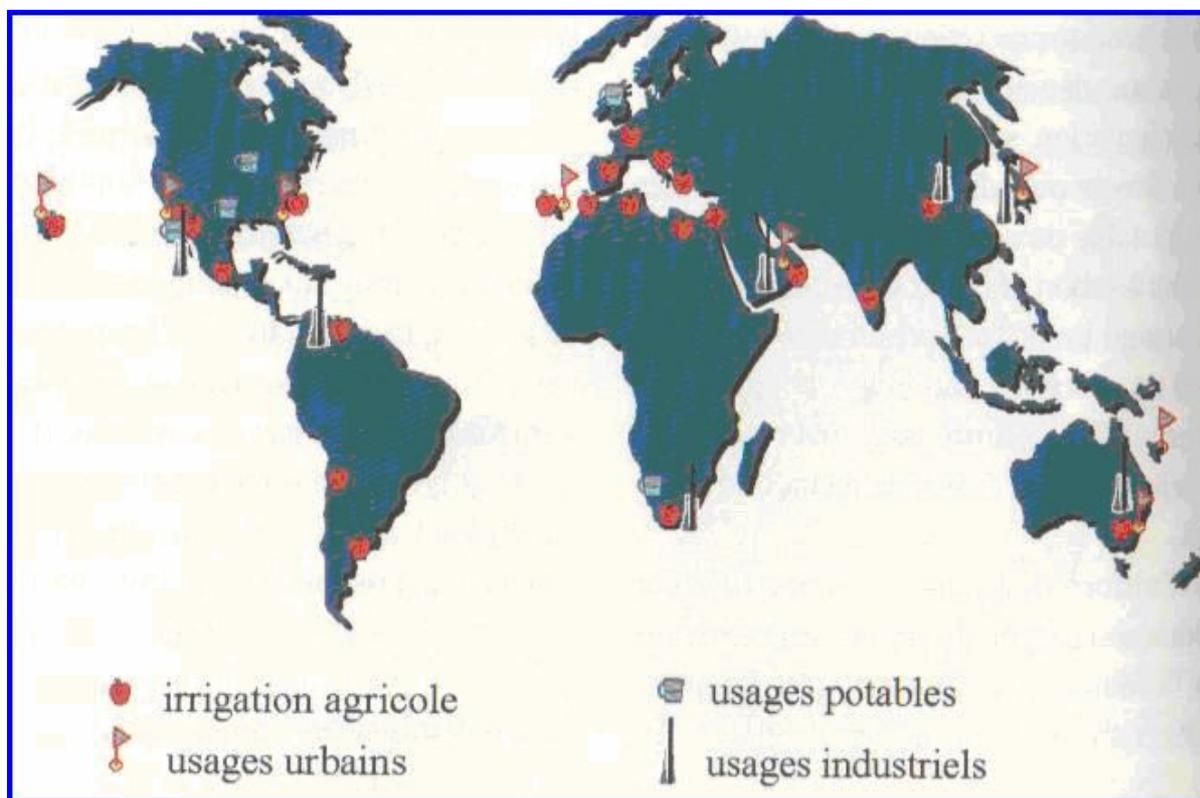
- Une conservation des ressources en eau douce en particulier dans les pays en pénurie d'eau.
- Un moyen d'éviter la pollution des eaux de surface sans toutefois déverser les eaux usées dans les plans d'eau.
- Un apport naturel en nutriments (notamment azote, phosphore et potassium), donc des besoins en engrais artificiels réduits.
- L'amélioration des caractéristiques physiques des sols grâce à l'apport de matières organiques : prévention de l'érosion.

¹ CHAREB-YSSAAD Ismahane, **Gestion intégrée et économie de l'eau**, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, p.4

² Séminaire International Sur La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées Dans La Région Arabe Golden(2011), Edité par : GEB-Environnement.com, Publié au Maroc, p.35

Pour avoir une idée sur la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture, on va mettre en exergue cette alternative et sa réalisation partout dans le monde.

Figure N° 8 : Principaux lieux de réutilisation des eaux usées dans le monde



Source : TAMRABET Lahbib (2011)

En Inde, par exemple, environ 25% des eaux usées traitées sont utilisées en irrigation agricole (OMS, 1989) (plus de 73000 hectares des céréales et de maraichages).

Au Pakistan, les 80% de la communauté utilisent les eaux usées brutes dans la production agricole.

Au Canada, les eaux usées épurées sont réutilisées pour l'irrigation des productions agricoles non consommables si elles ne sont pas transformées.

Au Chili, 70% à 80% des eaux usées brutes sont utilisées en agriculture (OMS, 1989). En Argentine, l'important projet de Mendoza avec 160000 m³/j d'eau usée traitée est utilisé pour irriguer les forêts et diverses cultures.

En Tunisie, 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 des cultures de citrons. Ceci avait permis de sauver 600 hectares de cultures.

En Egypte, c'est une tradition très ancienne. La superficie a graduellement augmenté pour atteindre 4500 hectares. Le secteur de traitement et de réutilisation des eaux usées souffre de l'absence de stratégie et de politique claire de gestion ainsi que de règlement et des directives de réutilisation, ce qui limite l'efficacité des efforts d'abattement de la pollution.

Israël utilise 72% des eaux usées épurées pour l'agriculture.

L'Australie est l'un des continents les plus secs, et utilise les eaux usées pour l'irrigation des cultures, des prairies et des espaces verts. Ceci représente les 9% de ces eaux.

II.1.2 les différents systèmes de la réutilisation des eaux usées en irrigation.

La réutilisation des eaux usées en irrigation fait intervenir plusieurs et différents systèmes qui doivent être mis sur place pour que les buts tracés de EUT soient réalisés.

II.1.2.1 L'assainissement des eaux usées

Pour protéger la santé humaine et le milieu récepteur, on a recours à l'épuration de ces eaux. Ce processus d'épuration permet de réduire au minimum les microorganismes pathogènes, dans le milieu naturel et cela permet habituellement de diminuer les matières en suspension (MES), la matière organique biodégradable (DBO), le phosphore, l'azote et les métaux lourds.

C'est une condition nécessaire pour la réussite de leur réutilisation et leur intégration dans les projets de planification et de gestion des eaux.

II.1.2.2 Les Différentes Techniques D'irrigation

L'irrigation est le moyen de valoriser les eaux usées traitées en les appliquant sur des cultures pour améliorer la situation économique et sociale des populations locales.¹

Les techniques d'irrigation qui ont été développées à travers le temps ont largement évolué et fournissent des rendements importants alors que les volumes d'eaux consommés ont diminué de manière significative :

1. L'Irrigation par gravité

C'est la méthode la moins efficace mais la plus utilisée². C'est la plus répandue et ne nécessite pas une technicité du pratiquant. Elle utilise la gravité terrestre comme source d'énergie pour transporter l'eau de sa source vers les terres irriguées et ne nécessite donc aucun apport en énergie mécanique ou électrique, mais elle cause une perte d'eau par évaporation.

2. L'Irrigation par aspersion

Ce procédé plus moderne et plus efficace est répandu dans les pays développés car il nécessite une infrastructure permettant le transfert d'eau sous pression. L'eau est appliquée d'une manière identique à la pluie. Un réseau d'aspersion bien conçu permet une distribution uniforme de l'eau et la vitesse d'application ne favorise pas le ruissellement³.

Cependant, l'uniformité d'application d'eau par cette technique peut être modifiée en présence de vent. Le sel aussi peut s'accumuler dans ces eaux au niveau des feuilles, provoquer des brûlures et parfois même une défoliation.

¹ C. Brouwer, Méthodes d'irrigation, GESTION DES EAUX EN IRRIGATION, Manuel de formation n° 5, FAO 1990

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 23

³ Kessira M. Gestion de l'irrigation avec les eaux non conventionnelles, CIHEAM / EU DG Research Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens; n. 66, 2005, p. 210

Dans les régions chaudes, l'aspersion amplifie l'évaporation ce qui augmente la concentration des sels dans le sol et donc leur toxicité¹.

3. L'Irrigation au goutte à goutte

L'idée à la base de l'irrigation au goutte à goutte est que l'eau est nécessaire seulement à la plante et qu'il est inutile d'irriguer les espaces entre les plantes. L'eau est donc distribuée localement à très faible débit au niveau de chaque plante.

Les principaux avantages de l'irrigation au goutte à goutte sont l'augmentation du rendement des cultures, la réduction de pertes d'eau par évaporation, la réduction des quantités de fertilisants appliqués et la baisse de celles lessivées au-delà du système racinaire vers les nappes souterraines en participant à la réduction de la pollution et à la protection écologique.

II.1.2.3 Les cultures et les eaux épurées

La finalité de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation est la production agricole, rendue difficile voire impossible par les conditions climatiques et l'absence d'eau. Le choix des cultures à mettre en place est une condition nécessaire à la réussite de leur réutilisation².

II.1.2.4 Les Aspects Economiques et Financiers

Dans la plupart des pays, l'état prend en charge la mobilisation et la distribution de l'eau d'irrigation, tant que le secteur agricole ne peut pas encore en supporter les coûts. En effet, les périmètres irrigués par les eaux usées sont souvent

¹ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 24

² BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 24

pénalisés par les coûts des adductions, des stations de pompage et des réservoirs de stockage nécessaires à la gestion des eaux usées¹.

En Tunisie par exemple, la mobilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation est moins chère que l'eau des barrages (ce coût varie 0.060 à 0.200 Dinars Tunisiens/m³).

L'avantage principal pour les agriculteurs utilisateurs réside dans le fait que l'eau usée épurée améliore la production des cultures irriguées. D'une manière générale, les avantages de la réutilisation des eaux usées sont considérables et réalisés sur la source d'eau (domestique), la valeur de la production agricole, la création d'emplois, les économies réalisées sur l'achat des engrais.

II.1.2.5 Les Lois Elaborées Pour Les EUT

Généralement, les lois élaborées dans ce domaine, si elles existent, sont inspirées de celles des pays développés et des normes de l'OMS qu'on va détailler ultérieurement dans le même chapitre. Celles-ci sont orientées dans le sens d'une restriction de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Ces lois rendent l'utilisateur et le consommateur méfiants vis à vis de cette eau réputée dangereuse.²

II.1.2.6 L'Acceptabilité Sociale et la Santé Humaine en Utilisant les EUT

En premier lieu, on doit parler de la santé humaine qui est à la base des normes de l'OMS. Il faut la prendre en compte dans tous les projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Il serait contradictoire de produire des aliments à une population en l'exposant à des risques d'infection par les agents pathogènes. Pour cela, tout projet de réutilisation des eaux usées traitées doit tenir compte de la santé humaine, aussi bien celle des travailleurs impliqués directement

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.25

² TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.26

dans l'irrigation ou de leur famille, que celle des consommateurs et des voisins des terres nouvellement irriguées.

En deuxième lieu, on doit mettre en exergue, l'acceptabilité sociale : l'image négative de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation, de par sa réputation d'être dangereuse, peut entraîner des rejets au niveau des agriculteurs, des consommateurs et des populations avoisinantes. L'acceptabilité sociale est un aspect important à considérer afin de favoriser la réussite du projet et d'assurer sa pérennité.

Enfin, il ne faut pas oublier l'agriculteur, lors des projets d'irrigation, il faut développer des mécanismes permettant la participation des agriculteurs aux choix et décisions pour assurer la réussite des projets. L'absence de leur participation est un des principaux défis dans la gestion de l'eau pour l'agriculture.

On peut dire, enfin que ces paramètres doivent être considérés comme des principes de bases pour la réussite d'un projet de REUSE et assurer sa pérennité.

On peut confirmer ce qu'on vient de dire à travers le questionnaire établi avec les agriculteurs en contact direct avec ces projets.

II.1.3 Critères de Qualité des Eaux Usées pour L'irrigation

II.1.3.1 La Salinité

Le principal critère d'évaluation de la qualité d'une eau naturelle dans la perspective d'un projet d'irrigation est sa concentration totale en sels solubles¹.

On estime que la concentration en sels de l'eau usée excède celle de l'eau du réseau d'alimentation en eau potable de quelques 200 mg/l, sauf dans le cas de pénétration d'eaux saumâtres dans les réseaux d'assainissement ou lors de collecte

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.26

d'eaux industrielles. Cette augmentation n'est pas susceptible, à elle seule, de compromettre une irrigation.

On considère deux catégories de conséquences d'une salinité excessive de l'eau d'irrigation¹ :

- Les dommages causés aux sols et donc, indirectement, concernant les rendements cultureaux.

·- Les dommages causés aux cultures.

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est celle ayant la meilleure qualité disponible. Elle est habituellement de faible salinité. Cependant, s'il ya pénurie en 'eau, la salinité peut être un problème. La quantité et le type de sels présents sont importants pour savoir si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sel ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments.

II.1.3.2 La Salinisation

Les plantes et l'évaporation prélèvent l'eau du sol en y abandonnant une large part des sels apportés par l'eau d'arrosage; ce qui conduit à augmenter la salinité de l'eau du sol². La pression osmotique de l'eau du sol augmentant avec sa concentration en sels dissous, la plante consacre alors l'essentiel de son énergie non pas à se développer, mais à ajuster la concentration en sel de son tissu végétal de manière à pouvoir extraire du sol, l'eau qui lui est nécessaire.

II.1.3.3 Alcalinité

La dispersion de la phase colloïdale du sol, la stabilité des agrégats, la structure du sol et la perméabilité à l'eau sont toutes très sensibles aux types d'ions échangeables présents dans l'eau d'irrigation.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.51

² BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.26

L'augmentation de l'alcalinité du sol, qui peut se produire avec l'eau usée traitée à cause de la concentration élevée en Na, réduit la perméabilité du sol, particulièrement en surface, même si le lessivage a lieu.

Ce phénomène est lié à la dispersion et au gonflement des argiles lorsque la concentration en Na échangeable augmente. Toutefois, pour une certaine valeur du Rapport d'Adsorption du Sodium (SAR : Sodium Adsorption Ratio), la vitesse d'infiltration augmente ou diminue suivant le niveau de salinité.

II.1.3.4 Sodisation

L'accumulation de sodium (sodisation) sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader leurs propriétés physiques¹, leur capacité de drainage. Donc leur perméabilité conditionne la productivité des terres irriguées. Un excès de sodium par rapport aux alcalino-terreux (calcium, magnésium, ...) dans le complexe adsorbant provoque une défloculation des argiles, une déstructuration du sol qui se traduit par une réduction de la perméabilité et de la porosité des couches superficielles du sol.

L'eau d'irrigation stagne alors à la surface du sol et ne parvient plus jusqu'aux racines. D'autre part, à proportions égales de sodium et d'alcalino-terreux dans la solution, la tendance à la sodisation du sol est d'autant plus forte que la concentration en cations totaux dans la solution est plus élevée. Ainsi, les risques de sodisation relatifs à une eau d'irrigation sont caractérisés par deux paramètres : le SAR (Sodium Adsorption Ratio), qui rend compte du rapport entre les concentrations en sodium et en alcalino-terreux, et la conductivité de l'eau appliquée.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.28

II.1.3.5 Les fertilisants dans les eaux usées traitées

La concentration élevée en éléments fertilisants augmente la valeur agronomique des eaux usées. Toutefois, ces éléments nutritifs peuvent constituer un facteur limitant dans le cas d'un apport excessif lié à une concentration élevée ou à un apport d'eau usée important.

Les eaux usées urbaines contiennent beaucoup de nutriments (macronutriments N, P, K, Ca, Mg et micronutriments Fe, Zn, Cu, Mn...), qui sont essentiels à la nutrition des plantes. Cependant, la teneur nutritive de l'eau usée peut excéder les besoins de la plante et constituer ainsi une source potentielle de pollution des eaux de nappe. Elle peut également poser des problèmes liés à un développement végétatif excessif, qui retarde la maturité ou réduit la qualité des cultures irriguées. Il est donc nécessaire de considérer les nutriments présents dans l'effluent traité en tant qu'élément du programme global de fertilisation des cultures irriguées. À cet égard, l'analyse de l'eau usée est requise au moins une fois au début de la saison culturale.

➤ **L'azote**

Il joue un rôle primordial dans le métabolisme des plantes. En effet, c'est le constituant numéro un des protéines qui sont les composés fondamentaux de la matière vivante. L'excès de N, par temps couvert et froid, entraîne l'accumulation des nitrates dans la plante. L'excès des nitrates dans le tissu végétal est néfaste pour la santé du consommateur (c'est le cas des légumes foliacés: laitue, céleri, épinards...)¹.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.30

La teneur en azote dans les eaux usées peut varier de 20 à plus de 100 mg/l, selon les usages et le traitement de l'effluent de ces eaux (FAO, 1992).

L'usage des eaux usées en irrigation peut faire craindre un excès d'apports azotés, qui se réfère d'une part aux tolérances de la végétation cultivée et, d'autre part, aux risques de pollution des nappes phréatiques sous-jacentes¹.

L'azote en quantité excessive peut, dans certaines mesures perturber des productions, retarder la maturation des cultures, abricots, agrumes, avocats, vigne par exemple, altérer leur qualité, et réduire la teneur en sucre des fruits ou des betteraves,...etc (Faby, 1997).

➤ **Le phosphore**

Cet élément joue les rôles suivants² : transfert d'énergie (ATP), transmission des caractères héréditaires (acides nucléiques), photosynthèse et dégradation des glucides. C'est un élément essentiel pour la floraison, la nouaison, la précocité de la production et la maturation des graines³.

Dans l'eau usée après traitement secondaire, le phosphore varie de 6 à 15 mg/l (15-35 mg/l) à moins qu'un traitement tertiaire l'élimine. L'évaluation de P dans l'eau usée traitée devrait être réalisée en concomitance avec les analyses de sol pour les conseils de fumure (FAO, 2003).

Selon (FAO, 1992), l'effluent des eaux usées peut contenir 5 à 50 mg/l du phosphore, selon l'alimentation et l'usage de l'eau de la population locale. Pendant le prétraitement des eaux usées, et par infiltration à travers le sol, le phosphore organique est converti biologiquement en phosphate. Dans les sols calcaires à pH alcalin, le phosphate se précipite avec le calcium pour former

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.61

² Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.13

³ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.65

le phosphate du calcium. Dans les sols acides, le phosphate réagit avec le fer et les oxydes d'aluminium dans le sol pour former des composés insolubles.

Quelquefois, le phosphate est immobilisé initialement par adsorption au sol et revient lentement en formes insolubles, autorisant plus d'adsorption de phosphate mobile, etc. Dans les sables propres avec pH neutre, le phosphate peut être relativement mobile.

➤ **Le potassium**

Cet élément est très mobile dans la plante et est rapidement distribué dans les différents organes du végétal. Le potassium joue un rôle fondamental dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, l'organisation de la cellule, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie de l'eau des plantes (régulation des stomates)¹. Le potassium est un élément de résistance des plantes au gel et à la sécheresse ; c'est un activateur du système enzymatique.

Il est essentiel pour le transfert des assimilés vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Dans toutes les conditions de stress, l'apport de K permet de corriger les perturbations éventuelles.

➤ **Le bore**

Cet élément joue un rôle très important pour les plantes puisqu'il intervient au niveau du métabolisme et du transport des glucides, il joue un rôle important au niveau de la formation et de la fertilité du pollen². Il participe à la synthèse des protéines, il a un rôle fondamental dans la résistance des parois cellulaires et favorise la fixation de N₂ atmosphérique chez les légumineuses.

¹ Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.14

² Yéli Mariam SOU(2009), Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols, thèse de doctorat, soutenue à Lausanne, p.17

Dans les eaux usées, le bore provient des lessives et des rejets industriels¹ à très faibles concentrations, il est indispensable à la croissance des végétaux, Ces besoins sont toujours largement couverts par les eaux usées ; mais lorsque sa concentration excède 1 mg/l, il peut être toxique pour les plantes les plus sensibles.

Pour certaines cultures, aucun engrais additionnel n'est nécessaire. Par contre, lorsque les engrais sont nécessaires, les eaux usées pourraient être la réponse pour obtenir un rendement élevé et de bonne qualité.

Cette quantité doit être prise en compte pour préparer le programme de fertilisation en fonction des besoins des cultures.

Les quantités en N, P et K appliquées par hectare avec une irrigation de 1000 mm d'eau usée ayant une concentration telle que montrée sur le (tableau 7). Évidemment, l'apport en nutriments dépend de la quantité totale d'eau usée appliquée.

Il est évident que pour avoir une efficacité nutritive élevée, l'irrigation devrait être basée sur les besoins des cultures en eau.

Tableau 7: Potentiel de fertilisation par l'eau usée

	N	P	K
Concentration en nutriments (mg/l)	40	10	30
Nutriments apportés annuellement par l'application de 10 000 m ³ d'eau/ha (1000 mm)	400	100	300

Dans l'hypothèse d'un taux d'application moyen annuel d'eaux usées épurées de 8 000 m³/ha, l'apport total en azote (N) est de 160 kg/ha/an et en phosphore (P) de 56 kg/ha/an. Une jeune plantation qui se développe rapidement peut exporter jusqu'à 120 à 150 kg de N/ha/an et environ 12 kg de P/ha/an.

¹ BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.24

En termes de gestion des éléments nutritifs, l'irrigation avec des eaux usées épurées peut apporter en moyenne par mois en éléments fertilisants :

- azote : 55 kg par hectare,
- phosphore : 12 kg par hectare,
- potasse : 45 kg par hectare,
- magnésium : 60 kg par hectare.

De telles quantités d'engrais fournissent la totalité ou plus de N normalement requise pour certaines cultures ainsi qu'une grande partie du P et du K.

A cet égard, chaque culture doit être considérée séparément pour estimer les besoins en éléments fertilisants supplémentaires.

Dans certains cas, les nutriments dans l'eau usée peuvent être en quantité supérieure à ceux nécessaires à la croissance équilibrée des cultures et peuvent potentiellement stimuler une croissance excessive des parties végétatives des cultures plutôt que les fleurs et les graines.

Cela peut être un problème pour des cultures comme le tournesol, le coton et quelques fruits. En cas d'excès de nutriments, un système de culture et/ou un mélange appropriés d'eau usée traitée et de l'eau douce, pour réduire l'application de fertilisants, sont des méthodes conseillées (FAO, 2003).

La plupart des eaux usées traitées contiennent habituellement des concentrations adéquates en soufre, zinc, cuivre et autres micronutriments. Ces éléments jouent un rôle déterminant dans le métabolisme de la plante, essentiellement dans les réactions enzymatiques. Leurs rôles spécifiques se présentent comme suit :

Le cuivre : Stimule la germination et la croissance, renforce les parois cellulaires, catalyse la formation d'hormones de croissance, il joue un rôle essentiel dans la nitrification.

Le fer : Élément essentiel dans la formation de la chlorophylle, il a un rôle dans le transport d'oxygène (respiration), c'est un catalyseur de plusieurs enzymes, Le manque de fer disponible dans la plante entraîne un symptôme bien

connu et fréquent : la chlorose des feuilles, qui prennent alors une teinte jaune plus ou moins prononcée. La chlorose affecte la capacité photosynthétique de la feuille, ce qui freine la croissance et le développement de la plante entière.¹

Le manganèse : il permet de résister au gel, c'est un activateur du nitrate réductase. Il est considéré comme oligo-élément. Sa carence a des effets néfastes sur les plantes. Parmi les cultures sensibles aux carences de Mn, on trouve les céréales (blé, avoine), les cultures maraîchères et les légumineuses².

Le Zinc : A un rôle important dans la formation de plusieurs hormones de croissance et du développement des fruits.

II.2 La Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture en Algérie

Le secteur agricole, en moins de trente années a subi plusieurs réformes et restructurations qui ne lui ont pas permis d'exprimer les marges de productivité qu'il recèle en raison de multiples contraintes auxquelles il se heurte. La moyenne du taux de croissance du PIB pour 1990-2002 est de 2,2%, il est le plus bas des pays du Maghreb : le Maroc 2.6% et la Tunisie 4,627. Cela peut s'expliquer par les choix stratégiques de l'Algérie indépendante³.

La conséquence est l'importance du recours aux importations. Cependant, en dépit de ce faible taux de croissance, l'agriculture confirme son rôle stratégique en matière de contribution au PIB. En 2003, ses 9,7 % de part de la valeur ajoutée dans le PIB, lui confèrent la troisième place dans la sphère productive. Cette contribution s'est accrue de 4% par rapport à 2002.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.72

² TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p.73

³ ANSEUR Ouardia, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, P. 24

Dans son rapport sur l'Algérie, l'OCDE note une amélioration en 2002 et 2003 de la contribution du secteur agricole à la croissance globale. Il en est de même pour la valeur ajoutée agricole qui est passée de 322 milliards de DA à 548 milliards de DA au cours de la période 2000-2006 ; conférant au secteur une contribution au PIB de 8 % en moyenne annuelle. (Tableau 8).

Tableau 8 : Evolution des grands agrégats : 2000-2006 (en milliards de dinars)

Les Agrégats	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Valeur de la Production	359,1	421,1	419,1	528,9	624,0	647,0	668,0
Valeur Ajoutée Agricole	322 ,0	411,5	415,1	496,3	511,7	524,2	547,7
Valeur Ajoutée Globale	3360,0	3485,0	3645,4	4234,0	5027,2	6686,6	7133,0
Produit Intérieur Brut	4022,0	4241,8	4455,3	5124,0	6101,3	7518,9	8338,0

Sources : ANSEUR Ouardia , Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie

L'agriculture Algérienne se heurte à trois handicaps majeurs¹ :

 **Un handicap naturel** : tenant compte des spécificités climatiques et géographiques qui limitent territoires et productions agricoles. Les écosystèmes (Tell, Steppe et Oasis du sud) sont fragiles et des contraintes bioclimatiques s'organisent pour différencier fortement l'espace, dont la plus grande partie est marquée par l'influence d'un climat sec où l'aridité domine.

 **Un handicap social** : lié aux conditions d'émergence d'une paysannerie, l'instabilité politique, le statut du foncier agricole...

¹ ANSEUR Ouardia , Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, p.36

 **Un handicap technique** : absence d'un modèle technique de référence pour les cultures adaptées aux contraintes de sol, de relief ou de climat.

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, elles sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne des pays du Moyen Orient et de l'Afrique du Nord, qui est 1,250 m³ ou à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare.

En parallèle, le nombre de stations d'épuration des eaux domestiques réalisées en Algérie est estimé à: 29 STEP, en exploitation, 22 STEP en réalisation, 11 STEP en cours d'étude de diagnostic pour la réhabilitation et 08 STEP en projet (Programme 2006-2009). En 2009, le nombre de STEP à travers le territoire national a atteint 102 STEP en exploitation, Soit un total de 176 stations actuellement. A cela s'ajoutent: 23 stations en cours d'étude dont 18 à boue activée et 5 stations de type lagunage.

La réutilisation des eaux usées brutes en agriculture, quoiqu' interdite par la loi est devenue une réalité. Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées, notamment en petite et moyenne hydraulique, reçoivent des eaux usées non traitées.

De ce fait de gros efforts sont à déployer à tous les niveaux aussi bien techniques, institutionnels, que règlementaires, pour améliorer le niveau d'utilisation avec le minimum de risques. La confrontation besoins-ressources en eau, à l'horizon 2013, fait apparaître un déficit important qui sera comblé par l'introduction des eaux usées traitées des périmètres agricole. Quatre projets totalisant une superficie 3 000 ha sont en cours de réalisation. Il s'agit :

1 - du périmètre d'Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha(représente notre périmètre d'étude et mise en service le 05 Novembre 2005).

2 Le périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie de 1214 ha.

3 Le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Arreridj sur une superficie 350 ha.

4 et le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur une superficie de 327 ha.

Des études sont en cours et portent sur trois projets totalisant une superficie de 9 000 ha. Ces projets concernent le périmètre d'irrigation de M'leta à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8 100 ha, la STEP de la ville de Médéa sur une superficie de 255 ha et le périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la vallée d'Oued Saida sur une superficie de 330 ha.

II.2.1 Le Secteur Agricole En Algérie

Le secteur agricole Algérien regroupe l'agriculture, l'hydraulique agricole, les forêts et les pêches. Il se caractérise par la fragilité du potentiel physique (la surface agricole utilisée estimée à 8 458 680 ha en 2001), dont la majeure partie est soumise à un climat aride et semi aride. Ce qui constitue une menace pour les équilibres écologiques des différentes régions naturelles. La Surface Agricole Utile (SAU) par habitant n'a cessé de se dégrader, comme l'indiquent les données du Conseil national économique et social.

la SAU est occupée principalement par les cultures céréalières, qui représentent 57,49%, suivies des autres cultures : les légumes secs, les cultures maraîchères, l'arboriculture fruitière et la viticulture. Selon le recensement général de l'agriculture de 2001, l'occupation de la SAU s'établit comme indiqué au (Tableau 9).

Tableau 9 : Occupation de la SAU

Jachère	Arboriculture	Cultures maraichères et industrielles	Prairies naturelles
39,61%	6,39%	3,24%	0,31%

Source : ANSEUR Ouardia, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie

II.2.2 Les Agriculteurs Et la Réutilisation des Eaux Usées

Dans le secteur agricole Algérien, les compétences liées à l'information sont limitées, c'est un facteur de frein majeur. Les agriculteurs en plus d'être producteurs, doivent avoir des compétences de gestion, s'impliquer davantage dans le processus de prise de décision¹. Ils doivent avoir toutes les informations qui touchent à l'agriculture et son entourage.

✓ Information Sur La Fertilisation

La situation dans le secteur agricole en Algérie se caractérise par un manque de bases de données et de publications sur le sujet, aussi, certains fertilisants ne sont connus que par les agriculteurs intégrés dans les programmes d'intensification des céréales et de la culture de la pomme de terre.

Les données permettront à l'agriculteur de gérer la fertilité du sol et de la plante, mais aussi de le sensibiliser quant à l'importance de la fertilisation dans l'augmentation des rendements. L'information également sera pour lui un moyen d'inscrire ses décisions dans une démarche professionnelle pour raisonner la fertilisation azotée et les autres éléments selon la logique qu'il aura choisie.

Un réseau d'information est mis en place par l'Institut technique des cultures maraichères et industrielles et l'Institut technique des grandes cultures, mais il ne touche qu'un nombre restreint de wilayat. Concernant la culture de la pomme

¹ Ouardia ANSEUR, Usages et besoins en information des agriculteurs en Algérie, P. 93

de terre, et certaines espèces arboricoles, des recommandations sur les doses à préconiser sont proposées par l'Institut technique des cultures maraîchères et industrielles et l'Institut technique de l'arboriculture et de la viticulture. Il reste que ces informations doivent atteindre l'ensemble des agriculteurs concernés par ces cultures.

✓ **Information sur la Lutte Contre les Maladies et Parasites**

Les parasites et maladies causent beaucoup de pertes économiques. Aussi, pour éviter ces problèmes, l'agriculteur doit accéder aux banques de données sur la protection des animaux et cultures ainsi que sur la lutte contre les maladies.

✓ **Information Sur Le Sol**

L'agriculteur doit accéder à l'information relative à la classification des sols de sa région pour optimiser ses cultures. Il doit pouvoir disposer de données sur la qualité des sols, la fertilisation, l'apport en engrais, la salinisation des sols, le mode de travail du sol ainsi que les équipements et machines utilisés dans les pays développés, les agriculteurs optent de plus en plus pour des pratiques culturales de conservation du sol, d'où la nécessité pour lui de connaître ces pratiques, et afin de simplifier les opérations de travail du sol.

✓ **Information Sur L'irrigation**

L'agriculteur est amené dans le cadre de ses activités à réfléchir sur un projet d'irrigation, sa mise en œuvre et la conduite des installations, aussi doit-il recourir aux données pour connaître l'intérêt et le risque de l'irrigation, afin de procéder au choix entre différentes solutions et la prise de décision. Les informations concerneront les différents systèmes d'irrigation existants, les usages de l'irrigation, le calendrier d'irrigation, le bilan hydrique, les besoins en eau des cultures et du sol pour mieux gérer sa production.

✓ **Informations Sur La Récolte Et Le Conditionnement**

Cette opération peut engendrer beaucoup de dégâts et de pertes au niveau de l'exploitation si l'agriculteur ne maîtrise pas le processus. Aussi, il doit avoir des informations sur les techniques de récolte pour éviter le gaspillage, et de se référer

aux degrés de maturité des cultures. La connaissance des méthodes de conditionnement au sein même de l'exploitation (sélection, triage, calibrage et emballage) de la récolte permet de réduire le nombre de manipulations et les pertes. Pour ce faire, l'agriculteur doit savoir comment choisir un conteneur de récolte et concevoir une station de conditionnement.

II.3 Les Risques Liés à la Réutilisation Agricole des Eaux Epurées

Le lien entre eaux usées épurées et risque sanitaire est essentiel, il porte sur les contaminations que peuvent engendrer soit le contact direct avec des eaux usées épurées, soit l'ingestion de produits alimentaires ayant été en contact avec des EUT, Ces risques de contamination sont d'ordre bactériologique ou chimique.

Les risques liés à une REUE agricole sont :

- Le risque microbiologique
- Le risque chimique
- Le risque environnemental

II.3.1 Le Risque Microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les micro-organismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes¹.

Les micro-organismes se retrouvent donc à la surface des plantes et sur le sol. Les feuilles et la plante créent un environnement frais, humide (évaporation) et à l'abri du soleil. Il peut donc y avoir une contamination pendant la croissance des plantes ou la récolte. Les pathogènes survivent plus longtemps sur le sol que sur les plantes.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences p14

II.3.2 Le Risque Chimique

Au delà de l'effet global de certains constituants de l'eau usée sur les cultures irriguées comme la salinité, l'eau usée peut potentiellement créer une toxicité due à une concentration élevée de certains éléments comme le bore et quelques métaux lourds (FAO, 2003).

➤ Les Eléments en Trace¹

Ils ne sont pas tous toxiques, beaucoup sont essentiels en petites quantités pour la croissance des plantes (Fe, Mn, Mo, Zn). Cependant, en quantités excessives ils peuvent causer des accumulations indésirables dans les tissus des plantes et une réduction de leur croissance.

Enfin, remarquons que le risque posé par les métaux lourds dépend de leur toxicité potentielle et du niveau d'exposition (concentration, durée), Par ailleurs, certains sont bons pour la croissance des végétaux, ils s'éliminent facilement par des traitements physiques (décantation) et se retrouvent généralement dans les boues.

➤ Le sodium

La plupart des cultures arboricoles et autres plantes pérennes de type ligneux sont particulièrement sensibles à de faibles concentrations de sodium. Les cultures annuelles sont relativement moins sensibles mais peuvent être affectées si la concentration est plus élevée.

Les plantes absorbent le sodium en même temps que l'eau et celui ci se concentre dans les feuilles, pouvant entraîner des dégâts (toxicité) si son accumulation dépasse la tolérance de la culture. Les symptômes paraissent en premier lieu sur les plus vieilles feuilles, en commençant par les bords externes. Certaines cultures, comme la vigne, les agrumes, les noyers, l'avocatier et le haricot, les fraisiers et, d'une manière générale, les fruits à pépins et à noyaux sont sensibles à des concentrations relativement faibles en Na².

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences , p15

² BOUAROUDJ Sara(2012), Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation, thèse de Magistère en Écologie, soutenue en 2012, p.18

➤ **Le chlore**

La plupart des cultures d'arbres et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faibles doses alors que la plupart des cultures annuelles ne le sont pas. Le chlorure (Cl) et le sodium (Na) sont moins toxiques que le bore. Dans les régions arides et semi-arides l'eau usée traitée peut avoir une concentration élevée en Cl et Na à cause du contenu relativement élevé de ces éléments dans les eaux domestiques.

➤ **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.

Enfin, on peut dire que, le risque posé par les métaux lourds dépend, donc, de leur toxicité potentielle et du niveau d'exposition. Par ailleurs, certains métaux sont indispensables pour la croissance des végétaux. Ils s'éliminent facilement par les traitements physiques (décantation) et sont récupérés dans les boues.

II.3.3 Le Risque Environnemental

L'utilisation d'eau usée épurée pour l'irrigation peut avoir également des effets négatifs sur l'environnement et la santé humaine. Les principaux dangers pour l'environnement associés à l'eau usée traitée sont :

- L'introduction des produits chimiques dans des écosystèmes sensibles (principalement le sol, l'eau et les plantes),
- La propagation des microorganismes pathogènes (FAO, 2003).

A. Effets sur le Sol

Ces impacts sont importants pour les agriculteurs puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité et le rendement de leurs terres. Le sol doit garder sa fertilité chimique et physique, afin de permettre une utilisation durable à long terme et une agriculture rentable. Les problèmes prévus au niveau du sol sont :

- La salinisation,

- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (FAO, 2003).

Le principal risque encouru par le sol ¹ 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.

B. Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible (FAO, 2003). La contamination des eaux souterraines dépend de trois paramètres : 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.

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 (Asano, 1998).

C. Effet sur 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 (norme d'un maximum de 50 mg/l pour l'azote) et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture. C'est pourquoi une réutilisation des eaux usées épurées est quasiment toujours préférable à un rejet direct dans le milieu.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences, p17

II.4 Les différentes réglementations dans le monde

A l'échelle mondiale, il n'existe pas de réglementation commune concernant la réutilisation des eaux usées traitées. Ceci est dû à la diversité du climat, de la géologie et de la géographie, du type de sols et de cultures, mais surtout au contexte économique, politique et social du pays¹.

Cependant, quelques gouvernements et organismes ont déjà établi des normes de réutilisation tel l'état de Californie, l'OMS, la FAO, etc... La plupart des pays en voie de développement ont formulé leurs normes de réutilisation des eaux usées sur la base des recommandations fixées par l'un des organismes précités.

II.4.1 Les recommandations de l'OMS

Depuis **1982**, l'OMS effectue des recherches afin de fournir une base scientifique et établir ses recommandations. Cela a abouti en 1989 au "Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture" ou "Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture". Elles ont été révisées en 2000, (Les seuils proposés en 2000 apparaissent pourtant dans des conditions particulières ou en tant que seuil imposé : - lorsque le personnel exposé concerne des enfants de moins de 15 ans, la qualité de l'eau usée doit contenir un maximum de 0,1 oeufs d'helminthe / L, et ce, quel que soit le mode d'irrigation²), en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques. Pour établir les nouvelles normes, deux approches ont été utilisées : d'une part, des études épidémiologiques empiriques complétées par des études microbiologiques concernant la transmission des germes

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat .p 18

² BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final, (Convention de partenariat ONEMA-Cemagref 2008), p.38

pathogènes et, d'autre part, une évaluation quantitative du risque basée sur un modèle applicable aux germes pathogènes choisis¹.

Cette approche combinée a permis d'obtenir un outil puissant pour établir des recommandations, avec un rapport coût/efficacité avantageux et une garantie de protection de la santé publique. Cette révision a permis d'affiner les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme " oeufs d'helminthes " qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 oeuf/L.

Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un "vide juridique" pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes².

Le (Tableau 10) résume les recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture.

L'OMS, définit les catégories, les conditions de réutilisations, les groupes cibles, les techniques d'irrigation utilisées et celles d'épuration recommandées pour atteindre des limites de rejets de coliformes fécaux et nématodes intestinaux. Il précise toutefois, que dans certains cas particuliers, les facteurs épidémiologiques, socioculturels et environnementaux qui devront être pris en compte, et les recommandations modifiées en conséquence.

Les recommandations apportées par l'OMS en 2006³, ont d'abord eu pour objet de mettre à jour les données scientifiques, notamment épidémiologiques. Elles apportent également des compléments visant à mieux répondre aux préoccupations des publics de décideurs et a été réorientée pour refléter la pensée contemporaine relative au management des risques.

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat . P 18

² BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat .p 18

³ AFD(2011), Réutilisation Des Eaux Usées Traitées – Perspectives Opérationnelles Et Recommandations Pour L'action , Rapport final, p.31

Tableau 10 : Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture¹

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Nématodes intestinaux (nombre d'œufs par litre – moyenne arithmétique)*	Coliformes intestinaux (nombre par 100 ml – moyenne géométrique)*	Procédé de traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique voulue
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics ^d	Ouvriers agricoles, consommateurs, public	≤ 1	≤ 1000	Une série de bassins de stabilisation conçus de manière à obtenir la qualité microbiologique voulue ou tout autre procédé de traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres	Ouvriers agricoles	≤ 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation pendant 8–10 jours ou tout autre procédé d'élimination des helminthes et des coliformes intestinaux
C	Irrigation localisée des cultures de la catégorie B, si les ouvriers agricoles et le public ne sont pas exposés	Néant	Sans objet	Sans objet	Traitement préalable en fonction de la technique d'irrigation, mais au moins sédimentation primaire

^a Dans certains cas, il faut tenir compte des conditions locales épidémiologiques, socio-culturelles et environnementales et modifier les directives en conséquence.

^b Espèces *Ascaris* et *Trichuris* et ankylostomes.

^c Pendant la période d'irrigation.

^d Une directive plus stricte (≤ 200 coliformes intestinaux par 100 ml) est justifiée pour les pelouses avec lesquelles le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.

^e Dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation doit cesser deux semaines avant la cueillette et les fruits tombés ne doivent jamais être ramassés. Il faut éviter l'irrigation par aspersion.

Source : BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat .p 21

Sans entrer dans le détail des normes de l'OMS,¹ disons tout simplement qu'elles sont basées sur la présence de « coliformes fécaux », critère indirect pour déterminer la présence d'organismes pathogènes. En effet, bien que des microorganismes pathogènes soient détectés dans les eaux usées ou sur les plantes, cela ne se traduira pas dans tous les cas par des problèmes sanitaires causant des maladies. Autrement dit, la réutilisation des eaux usées en agriculture, qui présente un risque potentiel pour la santé humaine, ne peut constituer un risque effectif que sous certaines conditions.

Ces conditions, sont les suivantes :

- l'agent pathogène constitue une dose infectieuse;
- la dose infectieuse atteint l'hôte humain;
- l'hôte humain est infecté;
- l'infection provoque une maladie ou se transmet.

Certaines caractéristiques de l'agent pathogène et de l'hôte, permettent d'accroître le risque effectif lié à la réutilisation des eaux usées. Ces caractéristiques sont les suivantes:

- une persistance prolongée dans le milieu;
- une période de latence ou une phase de développement prolongée;
- une faible dose infectieuse;
- une faible immunité;
- une transmission simultanée minime par d'autres voies: aliments, eau, manque d'hygiène.

Alors, la réutilisation des eaux usées doit faire intervenir plusieurs acteurs et plusieurs systèmes et donc plusieurs critères. Elle ne doit pas être vue sous le seul angle microbiologique qui a tendance à limiter son extension.

Les disponibilités en eaux usées augmentent, les besoins pour l'irrigation aussi, mais la réutilisation d'une manière planifiée et durable tarde à s'implanter.

¹ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉAL, p 21

II.4.2 La législation française et les recommandations du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF)

La réglementation française sur la réutilisation des eaux usées épurées ne concerne que la réutilisation agricole. Il y a donc une lacune réglementaire concernant les autres usages. Les recommandations établies par le Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France (CSHPF) en 1991 sont largement inspirées de celles de l'OMS, avec quelques précautions supplémentaires.

L'article 24 du décret n° 94-469 du 3 juin 1994 fait entièrement référence à la réutilisation agricole des eaux usées : « Les eaux usées peuvent, après épuration, être utilisées à des fins agronomiques ou agricoles, par arrosage ou par irrigation, sous réserve que leurs caractéristiques et leurs modalités d'emploi soient compatibles avec les exigences de protection de la santé publique et de l'environnement. Les conditions d'épuration et les modalités d'irrigation ou d'arrosage requises, ainsi que les programmes de surveillance à mettre en oeuvre, sont définis, après avis du Conseil Supérieur d'Hygiène Publique de France et de la mission interministérielle de l'eau, par un arrêté du ministre chargé de la santé, du ministre chargé de l'environnement et du ministre chargé de l'agriculture ».

Quant aux deux arrêtés du 22 décembre 1994, ils sont relatifs aux prescriptions techniques et à la surveillance des ouvrages de collectes et de traitement des eaux usées. Ils donnent un avis favorable à la réutilisation des eaux usées épurées destinées à l'agriculture et à l'arrosage, sous réserve du respect de certaines consignes concernant les points suivants :

- La protection des ressources en eau souterraine et superficielle.
- La restriction des usages en fonction de la qualité des effluents épurés.

- Le réseau de canalisation d'eaux usées épurées.
- La qualité chimique des effluents épurés.
- Le contrôle des règles d'hygiène applicables aux installations d'épuration et d'irrigation.
- La formation des exploitants et des contrôleurs.

Afin de veiller à la protection des ressources en eaux souterraines et superficielles, l'autorisation préfectorale doit être requise pour tout projet d'utilisation d'eaux usées urbaines (décret n° 73-218 du 23 février 1973, puis circulaire n° 51 du 22 juillet 1991 et du 3 août 1992 du ministère chargé de la Santé). Ce document, destiné à guider les autorités locales et les équipes chargées d'élaborer des projets de réutilisation, s'appuie sur les recommandations relatives à la réutilisation des eaux usées de l'OMS.

D'autres organismes ont établi des recommandations complémentaires pour quelques paramètres chimiques. Ainsi, la FAO (2003) a fixé, selon la durée de réutilisation, des limites concernant les éléments traces dans les eaux usées traitées destinées à l'irrigation (Tableau 11).

**Tableau 11 : Limites recommandées en éléments traces (mgL-1) dans les eaux usées
Épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003)**

Eléments	Utilisation à long terme	Utilisation à court terme
Aluminium	0,5	20
Arsenic	0,1	2
Béryllium	0,1	0,5
Bore	0,75	2
Cadmium	0,01	0,05
Chrome	0,1	1
Cobalt	0,05	5
Cuivre	0,2	5
Fluor	1	15
Fer	5	20
plomb	5	10
Lithium	2,5	2,5
manganèse	0,2	10
Molybdène	0,01	0,05
Nickel	0,2	2
Sélénium	0,02	0,02
Vanadium	0,1	1
Zinc	2	10

Source : BELAID Nebil (2010), Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols

II.4.3 Cadre juridique de la Tunisie

L'expérience Tunisienne dans le domaine de la réutilisation des Eaux Usées Traitées (E.U.T) a commencé en 1958 par l'irrigation des orangers dans la région de Soukra (Tunis) pendant la sécheresse. Depuis, le secteur s'est bien organisé par la promulgation d'un certain nombre de textes le réglementant ¹:

- Décret n°1047 du 28/7/1989 fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles ;
- Arrêté du 18/5/1990, portant homologation de la norme tunisienne relative aux spécifications d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles.
- Arrêté du 21/6/1994, fixant la liste des cultures qui peuvent être irriguées par les EUE ;
- Arrêté du 28/9/1995, approuvant le cahier des charges fixant les modalités et les conditions particulières de l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles.

Bien que le respect de la réglementation ne soit pas totalement atteint, aucune épidémie d'origine hydrique due à l'irrigation par les eaux usées traitées n'a été enregistrée.

Au niveau environnemental, les projets d'irrigation à partir des eaux usées traitées doivent se conformer au décret n°91-362 du 1er mars 1991 réglementant les procédures d'élaboration d'une étude d'impact qui doit être approuvée par l'agence nationale de la protection de l'environnement (ANPE) du ministère de l'environnement et du développement durable².

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat .p 24

² THABET Chokri, MACGREGOR Bob, M Yves Surry(1999), Effets Macro-Economiques de la Politique du Prix de L'eau D'irrigation en Tunisie, article, Économie Rurale 254/ p 29

En Tunisie, si la demande en eau ne devait théoriquement rejoindre les disponibilités qu'en 2015, on constate déjà que certains endroits souffrent d'une pénurie (Puil, 1998). De plus, les ressources en eau témoignent souvent d'un degré notable de salinité. 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 60¹ pour l'irrigation de la culture de citrons à la Soukra. En effet, les eaux du sous-sol contaminées par des intrusions d'eau salée n'étaient plus de qualité pour l'irrigation de ces cultures. Ainsi, la réutilisation a permis d'en sauver 600 hectares. Basée sur l'expérience de La Soukra, une ambitieuse politique de réutilisation des eaux usées a été mise en place depuis les années 80. La Tunisie est le premier pays de l'Ouest Méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation de l'eau.

Ce sont le Ministère de l'Agriculture et l'Office Nationale d'Assainissement (ONAS), l'autorité sanitaire, qui ont en charge la recherche de moyens pour améliorer l'efficacité de la politique nationale de réutilisation de l'eau. Des 6400 hectares répertoriés pour l'irrigation des eaux usées traitées en 1993, 68 % sont situés autour de Tunis. Les réalisations les plus importantes sont Cebela, La Soukra, Mornag, Nabeul, Sousse, Monastir, Sfax et Kairouan.

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, qu'ils soient consommés cuits ou crus. Les eaux usées traitées sont donc utilisées pour irriguer les arbres fruitiers (citrons, olives, pêche, pommes, poires...), les vignobles, les fourrages (sorgho, luzerne), le coton, le tabac, les céréales,

¹ <http://seaaco.blogspot.com/p/la-reutilisation-des-eaux-usees.html>

les terrains de Golf (Tunis, Monastir, Hammanet, Sousse) et les jardins d'hôtel à Jerba et Zarzis.

Le contrôle de la qualité des eaux réutilisées concerne les paramètres physico-chimiques ¹une fois par mois, les éléments traces tous les six mois et les oeufs d'helminthes toutes les deux semaines. En 1992, le taux d'utilisation des eaux usées traitées en Tunisie est relativement bas. En effet, seulement 40 % de l'espace susceptible de concerner la réutilisation est irrigué. De plus, l'irrigation n'a lieu que six mois par an et le stockage de l'eau est très peu utilisé.

On peut citer l'exemple de Nabeul où les effluents secondaires qui ne sont pas utilisés pour l'irrigation en hiver, sont infiltrés et stockés dans l'aquifère. De cette façon, les volumes utilisables en irrigation par les agriculteurs sont plus importants en été. Le stockage saisonnier des eaux usées traitées dans des réservoirs opérationnels serait la méthode la moins coûteuse pour augmenter les ressources en eau. C'est pourquoi, cette pratique est envisagée comme une perspective à long terme.

Les mesures techniques, les investissements et les réglementations devraient développer davantage la réutilisation des eaux usées traitées. Mais l'efficacité de la politique Tunisienne dépend du développement du secteur agricole. Celui-ci se met progressivement à jour, ce qui augmente la demande en eau.

¹ BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax: salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques, thèse de doctorat, .p 24

II.4.4 Contexte juridique Marocain

Conscient de l'importance du potentiel hydraulique dans le processus du développement, le Maroc s'est donné pour tâche prioritaire d'assurer la préservation des ressources en eau, il s'est engagé dans la politique de gestion de l'eau depuis des décennies, et a créé une nouvelle réglementation des eaux par la promulgation de la loi 10/95 sur l'eau du Dahir No 1 - 95 - 154 du 16.08.1995.

Cette loi vise l'instauration d'une politique de l'eau basée sur l'implication des différents intervenants dans le secteur de l'eau et énonce les principes de la gestion intégrée de la ressource.

La loi 10/95 constitue un cadre légal et réglementaire pour la gestion et la planification des ressources en eau, elle comprend divers articles relatifs à la protection et à la préservation des ressources hydriques, l'assainissement des eaux usées ainsi que la réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation.

Elle prévoit l'intégration de la qualité et de la quantité de l'eau, la mise au point du plan national de l'eau et les Plans d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau (PDAIRE), le recouvrement des coûts par le biais d'une redevance de prélèvement d'eau, et une redevance sur la pollution de l'eau basée sur le principe du pollueur – payeur. Elle prévoit aussi la création d'agences de bassins, la participation des associations d'usagers de l'eau dans la prise de décisions et inclut des dispositions relatives aux sanctions, pénalités et amendes pour violation de la loi.

Sa partie traitant de la réutilisation des eaux et de ses textes d'application constitue une base légale et une base juridique du cadre institutionnel des projets de réutilisation des eaux usées notamment les articles 51, 52, 57 et 84 de la dite loi.

Elle définit notamment les conditions d'obtention de l'autorisation d'utilisation de ces eaux, laquelle est délivrée par l'Agence du Bassin Hydraulique, et annonce le concours de l'Etat pour ce type de projet. Celui-ci concerne les investissements pour l'épuration des eaux usées et, le cas échéant, leur pompage et/ou adduction jusqu'au lieu de réutilisation dans le cas où le rejet des eaux usées contribuerait à protéger une ressource vulnérable ou rare.

➤ L'article 51, fixe les normes de qualité auxquelles une eau doit se référer selon l'utilisation qui en sera faite. Elles ont pour objet de définir les procédures, les modes opératoires d'essai, d'échantillonnage et d'analyse ainsi que la grille des eaux définissant les classes de qualité des eaux permettant de normaliser et d'uniformiser l'appréciation de la qualité des eaux (caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques notamment de l'eau usée destinée à un tel usage).

➤ Les articles 52 et 54, interdisent de rejeter des eaux usées ou des déchets solides, d'effectuer tout épandage ou enfouissement d'effluents et tout dépôt de déchets susceptibles de polluer par infiltration les eaux souterraines ou par ruissellement les eaux de surface, afin d'en modifier les caractéristiques physico-chimiques ou bactériologiques sans autorisation préalable accordée, après enquête, par l'Agence de bassin et fixe également une redevance.

➤ L'article 57, stipule que l'administration définit notamment les conditions d'utilisation des eaux usées et d'obtention de l'autorisation de la réutilisation de ces eaux usées. Il stipule aussi que tout utilisateur des eaux usées peut bénéficier du concours financier de l'Etat et d'une assistance technique de l'Agence de bassin si l'utilisation qu'il fait est conforme aux conditions fixées par l'administration et a pour effet de réaliser des économies d'eau et de préserver les ressources en eau contre la pollution.

La Loi 10-95, stipule dans son article 84, que la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles est interdite lorsque ces eaux ne respectent pas les normes fixées réglementairement. Ces normes sont données dans l'arrêté n° 1276-01 du 10 chaâbane 1423, portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

Le décret d'application de la loi 10-95 du 4 février 1998 (N°2-97-787), fixe les normes de qualité auxquelles une eau doit satisfaire selon l'utilisation qui en sera faite, Celles-ci ont pour objet de définir les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques, notamment des eaux usées destinées à l'irrigation. Aussi, ce décret affirme la nécessité de réaliser un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles ainsi que des eaux des nappes souterraines.

Des normes pour la qualité ont été élaborées. On peut citer :

- Les normes relatives à l'eau potable.
- Les normes relatives au contrôle des systèmes d'approvisionnement en eau.
- Les normes pour les analyses de laboratoire des différents paramètres de la qualité de l'eau.
- Les normes de qualité des eaux destinées à la production de l'eau potable.
- Les normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation.

II.4.5 cadre juridique Algérien

Entre 1995 et 2005, une série de réformes a repensé la mobilisation, la gestion et l'utilisation des ressources en eau en prenant en compte trois points clés¹ :

- ❖ les principes (cadre réglementaire, gestion intégrée, efficience de l'eau agricole, politique tarifaire).
- ❖ les institutions (création du ministère des Ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences nationales et régionales).
- ❖ les priorités (alimentation en eau potable, transferts d'eau, etc.) qui définissent la nouvelle politique nationale de l'eau.

La Loi n° 83-03 du 5 février 1983 relative à la protection de l'environnement (Ali BENFLIS, 2002) a été établie dans plusieurs chapitres, ou on met en exergue « l'eau », son importance et sa pertinence.

Dans le Chapitre II (Loi n° 83-17 du 16 juillet 1983 portant code des eaux), les eaux usées ont beaucoup d'importance (Art. 89). Et cela prouve que l'Algérie depuis longtemps cherche à préserver l'eau douce, en adoptant une nouvelle alternative et éviter le stress hydrique.²

Le passage en revue des cadres juridique et institutionnel fournit une vision synthétique du secteur de l'eau en Algérie et permet d'apprécier les intervenus pour répondre aux dysfonctionnements constatés

Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des

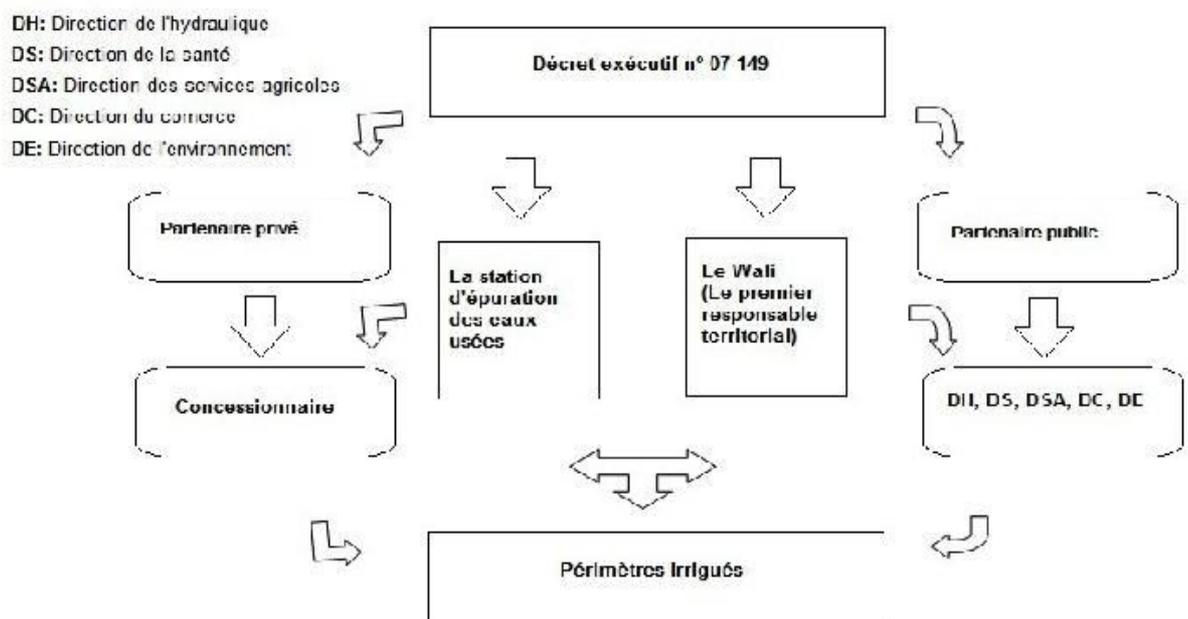
¹ Morgan Mozas & Alexis Ghosn , Chefs de projet d'Ipemed, État des lieux du secteur de l'eau en Algérie, p .5, Octobre 2013

² BENFLIS Ali (17 août 2002), principaux textes législatifs et réglementaires relatifs à la protection de l'environnement , p.46

eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent (JO, 2007).

Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations d'épuration, en adressant une demande au Wali (premier responsable de la Wilaya ou département) de la région. Cette demande comporte une convention avec la station d'épuration qui fournit les eaux usées épurées. Le contrôle technique, la gestion des périmètres irrigués et le contrôle sanitaire ainsi que la qualité de l'eau épurée et des produits agricoles sont assurés par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce (Figure 9).

Figure 9 : Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie¹.



Source : HANNACHI A, GHARZOULI R., DJELLOULI TABET Y.(2014)

¹ HANNACHI A, GHARZOULI R., DJELLOULI TABET Y.(2014), Gestion et Valorisation des Eaux Usées en Algérie, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, p.5

Le cadre d'usage des eaux usées épurées¹ est bien précis à travers ses décrets

➤ La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60- année 2005).

➤ Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges y afférent (JO n°35 année 2007).

➤ Arrêté interministériel portant spécifications des eaux usées épurées,

➤ Arrêté interministériel portant liste des cultures à pratiquer avec les eaux usées épurées.

➤ Arrêté interministériel portant laboratoires des analyses des eaux usées épurées.

Une autre réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée (Tableau 12).

¹ KESSIRA Mohamed(2013), Politiques De Soutien Et Cadres Institutionnels, Valorisation Des Eaux Usées Epurées En Irrigation , Synthèse Internationale du Projet "Sécurité d'utilisation des eaux usées en agriculture" Téhéran, Iran, 26-28, p 4

Tableau 12: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.¹

Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures
Arbres fruitiers (*)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nèfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.
Cultures fourragères (**)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.
Cultures céréalières	Blé, orge, triticales et avoine.
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin

Source : HANNACHI A. 1, GHARZOULI R. 2, DJELLOULI TABET Y, Septembre 2014

¹ HANNACHI A. 1, GHARZOULI R. 2, DJELLOULI TABET Y(2014), Gestion Et Valorisation Des Eaux Usées En ALGERIE, Larhyss Journal, ISSN 1112-3680, n°19, p 56

(*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombent au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire. (**) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

Conclusion

La croissance démographique, l'urbanisation grandissante, le développement de l'industrie ou encore le réchauffement climatique ont fondamentalement changé les enjeux autour de l'eau, faisant émerger de nouveaux défis pour les acteurs du secteur. Il est donc nécessaire d'inventer de nouveaux modèles et trouver des solutions répondent aux besoins locaux des usagers de l'eau, aux exigences des autorités publiques, tout en protégeant la ressource en eau.

La réutilisation des eaux usées est un enjeu politique et socio-économique pour le développement futur des services d'eau potable à l'échelle mondiale. Elle présente, en effet, l'avantage majeur d'assurer une ressource alternative à moindre coût permettant de limiter les pénuries d'eau, de mieux préserver les ressources naturelles et de contribuer à la gestion de l'eau¹, d'avoir un impact environnemental positif et d'améliorer les rendements agricoles².

En 2009³, les dépenses consacrées aux eaux usées en France ont représenté 11,1 milliards d'euros. Elles se répartissent comme suit : 82% pour l'assainissement collectif, 10% pour la gestion des eaux usées industrielles et 8% pour l'assainissement autonome des ménages.

- ❖ 1,9 milliards d'euros ont été investis pour les stations de traitement,
- ❖ 2,6 milliards d'euros pour les réseaux d'assainissement ;
- ❖ les coûts de fonctionnement représentaient 6,6 milliards d'euros.

A travers ce que nous avons évoqué dans notre papier, cette technique appelée, « REUSE » apparaît comme la meilleure solution alternative, pas seulement en limitant la pénurie d'eau et en préservant la ressource naturelle, mais en fait, parce qu'elle assure l'alimentation en eau potable, agricole

¹ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007) « *Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France* », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P43

² BENZARIA Mohammed,(MARS 2008) « *Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation* », Université du Québec A Montréal, P. 18

³ www.planetoscope.com

et industrielle à moindre coût. On peut dire que la réutilisation des eaux usées constitue un enjeu majeur du développement durable qui demande un engagement de la part de l'Etat et du secteur privé pour gagner le défi, « l'eau douce pour tous ».

Et cela en apprenant à économiser et à partager de manière équitable les ressources, en utilisant les technologies qui polluent moins, qui gaspillent moins d'eau et moins d'énergie, et surtout en changeant nos habitudes de consommation et nos comportements.

C'est le développement durable, ce n'est pas un retour en arrière, mais un progrès pour l'humanité¹ : celui de consommer non pas moins, mais mieux. Il est devenu urgent d'agir. Nous en avons tous les moyens. Et surtout, le devoir.

Nous avons évoqué dans ce chapitre la qualité des eaux usées épurées, les risques à éviter et la réglementation de la REUSE, L'élimination des risques microbiologiques et chimiques est le principal objectif du traitement des eaux usées destinées à être réutilisées. Afin de garantir la protection de la santé publique, il est indispensable de mettre en place des normes et des réglementations strictes adaptées à la spécificité des différentes cultures.

¹ BERTRAND Yann Arthus (2006), « *Le Développement Durable, pourquoi ?* », Fondation GoodPlanet, Première édition, 2006

Chapitre III

L'Irrigation À partir des eaux usées épurées Cas pratique : La réutilisation dans le périmètre d'Hennaya - TLEMCEM

Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées peut constituer une alternative importante à l'usage des eaux potables dans le secteur agricole, notamment dans un pays comme l'Algérie, où l'irrigation utilise un pourcentage important des eaux consommées. On va essayer d'évaluer l'impact de cette réutilisation.

La station d'épuration qui a été choisie pour cette étude est celle de la ville de Tlemcen, ainsi que les terres irriguées sur le périmètre de Hennaya (912 H). L'évaluation identifie des impacts positifs et négatifs de la réutilisation sur l'économie et l'environnement. En effet, l'efficacité de l'utilisation de ces eaux traitées par l'agriculteur, ainsi que son impact sur tous les niveaux, sont les deux éléments évalués. Pour cela nous avons lancé une enquête auprès des agriculteurs concernant l'acceptabilité de cette alternative et le rendement réalisé avant et après l'utilisation de ces eaux, et bien sûr il n'y a pas mieux que le fellah pour nous donner ces informations.

La situation de l'agriculture Algérienne est très difficile, la production agricole n'a que peu augmenté et son poids dans l'économie a diminué considérablement.¹ Les ressources en eau sont relativement limitées et se réduisent progressivement, au détriment de l'agriculture.

Dans un pays où l'eau est rare et trop souvent de qualité médiocre, les superficies irriguées sont faibles (en 1958: 224.000 ha; en 1968: 269.740 ha; en 1978: 313.340; en 1988: 335.700 ha) peu plus de 300.000 ha, essentiellement pour les cultures arbustives (agrumes et légumes dans le Nord, palmiers au Sahara).

Les agriculteurs de leur côté cherchent d'autres alternatives aux eaux propres afin d'irriguer leurs cultures et augmenter leurs rendements agricoles.

La réutilisation des eaux usées est la meilleure solution qui pourrait être fiable et bénéfique pour l'irrigation et, en même temps, pour l'agriculture. En fait,

¹ DEKHIL SAAD(1991), L'EAU ET LE DEVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION EN ALGERIE, MEDIT W 1-2/91

celles-ci peuvent être une alternative à l'utilisation des eaux propres dans l'agriculture, pour laisser l'eau douce servir à l'alimentation humaine (El Mehdi Dadi, 2010).

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord « Tlemcen Ville », à l'ouest de Chetouane « Daïra » sur la Route de Ain El Hout et est conçue pour une population de 150 000 eq/hab d'une capacité de 30 000 m³/j, elle a été réalisée par l'Entreprise Hydrotraitement mise en service le 05 Novembre 2005 gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement.

A travers ce chapitre, nous allons donner une description détaillés de la station d'épuration **D'Ain el Houtz**, Nous présenterons également notre enquête et analyse des résultats obtenus.

III.1 Présentation et Description de La Station D'épuration D'Ain el Houtz

III.1.1 Situation géographique

La station d'épuration de la ville de Tlemcen se situe au nord du chef lieu de wilaya, à l'ouest de la commune de Chetouane sur la Route menant vers le village d'Ain El Houtz. Conçue pour une population de 150 000 Eq/hab et d'une capacité de 30 000 m³/j, elle a été réalisée par l'Entreprise nationale Hydrotraitement et mise en service le 05 novembre 2005. Elle est gérée et exploitée actuellement par l'Office National de l'Assainissement (ONA).



Photo 3 : Panoramique de la Station

La station d'épuration de la ville de Tlemcen est de type **Boues activées à faible charge**. Dans le traitement biologique des effluents, on fait généralement appel aux processus aérobies par lesquels les bactéries provoquent une oxydation directe des matières organiques des eaux usées à partir de l'oxygène dissous dans l'eau.

Les objectifs de la station d'épuration sont multiples :

- Lutter contre les maladies à transmission hydrique
- Protection de l'environnement
- Préservation de la qualité des eaux de barrage
- Réutilisation des eaux usées épurées dans l'irrigation du périmètre de Hennaya

III.1.2 Présentation de la STEP

III.1.2.1 Données de base

La station d'épuration de la ville de Tlemcen a été dimensionnée sur la base des données suivante :

1/ mise en service	_____	2005
2/ type de réseau	_____	unitaire
3/ nature des eaux brutes	_____	domestiques
4/ population	_____	150 000 EQ/HAB
5/ débit journalier	_____	30 000 m ³ /j
6/ débit de pointe horaire admis au traitement	_____	3 800 m ³ /h
7/ DBO ₅ journalière	_____	9 300 kg/j
8/ matière en suspension	_____	13 950 kg/j
9/ azote à nitrifier	_____	1 980 kg
10/ l'équivalence calculée sur la DBO	_____	172 000 EQ/HAB

III.1.2.2 Principe de fonctionnement de la STEP¹

La station d'épuration de la ville de Tlemcen est de type Boues activées à faible charge, elle est composé d' :

* un bassin dit d'aération dans lequel l'eau à épurer est mis en contact avec la masse bactérienne épuratrice,

* un clarificateur dans lequel s'effectue la séparation de l'eau épurée et de la culture bactérienne,

¹ L'ONID(2015), L'Office National D'irrigation et de Drainage

- * un dispositif de recirculation assurant le retour vers le bassin d'aération des boues biologiques récupérées dans le clarificateur. Cela permet de maintenir dans ce bassin la quantité (ou concentration) de micro-organismes nécessaire pour assurer le niveau d'épuration recherché,

- * un dispositif d'extraction et d'évacuation des boues en excès, c'est-à-dire du surplus de culture bactérienne synthétisée en permanence à partir du substrat,

- * un dispositif de fourniture d'oxygène à la masse bactérienne présente dans le bassin d'aération,

- * un dispositif de brassage de ce même bassin, afin d'assurer au mieux le contact entre les cellules bactériennes et la nourriture, d'éviter les dépôts, de favoriser la diffusion de l'oxygène partout où on a besoin de le faire.

Le procédé des boues activées consiste en un réacteur biologique aérobie où l'on Provoque le développement d'une culture bactérienne dispersée sous forme de flocons appelés Bioflocs.

Le réacteur est alimenté en eau polluée et le mélange eau Bioflocs est appelé liqueur mixte. La liqueur mixte est maintenue dans un régime turbulent, par un système d'aération qui peut être du type de surface : il s'agit de turbines d'aération. De l'oxygène dissous est donc introduit dans la masse de la liqueur mixte nécessaire pour la respiration et le développement des micro-organismes aérobies. Afin de ne pas perturber le bon fonctionnement de la station d'épuration par des matières lourdes volumineuses ou difficilement biodégradables, le traitement biologique est précédé de prétraitements adéquats : dégrillage et dessablage – déshuilage

III.2 Présentation des Différentes Installations¹

III.2.1 Pour la Partie Eaux Usées

❖ Déversoir d'orage

Il est dimensionné pour prendre en charge un maximum de 3300 m³/h



Photo 4 :Déversoir d'orage

❖ Deux Dégrilleurs

-

Grille grossière manuelle (1unité) ;

- Largeur de la grille : 1,8m

- Inclinaison : 70%

- Écartement entre les barreaux : 50mm Dessableur – déshuileur

¹ L'ONID(2015), L'Office National D'irrigation et de Drainage



Photo 5 :Grille grossière manuelle (1 unité)

- Grille mécanisée (2 unités) ;
 - Largeur de la grille : 1,0m
 - Profondeur du chenal : 1,5m
 - Écartement entre les barreaux : 20mm
 - Puissance du moteur : 0,37kw



Photo 6 : Grille mécanisée (2 unités)

- ❖ Désableur- déshuileur (2 unités)
Sous forme trapézoïdale, le dessableur déshuileur est équipé d'un pont suceur et écumeur et a pour dimensions :
 - Longueur : 26m
 - Largeur : 4m



Photo 7 : Désableur- déshuileur

- ❖ Bassins d'aération : Quatre bassins de dimensions suivantes :
- Volume : 4723m³
 - Forme rectangulaire de
 - Longueur : 55,5m
 - Largeur : 18,5m
 - Profondeur d'eau : 4,6m
 - Hauteur béton : 5,6m



Photo 8 : Bassins d'aérations

- ❖ Décanteurs secondaires : deux décanteurs chacun est équipé de;
 - Pont racleur à vitesse de rotation 0,04m/s
 - de forme circulaire
 - Diamètre : 46m
 - Surface : 1661m²
 - Profondeur d'eau : 4m en périphérie



Photo 9 : Clarificateurs

- ❖ Bassin de chloration :
Il est en béton armé et d'un volume de l'ordre de 700 m³



Photo 10 : Bassins de chloration

III.2.2 Pour la partie Boues

- ❖ Un poste de pompage des boues avec pompe de recirculation



Photo 11 : Vis de recirculation

- ❖ Épaisseur à boue : Il est en béton armé et à un pont support de la tête tournante avec moteur et réducteur
 - Diamètre : 14m
 - Hauteur utile : 04m
 - Pente de fond : 1/10



Photo 12 : Epaisseur

❖ Lits de séchage : Quatorze lits de séchage Chaque lit a les dimensions suivantes ;

- Nombre : 14
- Longueur : 30 m
- Largeur : 15 m



Photo 13 : Lits de séchage +Aire de stockage

➤ Filière de traitement

La station fonctionne sur la base d'un procédé à boues activé avec aération prolongée à l'aide d'aérateurs de surface à vitesse lente. L'eau entrant à la station passe en premier lieu par :

1- Déversoir D'orage : Le déversoir d'orage de la station est installé à l'amont de celle –ci est déverse le surplus du débit admissible dans le by-pass général de la station. La hauteur de la lame de débordement sera adaptée pour accepter une charge de 3300 m³/h.

2- Les Prétraitements :

Les opérations de prétraitement des effluents ont pour but d'éliminer la fraction la plus grossière des particules et de retirer de l'effluent des matières qui peuvent gêner le déroulement des autres traitements. Parmi les opérations de prétraitement au niveau **de la STEP d'Ain EL Houtz** on trouve:

a- Le Dégrillage : Deux dégrilleurs sont ainsi installés:

Grille grossière manuelle (1 unité): Elle est composée de barreaux droits de section rectangulaire inclinés à l'horizontale 70 % (1,5 m).

- Largeur de la grille : 1,8 m , - Écartement entre les barreaux : 50 mm.

* Grille mécanisée (2 unités) : Elles sont indispensables à partir d'une certaine taille de station d'épuration, voire même sur des installations de faible importance afin de réduire les interventions manuelles de nettoyage. Ces grilles sont à fonctionnement automatique par horloge électrique. Parmi celles-ci, on distingue les grilles de cette STEP à mode de nettoyage par l'amont.

□ By-pass en cas d'arrivée anormalement chargée : branchement illicite dans le réseau ; station d'essence ; station de vidange...).

Ce dernier assure le bon fonctionnement de la station en cas de problème au niveau des grilles mécaniques (panne, bouchage..) il est caractérisé par une largeur de 1 m, et un écartement entre les barreaux de 30 mm.

b- Le Dessableur-déshuileur (2 unités) :

Cet ouvrage est de type longitudinal à deux compartiments, il est constitué d'un canal en béton armé de forme trapézoïdale. L'air est insufflé par des compresseurs pour provoquer une émulsion capable d'améliorer la séparation de sable et des graisses.

Il existe des lames de séparation qui permettent la séparation des huiles et des graisses vers la zone de raclage. L'eau prétraitée est déversée et évacuée gravitairement à travers un canal à ciel ouvert pour subir les traitements ultérieurs, les deux déssableurs déshuileurs ont les dimensions suivantes.

- Longueur : 26 m - Largeur : 4 m - Une hauteur de 9 m.

3- Le Traitement Biologique:

L'eau prétraitée sera acheminée vers les bassins de traitement biologique, la station comporte quatre unités de bassins d'aération, au niveau de chaque unité il ya deux bassins séparés.

a- Bassin d'aération:

Le bassin de forme rectangulaire, est alimenté en eau dénitrifiée, l'aération dans le bassin est réalisée à l'aide d'aérateur de surface à vitesse lente. Chaque bassin est équipé de trois aérateurs. Ce milieu favorable provoque le développement des bactéries, qui par action physicochimique retiennent la pollution organique et s'en nourrissent. Au niveau de chaque bassin existe une sonde de mesure d'oxygène dissous pour assurer le déclenchement automatique de l'aération en cas de défaillance de la concentration de cette dernière. Chaque bassin d'aération a les dimensions suivantes :

- Volume : 4723 m³
- Longueur : 55,5 m
- Largeur : 18,5 m
- Profondeur d'eau : 4,6 m
- Hauteur béton : 5,6 m

b- Bassin de nitrification dénitrification :

L'eau prétraitée arrive premièrement dans ce bassin pour éliminer la pollution azotique à partir des bactéries spécifiques (Nitrosomonas, Nitrobacter). Le bassin de forme rectangulaire est équipé d'un mélangeur de fond pour assurer l'agitation du milieu, ensuite l'eau nitrifiée dénitrifiée est déversée vers les bassins d'aération. Chaque bassin a les dimensions suivantes :

- Volume 725 m³, - Longueur 187,56 m
- Largeur 8,5 m, - Hauteur du béton 5,6 m
- Hauteur d'eau 4,9 m

4- La Décantation Secondaire :

Dans la STEP, il existe deux décanteurs secondaires de forme circulaire de 46 m de diamètre avec une surface de 1661 m² et de profondeur d'eau de 4m en périphérie, et de pont racleur à vitesse de rotation de 0,04 m/s.

Les eaux clarifiées sont ensuite recyclées lors de la dernière étape de traitement et qui est la désinfection et le traitement des boues décantées, elles sont alors envoyées vers le tour de recyclage ou vers l'épaisseur.

5- Bassin de Chloration:

Le bassin de chloration est en béton armé et a un volume de l'ordre de 700 m³. La capacité de dosage installée est de 40 Kg de chlore à l'heure.

6- Traitement des Boues :

Après traitement biologique, la boue constitue le résidu principal de la station d'épuration d'Ain El Hout. Elle est tout d'abord dirigée vers l'épaisseur, qui a une forme circulaire réalisée en béton armé de 14 m de diamètre et d'une hauteur utile de 4 m, le fond du bassin à une pente de 1/10.

Les boues épaissies sont prises par pompage et évacuées vers les lits de séchage. Le séchage de boues s'effectue à l'air libre sur des surfaces d'étendue de 30 m de longueur et 15 m de largeur.



Photo 14 : Vue d'un lit de séchage rempli de boues

Il existe 14 lits de séchage en béton équipés d'une conduite de drainage perforée, pour permettre l'évacuation de l'eau filtrée vers l'entrée de la station.

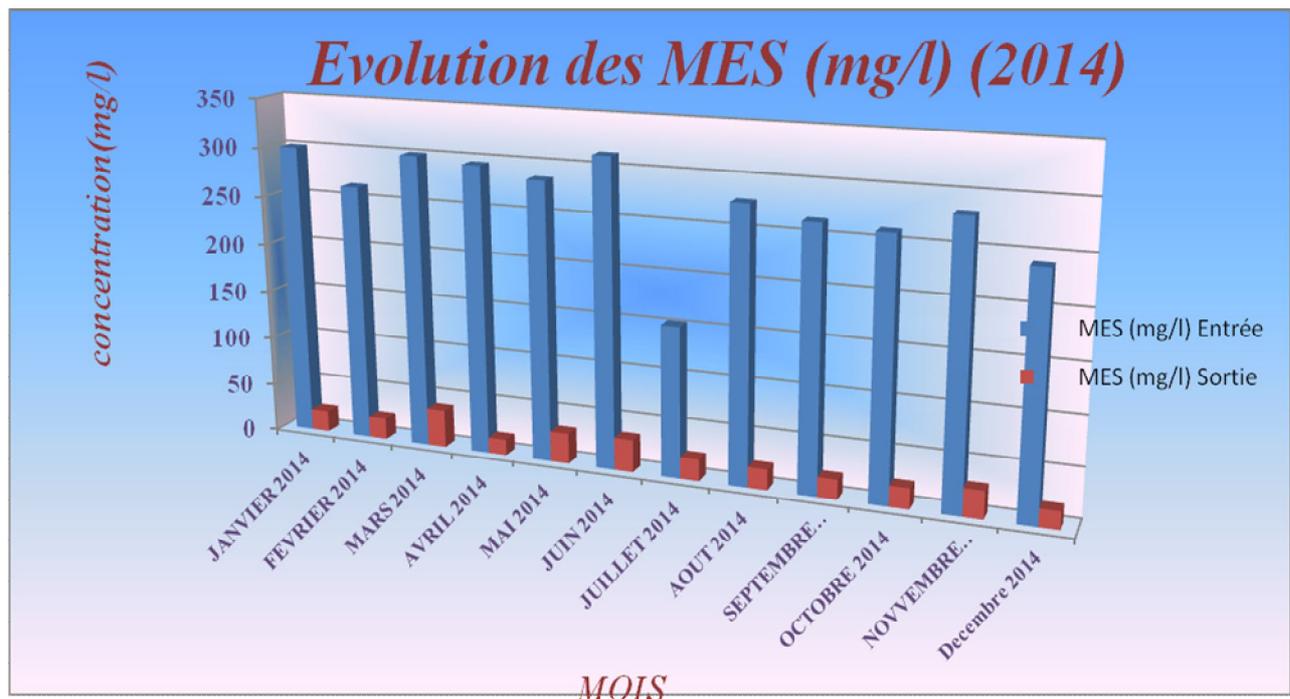
III.3 Les Performances D'épuration au Niveau de la STEP

Pour contrôler l'état de la station d'AIN EL HOUTZ et suivre son fonctionnement dans l'épuration des eaux usées afin d'irriguer la plaine d' Hennaya, ainsi que pour relever toutes les défaillances qui existe.

On présente dans ce travail, l'abattement des principaux paramètres de pollution : DBO5, DCO et MES au niveau de cette station durant la période du fonctionnement allant du mois de Janvier 2014 jusqu'au mois de décembre 2014. Les résultats nous ont été fournis par les gestionnaires de la STEP (ONA de Tlemcen).

En collaboration avec le directeur de la station d'Ain el Houtz, nous avons eu ces figures pour avoir une idée plus détaillée sur la performance de cette station en matière de traitement et son efficacité pour l'agriculture.

Figure 10 : Evolution des MES



Le taux de rabattement en matière en suspension (**MES**) est de **91%** durant l'année 2014.

On remarque que les résultats d'analyses des MES à la sortie de la STEP ont été marqués par des variations importantes qui dépassent parfois la norme avec une valeur maximale de 51 mg/l cela est dû probablement à plusieurs facteurs.

□ Mauvaise dégradation de la matière organique qui représente 70 % de MES à cause de fortes charges à l'entrée de la STEP ou une mauvaise oxygénation du bassin biologique.

□ Mauvaise homogénéisation de la liqueur mixte qui induit une mauvaise dégradation de la pollution surtout lorsque les mélangeurs de fond sont tous en panne.

Par¹ contre le meilleur rabattement obtenu en avril 2016 avec une valeur minimale de 11.11 mg/l. On observe aussi qu'à partir de juin 2014 jusqu'à

¹ Mr KHECHIBA Ilyas , Mr MAHI Abdelwahab (2016), Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place, Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, p.41

février 2016, les résultats sont tous au dessus de la norme ce qui indique que le traitement des MES se fait convenablement.

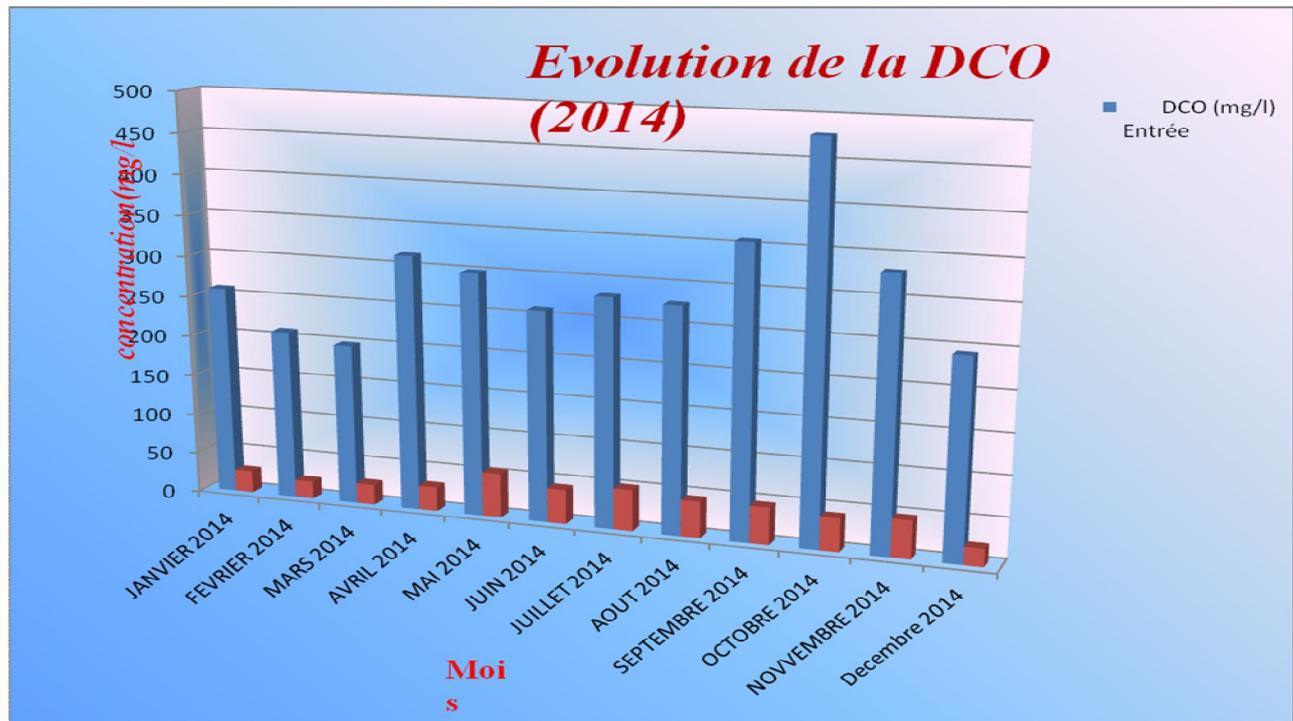
Figure 11 : Evolution de la DBO5



Le taux de rabattement de la demande biologique en oxygène (**DBO₅**) est de **86%** durant l'année 2014.

On remarque qu'en 2014, sept mois consécutifs ont été marqués par des dépassements importants par rapport aux normes désignées (30 mg/l). Donc on peut dire qu'il y a une quantité importante des eaux épurées qui étaient utilisées pour l'irrigation avec des valeurs de DBO5 qui dépassent les normes ce qui est strictement interdit.

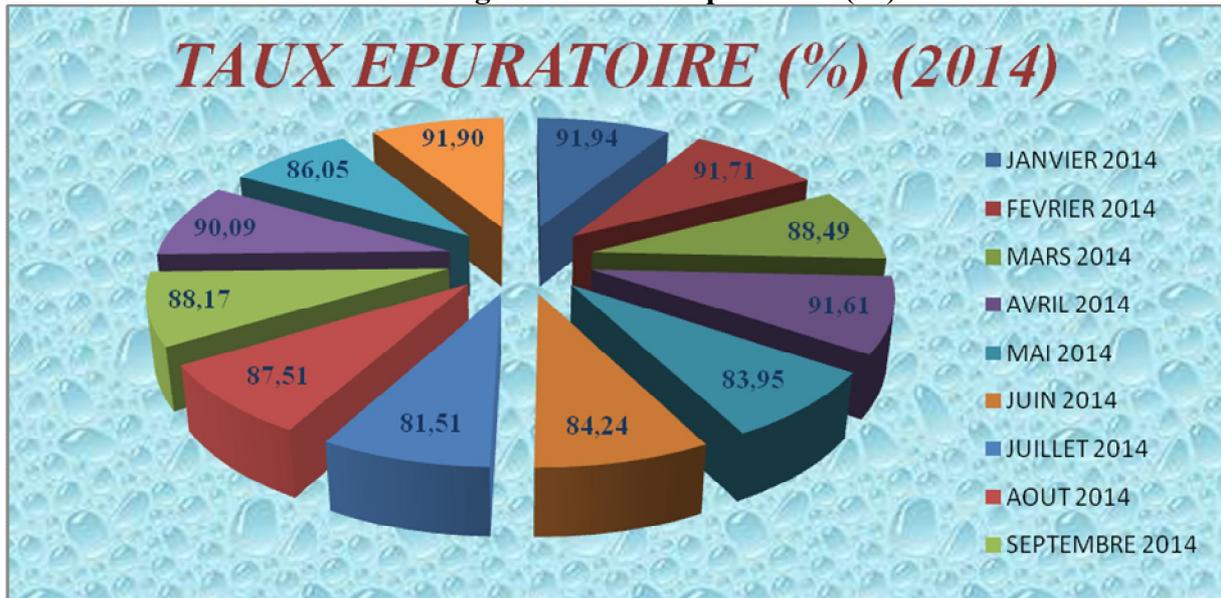
Figure 12: Evolution de la DCO



Le taux de rabattement de la demande chimique en oxygène (**DCO**) est de **87 %** durant l'année 2014.

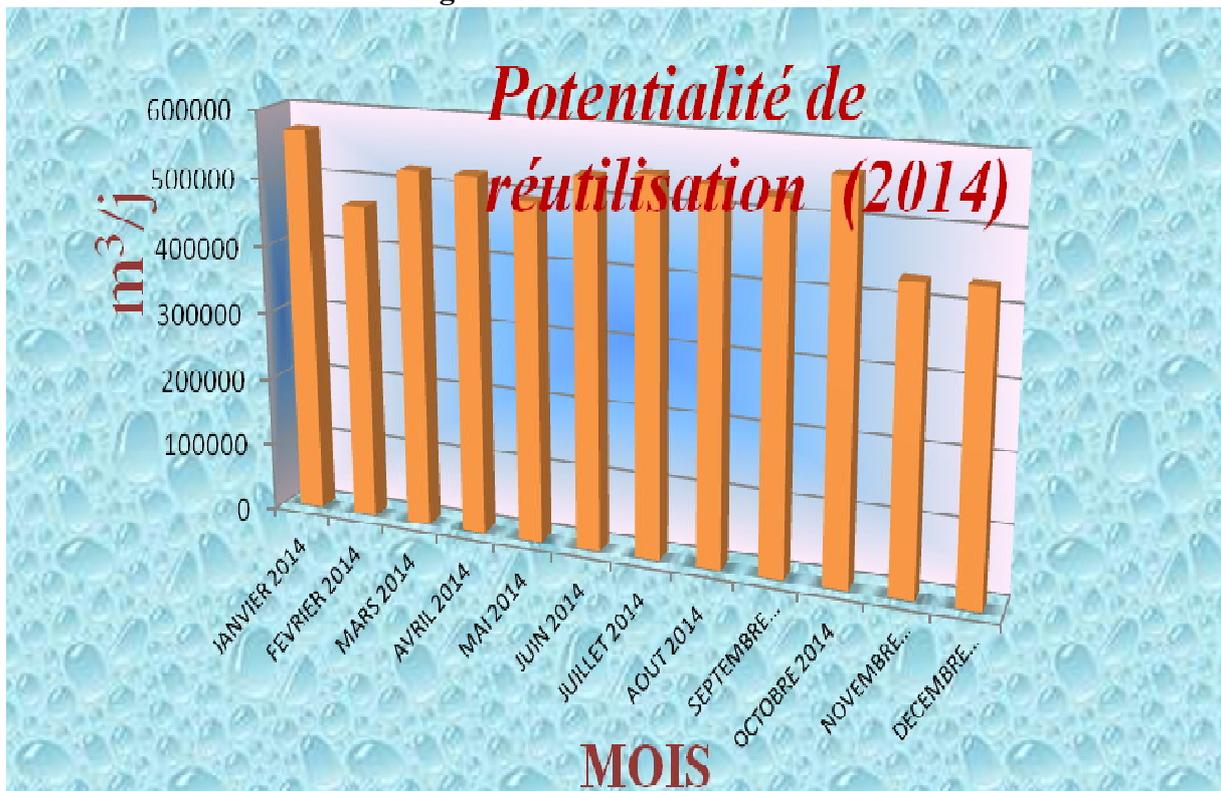
On constate que toutes les concentrations en DCO varient dans une gamme inférieure à la norme de réutilisation fixée (90 mg/l), ce qui s'explique par une bonne dégradation des matières chimiquement oxydables présentes dans l'eau ajoutée à une bonne oxygénation du milieu. Les eaux usées ont subies un bon rabattement de DCO ce qui justifie le bon fonctionnement de process concernant ce paramètre.

Figure 13 : Taux Epuratoire (%)



La moyenne des taux épuratoires globale est de **88%** sur la charge des paramètres de pollution (DBO ; DCO ; MES)

Figure 14: Potentialité de réutilisation



A travers ces statistiques, on peut dire que, l'ensemble des résultats obtenus sur les indicateurs de performances de la STEP de Ain el HOUTZ confirme l'efficacité de cette station en matière d'épuration des eaux mais en contrepartie des problèmes de dysfonctionnements avec leurs impacts sur les rendements épuratoires persistent toujours et cela est du par exemple¹ :

- Il n'y a pas un bassin d'orage pour stocker le surplus des eaux usées (les heures de pointes) pour les épurer pendant la nuit car la station fonctionne 24 /24H.
- Les mélangeurs du fond des (04) bassin d'aération, pour l'homogénéisation de la liqueur mixte, sont tous en panne.
- Les lits de séchage sont endommagés surtout la couche de drain (gravier et sable). il y'a des affaissements qui rendent la couche de boues non homogène, donc des points qui se sèchent rapidement et d'autres prennent plus de temps (photo15).

¹ KHECHIBA Ilyas , Mr MAHI Abdelwahab (2016), Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place, Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, p.50



Photo 15 : Le lit de séchage¹

Les problèmes suscités n'ont pas empêché les agriculteurs d'irriguer leurs terres avec ces eaux épurées, le volume d'eau distribué est passé de 1,9 millions mètres cube en 2011 à 2,95 millions mètres cube en 2015².

On remarque à travers les statistiques obtenues de (L'ONID) que les superficies Souscrites entre 2014 (350 HA) et 2015 (665 HA) en doublé, soit 73% de la surface totale (Tableau 13).

Tableau 13 : Evolution de la superficie irriguée

Campagne d'irrigation	Superficie équipée (Ha)	Superficie Souscrite (Ha)	Superficie Irriguée (Ha)	Nombre irrigant
2014	912	350	350	150
2015		665	160	198

Source : Office National de l'Irrigation et du Drainage(Tlemcen), 13 et 14 Mai-2015

¹ Mr KHECHIBA Ilyas , Mr MAHI Abdelwahab (2016), Etude diagnostique de la station d'épuration d'Ain El Houtz : réhabilitation de filières existantes et étude de filières à mettre en place, Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, p.50

² HAMIMED Ramzi Mohammed, Irrigation des Terres de la Plaine d'Hennaya par les Eaux Usées Epurées de la Ville de Tlemcen, Laboratoire de Recherche N°25, 2015, p.75

Concernant les cultures (les Céréales et les Agrumes) irriguées par l'eau épurée (Tableau 14), Le rendement agricole a doublé entre 2010 et 2014, cela est du essentiellement à l'efficacité de l'épuration des eaux usées de la station d'Ain el HOUTs, ainsi que le respect des agriculteurs envers la réglementation préconisée par l'OMS¹.

Tableau 14 : Evolution du Rendement Agricole

Cultures	Avant aménagement	Après aménagement	Taux %
	2010	2014	
Céréales	20 q/ha	50q/ha	250 %
Agrumes	60 q/ha	120 q/ha	200 %

Source : Office National de l'irrigation et du Drainage(Tlemcen), 13 et 14 Mai-2015

III.4 Présentation du Questionnaire et Analyse du Résultat

Après avoir consulté la littérature concernant la réutilisation des eaux usées épurées et sa tendance en Algérie, nous avons mis au point un questionnaire structuré de 19 questions dont le but est, d'illustrer cette nouvelle alternative et présenter son impact sur l'agriculture.

Une enquête de 19 questions a été menée auprès de 60 agriculteurs Algériens irriguant de la station d'épuration d'Hennaya, Tlemcen.

Nous sommes très reconnaissants aux agriculteurs qui ont accepté de nous aider en faisant passer notre enquête aux fellahs, amis, cousin ou encore voisins.

¹Office National de l'irrigation et du Drainage(2015), Irrigation des GrandsPpérimètres (GPI) À Partir des Eaux Usées Epurées, Cas pratique de réutilisation dans le périmètre de Hannaya, 13 et 14 Mai-2015

■ Le Questionnaire

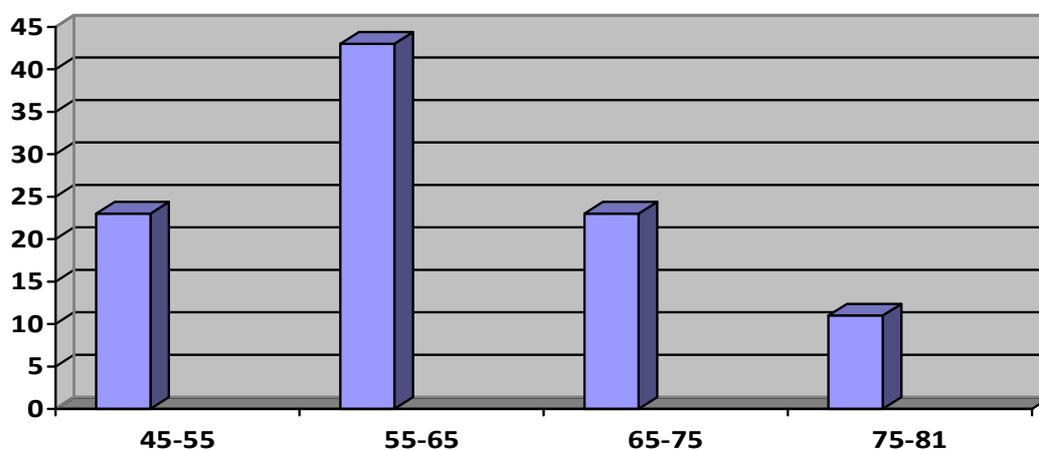
Nous avons préparé ce questionnaire pour qu'il soit à la portée de tous les agriculteurs, pour cela nous avons choisi les agriculteurs de différents âges (45 Ans-81 Ans), sexes (nous avons eu la participation de quatre fellahs femmes et cinquante six hommes) et nous avons pris en considération le niveau d'études (une dizaine d'agriculteurs environ 20% de la totalité ont un niveau primaire, 6% ont un niveau de Bac +4).

Nous avons proposé cette enquête à différents âges pour toucher l'expérience acquise par les agriculteurs et voir si elle se répercute sur leur choix dans l'utilisation des eaux usées épurées.

Tableau 15 : Ages des Agriculteurs (Echantillons de l'enquête)

Ages des Agriculteurs(Ans)	45-55	55-65	65-75	75-81
%	23	43	23	11

Figure 15 : Tranche d'âge des Agriculteurs



Notre but à travers ce questionnaire est de cerner les multiples caractéristiques concernant, l'agriculteur, les eaux usées traitées utilisées, les récoltes réalisées, les risques attendus, l'impact sur l'agriculture et sur l'environnement.

Avant d'analyser les résultats obtenus, on doit d'abord présenter les écueils rencontrés dans cette étude.

En premier lieu, il faut savoir que le thème de cette thèse nécessite des expériences sur site pour réaliser des résultats concrets qu'on peut utiliser pour être sûr que cette analyse soit à la hauteur. Malheureusement, il a été très difficile de trouver des parcelles irriguées avec l'eau douce et l'eau usée brute ainsi qu'avec l'eau usée épurée. Et il a fallu attendre presque 4 Mois à 6 Mois pour avoir un résultat. Des expériences de cette envergure nécessitent une main d'œuvre importante, un capital, des analyses pour chaque prélèvement d'eau usée brute et traitée.

Nous avons rencontrés d'autres difficultés concernant les expériences faites pour aboutir à des résultats fiables :

Nous avons contacté des chercheurs qui ont mené des expériences dans le même périmètre (zone de notre étude), mais qui n'ont pas pu nous communiquer leurs méthodes, techniques et résultats avant publication (fin 2017).

Nous avons choisi de changer d'axe, nous avons contacté l'agriculteur, car c'est lui qui est en contact direct avec les eaux usées traitées, et est en mesure de nous aider à travers son expérience.

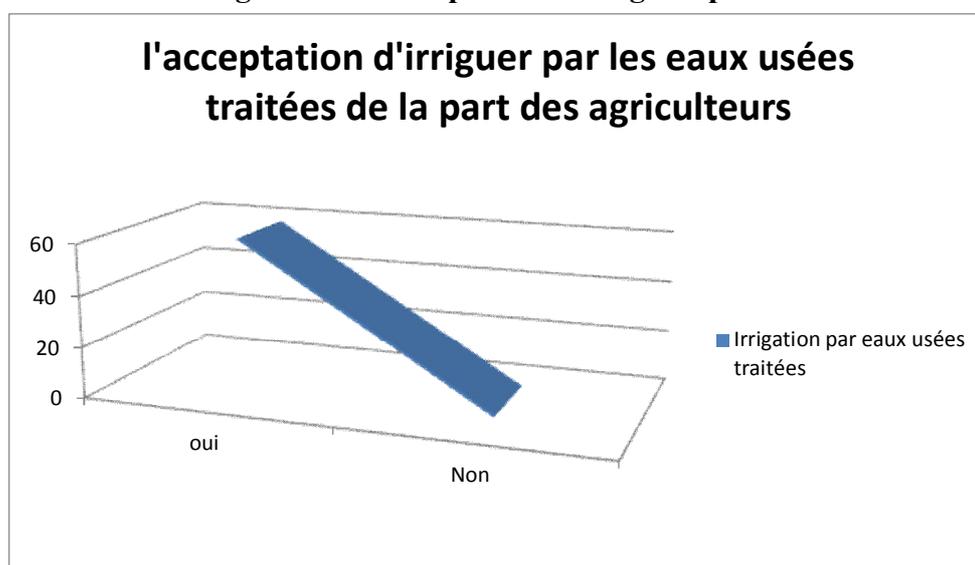
Pour cela et en collaboration avec mon encadreur, nous avons proposé une enquête avec des questions directes, simples, faciles à répondre.

■ Les questions et leurs interprétations

1. L'acceptation d'irriguer par les eaux usées traitées de la part des agriculteurs

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 16: L'acceptation d'irriguer par les eaux usées traitées

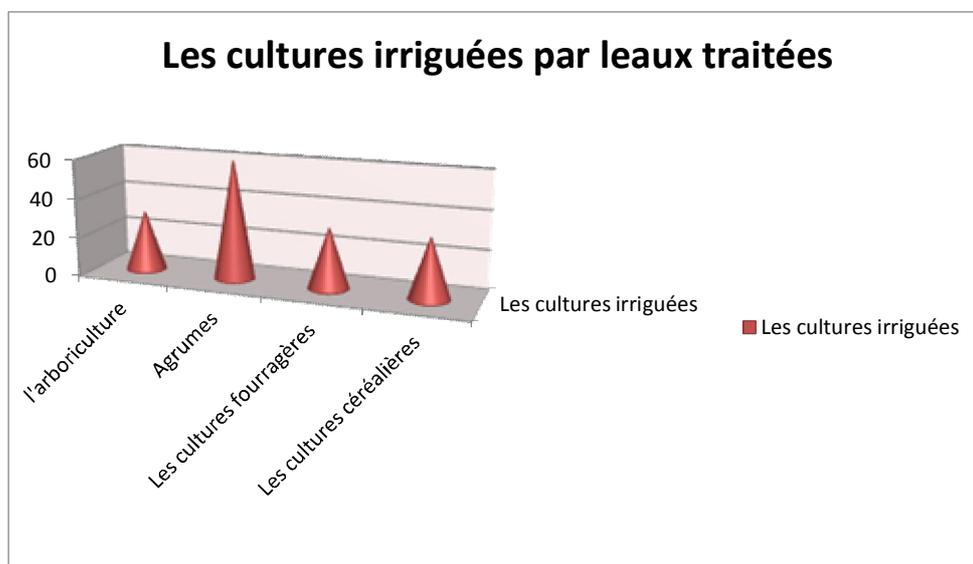


La réponse à la première question, était 100% « oui », les agriculteurs sont convaincus que cette nouvelle méthode peut leur ouvrir divers horizons, en se basant sur leur expérience.

2. les cultures irriguées par les eaux usées traités

Les Cultures	%
L'arboriculture	50%
Agrumes	100%
Les Cultures Fourragères	50%
Les Cultures Céréalières	50%

Figure 17: les cultures irriguées par les eaux usées traités



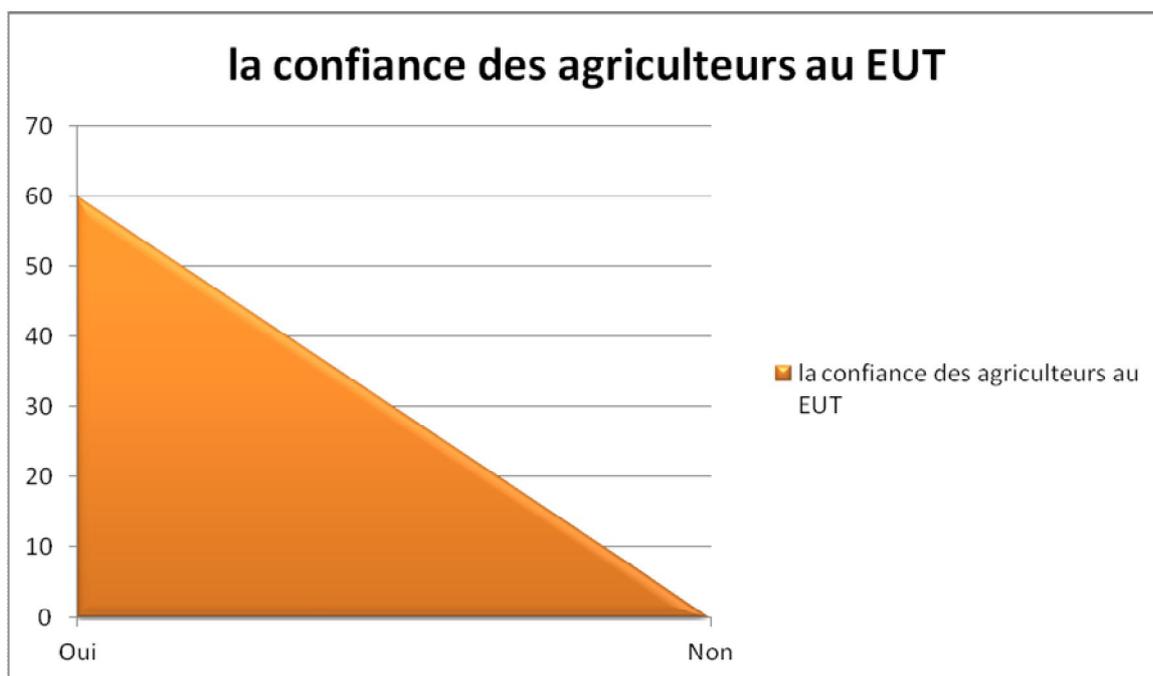
A travers les réponses données, les agriculteurs ont coché toutes les cases, la culture irriguée par tous les agriculteurs c'est (les Agrumes).

Selon les statistiques de L'ONID (Office National de L'irrigation et du Drainage), le 13/14 Mai 2015, les récoltes des Agrumes ont doublé de 60 Q/HA à 120 Q/HA : un taux de 200%. Pour cela, les investissement--s des agriculteurs, sont éparpillés partout, mais basés sur les Agrumes.

3. La confiance des agriculteurs en ces eaux

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 18: La confiance des agriculteurs en ces eaux

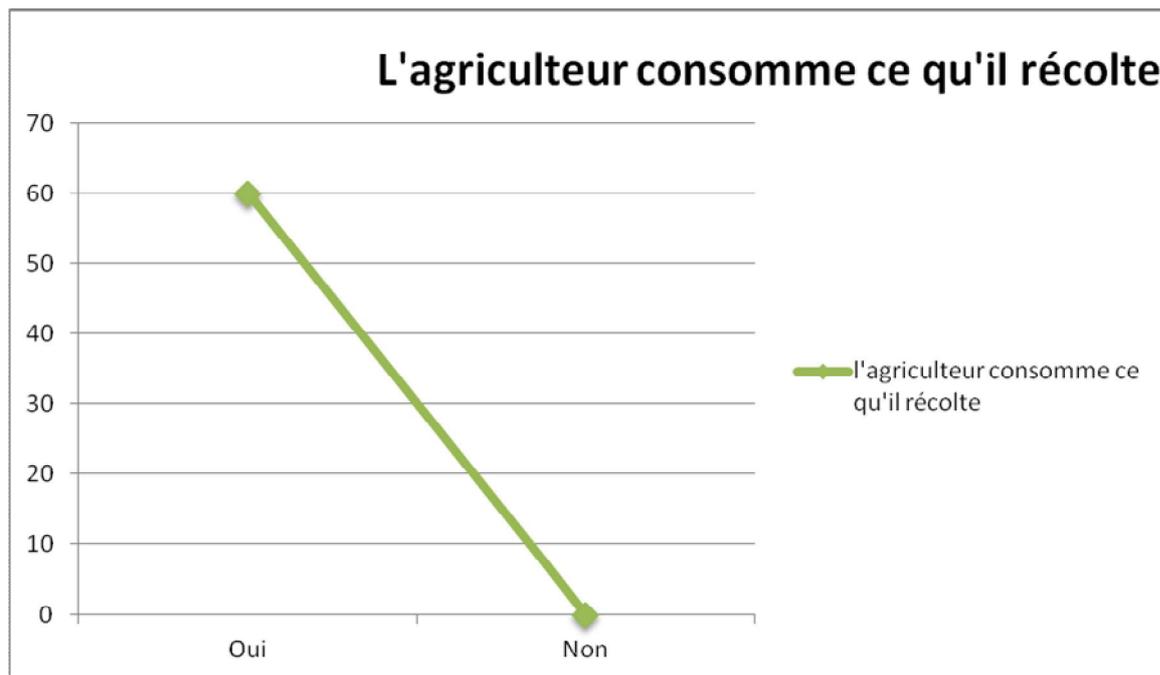


Les agriculteurs font confiance, parce qu'ils sont conscients que c'est l'avenir, il y'a beaucoup d'agriculteurs instruits qui ont une idée sur la valeur réelle de l'eau, car il viendra un jour ou l'eau se fera rare et pourra même disparaître, pour cela, ils sont pour la préservation de l'eau douce.

4. L'agriculteur consomme ce qu'il récolte

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 19: L'agriculteur consomme ce qu'il récolte

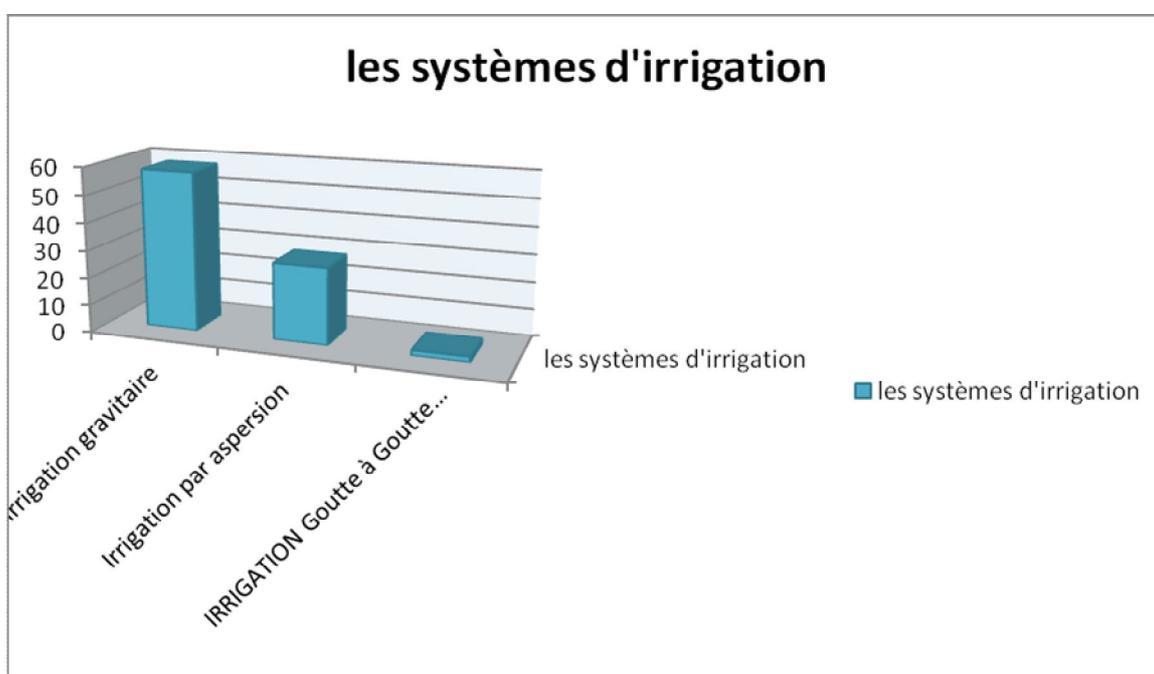


L'agriculteur doit donner l'exemple, consommer ce qu'il récolte, confirmer sa confiance dans les eaux épurées, Et le consommateur, doit être lui aussi, formé et informé de cette nouvelle technique.

5. les systèmes d'irrigation utilisés

Les systèmes d'irrigation	%
Irrigation gravitaire	96%
Irrigation par aspersion	47%
Irrigation goutte à goutte (localisé)	3%

Figure 20 : les systèmes d'irrigation



Pour cette question, nous remarquons que les agriculteurs ont penchés pour l'irrigation gravitaire, selon l'enquête, on a (96%), par aspersion (47%) et (3%) pour la troisième méthode. On peut comprendre ce choix à travers les réponses données ultérieurement.

6. l'achat des produits irrigués par les eaux traitées

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 21: L'achat des produits de terre irrigués par les eaux traitées

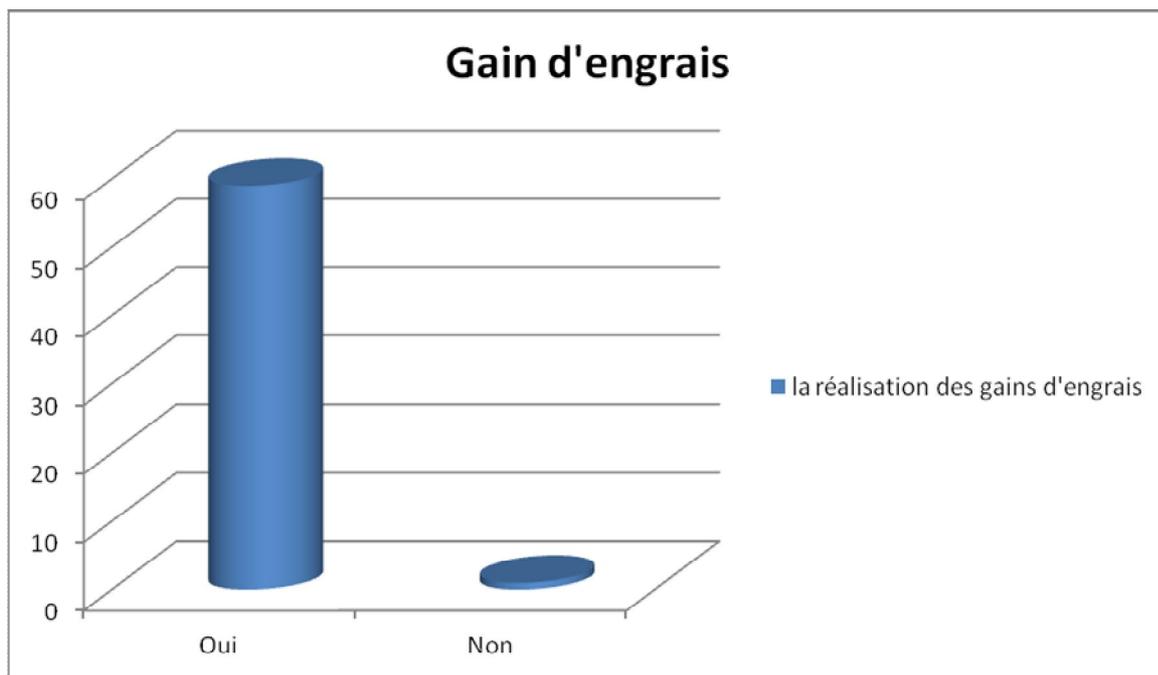


Le consommateur doit prendre sa décision en se basant sur ses connaissances, pour cela la sensibilisation des gens est très importante pour faire passer le message de la fiabilité de ces eaux épurées dans l'agriculture ainsi que le respect réel de l'agriculteur de la réglementation de l'OMS ainsi que des spécialistes en la matière.

7. la réalisation des économies importantes en remplaçant l'achat d'engrais par la réutilisation des eaux traitées.

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 22: Gain d'engrais en utilisant les eaux traitées.



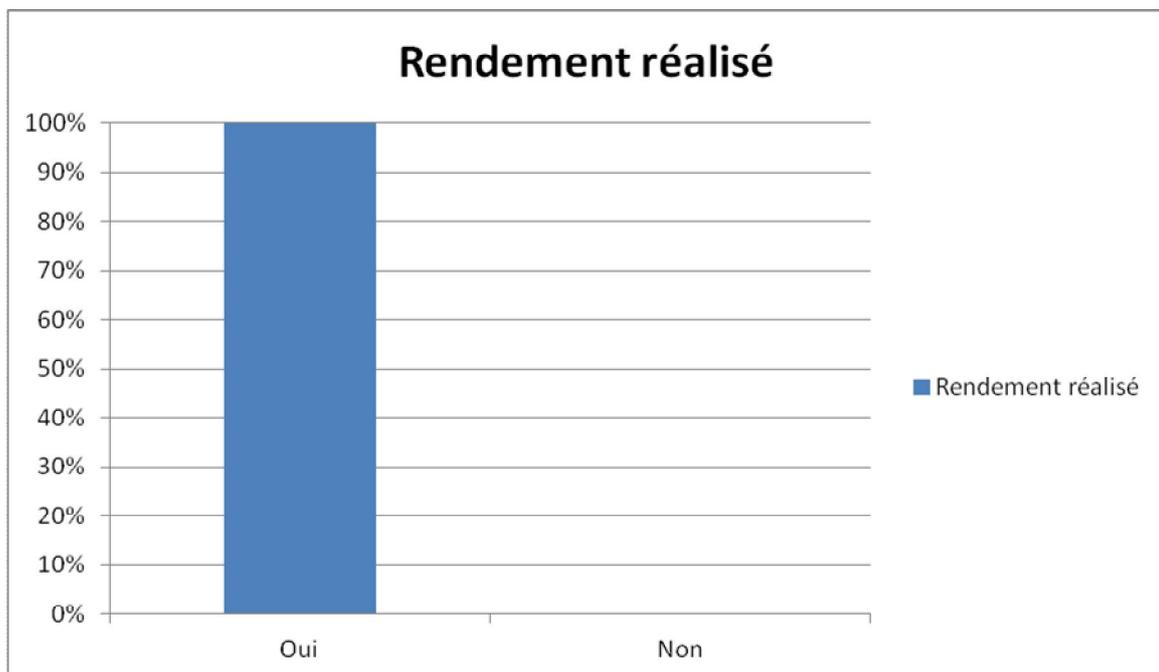
La réutilisation des eaux usées a permis aux agriculteurs de réaliser des gains en ce qui concerne les engrais. Selon les études et les expériences pratiquées sur les eaux usées épurées, elle est composée d'une grande quantité de fertilisants (macronutriments N, P, K, Ca, Mg et micronutriments Fe, Zn, Cu, Mn...), il faut simplement avoir une idée sur la quantité nécessaire, et comment le faire, parce que ça peut se répercuter inversement.

Par exemple, le choix de la culture doit se faire en fonction du contenu en N (l'azote) des eaux usées traitées. Si la quantité d'azote présente dans l'eau usée n'est pas suffisante, un supplément d'engrais est alors nécessaire pour atteindre un rendement cultural satisfaisant.

8. la satisfaction de l'agriculteur du rendement réalisé (quantitatif et qualitatif)

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 23: la satisfaction de l'agriculteur du rendement

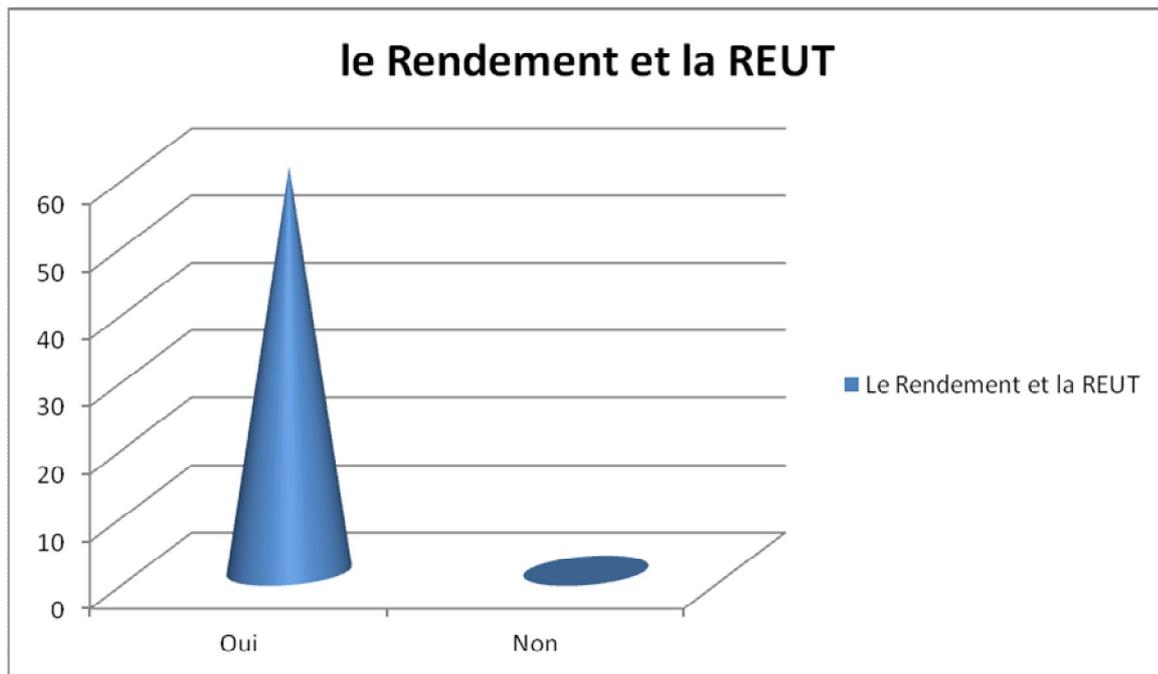


Tout le monde cherche à réaliser du profit, l'agriculteur à travers la récolte réalisée avant et après l'utilisation des eaux épurées, il est sûr que le rendement est meilleur parce qu'il a réalisé un résultat à travers l'expérience, en respectant la réglementation.

9. le rendement motive l'agriculteur à utiliser cette nouvelle technique.

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 24 : le rendement et la REUT



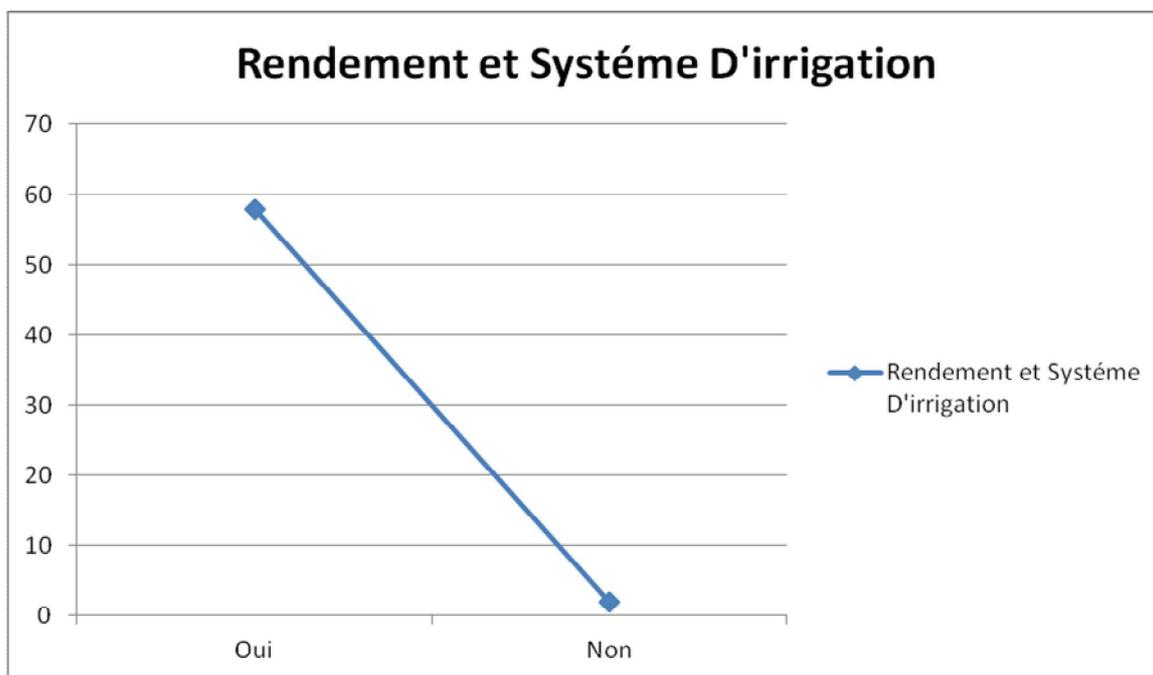
A travers les résultats obtenus depuis le lancement de la station d'épuration, l'agriculteur est motivé et utilise cette technique. La surface d'irrigation est passée en 2014 de 350 Ha à 665 Ha en 2015, soit 73% de la surface totale.

Le rendement des Céréales est passé en 2009 de 20 q/ha à 50q/ha en 2015, ainsi que celui des Agrumes est passé dans les mêmes périodes de 60 q/ha à 120 q/ha.

10. le rendement change selon le système d'irrigation utilisé.

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 25: rendement et système d'irrigation



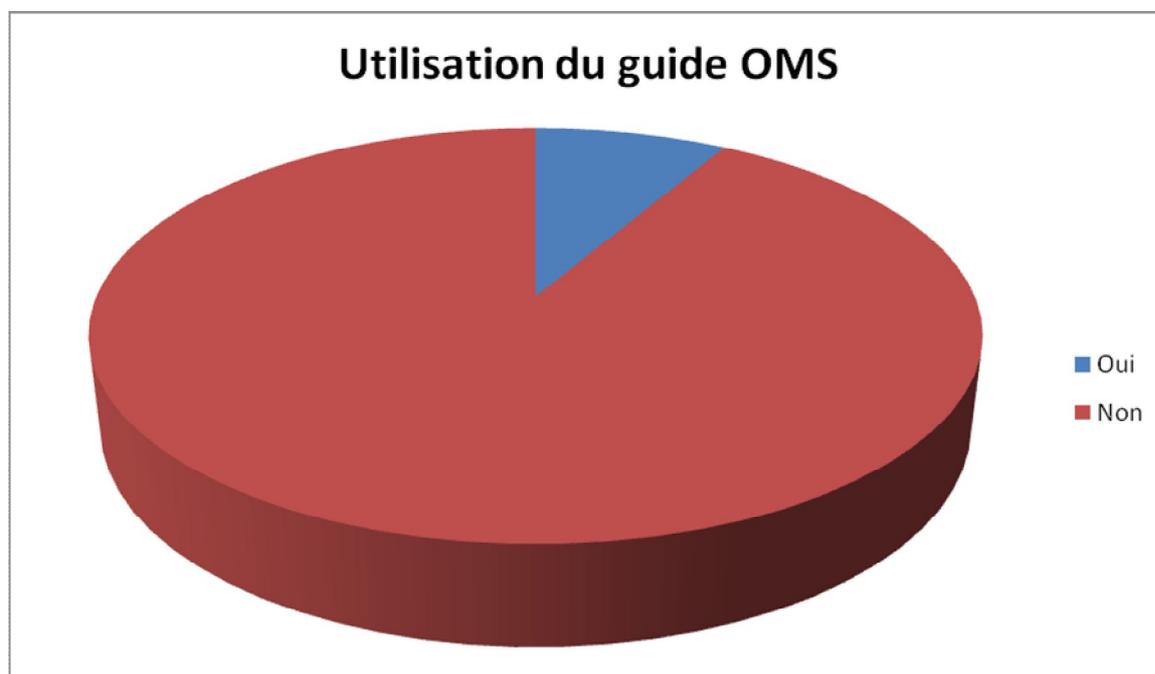
Tous les agriculteurs doivent être formés aux techniques d'irrigation des eaux usées : irriguer par gravité c'est une méthode moins efficace mais plus utilisée, et irriguer par aspersion, est plus moderne et plus efficace, sans oublier, l'idée à la base de l'irrigation au goutte à goutte qui est : l'eau est nécessaire seulement à la plante et qu'il est inutile d'irriguer les espaces entre elles.

Le rendement diffère selon le système d'irrigation utilisé, L'agriculteur est amené dans le cadre de ses activités à réfléchir sur un projet d'irrigation, sa mise en œuvre et la conduite des installations, afin de procéder au choix entre différentes solutions et la prise de décision. Les informations concerneront les différents systèmes d'irrigation existants, les usages de l'irrigation, le calendrier d'irrigation, le bilan hydrique, les besoins en eau des cultures et du sol pour mieux gérer sa production.

11. L'utilisation du guide concernant les directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées épurées.

	Oui	non
%	8%	92%

Figure 26 : utilisation du guide de l'OMS



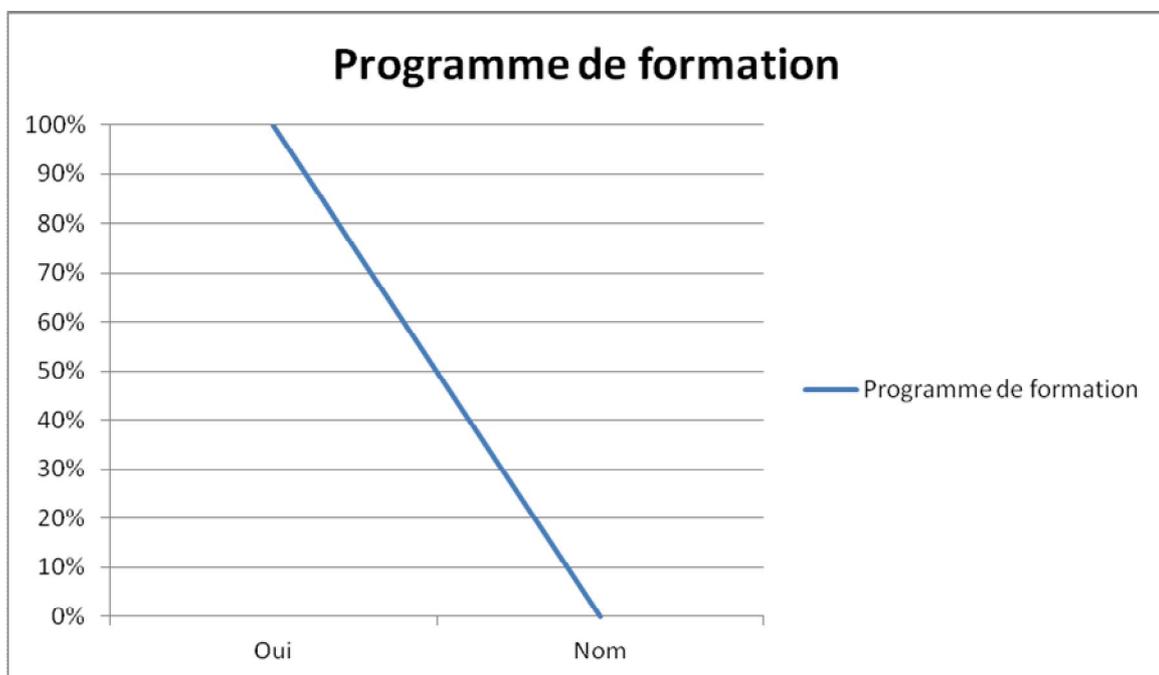
A travers cette question, on remarque, que ces fellahs ont irrigué leurs cultures avec les EUT tout en étant formés sur les conséquences et les risques attendus de ces eaux : c'est vrai, une minorité utilise le guide concernant les directives OMS, mais en parallèle, la totalité est pour le programme de formation et de sensibilisation, et l'agriculteur cherche toujours à réaliser une bonne récolte en gardant la performance de sa terre.

12. des programmes de formation et de sensibilisation pour les agriculteurs ainsi que les consommateurs

programme de formation et de sensibilisation

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 27 : programme de formation et de sensibilisation



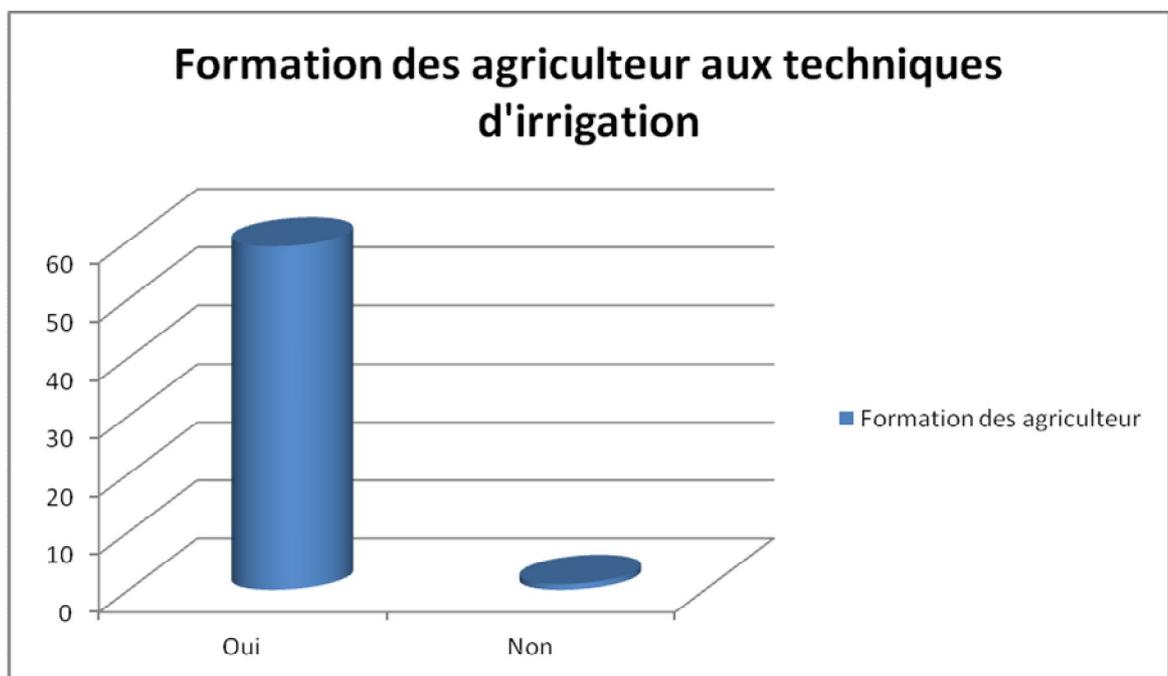
Le programme de formation et de sensibilisation est essentiel pour ne pas dire obligatoire, et cela pour minimiser les risques sur la santé humaine. Ceux-ci procurent aux agriculteurs toutes les techniques et les aident à prendre la décision adéquate en respectant toujours la réglementation indiquée.

13 Les agriculteurs doivent être formés aux techniques d'irrigation avec des eaux usées.

Les agriculteurs doivent être formés aux techniques d'irrigation avec des eaux usées.

	Oui	non
%	100%	0%

Figure 28 : Formation des agriculteurs aux Techniques D'irrigation



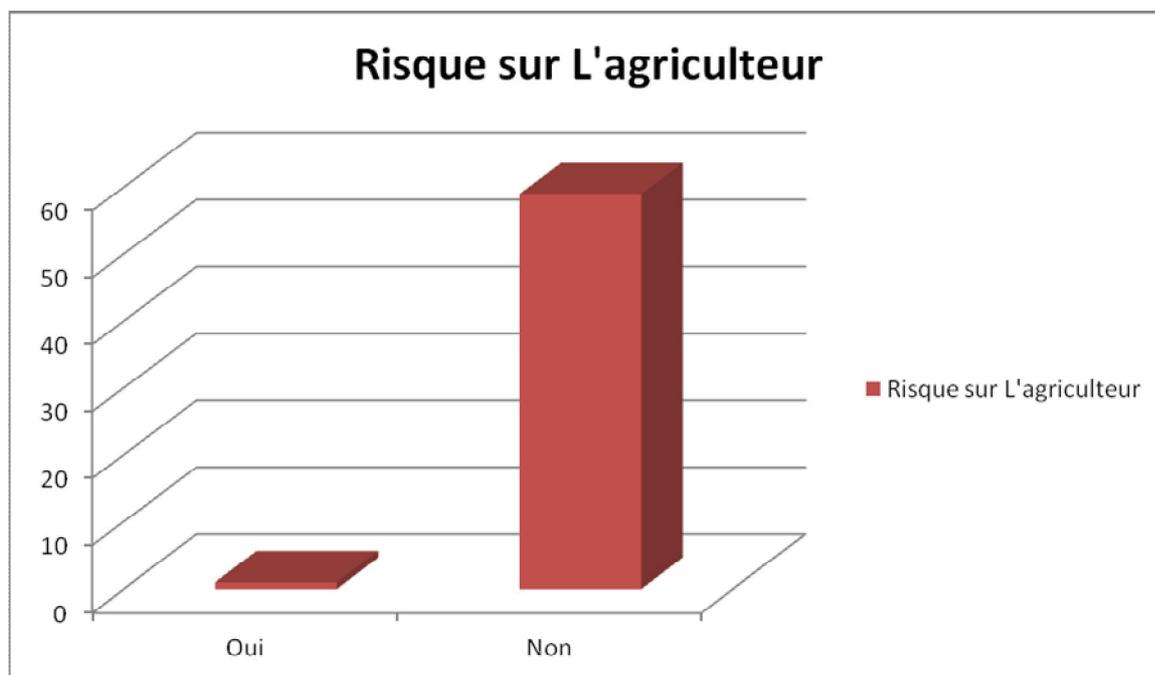
Il faut toujours insister sur la formation à tous les niveaux

14. L'irrigation engendre des risques pour les agriculteurs

L'irrigation engendre des risques pour les agriculteurs

	Oui	non
%	0%	100%

Figure 29 : Les risques de L'irrigation pour les agriculteurs



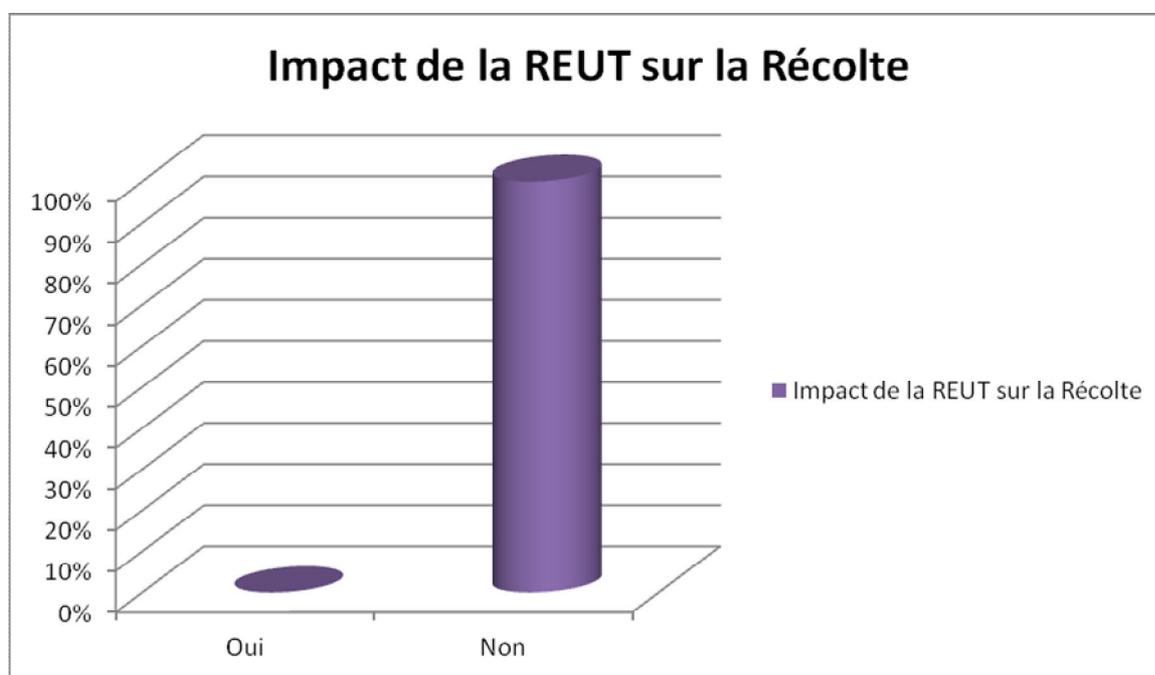
A travers les réponses des agriculteurs, l'irrigation n'engendre aucun risque sur eux, leurs réponses sont en relation directe avec la formation qu'ils ont faite, l'expérience acquise et le réel respect de la réglementation.

15. réduction de la qualité des fruits, ainsi que de la diversité des récoltes

Réduction de la qualité des fruits, ainsi que de la diversité des récoltes

	Oui	non
%	0%	100%

Figure 30: impact de REUT sur la récolte



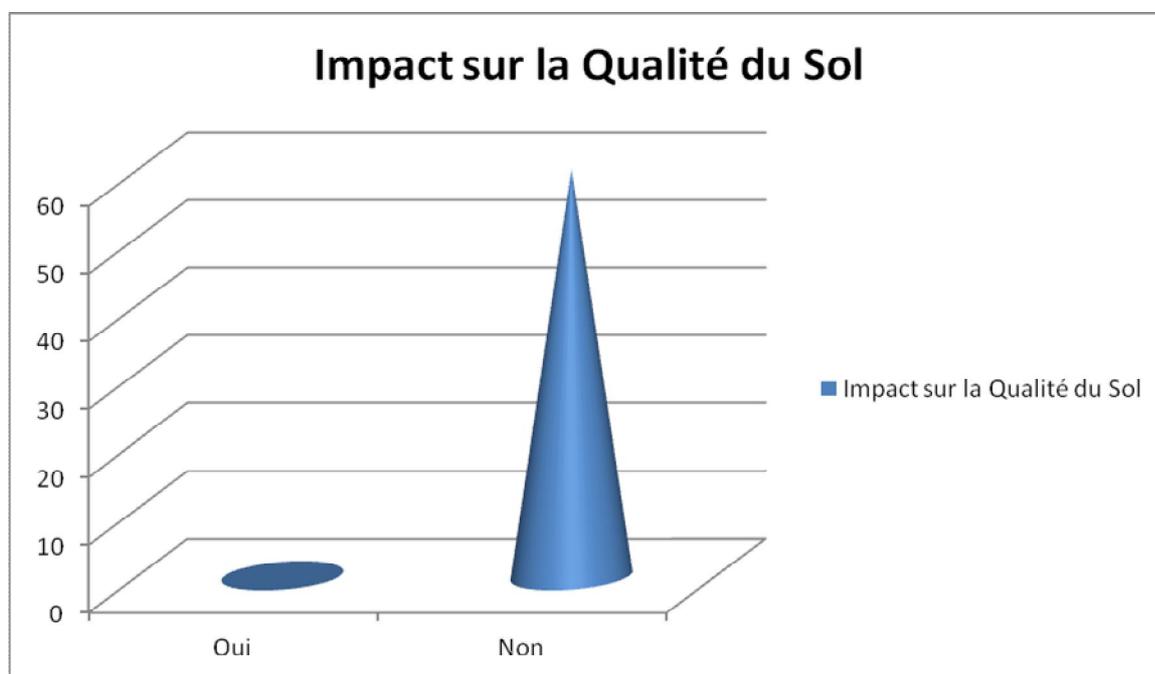
A travers les réponses retenues sur l'irrigation et les systèmes choisis dans les questions précédentes, la totalité des agriculteurs ont nié le risque de l'irrigation avec les EUE sur leurs récoltes.

16. Impact sur la qualité du sol.

Impact sur la qualité du sol

	Oui	non
%	0%	100%

Figure 31 : Impact sur la qualité du sol



En réalité, quand on pose des questions sur les récoltes(question 14) par utilisation des eaux usées épurées, l'agriculteur peut répondre à travers ce qu'il a réalisé chaque année, mais concernant la qualité du sol(question 15), il est difficile d'y répondre sans s'appuyer sur des expériences et des statistiques qui peuvent définir les spécificités du sol et ses composantes. Les agriculteurs ont répondu « non », à court terme, mais plus tard, on ne peut pas le savoir.

17. Organismes responsables de la gestion de l'eau et du secteur agricole qui doivent maintenir des rencontres continues avec les agriculteurs.

Organismes responsables de la gestion de l'eau et du secteur agricole

	Oui	non
%	50%	50%

Figure 32: organisme de gestion de l'eau



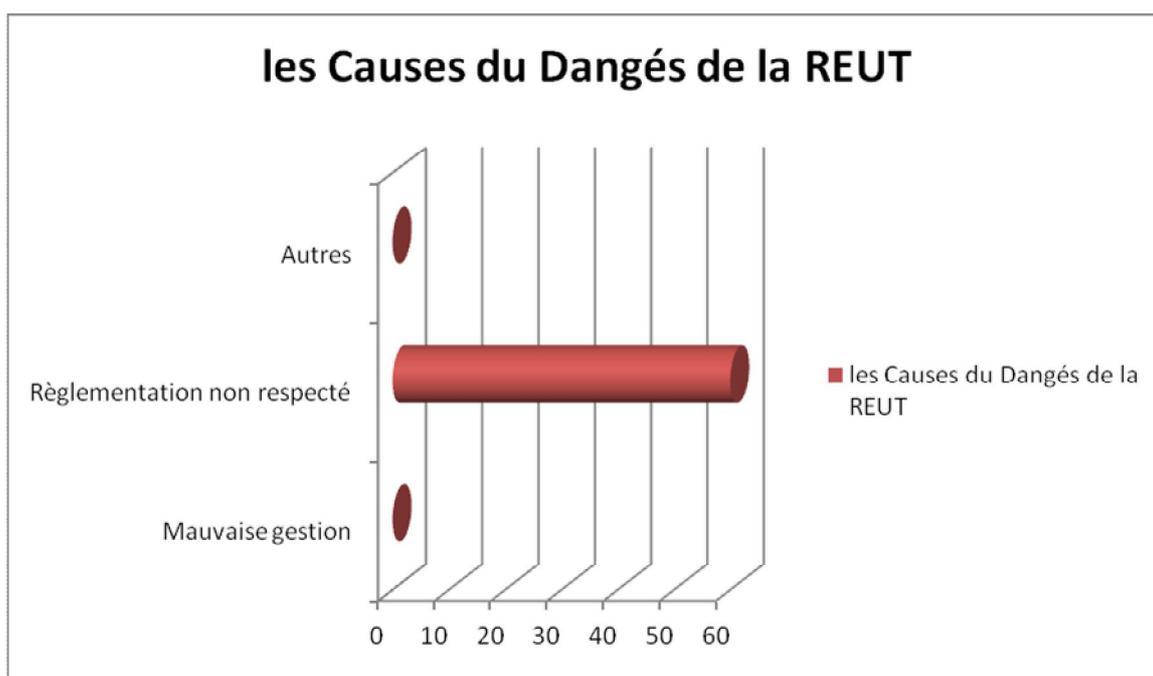
Quand nous avons posé la question (16), on s'est dit, est ce qu'il peut y avoir des organismes spécifiques, réglementés pour mieux aider ces agriculteurs, la réponse était 50% pour chaque partie. Ce contact permet de connaître leurs besoins, soit en matière d'irrigation, soit les types d'aides que les organismes devront leur fournir pour en faciliter la tâche.

18. l'usage des eaux usées traitées comporte de sérieux dangers pour la santé humaine et l'environnement.

Les causes du danger de la REUT

l'eau usée traitée comporte de sérieux dangers pour la santé humaine et l'environnement	%
Mauvaise gestion	0%
Réglementation non respectée	100%
Autres	0%

Figure 33: les causes du danger de la REUT



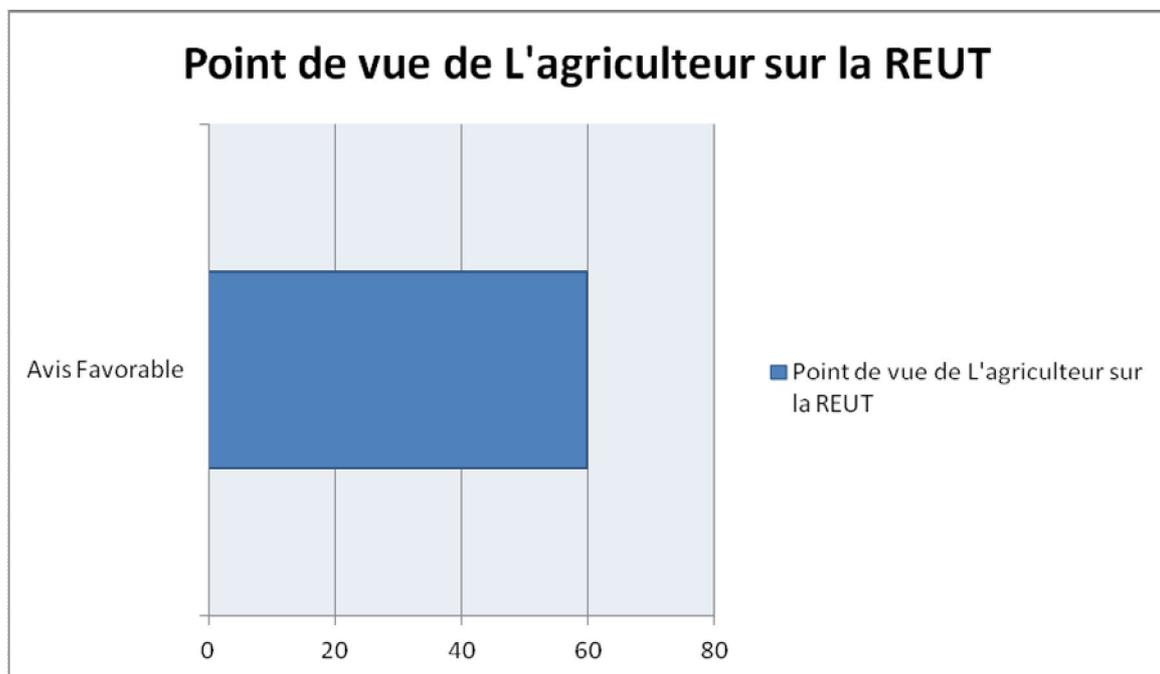
Nous avons une idée sur le danger que subit l'être humain et l'environnement à travers différentes études basées sur les risques attendus de la réutilisation des eaux usées traitées. Notre question comporte trois suggestions, mais la totalité des réponses se focalise selon les agriculteurs sur « la réglementation non respectée », selon une rencontre d'experts sous forme d'atelier international intitulé l'Usage des eaux irriguées dans l'Agriculture, qui s'est tenue à Hyderabad, en Inde,

du 11 au 14 Novembre 2002. Parmi les déclarations de cette rencontre, « Mal gérée, l'usage des eaux usées comporte de sérieux dangers pour la santé humaine et l'environnement».¹

On peut dire que c'est vrai, le non respect de la réglementation et la mauvaise gestion, mènent à de sérieux dangers qu'on ne peut pas éviter.

19. l'opinion des agriculteurs sur cette alternative qui est l'eau usée traitée et son utilisation dans l'agriculture.

Figure 34: opinion sur la REUT



Enfin, et à travers l'opinion de chaque agriculteur, c'est une alternative qui a eu beaucoup de succès. On peut dire que les agriculteurs malgré leur récente utilisation de la REUT, et les résultats obtenus et les récoltes réalisées dans un temps limité, ils sont optimistes quant à la réussite de ce projet a long terme, l'essentiel, c'est le rôle de l'état, il doit être à la hauteur en réalisant son possible pour que cette alternative prenne sa place en Algérie

¹ Magazine Agriculture Urbaine(2003), N°8, p.4

Le vrai aspect bénéfique du projet de la réutilisation des eaux usées épurées est la réduction de la charge polluante dans le milieu naturel. Cette alternative présente aussi, un bon niveau de réussite dans la mesure où il y'a eu possibilité de mettre à la disposition des agriculteurs une nouvelle ressource en eau qui a permis de promouvoir une image dynamique de l'activité agricole.¹

Ajoutant à cela la performance qu'à réalisée la station d'épuration en 2014 et le rendement agricole qui a doublé, ce qui confirme l'efficacité de cette station en matière d'épuration des eaux usées.

¹AFD, Agence Française de Développement (2012), La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées, Lutter Contre le Stress Hydrique et Préserver L'environnement, p.6

Conclusion¹

L'utilisation des eaux usées traitées pour la production agricole constitue à priori une démarche séduisante à plusieurs titres. Elle permet en effet, de valoriser l'eau et les matières fertilisantes qu'elle contient au lieu de les rejeter. Elle contribue aussi, à sauvegarder les ressources en eau.

Si nous partons du principe qu'un pays qui maîtrise son eau maîtrise aussi son développement, il faut mettre en œuvre, et c'est urgent, la politique nationale de l'eau dont les grandes lignes ont été tracées mais qui tarde à se concrétiser sur le terrain. Il nous faut, d'abord, préserver ce qui existe. Il y a lieu d'insister sur le fait que la plupart de nos cours d'eau, et nos barrages, jouent actuellement le rôle de transporteur des différents rejets urbains, industriels et agricoles. Leur capacité naturelle auto épuratrice ne suffit plus, depuis longtemps, à résorber les charges de pollution. Certains oueds (qui traversent ou qui passent à proximité des agglomérations urbaines et des zones industrielles) ont déjà atteint des seuils de pollution qui en font de véritables égouts et de dépotoirs à ciel ouvert.

Dans les eaux usées épurées, on trouve des éléments tels que l'Azote, Phosphore et Potassium qui sont considérés comme des nutriments qui remplacent les engrais achetés par les agriculteurs, donc réaliser un gain financier et environnemental vu que ces eaux auraient été déversées dans la nature.

Dans ce chapitre, nous avons essayé de voir de près, ce que pensent les agriculteurs, et on peut dire qu'ils sont satisfaits de cette nouvelle alternative, parce que pour eux c'est l'avenir.

¹ TAMRABET Lahbib (2011), Contribution A L'étude De La Valorisation Des Eaux Usées En Maraichage, Thèse de Doctorat en sciences

Discussion

Discussion

Cette étude de recherche nous révèle les résultats suivants :

1 De l'agriculture irriguée, de l'industrie et de l'urbanisation, les besoins en eau doublent tous les vingt ans et bien entendu, sur un volume total de 140 millions de kilomètres cubes d'eau, 97% se trouvent dans les océans et l'eau douce ne représente que 3%.

2 L'Algérie se situe, à l'instar des 17 pays Africains touchés par la situation de stress hydrique, soit en dessous du seuil théorique de rareté fixé par la Banque Mondiale à 1000 m³ par habitant et par an.

3 En 1962, la disponibilité en eau théorique par habitant et par an était de 1500 m³, ce qui plaçait le pays dans une situation confortable. Cette ressource a diminué jusqu'à 500 m³ en 1999.

4 La disponibilité d'eau ne sera plus que de 430 m³ en 2020 et 300 m³ en 2050. De ce fait, le pays est entré dans le troisième millénaire avec une situation critique au regard des normes internationalement retenues.

5 La demande de l'eau douce, en Algérie, ne cesse de croître. En 2002, selon les estimations du Ministère des ressources en eau, le volume d'eau distribué à travers le pays atteignait 3,3 milliards de m³. 1300 millions de m³ ont été affectés à l'usage domestique, 1800 millions de m³ pour l'irrigation, et 200 millions de m³ pour l'industrie.

Ainsi, en raison de sa situation géographique, de l'aridité de son climat, de la pression démographique, l'Algérie décide de trouver un soulagement hydrique en ayant recours à la production d'eaux non conventionnelles (la Réutilisation des Eaux Usées).

1 Le rapport mondial de la mise en valeur des ressources en eau(2003) et à travers ses statistiques démontre la gravité de la situation. Environ 2 millions de tonnes de déchets sont déversés chaque jour dans des eaux réceptrices, notamment des effluents industriels, des produits chimiques, des matières de vidange et des déchets agricoles (engrais, pesticides et résidus de pesticides). La production mondiale d'eaux usées est d'environ 1 500 km³. Si l'on admet que 1 litre d'eau usée pollue 8 litres d'eau douce, la pollution mondiale actuelle pourrait atteindre 12 000 km³.

2 Les volumes d'eaux usées rejetées En Algérie, à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m³ en 1979, 660 millions de m³ en 1985 et 730 millions de m³ en 2009. Les prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m³ en 2020.

3 La capacité d'épuration des eaux usées est de 365 millions de m³/an correspondant à 65 stations d'épuration en exploitation¹. L'objectif déclaré des autorités est de comptabiliser 239 stations d'épuration des eaux usées (STEP) en 2014 correspondant à une capacité de 1,2 milliards de m³ par an² d'eaux épurées.

Le recours croissant à cette ressource d'eau non conventionnelle constitue une incitation pour améliorer son utilisation en agriculture, sachant que, dans les années 2000, seulement 40 % des besoins en eau agricole étaient satisfaits³.

A travers L'étude de la gestion de l'eau, de sa politique en Algérie, les résultats suivants sont réalisés :

1 l'Algérie a lancé le programme de réhabilitation et de réalisation de stations d'épuration (STEP). En premier lieu, ce sont les agglomérations de plus de 100 000 habitants et situées en amont des barrages (en exploitation ou en construction) qui étaient concernées. Plus particulièrement, les villes côtières dont

¹ Problématique du Secteur de L'eau et Impacts Liés au Climat en Algérie, 07 Mars 2009

² MORGAN Mozas & ALEXIS Ghosn(2013) , Chefs de projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .11

³ MORGAN Mozas & ALEXIS Ghosn(2013) , Chefs de projet d'Ipemed, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie, p .16

les effluents font l'objet de traitement avant leur rejet dans le littoral. Le volume épuré est passé de 90 hm³/an au début des années 2000 à 400 hm³ aujourd'hui.

2 On recense un total de 102 unités, dotées d'une capacité installée de 600 hm³. Le programme en cours (40 STEP à réaliser) permettra d'atteindre 900 hm³ en 2015 et 1200 hm³ en 2020. Au-delà de l'impact écologique, les eaux usées épurées permettent de développer la mise en valeur agricole.

3 Notons aussi, les travaux d'assainissement luttant contre la remontée des eaux dans les régions d'El Oued et Ouargla dans le Sud ainsi que les travaux de protection contre les crues de la vallée du M'Zab et des villes de Sidi Bel Abbés et de Tébessa.

4 Consciente des défis à relever dans la gestion des ressources en eau et de la nécessité de mettre en œuvre une nouvelle politique dans ce secteur, l'Algérie organise pour la première fois des Assises nationales de l'eau en 1995. Suite à cette rencontre, un état des lieux, un diagnostic des systèmes de distribution et d'assainissement d'eau furent établis ainsi qu'une stratégie nationale élaborée.

5 Dès 1996, l'Algérie a engagé une nouvelle politique de l'eau, à savoir la « Gestion intégrée des ressources en eau » pour garantir leur valorisation et durabilité. Cette nouvelle politique est fondée sur un ensemble de réformes institutionnelles et de nouveaux instruments qui sont les Agences de bassins et les Comités de Bassins, cela permet de garantir l'impact escompté des grands projets en cours. « Apprendre à gérer la ressource en eau dans une perspective de développement durable, c'est apprendre à maîtriser sa rareté mais aussi ses excès, à assurer l'alimentation en eau potable, agricole et industrielle, et à préserver la qualité de l'environnement. ».

Entre 1995 et 2005, une série de réformes a repensé la mobilisation, la gestion et l'utilisation des ressources en eau en prenant en compte trois points clés :

- ◆ les principes (cadre réglementaire, gestion intégrée, efficacité de l'eau agricole, politique tarifaire),

- ◆ les institutions (création du ministère des Ressources en eau, des agences de bassins hydrographiques et restructuration des agences nationales et régionales),
- ◆ et les priorités (alimentation en eau potable, transferts d'eau, etc.) qui définissent la nouvelle politique nationale de l'eau.

6 L'Algérie affiche notamment une volonté de mieux exploiter son potentiel agricole pour réduire sa dépendance. Pour cela et à travers la pression croissante sur les ressources en eau d'ici 2050, il faut tenir compte de la nécessité d'étendre les surfaces irriguées, d'alimenter en eau une population plus nombreuse et de répondre aux besoins potentiels en eau du secteur énergétique.

Pour résumer ces points, la concurrence entre les différents usages de l'eau (eaux domestique, industrielle et agricole) et les interactions entre l'eau et les questions énergétiques et alimentaires ont incité les autorités Algériennes à passer d'une politique sectorielle à une politique intégrée de l'eau.

Cette étude a confirmé aussi la volonté de l'Algérie, depuis quelques années, d'établir une politique de protection de l'environnement.

La nouvelle politique Algérienne de l'eau porte à long terme sur le développement économique en passant par une articulation des politiques hydraulique, agricole et énergétique. Les défis sociaux (accès à l'eau potable en quantité et en qualité suffisantes, partage de l'eau entre les territoires, etc.), environnementaux (renouvellement des nappes souterraines, réduction des rejets polluants, valorisation de eaux usées épurées,...) et énergétiques (promotion des énergies renouvelables, assurer un rendement énergétique, ...).

Pour mieux cerner la problématique de cette thèse, une enquête a été proposée aux agriculteurs qui sont en relation directe avec les eaux usées épurées. Et à travers la discussion que nous avons entamée avec eux, les conditions de succès des projets de réutilisation sont les suivantes:

■ **Une volonté politique doit s'exprimer** : Cette volonté est nécessaire pour mettre en œuvre une politique publique de réutilisation qui réponde aux contraintes institutionnelles, sanitaires et financières inhérentes à ce type de projets.

■ **Une demande en eau usée traitée doit être effective** : L'analyse du marché de la réutilisation ne doit pas se limiter à constater un besoin, mais doit aboutir à confirmer l'existence d'une demande pérenne et solvable pour cette ressource non conventionnelle. L'analyse de la volonté de réutiliser doit, de plus, inclure l'examen de l'acceptabilité socioculturelle de ce type de projets.

■ **Adapter les exigences de traitement à l'usage final** : Selon le type de valorisation des eaux usées traitées (golfs, espaces verts, irrigation agricole, utilisation industrielle, etc.), Les niveaux d'épuration varieront en fonction de la qualité des effluents requise pour l'usage final.

Cette étude s'inscrit dans le contexte de la préservation de l'eau douce (La plaine d'Hennaya reçoit du barrage Sekkak, « **3 millions de mètres cubes** » pour l'irrigation, cette quantité d'eau servira à l'avenir à l'alimentation humaine), ainsi que la valorisation des eaux usées.

Elle se fixe comme objectifs, l'évaluation de l'impact des eaux usées traitées dans le domaine agricole de la région de Tlemcen où la réutilisation des eaux usées des effluents d'Ain el Hout est une pratique ancienne.

Les résultats de l'enquête préliminaire indiquent que l'irrigation avec les eaux Provenant du périmètre d'Hennaya qui est pratiquée sur l'arboriculture, les agrumes, les cultures fourragères et les cultures céréalières sont très importants :

Les superficies d'irrigation sont passées entre 350 HA en 2011 et 665 HA en 2015, soit 73% de la surface totale. Et le volume d'eau distribué est passé de 1,9 millions mètres cubes en 2011 à 2,95 millions mètres cube en 2015.

Les cultures irriguées ont doublé, par exemple, les Céréales de 20 q/ha en 2010 à 50q/ha en 2015, soit 250 %. Les Agrumes de 60 q/ha en 2010 à 120 q/ha en 2015, soit 200 %.

A Travers ces chiffres, on peut confirmer que l'irrigation par les eaux usées épurées est en plein développement. Les agriculteurs sont convaincus de l'impact positif de l'utilisation des eaux usées épurées du périmètre d'El Hennaya au vu de l'augmentation des productions agricoles. Pour preuve, leurs réponses dans le questionnaire étaient positives presque à 100%, mais ils attendent beaucoup de l'état Algérien, parce que, selon eux, l'agriculture c'est l'avenir.

Nous devons mettre en exergue différents points :

En premier lieu, la santé humaine aussi bien celle des travailleurs impliqués directement dans l'irrigation ou de leur famille, celle des consommateurs et des voisins des terres nouvellement irriguées, qui est à la base des normes de l'OMS. Il faut la prendre en compte dans tous les projets de réutilisation des eaux usées traitées en irrigation. Il serait contradictoire de produire des aliments à une population tout en l'exposant à des risques d'infection par les agents pathogènes.

En deuxième lieu, on doit mettre en exergue, l'acceptabilité sociale, l'image négative de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation, de par sa réputation d'être dangereuse, peut entraîner des rejets au niveau des agriculteurs, des consommateurs et des populations avoisinantes. L'acceptabilité sociale est un aspect important à considérer afin de favoriser la réussite du projet et assurer sa pérennité.

Enfin, il ne faut pas oublier l'agriculteur : lors des projets d'irrigation, il faut développer des mécanismes permettant sa participation aux choix et aux décisions pour assurer la réussite des projets. L'absence de participation ou une participation insuffisante des parties prenantes est un des principaux défis dans la gestion de l'eau pour l'agriculture.

On peut dire enfin que la présence de ces paramètres peut être considérée comme base pour la réussite d'un projet de REUSE et assurer sa pérennité.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

Les eaux usées constituent l'une des principales ressources hydriques utilisées en agriculture dans les pays en développement. Le phénomène s'étend à travers le monde et concerne aussi bien la Chine que l'Inde et la majorité des grands pays d'Afrique subsaharienne et d'Amérique latine. De nombreux rapports font état des évolutions scientifiques et socio-économiques relatives à cette problématique (FAO, 2003, World Bank, 2003). L'un d'entre eux, établi récemment par l'institut international de gestion des ressources en eau (IWMI, 2008) dans le cadre du sommet mondial de l'eau à Stockholm, dresse un bilan global de la situation et indique qu'au moins 20 millions d'hectares seraient irrigués dans le monde avec des eaux usées partiellement traitées ou non traitées, principalement pour produire des légumes et du riz. Le rapport conclut sur une note à la fois réaliste et préoccupante : « Le recours aux eaux usées est inévitable dans l'agriculture des pays en développement ». La valorisation agricole des eaux usées est une démarche de plus en plus intégrée dans les politiques de gestion des ressources en eau, même dans les pays industrialisés ou émergents, comme en témoignent des études menées en Espagne, en Italie ou en Chine. Ces études scientifiques démontrent qu'un traitement efficace des eaux usées permet de les rendre tout à fait conformes aux normes relatives aux eaux d'irrigation.

Dans les pays d'Afrique et d'Amérique latine, la rareté de l'eau et la crise alimentaire sont les causes majeures qui de l'usage des eaux usées pour l'irrigation : 200 000 personnes achètent chaque jour des légumes produits sur 100 hectares de terres irriguées avec des eaux polluées. A Ouagadougou (Burkina Faso), ce sont près d'une cinquantaine de sites maraîchers qui sont cultivés dans des conditions de salubrité médiocre.

En Afrique par exemple, sur le plan sanitaire, les véritables problèmes liés à l'utilisation des eaux usées sont le manque de traitement approprié et le cadre informel qui accompagne souvent cette pratique. Or, les risques microbiologiques

sont avérés, avec une transmission possible de maladies bactériennes, parasitaires ou virales. Les eaux usées à dominante industrielle présentent des risques sanitaires davantage liés à des empoisonnements chroniques par ingestion de substances chimiques accumulées dans les cultures irriguées.

Sur le plan environnemental, les impacts potentiels se situent à deux niveaux une possible dégradation des sols et, dans certains cas, une contamination des eaux souterraines par lessivage de substances chimiques. Ces problèmes sont le plus souvent liés à l'irrigation avec des eaux usées industrielles dont les caractéristiques physico-chimiques sont plus dommageables sur l'environnement.

La réutilisation des eaux usées a toujours été considérée sous l'unique aspect de la protection de la santé humaine basé sur les normes de l'OMS qui impose des règles qui doivent être respectées.

Pour qu'elles soient applicables, ces normes impliquent soit le traitement poussé des eaux usées, soit des restrictions quant aux types de cultures. Le respect de ces normes est souvent irréaliste. D'une part, le traitement poussé des eaux usées, pour assurer une protection sanitaire, coûte cher et est difficile à entretenir dans les pays en voie de développement (problème de main d'oeuvre qualifiée, de disponibilité en pièces, d'énergie etc.). D'autre part, une restriction quant aux types de cultures, décision prise souvent par les techniciens en absence des agriculteurs, ne permet pas toujours de satisfaire ces derniers, les cultures choisies ne correspondant pas toujours à leurs besoins.

Le développement de la réutilisation des eaux usées traitées devrait ainsi passer par une législation qui favorise les aspects suivants¹ :

- Créer des nouvelles institutions qui s'occupent de la réutilisation des eaux usées traitées.
- définir le rôle et la relation de l'administration locale et nationale dans le secteur de la réutilisation.
- Légiférer en matière d'agriculture et de santé publique.

A cet effet, l'encadrement de cette alternative par ses aspects en tant que principes de base pour un développement adéquat de la réutilisation des eaux usées épurées, ainsi qu'une législation adaptée aux conditions locales en intégrant la gestion des ressources en eau, peut favoriser grandement cette ressource non conventionnelle.

De part sa situation géographique, l'Algérie est un pays sec, aux faibles ressources hydriques. La croissance démographique et économique a entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression insoutenable sur cette ressource. La recherche de ressources non conventionnelles est d'actualité.

A cet égard, les pouvoirs publics se penchent de plus en plus sur la question de traitement des eaux usées. Alors que le secteur agricole, sous l'effet de la pression de l'accroissement de la demande sur ces produits, fait recours à l'utilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation en se basant sur les fertilisants qui peuvent remplacer les engrais et avantager par les agriculteurs qui utilisent cette technique. La gamme des cultures irriguées couvre l'arboriculture et le maraichage. En plus des éléments nutritifs favorables aux plantes, les eaux usées

¹ BENZARIA Mohammed(2008), Approche Méthodologique Pour Les Projets De Réutilisation Des Eaux Usées En Irrigation, Université Du QUÉBEC à MONTRÉALp 26

sont chargées d'éléments nocifs qui affectent la qualité des produits et la santé des utilisateurs directs et indirects. Ces éléments s'accumulent dans les sols, les eaux de surface et souterraines. Cependant, une fois traitée, l'eau usée devient une ressource à valoriser.

Pour en finir, nous avons estimé de donner l'exemple de la Jordanie, un pays qui a utilisé cette alternative et qui a réalisé des rendements et limiter les risques attendus humaines ou environnementaux.

Les pays de la région qui pratiquent le traitement des eaux usées incluent le Kuwait, l'Arabie Saoudite, Oman, la Syrie, l'Emirat Arabe Uni, et l'Egypte. Cependant, seules la Tunisie et la Jordanie pratiquent le traitement et la réutilisation des eaux usées comme une composante intégrale de leurs stratégies de gestion de l'eau et de protection de l'environnement.

Quand on parle de volonté politique, on peut prendre l'exemple de la Jordanie¹,

Nous allons présenter ici, la réutilisation Des Eaux Grises Dans L'agriculture Urbaine En Jordanie². Des projets très bénéfiques concernant la REUT, et cela en collaboration avec des partenaires du CRDI ont apporté une nouvelle approche pour combattre l'insuffisance alimentaire.

¹ AFD,(Mars 2012), La Réutilisation des Eaux Usées Traitées, Lutter Contre le Stress Hydrique et Préserver L'environnement , Agence Française de Développement, p. 6

² Magazine agriculture urbaine, N°8, Décembre 2003, p.21

Ce système consiste en une légère modification au niveau de la plomberie qui dévie l'eau des douches ou des salles de bain et des éviers des cuisines vers de petits filtres naturels dans chaque maison pour permettre aux résidents de recycler l'eau afin de l'utiliser dans les jardins des maisons.

La réutilisation des eaux grises est plus sûre que l'utilisation des eaux usées provenant de plusieurs sources car les eaux grises ne contiennent aucun germe pathogène provenant des toilettes.

Dans ce projet pilote, les systèmes de traitement des eaux grises ont été installés dans 25 maisons à Ain Al Baida en Jordanie, et on a enseigné aux habitants de ces maisons comment faire du jardinage efficacement. Ce système a aussi été installé au niveau de la mosquée principale de la communauté et à une école de filles.

Le projet a dépassé toutes les prévisions. Les eaux grises sont conformes aux normes requises pour une irrigation restrictive, et les familles utilisent le système d'irrigation pour cultiver des aubergines, des herbes et des olives. On continue à mesurer son impact sur la pauvreté et sur l'utilisation de l'eau.

Les résultats obtenus ont montré que la communauté des utilisateurs a réussi à faire des économies sur l'achat des engrais alimentaires et à générer des revenus en revendant leur surplus de production et dégager ainsi 10% de son revenu soit sur les économies, soit dans la revente du surplus. Les économies initiales sur l'eau étaient d'environ 15%.

Les bénéfices sur le plan économique ont été assez convaincants aux yeux des voisins des premiers bénéficiaires du projet, et maintenant tous sont en train d'installer le système à leurs frais, ce qui prouve que les familles reconnaissent que le traitement des eaux usées peut les sauver ou leur faire gagner de l'argent.

L'expérience et les techniques exposées ici peuvent servir d'exemple aux autres, comme l'Algérie, pourquoi pas, On devrait accorder plus d'importance aux eaux usées épurées et sa réutilisation à partir du point de son départ « la maison », ensuite à l'agriculture du fait de sa capacité à appuyer un environnement durable, à générer des emplois et à réduire l'investissement dans le domaine de la gestion des déchets.

La Bibliographie

Références Bibliographiques :

Ouvrages:

1. BEAUCHAMP André (2007), L'eau, L'ultime Enjeu de Notre Humanité Commune ?, Lex- Electronica, vol. 12 n°2.
2. BENZARIA Mohammed, (MARS 2008) « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec À Montréal.
3. BERTRAND Yann Arthus (2006), «Le Développement Durable, pourquoi », Fondation GoodPlanet, Première Edition.
4. BOUCHEDJA Abdellah (2012), La Politique Nationale De L'eau En ALGÉRIE, Ministère des Ressources en Eau Agence de Bassin Hydrographique Constantinois-Seybousse-Mellegue.
5. BOUZIANI Mustapha, « L'eau de la pénurie aux maladies », Édition Dar El Gharb, Algérie, 2000.
6. BOUZIANI Mustapha, « L'eau dans tous ses états », Edition Dar El Gharb, Algérie, 2006.
7. BOYER Marcel, Ph. D. PATRY Michel, Ph. D. TREMBLAY Pierre J. remblay, ing., Ph.D(1999)., La Gestion Déléguée De L'eau : Les Enjeux , Montréal.
8. CHAREB-YSSAAD Ismahane, Gestion Intégrée et Economie de L'eau, Université Aboubekr Belkaid, Tlemcen
9. DADI El Mehdi,(MARS 2010), « L'évaluation de la Possibilité de Réutiliser en Agriculture L'effluent Traité de la Commune de DRARGA, Université de Sherbrooke, Québec, Canada.
10. A General Review, United Nations, New York, (September 2003), « Waste-Water Treatment Technologies: Economic And Social Commission For Western Asia ».

11. HARTMAN Pamela, CLELAND Joshua(May 2007), «Wastewater Treatment Performance And Cost Data to Support An Affordability Analysis For Water Quality Standards».

12. HUGONIN Patricia (2011), Introduction Aux Thématiques De L'eau, ISE, UNIGE

13. KETTAB Ahmed,(Septembre 2000) « Les Ressources en Eau en Algérie », in the Conference on Desalination Strategies in South Mediterranean Countries, Cooperation Between Mediterranean Countries of Europe and the Southern Rim of the Mediterranean, Tunis.

14. LACROIX Édith et PELLETIER Maryse (2012), Québécoise Pour une Gestion Responsable de L'eau.

15. LAZAROVA Valentina, BRISSAUD François, (Février 2007) « Intérêt, Bénéfices et Contraintes de la Réutilisation des Eaux Usées en France », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances.

16. Le Centre D'information sur L'eau, (avril 2013), « Les Ressources dans le Monde ».

17. L'EAU : Les Enjeux, Montréal Juin 1999

18. MARTIN Philippe (Juin 2013), Député du Gers, « La gestion quantitative de l'eau en agriculture, Une nouvelle vision, pour un meilleur partage, Paris.

19. MACARD Francis,(Avril 2010), « Pour Tous, Grâce à Tous, au Présent et au Futur, le Développement Durable », Ademe Éditions.

20. MONCHALIN Gérard, AVIRON-Violet Jacques, (juillet 2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement ».

21. MOZAS Morgan, GHOSN Alexis (2013), Chefs de Projet IPEMED, État des Lieux du Secteur de L'eau en Algérie.

22. REMINI Boualem,(2005) « La Problématique de L'eau en Algérie », in Collection Hydraulique et Transport, Algérie.

23. REMINI. Boualem (Juin 2010), « La Problématique de L'eau en Algérie du Nord », Département des Sciences de L'eau et de L'environnement, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Blida.

24. ROUDI-FAHIMI Farzaneh, CREEL Liz et MARK DE SOUZA Roger, (Novembre 2002), Le Juste Équilibre : Population et Insuffisance des Ressources en Eau a Moyen-Orient et en Afrique du Nord.

25. ROUISSAT Bouchrit, La Gestion Des Ressources en Eau en Algérie : Situation, Défis et Apport de L'approche Systémique

26. SYLLA Ibrahima (2011), Rumeurs et Frayeurs Autour de L'eau dans le Monde, Les Systèmes D'information Géographique Participatifs (SIG-P) dans la Gestion des Ressources Naturelles et la Sécurité Alimentaire en Afrique.

27. WINPENNY. James, HEINZ, Ingo, KOO-OSHIMA, Sasha, (September 2010), « The Wealth of Waste, The economics of wastewater use in agriculture », Food And Agriculture Organization of The United Nations, Roma.

Rapports et Thèses

28. ANSEUR Ouardia (octobre 2009), Usages et Besoins en Information des Agriculteurs en Algérie, Thèse de Doctorat Soutenue en 2009.

29. Aziz Gherrou, Ph.D., Chercheur Chimiste (Septembre 2013), Role de La Chimie dans le Traitement des Eaux, Colloque de l'OCQ, Hôtel «LA FERME»-Baie-Saint-Paul, Québec.

30. BAUMONT S, CAMARD . J-P, LEFRANC. A, FRANCONI. A. (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS.

31. BELAID Nebil (2010), Evaluation des Impacts de L'irrigation par les Eaux Usées Traitées sur les Plantes et les Sols du Périmètre Irrigué d'El Hajeb-Sfax:

Salinisation, Accumulation et Phytoabsorption des Eléments Métalliques, Tthèse de Doctorat Soutenue le 15 janvier 2010

32. Bilan Des Connaissances, (Septembre 2012), « Impacts du Changement Climatique dans le Domaine de L'eau sur les Bassins Rhône-Méditerranée et Corse ».

33. BOUBOU Naima(2015), Eau, Environnement et Energies Renouvelables : vers une Gestion Intégrée de L'eau en Algérie, Université Abou Bekr Belkaid –Tlemcen, Thèse de Doctorat Soutenue en 2015.

34. BOUTIN Catherine, HEDUIT Alain, HELMER Jean-Michel, (2009), Technologies d'épuration en vue d'une réutilisation des eaux usées traitées (REUT) Rapport final.

35. BOUAROU DJ Sara(2012), Evaluation de la qualité des eaux d'irrigation, thèse de Magistère en Écologie, soutenue en 2012.

36. BOUALLA Nabila(2011), L'EXPÉRIENCE ALGÉRIENNE EN MATIÈRE D'ÉPURATION DES EAUX USÉES, Science Lib Editions Mersenne : Volume 3

37. Centre scientifique et technique BRGM (Avril 2010), « La réutilisation des eaux usées : un enjeu majeur du développement durable », Fiche de Synthèse Scientifique N° 24.

38. Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, (mars 1998), « Eau et développement durable », Témoignages de la société civile, Editions de GRET.

39. CAPE COD Commission, (MARS 2013), « Regional Wastewater Management Plan Understanding the Cost Factors of Wastewater Treatment and Disposal».

40. DEKHIL Saad (1991), L'eau et le Développement de L'irrigation en Algérie, MEDIT n° 1-2/91

41. DJEDDI Hamsa(2007), Utilisation des Eaux D'une Station D'épuration pour L'irrigation des Essences Forestières Urbaines, Université Mentouri Constantine, These de Doctorat Soutenue en 2007.

42. ECOSSE David (2001), « La Réutilisation des Eaux Usées ». Mémoire. D.E.S.S, Fac. Sciences.

43. EL HAITE Hakima (2010), Traitement Des Eaux Usées Par Les Réservoirs Opérationnels Et Réutilisation Pour L'irrigation, Thèse Soutenue le 12 Avril 2010.

44. EL HACHEMI Ouafae (2012), Traitement des Eaux Usées par Lagunage Naturel en Milieu Désertique (OASIS DE FIGUIG) : Performances Épuratoires et Aspect Phytoplanktonique, Faculté des Sciences Oujda, Soutenue le 10 Novembre 2012

45. FAO (2003), L'irrigation avec des Eaux Usées Traitées , Manuel D'utilisation, Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.

46. Fiche De Synthèse Scientifique,(Avril 2010), « La Réutilisation des Eaux Usées : un Enjeu Majeur du Développement Durable », N° 24.

47. GAVATHRI Devi Mekala, DAVIDSON Brian, BOLAND Anne-Maree, (February, 2007) « Economics of Wastewater Treatment and Recycling: An investigation of conceptual issues», A paper presented at the 51st Annual Conference of Australian Agricultural and Resource Economics Society, New Zealand.

48. HARTANI .T(2004), La Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation : Cas de la Mitidja en Algérie, Projet INCO-WADEMED, Actes du Séminaire, Modernisation de l'Agriculture Irriguée.

49. KHECHIBA Ilyas , MAHI Abdelwahab (2016), « Etude Diagnostique de la Station D'épuration D'Ain El Houtz : Réhabilitation de Filières Existantes et Etude de Filières à Mettre en Place », Projet de fin d'études pour l'obtention du Diplôme de Master en Hydraulique, Soutenue en 2016

50. Les Fiches Synteau, (Novembre 2012), « Réutilisation des Eaux Usées Traitées », n°5.

51. Les Agences de L'eau, Etablissements Publics du Ministère en Charge du Développement Durable(ONEMA),

52. L'eau dans le Monde, les Agences de L'eau, ONEMA

53. Les Enjeux de L'eau dans le Monde, Chapitre 4, Eau Seine, Normandie.

54. Problématique du Secteur de L'eau et Impacts Liés au Climat en Algérie, 07 Mars 2009

55. Organisation Mondiale de la Santé, (2012), « Utilisation des Eaux Usées en Agriculture », Directives OMS Pour L'utilisation Sans Risque Des Eaux Usées, Des Excréta et Des Eaux Ménagères, Organisation mondiale de la Santé.

56. ODOULAMI Léocadie (2009), La problématique de l'eau potable et la santé humaine dans la ville de Cotonou (République du Bénin), Thèse de Doctorat Soutenue en 2009.

57. Office Nationale de L'eau et de L'assainissement, (Aout 2013), « Les Eaux Usées Industrielle ».

58. Politique de Gestion Intégrée des Ressources En Eau(2000), Banque Africaine de Développement et Fonds Africain de Développement, OCOD.

59. Rapport Mondial sur la Mise en Valeur des Ressources en Eau (2003), «L'eau pour les Hommes, L'eau pour la Vie » Éditions UNESCO– WWAP.

60. Rapport D'investissement par Pays Algérie, (Décembre 2008) «L'eau Pour L'agriculture et L'énergie en Afrique: Les Défis du Changement Climatique ».

61. Rapport du « Groupe Eau »(2013) « Eau et Agriculture, Débats et perspectives » de l'Académie d'Agriculture de France.

62. Rapport d'expertise collective (Mars 2012), « Réutilisation des eaux usées traitées pour l'irrigation des cultures, l'arrosage des espaces verts par aspersion et le lavage des voiries » Avis de l'Anses, Édition scientifique.

63. SOU Yéli Mariam, (2009), « Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols », Thèse n° 4578, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

64. Séminaire International Sur La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées Dans La Région Arabe Golden(2011), Edité par : GEB-Environnement.com, Publié au Maroc

65. TAMRABET Lahbib (2011), Contribution à L'étude de la Valorisation des Eaux Usées en Maraichage, Thèse de Doctorat Soutenue en 2011.

66. GHARZOULI.M(2014), Investir dans le Développement Durable : La Réutilisation des Eaux Usées Epurées, ONA- Zone de Sétif, Unité d'assainissement de Sétif.

Listes Des Tableaux

Tableaux	Titres	Pages
1	Quantités Moyennes D'eau Nécessaires à a Fabrication de 1 kg de Produit	14
2	Etat Hydrique des Pays Arabes	19
3	Evolution en % de L'utilisation de L'eau en Algérie	24
4	La Ressource en Eau Dans les Cinq Régions Hydrographiques	25
5	Composants Majeurs Typique D'eau Usée Domestique	31
6	Superficies irriguées dans le monde	60
7	Potentiel de fertilisation par l'eau usée	72
8	Evolution des grands agrégats : 2000-2006 (en milliards de dinars)	75
9	Occupation de la SAU	78
10	Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture	86
11	Limites recommandées en éléments traces (mgL-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation	90
12	Liste des Cultures pouvant être Irriguées avec des Eaux Usées Epurées	100
13	Evolution de la superficie irriguée	124
14	Evolution du Rendement Agricole	125
15	Ages des Agriculteurs (Echantillons de l'enquête)	126

Liste Des Figures

Figures	Titres	Pages
1	Le Cycle de l'eau	11
2	Utilisation de L'eau à la Maison	13
3	Disponibilité en Eau Douce	15
4	Représentation du Stress Hydrique Dans le Monde	20
5	Usages Suggérés Suivant le Niveau de Traitement	40
6	Les Lits Bactériens	44
7	La Réutilisation Des Eaux Usées Epurées	49
8	Principaux lieux de réutilisation des eaux usées dans le monde	61
9	Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie	98
10	Evolution des MES	119
11	Evolution de la DBO5	120
12	Evolution de la DCO	121
13	Taux Epuratoire (%)	122
14	Potentialité de réutilisation	122
15	Tranche d'âge des Agriculteurs	126
16	L'acceptation d'irriguer par les eaux usées traitées	128
17	les cultures irriguées par les eaux usées traités	129
18	La confiance des agriculteurs en ces eaux	130
19	L'agriculteur consomme ce qu'il récolte	131
20	les systèmes d'irrigation	132
21	L'achat des produits irrigués par les eaux traitées	133
22	Gain d'engrais en utilisant les EUT	134
23	la satisfaction de l'agriculteur du rendement réalisé	135
24	le rendement et la REUT	136
25	rendement et système d'irrigation	137

26	utilisation du guide de l’OMS	138
27	programmes de formation et de sensibilisation	139
28	Formation des agriculteurs	140
29	Les risques de l’irrigation sur les agriculteurs	141
30	impact de la REUT sur la récolte	142
31	Impact sur la qualité du sol	143
32	organisme de gestion de l’eau	144
33	les causes du danger de la REUT	145
34	opinion sur la REUT	146

Liste Des Photos

Photos	Titres	Pages
1	Les Protozoaires	33
2	L'Épuration Biologique	43
3	Panoramique de la Station	106
4	Déversoir d'orage	109
5	Grille grossière manuelle (1 unité)	110
6	Grille mécanisée (2 unités)	110
7	Déssableur- déshuileur	111
8	Bassins d'aérations	111
9	Clarificateurs	112
10	Bassins de chloration	112
11	Vis de recirculation	113
12	Épaississeur	113
13	Lits de séchage +Aire de stockage	114
14	Vue d'un lit de séchage rempli de boues	118
15	Le lit de séchage	124

Annexes

FICHES D'ENQUETE

Ce questionnaire s'inscrit dans le cadre de la recherche de thèse de Doctorat intitulée « L'impact de L'eau Recyclée dans la Performance de L'Agriculture ».

Nous vous remercions de votre collaboration

Identification de l'enquêteur :

Nom et prénom : MOUSSAOUI Rafika

Statut : Doctorante en Marketing

Thème de la thèse : *L'impact de L'eau Recyclée sur la Performance de L'agriculture*

Directeur de thèse : Pr BENHABIB Abderresak.

E-mail : moussaouirafika@yahoo.fr

Tél : 07.79.83.92.94

Identification du répondant :

Nom /Prénom :

Age :

Superficies Irriguées par les Eaux Traitées :

Cultures irriguées :

Année D'irrigation :

a. L'irrigation par les eaux usées traitées est elle acceptée par les agriculteurs?

Oui Non

b. Quelles sont les cultures irriguées par les eaux usées traités ? (*cocher 1 à plusieurs*)

- L'arboriculture.
- Agrumes.
- Les cultures fourragères.
- Les cultures céréalières

c. est ce que vous faite confiance en ces eaux on irriguant votre terre avec ?

Oui Non

d. Est-ce que vous consommez ce que vous récoltez ?

Oui Non

e. Qu'elles sont les systèmes d'irrigation que vous utilisez ?

- Irrigation gravitaire
- Irrigation par aspersion
- Irrigation Goutte à Goutte (localisée)

f. La population achètera telle des produits provenant des terres irriguées par les eaux traitées ?

Oui Non

g. Est-ce que la réutilisation permettrait aux agriculteurs de réaliser des économies importantes en remplaçant l'achat d'engrais par la réutilisation des eaux ?

Oui Non

h. Est-ce que vous êtes satisfait du rendement réalisé (quantitatif et qualitatif)?

Oui Non

i. Est-ce que le rendement motive l'agriculteur a utilisé cette nouvelle technique?

Oui Non

j. Est-ce que le rendement differt selon le système d'irrigation utilisée ?

Oui non

k. Est-ce que vous utilisez le guide concernant les directives OMS pour l'utilisation sans risque des eaux usées ?

Oui Non

l. Est-ce qu'il y'a des programmes de formation et de sensibilisation pour les agriculteurs ainsi que les consommateurs ?

Oui

Non

m. Est-ce que Les agriculteurs devraient être formés aux techniques d'irrigation avec des eaux usées ?

Oui

Non

n. L'irrigation engendre t-elle un risque sur les agriculteurs ?

Oui

Non

o. Est-ce qu'il y'a une réduction de la qualité des fruits, ainsi que de la diversité des récoltes?

Oui

Non

p. Est-ce qu'il y'a une réduction de la qualité du sol?

Oui

Non

q. Est-ce qu'il y'a des organismes responsables de la gestion de l'eau et du secteur agricole qui doivent maintenir des rencontres continu avec les agriculteurs et les guider dans la réutilisation pour qu'elle soit plus productive.

Oui

Non

r. l'usage des eaux usées traitées comporte de sérieux dangers pour la santé humaine et l'environnement, c'est due à quoi ?

- Mauvaise gestion
- Réglementation non respecté
- Autres

s. Que pensez-vous de cette alternative qui est l'eau usée traitée et son utilisation dans l'agriculture ?votre opinion

Plan Détaillé

PLAN DETAILLE

Listes des Abréviations.....	
Introduction Générale.....	1
CHAPITRE I :	
L'Eau, et Le Recours à La Réutilisation Des Eaux Usées Traitées	
Introduction.....	9
I.1 Une Ressource Indispensable : L'eau.....	10
I.1.1 Cycle naturel de l'eau	10
I.1.2 Qualité de l'eau, enjeu prioritaire.....	12
I.1.3 Les usages de l'eau.....	13
I.1.4 L'inégale répartition de l'eau.....	15
I.1.5 L'eau et le Stress Hydrique.....	17
I.2 La Disponibilité des Ressources D'eau en Algérie.....	21
I.2.1 Les Ressources d'eau et leur mobilisation.....	21
I.2.2 la politique d'eau en Algérie.....	24
I.2.3 Gestion intégrée et durable de l'eau en Algérie.....	27

I.3 Généralités sur Les Eaux Usées.....	30
I.3.1 Composition des eaux usées.....	30
I.3.1.1 Microorganismes.....	32
I.3.1.2 les Matières en Suspension(MES).....	34
I.3.1.3 Eléments traces, Minéraux ou Organiques	34
I.3.1.4 Substances Nutritives.....	35
I.3.2 Traitements des Eaux Usées.....	36
I.3.2.1 L’historiques des eaux usées traitées.....	37
I.3.3 les principales voies de réutilisation des eaux usées.....	48
I.3.3.1 La Réutilisation des eaux usées et l’industrie.....	50
I.3.3.2 La Réutilisation en zone urbaine.....	51
I.3.3.3 la réutilisation et l’agriculture.....	51
Conclusion.....	55
CHAPITRE II : La Performance de L’agriculture et L’évaluation de la Qualité de L’eau Usée Traitée Pour L’agriculture	
Introduction.....	57
II.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture	59
II.1.1 Réutilisation des Eaux Usées en Agriculture dans le Monde.....	59

II.1.2 Les différents systèmes de la réutilisation des eaux usées en irrigation.....	62
II.1.2.1 L'assainissement des eaux usées.....	62
II.1.2.2 Les différentes techniques d'irrigation.....	63
II.1.2.3 La culture et les eaux épurées.....	64
II.1.2.4 L'aspects économiques et financiers.....	64
II.1.2.5 Les lois élaborées pour les EUT.....	65
II.1.2.6 L'acceptabilité sociale et la santé humaine en utilisant les EUT.....	65
II.1.3 Critères de Qualité des Eaux Usées pour L'irrigation.....	66
II.1.3.1 Salinité.....	66
II.1.3.2 Salinisation.....	67
II.1.3.3 Alcalinité.....	67
II.1.3.4 Sodisation.....	68
II.1.3.5 Les fertilisants dans les eaux usées traitées.....	69
II.2 Réutilisation des eaux usées en agriculture en Algérie.....	74
II.2.1 Le secteur agricole en Algérie.....	77
II.2.2 Les agriculteurs et la réutilisation des eaux usées.....	78

II.3 Les Risques Liés à la Réutilisation Agricole des Eaux Epurées.....	80
II.3.1 Le risque microbiologique.....	80
II.3.2 Le risque chimique.....	81
II.3.3 Le risque environnemental.....	82
II.4 Les Différentes Réglementations dans le Monde.....	84
II.4.1 Les recommandations de l’OMS.....	84
II.4.2 La législation Française (CSHPF).....	88
II.4.3 Cadre juridique de la Tunisie.....	91
II.4.4 Contexte juridique Marocain.....	94
II.4.5 Cadre juridique Algérien.....	97
Conclusion.....	102
 Chapitre III : Irrigation de L’agriculture à Partir des Eaux Usées Epurées Cas Pratique : La Réutilisation dans le Périmètre de Hennaya	
Introduction.....	104
III.1 Présentation et Description de la station d’épuration d’Ain El Houtz.....	106
III.1.1 Situation Géographique	106
III.1.2 Présentation de la Step.....	107

III.1.2.1 Données de la Base.....	107
III.1.2.2 Principe de Fonctionnement de la Step.....	107
III.2 Présentation des différentes installations.....	109
III.2.1 Pour la Partie Eaux Usées.....	109
III.2.2 Pour la Partie Boues.....	113
III.3 Les Performances D'épuration au Niveau de la Step.....	118
III.4 Présentation du Questionnaire et Analyse des Résultats.....	125
Conclusion.....	148
Discussion	150
Conclusion Générale.....	157
Références	164
Bibliographiques.....	
Liste Des Tableaux.....	171
Liste Des Figures.....	173
Liste Des Photo	176
Annexes	178
Fiches D'enquêtes	
Plan Détaillé	
Résumé	

الملخص :

تعتبر مياه الصرف من اهم الموارد المائية المستعملة في الزراعة في الدول النامية. هذه الفكرة مأكدة من خلال العديد من التقارير التي تفيد بان هذه المعلومة حقيقية و لكنها وفي نفس الوقت تمثل اشكالية كبيرة "الرجوع للمياه المستعملة لا مفر منه في الزراعة في الدول النامية"

في الواقع تستهلك الزراعة اكثر من 70% من الماء لذلك يجب البحث عن البديل للحفاظ على المياه العذبة لاحتياجات الانسان. الهدف من هذه الدراسة هو المساهمة و التقييم الفعال لمياه الصرف في الجزائر مع معرفة اثرها بعد المعالجة و التصفية على المردود الفلاحي , التربة و صحة الانسان.

كلمات البحث: المياه المستعملة , مياه مستعملة معالجة , الفلاحة , التربة , صحة الانسان

Résumé:

Les eaux usées constituent l'une des principales ressources hydriques utilisées en agriculture dans les pays en développement. Cette idée est confirmée à travers de nombreux rapports qui concluent sur une note à la fois réaliste et préoccupante: « Le recours aux eaux usées est inévitable dans l'agriculture des pays en développement ».

En effet, l'agriculture consomme plus de 70 % des ressources en eaux, pour cela on doit mettre en exergue les eaux usées traitées comme étant une alternative très importante pour préserver l'eau douce pour l'utilisation humaine.

Notre objectif à travers cette étude est de contribuer et à mieux évaluer les eaux usées traitées en Algérie, ainsi que l'impact de l'irrigation par les EUT sur le rendement agricole, le sol, et sur la santé humaine.

Mots clés : eau usée, eaux usées traitées, l'agriculture, sol, santé humaine.

Abstract:

Wastewater is one of the major water resources used in agriculture in developing countries. This idea is confirmed by many reports which conclude on a note that is both realistic and worrying: "The use of wastewater is inevitable in agriculture in developing countries".

Indeed, agriculture consumes more than 70% of the water resources, for this purpose, the treated wastewater must be highlighted as a very important alternative to preserve fresh water for human use.

Our objective in this study is to contribute to and better evaluate the wastewater treated in Algeria, as well as the impact of irrigation by the TMEs on agricultural yield, soil and human health.

Keywords: wastewater, treated wastewater, agriculture, soil, human health

تعتبر الطاقة مطلب ضروري للتطوير الاقتصادي و الاجتماعي المستدام إذ يعتبر توفيرها و الوصول إليها من القضايا الحامة على مستوى العالم خاصة في ظل الارتفاع المتزايد في أسعار النفط، لم يعد أمام الدول من خيار سوى البحث عن مصادر أخرى جديدة للطاقة، نظيفة وخصبة، وبخاصة مع استمرار المخاوف من ظاهرة الاحتباس الحراري والتغيرات المناخية.

ويشهد العالم اليوم دعوات و توجهات متزايدة وبخاصة في أوروبا وأمريكا للاستثمار في مصادر الطاقة المتجددة التي تبشر بأفاق اقتصادية واحدة في السنوات القليلة المقبلة.

و أشار تقرير أصدرته شبكة سياسة الطاقة المتجددة للقرن 21 إلى أنه من الضروري أن تلعب الطاقة المتجددة دورا رئيسيا في إمدادات الطاقة العالمية، و ذلك من أجل مواجهة التهديدات البيئية و الاقتصادية للتغير المناخي التي تتزايد خطرا، وهذا ما يؤكد بأن للطاقات المتجددة أهمية بالغة في حماية البيئة باعتبارها طاقة غير ناضبة و توفر عامل الأمان البيئي.

وفي هذا الإطار يمكن صياغة إشكالية هذه الدراسة في السؤال الرئيسي التالي:

وكما محاولة منا للإجابة على هذا الإشكال سنتناول هذه الدراسة من خلال المحاور التالية:

المحور الأول: مفهوم الطاقات المتجددة وأهميتها.

المحور الثاني : ماهية التنمية المستدامة

المحور الثالث: الطاقات المتجددة وأثرها في تحقيق التنمية المستدامة

المحور الرابع : الاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر

المحور الأول: مفهوم الطاقات المتجددة وأهميتها

1- مفهوم الطاقة المتجددة :

هي الطاقة المستمدة من الطبيعة من مورد لا ينفذ باستعادة باستمرار تعتبر نظيفة نسبيا و غير ملوثة للبيئة، كما أنها تلك الطاقات التي يتكرر وجودها في الطبيعة على نحو تلقائي ودوري، كما تعرف الطاقة المتجددة بأنها الطاقة التي تولد من مصدر طبيعي لا ينتضب وهي متوفرة في أي مكان على سطح الأرض ويمكن تحويلها بسهولة إلى طاقة، تتميز الطاقات المتجددة بأنها أبدية وصدقية للبيئة، وهي بذلك على خلاف الطاقات غير المتجددة القابلة للضروب الموجودة غالبا في مخزون جافد في الأرض لا يمكن الاستفادة منها إلا بعد تدخل الإنسان لإخراجها منه¹

2- أهمية الطاقة المتجددة :

إن الدافع الرئيسي الأول للبحث عن بدائل للطاقة التقليدية هو دافع بيئي، حيث أنه من أهم الآثار لاستعمال الطاقة التقليدية هي ظاهرة الاحتباس الحراري و على العكس للطاقة المتجددة أثر معروف في حماية البيئة، نتيجة ما تحققه للتقليل من انبعاثات الغازات المسماة ؛ إذ أنه من المتوقع أن تصل انبعاثات الغاز التقليدي 190 مليون طن من غاز ثاني أكسيد الكربون سنة 2017²

وعليه يمكن إيجاز الأهمية المكتسبة لاستعمال الطاقة المتجددة في النقاط التالية :

- متوازنة بكمية في جميع أنحاء العالم.
- تقلل الاعتماد على واردات الطاقة وتوفر بديلا محليا ذي قيمة.
- تقلل الأساس لإمداد الدول الصناعية والنامية بالطاقة بشكل مستدام.
- واحدة من الأسواق التي تشهد نموا معتبرا في العالم.
- اقتصادية في كثير من الاستخدامات وذات عائد اقتصادي كبير.

¹ قدي عبد المجيد، مور أوسيري، محمد حوي، الاقتصاد البيئي، دار المجلدونية للنشر والتوزيع، ط1، ص 133

² طالي محمد، ساحل محمد، أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة، عرض تجربة ألمانيا، مجلة الباحث، كلية العلوم والاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير بجامعة قاصدي مزاب، وثيقة العدد السادس 2008، ص 22

أ. موساوي ريفية.د. موساوي ريفية

4- عقبات استخدام الطاقة البديلة¹:

هذه الصورة الإيجابية لتطوير الطاقة المتجددة لا تلغي وجود عقبات تكنولوجية وبيروقراطية تواجه برامج التحول نحو الطاقة المتجددة منها:

- ✓ اعتماد اقتصاد الدول النفطية الكبير على مصادر الطاقة التقليدية مما يؤدي إلى تقليل الإبداع نحو الطاقات المتجددة خوفاً من التأثيرات السلبية على أسعار النفط.
- ✓ المساحات الكبيرة من الأراضي الواجب تخصيصها لمشروعات الطاقة الشمسية وطاقة الرياح الأمر الذي يتطلب برامج واضحة فيما يخص استثمارات الأراضي لهاته المشروعات.

- ✓ تنظيف منشآت الطاقات الشمسية من الغبار تحتاج إلى كميات كبيرة من المياه.
- ✓ تتطلب صناعات الطاقة المتجددة عناصر نادرة مثل الناليوم، التيتانيوم، ولا يزال التفتيش عنها محدوداً.

✓ ارتفاع رأس المال اللازم لمشروعات الطاقة المتجددة مما يفرض الحاجة إلى مشاركة الاستثمار الأجنبي

5 - خصائص مصادر الطاقة البديلة :

- هي مصادر دائمة ذلك لأنها مرتبطة أساساً بالشمس و الرياح و المياه والطاقة الصادرة عنهم.
- مصادر الطاقة البديلة رغم توافرها على المدى البعيد إلا أنها لا تتوفر بشكل منتظم طول الوقت وعلى مدار الساعة، فهي ليست متوفرة جازماً نستعمل منه ما نشاء متى نشاء فمصادر الطاقة البديلة تتوفر أو تختفي بشكل خارج قدرة الإنسان على التحكم فيها أو تحديد مقادير التوفر منها، كالشمس وشدة الإشعاع.

• شدة الطاقة في المصادر البديلة ليست عالية التركيز، وبالتالي فإن استخدام هذه المصادر يتطلب استعمال العديد من الأجهزة ذات المساحات والأحجام الكبيرة، وواقع أن هذا هو أحد

أ. موساوي ريفية.د. موساوي ريفية

- مصدر عملي لا ينتقل، ويتلاءم مع واقع تنمية المناطق النائية والريفية واحتياجها.

3 - مزايا استخدام الطاقات البديلة :

- تعتمد هذه الأنظمة على مصادر الطاقة المحلية المتوفرة في سائر الدول، ما يضمن بالتالي أمن الطاقة.
- موزاناً استخدام الطاقات المتجددة، أدناه:
- يمكن أن تورد منافع الطاقة المتجددة، أدناه:
- تعتمد هذه الأنظمة على مصادر الطاقة المحلية المتوفرة في سائر الدول، ما يضمن بالتالي أمن الطاقة.
- موزاناً استخدام الطاقات المتجددة، أدناه:
- يمكن أن تورد منافع الطاقة المتجددة، أدناه:

- هي موارد موزونة فالنظام الموزع لتوليد الطاقة من مجموعة متنوعة من المصادر المتجددة يوفر نظام طاقة أكثر متانة وأقل عرضة لانقطاع إمدادات الطاقة مقارنة بالأنظمة المركزية. فإن تعطل نظام واحد منها، لن تعیش المدينة بأكملها أو أحياناً الدولة ككل حالة من الطوارئ.
- لا تلوث. هذه الموارد الهوائية أو اليابسة أو البحر، في حين أن تلوث الهواء بفعل قطاعي النقل والطاقة قد حوّل العديد من المدن إلى مصدر خطر يهدد صحتها.
- تقي الاقتصاديات من الأزمات التي تحدثها التقلبات في أسعار الوقود التقليدية. فالاعتماد على مصادر الطاقة المحلية المتجددة يمكن أن يحمي الاقتصاديات المحلية من مظاهر الفوضى الاقتصادية العارمة التي تنشأ عن تقلبات في الأسواق العالمية للسلع الأساسية مصدرها التجهيزات.

- النظام الموزع من أنظمة توليد الطاقة المتجددة يبقى محموم، بمعنى أنه لن يشكل على الأرحح أمناً عسكرياً. لكن حتى وإن حدث ذلك، ستكون النتيجة ضرراً بيئياً طفيفاً. في المقابل، تطرح مصانع الطاقة النووية والوقود الأحفوري اللامركزية الكبيرة مشاكل هامة في ما يتعلق بالأمن الوطني.

- تستثمر هذه الأنظمة بوجودها على مقربة من المجتمعات التي تستخدمها، ما يوفر الحس بالقيمة والملكية الجماعية المشتركة ويعزز التسمية المستدامة.
- توفر أنظمة الطاقة المتجددة فرص عمل جديدة ونظيفة ومتطورة تكنولوجيا فانقطاع بشكل موزناً سريع للنمو للوظائف العالية الجودة؛ وهو يتفوق من بعيد في هذا السياق على قطاع الطاقة

وات م2، ولا يصل من هذه الطاقة إلى الأرض إلا نحو 70% ، متبواً وينحس اليانقي رنو 30 % إلى الفضاء مرة أخرى على هيئة موجات واشعاعات¹

أن مصدر الطاقة في كل من الغذاء والوقود يرجع إلى الطاقة الشمسية بواسطة التمثيل الضوئي في النبات، فهذه الطريقة يحدد ثاني أكسيد الكربون بخار الماء، مع وجود مادة الكاروروفيل الخضراء كخافز للحصول على الكربوهيدرات اللازمة لسوء النبات وإثارة، وليس أنواع الوقود الأحفوري من البترول والغاز إلا بقايا من المواد العضوية الأخرى التي تغذت بها، تراكمت منذ ملايين السنين وتحوّلت بفعل الحرارة والضغط في باطن الأرض إلى أنواعها ومركباتها الحالية. ويتم استغلال الطاقة الشمسية، إما عن طريق استخدام الحرارة الشمسية لتسخين ناقل ما للحرارة لكي تستهلك هذه الحرارة إما مباشرة أو من أجل تحويلها إلى أشكال أخرى للطاقة.

ثانياً - الطاقة المائية : يعود تاريخ الاعتماد على المياه كمصدر للطاقة، إلى ما قبل اكتشاف الطاقة البخارية في القرن الثامن عشر، حيث استخدم الإنسان مياه الأبار في تشغيل بعض النواعير التي كانت تستعمل لإدارة مطاحن الدقيق وآلات النسيج ونشر الأخشاب. أما اليوم، وبعد أن دخل الإنسان عصر الكهرباء، بدأ استعمال المياه لتوليد الطاقة الكهربائية. كما تشهد في دول عديدة مثل النرويج والسويد وكندا والبرازيل. ومن أجل هذه الغاية، تقام محطات توليد الطاقة على مساقط الأمطار، وتبقى السلود الاصطناعية لتوفير كميات كبيرة من الماء تضمن تشغيل هذه المحطات بصورة دائمة.

• أشكال الطاقة المائية :

أ- الطاقة الكهرومائية: فإليه النخيرة يفعل الشمس تكاثف مطر لتكون منه الأنهار، وأستغلت طاقة الجاذبية الأرضية لمياه الأنهار في توليد الطاقة الميكانيكية والكهربائية. خلال المائة عام الماضية، وهي تمثل حالياً حوالي 18% من الطاقة الكهربائية المولدة في العالم، وتترجع أهمية هذه المصادر ليس لأنها طاقة متجددة باستمرار، ولا لأنها طاقة نظيفة فحسب بل لأنها تمثل جزءاً متكاملًا من أفضل استخدامات المصادر المائية ، وأيضاً لأنها جزء هام من نظم توليد الطاقة الكهربائية الضخمة نظراً لمرورها وارتفاع درجة الاعتمادية في تشغيلها. ويبلغ إجمالي المصادر المائية

مجلة المائية و الأسواق
أ. مومساري رفقية، مومساري زينة
أسباب ارتفاع التكلفة الأولية لأجهزة الطاقة البدئية وهو ما يشكل في نفس الوقت أحد عوامل أمام انتشارها السريع.

تتوفر أشكال مختلفة من الطاقة في مصادر الطاقة البدئية الأمر الذي يتطلب استعمال تكنولوجيا ملائمة لكل شكل من الطاقة البدئية فالطاقة الشمسية هي طاقة الموجات الكهرومغناطيسية المكونة لأشعة الشمس وتتحسد على الأرض بعدة أشكال منها الضوء والحرارة، أما الطاقة المروية فهي حركة الهواء نفسه وهي بذلك طاقة ميكانيكية.

• ضعف تركيز الطاقة في بعض المصادر البدئية والطاقة الشمسية بالذات يتفق مع كثافة الطاقة المطلوبة في العديد من نقاط الاستهلاك، وتوضح صحة هذه العلاقة وتتلور بشكل أفضل إذا ما اتبعت الإجراءات الكفيلة بتقليل الاستهلاك

6 - مصادر الطاقة البدئية :

أولاً - الطاقة الشمسية: تتمثل في التمرور النبعث من الشمس وفي الحرارة الناتجة عنها، حيث استطاع الإنسان تسخيرها منذ العصور القديمة، باستخدام مجموعة من وسائل التكنولوجيات التي تتطور باستمرار؛ وتقدر كمية الإشعاع الشمسي الواصلة إلى الأرض ب 1,36 كيلو واط/ المتر المربع، وأن حوالي 50% منها تنعكس في الفضاء و 15% منها تنعكس على سطح الأرض و 35% تقص من قبل الهواء والماء والأتربة¹. وتتلخص خصائص الطاقة الشمسية في أكثر مصادر الطاقة المعروفة وفرة؛ توفر عنصر الساكنون اللازم لاستخدام الطاقة الشمسية بكميات كبيرة في الأرض؛ سهولة تحويل الطاقة الشمسية إلى معظم أشكال الطاقة الأخرى، مما يجعلها متعددة أوجه الاستخدام؛ تعتبر طاقة نظيفة و غير ملوثة، كما لا توجد مخلفات إنتاج ضارة؛ اختلاف شدة الإشعاع الشمسي من مكان لآخر، و من زمان لآخر. و ذلك بحسب موقع المنطقة من خط الاستواء.

وتقطط طاقة الشمس على هيئة إنشعاعات كهرومغناطيسية ، حيث يكون حوالي 47% منها أشعة مرئية، ونحو 45% منها أشعة تحت الحمراء، ونحو 8% منها أشعة فوق البنفسجية وتنبعث طاقة الشمس بعمل ثابت تقريباً يسمى بالثابت الشمسي، ويقدر بنحو 1.35 كيلو

¹ عجلاني أمينة، " أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات دراسة حالة الجزائر بالرجوع ال بعض التجارب العالمية " أطروحة لنيل شهادة الدكتوراه، في العلوم الاقتصادية، جامعة قسنطينة، 2013، ص 29

أما عن الدول العربية من أكثر المواقع ملائمة لاستغلال طاقة الرياح سائبة: عمان ومصر والمغرب، حيث تتوفر في بعض المناطق منها الرياح الملائمة على مدى 2500 ساعة/سنة وسرعة تتراوح بين 8 إلى 11 متر/ثانية

ومع كل هذه الوفرة فإن استخدام هذا المصدر يواجه صعوبات ومعوقات عدة ، مثل تباين سرعة الرياح واتجاهها من وقت لآخر، ومن مكان لآخر، بسبب حركة الأرض والشمس والتضاريس الجغرافية وعوامل أخرى ؛ الكلفة المرتفعة للإنتاج الكهربائية والقدره باربعة أضعاف تكاليف الكهرباء بواسطة الطاقة التقليدية، حيث يحتاج هذا المصدر إلى مساحات واسعة. فعلى سبيل المثال يلزم 50 ألف طاحونة هوائية قطرها 56 مترا لإنتاج طاقة كهربائية تعادل مليون برميل من النفط الخام ؛ كما أن هذا النوع من الطاقة لا يتوفر إلا في بعض المواقع مع عدم استقرار ، إضافة إلى صعوبة حفظ الطاقة الكهربائية التي يمكن توليدها من هذا المصدر ومن ثم تولد مشكلة التخزين.

المحور الثاني : ماهية التنمية المستدامة

1- مفهوم التنمية المستدامة :

حظي مفهوم التنمية المستدامة باهتمام دولي خلال عقد السبعينات في مؤتمر الأمم المتحدة للتنمية البشرية عام 1987 ، والذي ركز أساسا على قضايا البيئة التي كانت واضحة بصورة كبيرة في الشمال وارتبطت بالتنمية الصناعية والنمو التسارع لمعدلات الاستهلاك. ولم تحظى القضايا البيئية التي هم الدول الأقل نمواً بالاهتمام الكافي وخصوصا حاجتها إلى اقتصاد أكثر استقرارا وكذلك تحسين الأوضاع البيئية فيها، إلا أن الحاجة إلى الربط بين أهداف البيئة والتنمية أصبحت أكثر وضوحا، ولفت الانتباه إلى القيود التي فرض على النمو نتيجة النقص في الموارد الطبيعية مثل الثروات الطبيعية ومصادر الطاقة، كما انتشر الاهتمام بقضايا التنمية المستدامة في أدبيات العالم الثالث نتيجة تعثر الكثير من السياسات التنموية المطبقة فيه، والتي أدت إلى تقادم المديونية الخارجية وتردي الإنتاجية وخصوصا في القطاع الصناعي، وكذلك اتساع الفجوة الاجتماعية في عدد كبير من الدول بل . والحاجة وقلة التغذية في بعض الأحيان لدى الفئات الفقيرة التي ساءت أحوالها.

المستغلة والصالحة للاستغلال ما قيمته 2. مليون جيجاروات. وطاقة إنتاجية سنوية تبلغ 9.70 بليون جيجاروات ساعة

ب- طاقة التدرج الحرارية لمياه المحيطات :وهي الطاقة الكهربائية الناتجة من الفرق في درجات الحرارة بين طبقات OTEC مياه المحيط والتي يطلق عليها طاقة التدرج الحراري، لمياه المحيطات وذلك من خلال دورة ديناميكية حرارية ، ذات كفاءة منخفضة جدا، وعلى أساس التباين ما بين مياه السطح ومياه العميقة.

ج- طاقة المد والجزر والأمواج. وقد استخدمت ظاهرة المد والجزر في الولايات المتحدة الأمريكية منذ القرن السابع عشر لإنتاج طاقة فقط لإدارة بعض طواحين الغلال، وقد نجحت كذلك فرنسا في إنشاء محطة كهربائية تعمل بطاقة المد والجزر في مدخل نهر السين، وبلغت قدرة هذه المحطة 240000 كيلوات ووصلت كفاءتها إلى 25%. وتتل هذه المحطات لا يمكن إنفاذها في أي مكان ومع ذلك تشهد محطات الطاقة المد والجزر حيرة كبيرة في بعض الدول، وهي تعد طاقة متجددة يجب إستغلالها في المستقبل¹ ويرى الخبراء أن لها مستقبلا في صناعة الطاقة

ثالثا - الطاقة الهوائية :

أدى تزايد دور الطاقات غير المتجددة في التقنية والتنمية الاقتصادية وارتفاع أسعارها خلال أواخر القرن العشرين وبداية القرن الواحد والعشرين إلى إعادة الاهتمام بالرياح كمصدر للطاقة وتعتبر طاقة الرياح صورة غير مباشرة من صور الطاقة الشمسية، حيث أن حركة الهواء هي نتيجة لفرق الضغط في الغلاف الجوي، وينسب فرق الضغط تحرك الهواء من منطقة ذات ضغط مرتفع إلى أخرى منخفضة الضغط وينشأ فرق الضغط نتيجة اختلاف التأثيرات الحرارية للشمس التي تتحكم في درجة حرارة الأرض والتي تكون السبب في حدوث الرياح. حيث يمكن هبوب الرياح أن يولد طاقة أكبر ككفاءة مما تولده أشعة الشمس تقدر ب 10 كيلوات/م مربع في العواصف الثلجية وما مقداره 25 كيلوات/م مربع عند هبوب الأعاصير، في حين أن الحد الأقصى للطاقة الناتجة عن الإشعاع الشمسي تقدر ب 1 كيلوات/م مربع، هذا في حين أن هبوب نسيم عليل بسرعة 18 كم في الساعة من شأنه أن يولد ما مقداره 0.075 كيلوات/م مربع²

¹ أي البرادي ، مكارث في اقتصاد التبرول ، جامعة القاهرة ، ص 95

² Volker Quaschnig, Understanding Renewable Energy Systems, Earthscan publications, UK, First published 2005, p 101

2- أهداف التنمية المستدامة¹

تسعى التنمية الاقتصادية المستدامة من خلال آلياتها ومحتواها إلى تحقيق مجموعة من الأهداف يمكن تلخيصها فيما يلي :

أولاً- تحقيق رفاهية السكان:عمل التنمية المستدامة على التوفيق بين طرقي معادلة السكان / الموارد من أجل ضمان التوازن بينهما، من خلال ضبط معدلات النمو السكاني وزيادة معدل النمو الاقتصادي بوتيرة تتفوق على معدلات الزيادة السكانية، وبوتيرة بعيدة عن طاقته تحمل قاعدة الموارد الاقتصادية المتاحة مما يترتب عليه تزايد الأعباء الاقتصادية والاجتماعية الملقاة على عاتق الأجيال المسؤولة عن الرقابة. بحاجات ضغط الإنفاق الاجتماعي.

ثانياً- الحفاظ على قاعدة الموارد الطبيعية وتقليل التلوث: تركز التنمية المستدامة على الملائمة بين نشاطات السكان والبيئة من خلال التعامل مع النظم البيئية ومحتواها على أساس حياة الإنسان، وتعد النفايات المتراكمة باختلاف مصادرها من أهم المشاكل التي تنتج عن عملية التنمية وتغوق مساهمها في الوقت نفسه، وإلى هذا فإن تطوير النفايات والأساليب التي تهدف إلى تقليل النفايات ومنع التلوث يعد أحد أهداف التنمية المستدامة التي تتضمن سلامة الصحة العامة والحفاظ على البيئة وصيانتها واستدامتها.

ثالثاً- الاستخدام الأمثل للموارد الطبيعية وتحديد طاقة استيعاب النظم البيئية:البيئة قادرة على استيعاب التغيرات التي تطرأ عليها نتيجة تغير النشاط البشري، فإذا تعدت هذه التغيرات حدود الاستغلال والطاقة الطبيعية لهذه الأنظمة فإن النتيجة تكون في تدهور الأراضي والموارد الطبيعية وتحديد الكون، فقد أريت دراسة موسعة أجراها البنك الدولي على الموارد الطبيعية أن المفتاح الرئيسي لاستغلالها بطريقة مثلى ومستدامة يتمثل في استكمال هذه الموارد بؤسبات قوية ورأس مال بشري وتقنيات تكنولوجية ومعرفة تسمح بالحفاظ على طاقة الأرض للحيل الحالي والأجيال المستقبلية.

¹ محمد صبر مصطفى، استراتيجيات التنمية المستدامة : مقارنة نظرية وتطبيقية، الموسومة العربية للمعرفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم - ناشرين بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، من 2006 ص 447-453

أن "تفكير التنمية المستدامة" تم التصديق عليها رسمياً في مؤتمر قمة الأرض الذي عقد في "ريو دي جانيرو" عام 1992م؛ حيث أدرك القادة السياسيين في هذا المؤتمر أهمية فكرة التنمية المستدامة، لا سيما أنهم قد أجلوا في اعتبارهم أنه ما زال هناك جزء كبير من سكان العالم يعيشون تحت ظل الفقر، وأن هناك تفاوتاً كبيراً في أنماط الموارد التي تستفيد منها كل من الدول الغنية وتلك الفقيرة، إضافة إلى أن النظام البيئي العالمي يعاني من تضرر حاد، كل هذه الأمور استدعت ضرورة إعادة توجيه النشاط الاقتصادي بغية تلبية الحاجات التنموية المناسبة للقراء ومع حدوث أضرار سلبية من دورها أن تنعكس على البيئة العالمية، وبالفعل استجابت الدول سواء النامية أو الصناعية، واقترحت البلدان النامية صياغة ما يسمى عهد جديد من النمو لمعالجة قضايا الفقر والمشاكل التي تعاني منها الدول الأقل تقدماً، وأما بالنسبة للدول الصناعية، فقد أربت ضرورة بلل الجهود المضنية من أجل زيادة الطاقة ولرؤاد الفعالة والأكاديمية إضافة إلى إحداث تحول في النشاط الاقتصادي لتخفيف حدة الأثقل من على كاهل البيئة

كما تعرف بأنها " :التنمية التي تلي احتياجات الأجيال الحالية بدون المساس بقدرات الأجيال المستقبلية لتلبية احتياجاتهم" تمت صياغة مفهوم التنمية للمرة الأولى من خلال تقرير مستقبلنا المشترك الذي صدر عام 1987 م عن اللجنة العالمية للتنمية والبيئة حيث كان مفهوم التنمية المستدامة مفهوماً جديداً وفورياً في الفكر التنموي، إذ أنه وللمرة الأولى دمج ما بين الإحتياجات الاقتصادية والاجتماعية والبيئة في تعريف واحد.

كما وردت عدة تعاريف للتنمية المستدامة منها.

- هي التنمية التي تفي بإحتياجات الحاضر دون الإضرار بقدرة أجيال المستقبل على الوفاء بإحتياجاتها الخاصة، وهي تفترض حفظ الأصول الطبيعية لأغراض النمو والتنمية في المستقبل.
- هي تنمية اقتصادية واجتماعية متوازنة ومتناغمة، تعني بتحسين نوعية الحياة، مع حماية النظام الحيوي¹.
- هي تنمية إقتصادية واجتماعية مستمرة، دون الإضرار بنوعية الموارد الطبيعية التي تستخدم في الأنشطة وتعتمد عليها عملية التنمية

الوصول إلى خدمات طاقة ومصادر وقود حديثة يصبح توفر فرص العمل وزيادة الإنتاجية وبالتالي الفرص الاقتصادية المتاحة محدودة بصورة كبيرة. إذ أن توفر هذه الخدمات يساعد على إنشاء المشاريع الصغيرة وعلى القيام بأنشطة معيشية وأعمال خاصة، ويعتبر الوجود كذلك ضرورياً للعمليات التي تحتاج إلى حرارة، ولأعمال النقل والعديد من الأنشطة الصناعية، ويضاف إلى هذا أن واردات الطاقة تمثل حالياً أحد أكبر مصادر الديون الأجنبية في العديد من الدول الأخرى فقرار بالإضافة إلى دور مشاريع الطاقات المتجددة في استحداث فرص العمل الدائمة والتي يمكن عرضها فيما يلي¹:

- بروز مبادرات اقتصادية جديدة تتماشى مع التنمية المستدامة من خلال الحوافز التي تعزز أنماط أكثر استدامة من الاستهلاك والإنتاج على الصعيد الوطني، كما يمكن أن يساهم تشجيع القطاعات الجديدة غير الملوثة، ولاسيما خدمات وإنتاج المنتجات اللائمة للبيئة، والبحث عن البدائل الطاقوية غير التقليدية في تحويل توجه الأنشطة الاقتصادية باتجاه استحداث الوظائف في القطاعات المستدامة ينتمي.
- بالنسبة للدول النامية تعتبر المشاريع الراجعة الجديدة في القطاعات الاقتصادية المستدامة يبقى أقل شيوعاً ومع ذلك فإن البحوث والتنمية في التكنولوجيات الإيكولوجية وإدارة الموارد الطبيعية والزراعة العضوية وإيجاد الهياكل الأساسية وصيانتها، تقدم فرص حقيقية لعمل دائم ومستدام وتحويل دون تحمل تكاليف بيئية إضافية.
- تمكن سكان الريف من مصدر أو مصادر للطاقة المتجددة يساهم في تخفيف النشاط الاقتصادي الذي يترتب عنه تحسين الظروف المعيشية يتواز مع احترام البيئة وتوطن لفلوئة السكان بأراضيهم، يعتبر رهاناً هاماً على صناع القرار في الدول النامية.

ثانياً: الطاقات المتجددة والبعيد الاجتماعي للتنمية المستدامة

تتضمن القضايا الاجتماعية المرتبطة باستخدام الطاقة التخفيف من الفقر، وإتاحة الفرص أمام المرأة، والتحول الديمقراطي والحضري، إذ يؤدي الوصول المحدود لخدمات الطاقة إلى تهميش الفئات الفقيرة وإلى تقليل قدرتها بشكل حاد على تحسين ظروفها المعيشية؛ فحوالي ثلث سكان العالم لا

رابعاً: تحسين الأسواق وإحداث تغيير مناسب في حاجات وأولويات المجتمع؛ تغيرت للمؤسسات والأسواق في كثير من الدول النامية ومن ثم يدعو الضرورة إلى بناء المؤسسات من أجل تصحيح اختلالات هذه الأسواق من خلال تحديد حقوق الأطراف المتعاملة في السوق من وجهة نظر حقوق الملكية التي تسمح بتحسين أوضاع الفقر وتشجيع التفاعل بين القوى الاجتماعية والاقتصادية والسياسية لإصلاح المؤسسات، والعمل على تغيير أنماط الاستهلاك والإنتاج المحفزة في حق البيئة والبشرية معاً.

المحور الثالث: الطاقات المتجددة وأثرها في تحقيق التنمية المستدامة

في تقرير صدر أجراً عن برنامج البيئة التابع للأمم المتحدة، جاء فيه أن تزايد الاستثمارات في مجال الطاقة المتجددة، حول العالم، سيساهم في إمداد العالم بربع ما يحتاجه من الطاقة النظيفة بحلول العام 2030، فقد أشار التقرير إلى أنه في قطاع طاقة الرياح والوقود الحيوي والطاقة الشمسية تم استثمار أكثر من 35 مليار دولار في عام 2006 أي أكثر بنسبة 43% عن عام 2005.

فالطاقات المتجددة تلعب دوراً هاماً في تحقيق التنمية المستدامة حيث يعكس استخدام هذا النوع من الطاقات على الأبعاد الثلاثة للكونية للتنمية المستدامة بشكل إجمالي و المتصلة في الأبعاد الاقتصادية، الأبعاد الاجتماعية و الأبعاد البيئية، ستبين مدى انعكاس استخدام الطاقات المتجددة على تحقيق هذه التنمية:

أولاً: دور الطاقات المتجددة في تحقيق البعد الاقتصادي

أدى تزايد الطلب على الطاقة استجابة للصناعات والتقدم وتزايد المجتمع إلى توزيع عالمي لاستهلاك الطاقة الأولية توزيعاً شديداً التفاوت، فاستهلاك الفرد الواحد من الطاقة في اقتصاديات السوق الصناعية يعادل ثلاث أرباع الطاقة الأولية في العالم ككل¹، وتعتمد التنمية الاقتصادية على توافر خدمات الطاقة اللازمة سواء لرفع وتحسين الإنتاجية أو للمساعدة على زيادة الدخل المحلي من خلال تحسين التنمية الزراعية وتوفير فرص عمل خارج القطاع الريفي. ومن المعلوم أنه بدون

في ظل التغيرات المناخية الواضحة التي يشهدها العالم، ينبغي التفكير جدياً في تلبية إنبعاث غازات الاحتباس الحراري الناتجة من استخدام مصادر الطاقة الأحفورية والتي لها صلة وثيقة بحالة التغيرات المناخية. ولهذا كله وبسبب إمكانية تظوب البترول والغاز بعد سنوات لا تتجاوز القرن كما يؤكد الكثير من الباحثين، أصبح لزاماً التوجه إلى الطاقة البديلة النظيفة التي لا تتسبب بأشكالها المتعددة. ولأن أنظمة الطاقات المتجددة تعتمد على مصادر الطاقة المحلية المتوفرة في سائر الدول فهي تعتبر مصدر إمداد آمن، لا يمكن أن يستنفذ ولا يلحق الضرر بالبيئة، في حين أن تلوث الهواء بفعل قطاعي النقل والطاقة قد حول العديد من المدن إلى مصدر خطر يهدد الصحة العامة.

إن أهم التحديات التي تواجه التنمية المستدامة، هي تحسين نوعية الحياة، و الإدارة المثلى للموارد الطبيعية، و ذلك بالتركيز على المحافظة على خدمات الموارد الطبيعية و توعيتها، من خلال التشجيع على إنتاج أقطاب إستهلاك متوازنة دون الإضرار في الاعتماد على موزة واحد. وهناك دور أساسي تلعبه الطاقة في تحقيق التنمية المستدامة.

المحور الرابع: الاستثمار في الطاقات المتجددة في الجزائر

تقود الجزائر خطة جديدة مكثفة لتطوير إستثماراتها في الطاقة المتجددة فخلال العشرين سنة المقبلة، تأمل إنتاج كميات من الكهرباء من مصادر الطاقة المتجددة بنفس القدر الذي تنتجه حالياً من مصانعها للطاقة التقليدية الغاز الطبيعي والنفط وهذا وتعمل الجزائر على تفعيل إستخداماتها من الطاقة المتجددة مع شركات أجنبية فعالة من أجل مساعدتها على القيام بإنتاج مشاريعها وإلاستغلال الأمل لمراد الطاقة المتجددة في البلد.

السياسات الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة:

لقد وضعت السياسات الوطنية لتطوير الطاقات المتجددة ضمن إطار قانوني ونصوص تنظيمية، حيث تمثلت المصوص الرئيسية في: قانون التحكم في الطاقة، قانون ترقية الطاقات المتجددة في إطار التنمية المستدامة إلى جانب قانون الكهرباء والتوزيع العمومي للغاز، وتركز هذه السياسات على مجموعة من الميكانات وللمؤسسات الاقتصادية، بحيث تقيم كل واحدة منها، في حدود اختصاصها، بتطوير الطاقات المتجددة، ويتم تنفيذ هذه السياسة عبر مجموعة من

تعمل إليهم مصادر الطاقة الضرورية، بينما تفصل إلى الثلث الآخر بصورة ضمنية، كما أن اعتماد سكان المناطق الريفية على أنواع الوقود التقليدية في التدفئة والطهي له تأثيرات سلبية على البيئة وعلى صحة السكان. وبالإضافة إلى ذلك ما زال هناك تباين كبير بين الدول المختلفة في معدلات استهلاك الطاقة، فالدول الأكثر غنى تستهلك الطاقة بمعدل يزيد 25 ضعفاً لكل فرد مقارنة بالدول الأكثر فقراً¹

● ان الاعتماد على مصادر الطاقات الجديدة والمتجددة كالسحان الشمسي والحراري الضوئية، وعمليات تدوير المخلفات الزراعية وتحويلها إلى عماد عضوي يساهم في القضاء على البطالة و القضاء على الفقر وفي الحفاظ على الموارد المالية والمادية من الملسن.

● يساهم استعمال الطاقة الشمسية في المناطق النارية للتدفئة الحرارية أو لتوليد الكهرباء، بالبحر، أو بتجفيف المحاصيل في فاك عزلة المطاط النارية واكساب العديد من أخيرات والمهارات ومنه للمساهمة في تحقيق التنمية المحلية²

● تحتاج مشاريع البنى التحتية كالمرافق الصحية والمستشفيات والمدارس خاصة في المناطق النائية والصحراوية المعزولة إلى مصادر قومية ضخمة، ولكن إذا ما تم تصميمها بتقنيات النباتات الخضراء حيث تستمد طاقتها من مصادر الطاقات المتجددة (شمس، رياح، مياه، وغيرها)، فمن شأنها أن تقلل من تكاليف الربط بالطاقة وتكاليف صيانة الأسلاك وتشيد المحطات التقليدية، ومن شأنها كذلك أن تعمل على تحفيز الاستثمار في هذا المجال، وتساهم في توزيع الفرض العادلة بين جميع ولايات البلد الواحد

ثالثاً: الطاقات البديلة والبعيد البيئي: يعد الانعكاس السلبي للطاقات التقليدية عن البيئة أهم الأسباب التي دفعت ببول العالم للبحث عن طاقات بديلة كقيلة بلاصلاح ما أقدمته الطاقات التقليدية و على الأقل التخفيف من حدته.

¹ تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية مجلس الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا، ص 5

² عدلي عماد الدين، دور المجتمع المدني في ترشيد وتكثيف كفاءة الطاقة: آفاق جديدة وتحدده، الشبكة العربية للبيئة والتنمية، RAED، ص 12، www.raednetwork.org على موقع المنظمة

الوطنية، وتغطي المحطة مساحة 64 هكتارا حيث يوجد بها 25000 سامع للطاقة الشمسية يبلغ طول كل واحد منها 150 مترا.

- تمكنت مؤسسة سونغاز من ربط 1000 عائلة في 20 قرية مشتتة في 4 ولايات صحراوية جنوب الجزائر بالكهرباء الشمسية بعد أن تم تزويد مساهمهم بالتمويل اللازم لاستغلال الطاقة الشمسية.

- أبرمت الجزائر العديد من عقود الشراكة مع الجانب الأوروبي، من بينها متفكرة تفاهم مع الجانب الألماني حول الطاقة المتجددة وحماية البيئة في 2009

- تعمل الجزائر حاليا في إطار شراكة علمية مع ألمانيا على انطلاق عملية إنجاز أكبر برج عالمي للطاقة الشمسية بالمدية الجديدة سيدي عبد الله غرب العاصمة الجزائرية بحوالي 35 كيلومترا، وقد تم التوقيع بهذا الشأن على عقد اتفاق تعاون وشراكة من قبل المديرية العامة للبحث العلمي والتطوير التكنولوجي بالجزائر مع الشرك الألمان لإعداد الدراسة والتصميم المتعلقة بهذا الصرح العلمي الكبير الذي سيسمح بإنتاج ما يسمى بكهرباء الطاقة الشمسية.

- بالنسبة للطاقة المائية، فنسبة قدرات الري لحظيرة الإنتاج الكهربائي هي حوالي 286 جيجاواط، وترجع هذه الاستطاعة للمعد غير الكافي لمواقع الري والى عدم استغلال مواقع الري الموجودة.

أما المشاريع التي ما زالت قيد الإنجاز، فنذكر ما يلي:

- قررت الحكومة الجزائرية تطبيق مشاركتها في مشروع سونغاز-ديزيرتيك للطاقة المتجددة حتى العام 2013، لجين موافقة ديزرتك الألمانية على شروط الحكومة.

- مصنع الصناعات الكهرو-ضوئية مؤجل بعدما كان مرتقبا دخوله نطاق الخدمة في ديسمبر 2011، جرى تأجيله، بسبب العراقيل الكثيرة التي واجهت تحسيته وقد اتفق فيه

الكثير من الجهد والمال، ومع تباطؤ الممولين في تسليم التجهيزات اللازمة، ما يجعل إنتاج أول الصناعات الكهرو-ضوئية مؤجلا إلى إشعار غير معلوم، وهذا المصنع يمكنه أن يستحدث 200 ألف منصب شغل 100 ألف في مجال الإنتاج الوطني و 100 ألف منصب شغل آخر في التصدير

ة المالية والأسواق الاقتصادية ومراكز البحث مثل: المركز الوطني لتطوير الطاقات المتجددة للطاقات والمواسم الاقتصادية ومراكز البحث في الطاقات المتجددة بالمنطقة الصحراوية، UREERMS، وحدة CDER، وحدة البحث في الطاقات المتجددة URADER، وحدة تطوير المعدات الشمسية UDES، وحدة البحث في الطاقات المتجددة بجامعة تطوير تكنولوجيات السلسوم UDITS، وحدة البحث في معدات الطاقة المتجددة بجامعة URMER تلمسان

تتعلق الجزائر في مسار الطاقة المتجددة وذلك من أجل إيجاد حلول شاملة ومستدامة لتحديات البيئة، وإشكالية المحافظة على الطاقة الاحفورية، وتستند هذه الاختيارات الاستراتيجية على اليقنة، وإشكاليات الهالة للجزائر للطاقة الشمسية (الطاقة الشمسية الضوئية والطاقة الشمسية الحرارية)، الإمكانات الهائلة للجزائر للطاقة الشمسية (الطاقة الشمسية الضوئية والطاقة الشمسية الحرارية)، التي تمثل الجور الأساسي للبرنامج، حيث من المتظر الوصول إلى 37% من إنتاج الكهرباء بحلول 2030 يكون عن طريق الطاقة الشمسية، ويهتم البرنامج أيضا بالطاقة الهوائية التي تمثل الجور الثاني حيث يقدر أن تشارك بما نسبته 3% من إنتاج الكهرباء سنة 2030

من بين الانجازات التي تم تحقيقها على كل التراب الوطني، نذكر ما يلي:

- النقل الشمسي بحجم 169440 تيراواط/ساعة سنويا. ووصل المعدل السنوي للطاقة الشمسية المستغلة إلى 1700 كيلو واط/س للتر المربع الواحد سنويا بالمناطق الساحلية

وفي مناطق الغصاب العليا، بينما 2650 في الصحراء.

- إنشاء شركة مشتركة بين كل من سونطراك، سونغاز ومجموعة سيم، يتعلق الأمر ب، نيو ايلارجي أديريا "NEAL" المؤسسة سنة 2002 وتتمثل مهمتها في تطوير الطاقات

المتجددة في الجزائر على المستوى الصناعي

- دفتت الجزائر في 14 جانفي 2011 محطة توليد الكهرباء تعمل بالغاز والطاقة الشمسية بمنطقة حاسي الرمل (جنوبي العاصمة الجزائرية في إطار الشراكة بين شركة (نيال) الجزائرية والشركة الاسبانية (أينتر) لاستثمار نحو 350 مليون او رو، حيث أكبر حفل غازي في إفريقيا، وتبلغ إنتاج هذه المحطة 150 ميجاوات منها 120 ميجاوات يتم إنتاجها بواسطة الغاز و 30 ميجاوات عن طريق الطاقة الشمسية وهي متصلة بالشبكة الكهربائية

➤ إن استخدام الطاقة المتجددة في المرحلة الأولى قد يوحى لنا بأنها تتعارض مع التنمية الاقتصادية بسبب ارتفاع التكاليف الأولية لها، لكن الحقيقة غير ذلك، بل هي إحدى دعائم التنمية الاقتصادية.

الختام:

لقد أصبح هناك ضرورة وحاجة حقيقية للتوجه نحو تطوير واستغلال مصادر الطاقة المتجددة المتوفرة في عالمنا، وتشجيع وتسهيل النشاطات الواعدة خاصة في قطاعي الطاقة الشمسية والرياح حيث يعدان من أسرع مصادر الطاقة نمواً وحيثاً للاستثمارات في الوقت الحالي، مع الاهتمام بدراسة التحديات الجغرافية والمناخية التي من الممكن أن تواجه استخدام مصادر الطاقة البديلة، وتوفير اللوازم المالية اللازمة لإجراء البحوث والدراسات العلمية الدقيقة في هذا المجال، والاستفادة من تجارب الدول المتقدمة لاستخدام مصادر الطاقة المتجدد كما أنها وسيلة لنشر الريف من العمالة في العالم بين دول العالم الغني ودول العالم الفقير بالإضافة إلى أنها ليست حكراً على الذين يعيشون اليوم فاطد الأرقص من استعمال الشمس و الرياح اليوم لن يقل من فرص الأجيال القادمة بل على العكس فعندما نتمتع على الطاقة المتجددة سنحصل مستقبل أولادنا و أحفادنا أكثر أماناً والطاقة المتجددة بأرواحها تعتبر بالفعل الأمل في توفير الطاقة في المستقبل من ناحية لأنها لا تنضب ومن ناحية أخرى لأنها غير ملوثة للبيئة بالإضافة إلى ذلك فإن تطبيق التقنيات الحديثة لتوليد هذه الأنواع من الطاقة سيوفر فرص عمل متعددة للشباب وبالتالي يخفف من البطالة وتكثيف الإقصام هذا المجال من خلال :

- وضع إطار تشريعي سليم وإجراءات صارمة لدعم برامج الطاقة المتجددة لئيم إنجازها في الوقت المحدد لها
- إنشاء مراكز تكوين في الطاقات المتجددة لتأهيل كوادر ومهارات مقننة خصوصاً في مجال تكنولوجيا الطاقة الشمسية بدلاً من استيرادها من الخارج
- تشجيع التعاون مع الدول المتقدمة في هذا المجال للاستفادة من خبراتها
- دعم الشراكة بين القطاع العام والخاص والتعاون مع الجامعات ومراكز البحث المتخصصة لقيادة التنمية في مجال الطاقة المتجددة
- القيام بعملية توعية واسعة لإدراك أهمية الطاقة المتجددة وذلك عن طريق وسائل الإعلان التي تستهدف كل الفئات ليس فقط المستثمرين والمؤسسات الاقتصادية
- دعم الدولة لهذا النوع من المشاريع من خلال امتيازات مالية أو ضريبية، التي تدعم بشكل قوي نجاح هذه المشاريع، وفرض غرامات وعقوبات على المشاريع الملوثة للبيئة.

➤ تقرر تشغيل أول مزرعة رياح بالجزائر، بطاقة تقدر بـ 10 أميغواط بأندلس؛ ولقد وكلت مؤتمناً للمجمع لـ CEGELEC مشترك بين فرنسا والجزائر، إذ اقترح أفضل عرض في المناقصة المفتوحة بخصوص هذا المشروع.

– الفئات و الصعوبات للاستثمار في الطاقات البديلة

- ارتفاع التكلفة الأصلية لمشروعات الطاقة المتجددة مع قصور آليات التمويل، إضافة إلى الاعتماد الخاطيء بأن الاستثمار في مثل هذه المشروعات يمثل مخاطرة مالية على الرض من كونها طاقة تحافظ على البيئة.
- إن إنتاج واستخدام التكنولوجيات المتقدمة في إنتاج الطاقة يحتاج إلى تضافر جهود عدد كبير من الشركاء منهم شركات التصنيع والمستخدمين، والسلطات التشريعية والتنفيذية ذات الصلة والبحث العلمي وغيرها، كما يجب تحديد الأدوات وخطط التنفيذ ووضع نظام إداري متكامل للتسيق بين هذه الأطراف من أجل الوصول إلى إنتاج الطاقة من مصادر متجددة، وهو ما تقتصر إليه الجزائر
- نقص الطاقات الفنية والتقنية اللازمة من أجل تطبيق تكنولوجيا الطاقة المتجددة، وهذا ما يحول دون انتشارها، فهي تحتاج إلى دراسات دقيقة للقدرات العلمية في التصنيع وما تطلبه إجراءات تصنيع مكونات ومعدات الطاقة المتجددة ومدى توافق الأيدي العاملة.
- إن قلة الاهتمام باستخدام المصادر المتجددة لإنتاج الطاقة والفهم الخاطيء لطبيعة عمل وتطبيقات تكنولوجيات الطاقة المتجددة من قبل الأطراف المعنية واجتمع بأسره بشكل عائق كبير نحو الاعتماد على المصادر المتجددة في إنتاج الطاقة، وهنا يبرز دور الإعلام والتوعية للدفع نحو تأهيل الأفراد واجتمع نحو مفهوم صحيح لإنتاج الطاقة من مصادر نظيفة وصديقة للبيئة، الأمر الذي يساعد على توضيح الحقائق الاقتصادية والبيئية والفنية في هذه المجالات.
- لا زالت الجزائر تعتمد على النفط بشكل أساسي في إنتاج الطاقة رغم خاصية نظوية وهذا يؤثر سلباً على التحول إلى الطاقات البديلة التي قد تساهم بشكل كبير في الحفاظ على هذه الثروة، فهي احد مفاتيح التنمية المستدامة لأنها تتوافق مع الشروط البيئية والاقتصادية والاجتماعية.

قائمة المراجع:

- 1- قدي عبد المجيد، موز أوسون، محمد حمو، الاقتصاد البيئي، دار المجلدزنية للنشر والتوزيع، الجزائر، 2010.
- 2- طايي محمد، ساحل محمد، أهمية الطاقة المتجددة في حماية البيئة لأجل التنمية المستدامة، عرض تجرية ألمانيا، مجلة الباحث، كلية العلوم، الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير بجامعة قاصدي مبراح، ورقلة، العدد السادس 2008.
- 3- آفاق المستقبل، مجلة سياسية اقتصادية، مركز الإمارات للدراسات الاستراتيجية، العدد 02، أوت 2011
- 4- علفي أمية، " أثر تطور أنظمة استغلال النفط على الصادرات دراسة حالة الجزائر بالرجوع الى بعض التجارب العمالية"، أطروحة لبل شهادة الدكتوراه في العلوم. الاقتصادية غير منشورة، جامعة قاصدي مبراح ورقلة، 2013.
- 5- المؤتمر الوطني العربي، الفتيات المدينة للطاقة من أجل ازدهار البيئة، عدد 67- 68، سبتمبر 2005
- 6- القاهرة، جامعة البترول اقتصاد في مذكرات، الرادعي مني
7- Volker Quaschnig, Understanding Renewable Energy Systems, Earthscan publications, UK, First published 2005, P 181.
- 8- نصر الدين، الطاقة والتنمية المستدامة، الجزائر مجلة النفط والتعاون العربي، عدد 118 ، 2006
- 9- محمد سير مصطفى، استراتيجيات التنمية المستدامة : مقارنة نظرية وتطبيقية، الموسوعة العربية المعروفة من أجل التنمية المستدامة، المجلد الأول، الدار العربية للعلوم -ناشرون بموجب اتفاق مع منظمة اليونسكو والأكاديمية العربية للعلوم، الطبعة الأولى، بيروت، ص 2006 .
- 10- تقرير اللجنة العاملة لبيئة والتنمية، ترجمة محمد كامل عارف، مستقبلنا المشترك، سلسلة عالم المعرفة، عدد 142 ، المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب، الكويت، 1978 .
- 11- تقرير مكتب العمل الدولي، تعزيز التنمية المستدامة لتحقيق سبل عيش مستدامة، البند الثاني من جدول الأعمال، الدورة 294، جنيف، نوفمبر 2005.
- 12- تقرير اللجنة الاقتصادية والاجتماعية لغربي آسيا، الطاقة لأغراض التنمية المستدامة في المنطقة العربية: إطار العمل، السكرتارية الفنية لمجلس . الوزراء العرب المسؤولين عن شؤون البيئة، برنامج الأمم المتحدة للبيئة، المكتب الإقليمي لغربي آسيا.
- 13- عدلي عماد الدين، دور المجتمع المدني في ترشيد وتحسين كفاءة الطاقة: آفاق جديدة وتحديات، الشبكة العربية للبيئة والتنمية، الموقع الإلكتروني:
www.raednetwork.org

LA REUTILISATION DES EAUX USEES TRAITÉES DANS L'AGRICULTURE

MME. RAFIKA, MOUSSAOUI
[MAITRE ASSISTANTE A L'ECOLE PREPARATOIRE EN SCIENCES ECONOMIQUES
COMMERCIALES ET SCIENCES DE GESTION
TLEMCENI
[MOUSSAOUIRAFKA@YAHOO.FR]

PR. A BENHABIB
[Directeur du Laboratoire de Recherche MECAS]
[ABENHABIB1@YAHOO.FR]

LA REUTILISATION DES EAUX USEE TRAITÉES ET L'AGRICULTURE

Résumé

L'accès à l'eau est un préalable. Préalable à la vie, mais aussi préalable au développement, et constitue le défi le plus important pour l'humanité, en facilitant son accès à chaque personne dans le monde.

Malheureusement, comme l'eau de la planète terre est à 97,2 % salée, et que l'eau douce ne représente que 2,8 % de l'eau totale du globe, l'eau devient donc une ressource précieuse. Plus d'un milliard de personnes n'a pas toujours accès à l'eau potable et plus de 50 pays sont menacés par la pénurie d'eau potable à l'horizon de l'année 2025. Il faudrait dès lors chercher des solutions en utilisant différentes techniques, soit le dessalement de l'eau de mer, ou la réutilisation des eaux usées traitées.

La réutilisation de cette dernière remplit un double objectif, économique et environnemental : d'une part, elle permet d'avoir des eaux traitées qu'en peut utiliser dans différents usages en fournissant une « ressource alternative », d'autre part, elle diminue le volume des rejets d'eaux usées dans l'environnement. La mise à disposition de cette ressource alternative peut contribuer au développement économique, ainsi que dans la protection de l'environnement.

À titre d'exemples, Avec 70 % de la consommation mondiale d'eau en moyenne, l'agriculture est le secteur d'activité le plus consommateur d'eau, il faut : 25 litres d'eau pour produire 1 kg de salade, 100 litres d'eau pour produire 1 kg de tomates, 600 litres d'eau pour produire 1 kg de pommes de terre, 500 litres d'eau pour produire 1 kg de maïs, c'est pourquoi, et afin de préserver la ressource en eau potable, et de ne pas l'utiliser dans l'irrigation, de nombreux pays réutilisent leurs eaux usées.

A travers ce papier, nous allons mettre l'accent sur les eaux usées traitées et leur utilisation dans l'irrigation. En donnant un exemple sur la réalisation de cette technique au Maroc

comme étant un élément important qui peut contribuer au développement du secteur de l'agriculture.

Mots clés : Eau, Eaux Usées – réutilisation des eaux usées - Irrigation - Agriculture

The Re-use of Waste Waters Treated And Agriculture

Abstract

The access to water is a precondition not only to life, but also preliminary to the development. It constitutes the most important challenge for humanity, by facilitating its access to each person in the world.

Unfortunately, 97,2% of water of the planet is salted. However, fresh water accounts for only 2,8% of the total water of the sphere. Thus, we could say that water becomes a valuable resource. More than one billion people does not have access to drinking water. Besides, more than 50 countries are threatened by the shortage of drinking water in 2025. Consequently, It would be necessary to seek solutions by using various techniques, that is to say, the desalination of sea, or the re-use of waste waters.

The re-use of the latter fills a double objective, economic and environmental: on the one hand, it makes it possible to have treated water that can about it use in various uses by providing a "alternative resource", on the other hand, it decreases the volume of the waste water rejections in the environment. The provision of this alternative resource can contribute to economic development, like in environmental protection.

As an illustration, 70% of the water worldwide consumption agriculture is considered as the most consuming water in the branch of industry. In fact, we need 25 liters of water to produce 1 kg of salad, 100 liters of water to produce 1 kg of tomatoes, 600 liters of water to produce 1 kg of potatoes, 500 liters of water to produce 1 kg of corn. Thus, in order to preserve the drinkable water resources, and not to use it in the irrigation many countries need to re-use their wastewaters.

Through this paper, we go to give importance on treated waste waters and their use in the irrigation. By giving an example on the realization of this technique to Morocco as being a significant element which can contribute to the development of the sector of agriculture.

Keywords: Water, waste waters – re-use of waste waters –Irrigation –Agriculture

إعادة استعمال مياه الصرف المعالجة و الري

الزراعية

l'accès au traitement des eaux usées, et cela dans tous les pays. La réutilisation des eaux usées traitées est une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau potable dans les zones arides et semi-arides.

Le monde entier est confronté à une pénurie croissante d'eau douce. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), la demande mondiale en eau douce augmentera de 55% d'ici 2025. Cette augmentation est due à la croissance démographique, à l'augmentation de la production agricole et à l'augmentation de la consommation d'eau dans les zones urbaines.

La réutilisation des eaux usées traitées (REUT) est une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau douce. Elle consiste à collecter, à traiter et à réutiliser les eaux usées domestiques et industrielles pour diverses applications, notamment l'irrigation agricole, l'arrosage des espaces verts et l'alimentation des animaux.

La REUT présente de nombreux avantages, notamment une réduction de la consommation d'eau, une réduction des coûts de traitement des eaux usées et une réduction de la pollution de l'environnement. Elle est également une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau douce dans les zones arides et semi-arides.

Malgré ses avantages, la REUT présente également certains défis, notamment des coûts élevés de traitement des eaux usées et des préoccupations liées à la santé humaine et à l'environnement. Cependant, ces défis peuvent être surmontés grâce à des technologies de traitement avancées et à des réglementations strictes.

Conclusions

La REUT est une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau douce dans les zones arides et semi-arides.

Introduction

La réutilisation des eaux usées traitées (REUT) est une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau douce dans les zones arides et semi-arides. Elle consiste à collecter, à traiter et à réutiliser les eaux usées domestiques et industrielles pour diverses applications, notamment l'irrigation agricole, l'arrosage des espaces verts et l'alimentation des animaux.

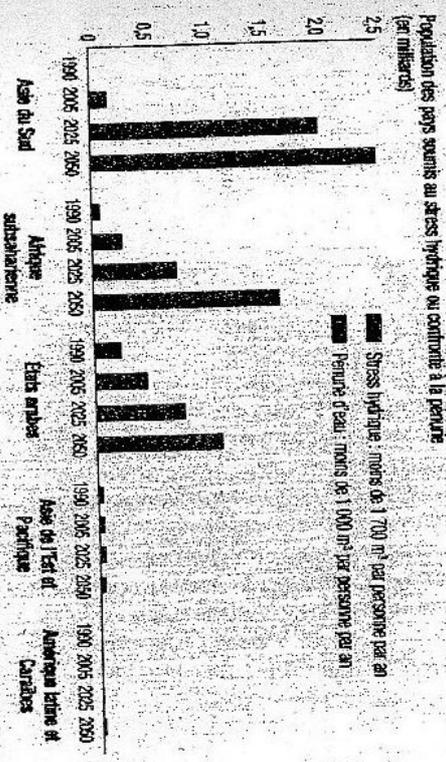
La REUT présente de nombreux avantages, notamment une réduction de la consommation d'eau, une réduction des coûts de traitement des eaux usées et une réduction de la pollution de l'environnement. Elle est également une solution viable pour résoudre le problème de l'accès à l'eau douce dans les zones arides et semi-arides. Malgré ses avantages, la REUT présente également certains défis, notamment des coûts élevés de traitement des eaux usées et des préoccupations liées à la santé humaine et à l'environnement. Cependant, ces défis peuvent être surmontés grâce à des technologies de traitement avancées et à des réglementations strictes.

1. Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau (2003). * L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie * Éditions UNESCO - WMAP 2003 P.09

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 Australie¹. En Algérie, les volumes d'eaux usées rejetées à travers les réseaux d'assainissement ont été évalués à 350 millions de m³ en 1979, 660 millions de m³ en 1985² et 730 millions de m³ en 2009. Les prévisions de rejet d'eaux usées des zones urbaines sont évaluées à peu près de 1300 millions de m³ en 2020. La capacité installée d'épuration des eaux usées est de 365 millions de m³/an correspondant à 65 stations d'épuration en exploitation³.

Pour préserver l'eau douce, et minimiser le rejet des déchets dans l'environnement, nous devons choisir aujourd'hui la meilleure technique. Au vu de l'accroissement de la consommation et de la pollution, l'eau risque de devenir, comme c'est déjà le cas dans certains pays arides, un facteur limitatif essentiel du développement économique et social dans les prochaines décennies.⁴

Le graphique de la figure 1.1 montre des projections qui prévoient un stress hydrique et une pénurie, surtout dans l'Afrique subsaharienne et dans les États arabes.



Source: Les projections calculées par le FAO du stress hydrique et de la pénurie dans plusieurs régions du monde en 2006. Tirée de PNUD, 2006, p. 136⁵

1. LAZAROVA Valentinia, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (Révisé 2007), * Intégré, bénéfiques et contrôlés de la Réutilisation des eaux usées en France *, Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P43

2. REINARDI (Juin 2010), * La Problématique de L'eau en Algérie du Nord *, Département des Sciences de l'eau et de l'environnement, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Blida, Juin 2010, p 41

3. Problématique du secteur de l'eau et l'impact lié au climat en Algérie, 07 Mars 2009

4. Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, (mars 1998), * Eau et développement durable *, Tenon- en Naandi Daqi, L'ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ DE RÉUTILISER EN AGRICULTURE L'EFFLUENT TRAITÉ DE LA COMMUNE DE DIRAKOYA, UNIVERSITÉ DE Sherbrooke, Québec, avril 2010, p 7

Donc, et afin de résoudre ce problème, certains pays, dont l'Algérie, le Maroc, et la Tunisie, devront trouver des alternatives aux eaux propres, surtout dans le secteur agricole où la consommation est très forte. Dès lors, la réutilisation des eaux usées après leur traitement apparaît comme une solution qui peut réduire la pression par les autres besoins ou usages, qu'ils soient : domestique, industriel ou énergétique.

Nous allons présenter dans cette étude, un exemple significatif en ce qui concerne la valorisation des eaux usées traitées dans l'agriculture, au Maroc, plusieurs expériences en étant réalisées, nous avons choisie une, avec des statistiques qui reflètent les gains réalisés dans l'agriculture en utilisant cette nouvelle technique.

1. La Réutilisation des Eaux Usées Traitées

Selon une étude de (Global Water Intelligence, 2005), seulement 5% des eaux usées traitées de la planète sont réutilisées à l'heure actuelle, ce qui représente un volume global d'environ 0,18% de la demande mondiale en eau, mais ce marché enregistre, aux Etats-Unis comme en Europe, une croissance d'environ 25% par an. La réutilisation des eaux usées est donc une activité en plein développement¹.

1.1 Les Eaux Usées

Les eaux usées (ou eaux polluées) sont des eaux qui ont été altérées par l'activité humaine. Elles sont constituées d'un mélange d'eau de lavage, d'eaux vannes, rejets d'activités artisanales et parfois il s'y ajoute les eaux pluviales et les rejets autorisés d'unités industrielles.

1.1.1 Les eaux usées domestiques

Elles sont constituées des eaux grises et des eaux vannes. Les eaux grises sont les eaux des baignoires, douches, lavabos, éviers, machines à laver. Les eaux vannes ou eaux ménagères font références aux sous-produits de la digestion. Les volumes d'eau prélevés par habitant sont très élevés. Les machines à laver ou les laves vaisselles, le lavage des voitures ou encore les chasses d'eau consomment de grandes quantités d'eau. Ces usages de confort ajoutés aux bains et douches représentent des volumes considérables d'eau pour un pays comme par exemple, en France, ces eaux domestiques proviennent de différents usages à savoir :

Bains et Douches : 39%, Chasses d'eau : 20%, Linge : 12%, Vaisselle : 10%, Lavage Voiture : 6%, Cuisine : 6%

Les eaux usées domestiques sont souvent traitées dans les stations d'épuration ou STEP dont le but est de séparer les polluants (Huiles, Graisses, Lessives, Détergents...) présents dans l'eau qui pourraient polluer l'environnement.

1.1.2 Les eaux usées industrielles²

Elles sont très différentes des eaux usées domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus de matières organiques, azotées ou phosphorées, elles peuvent

également contenir des produits toxiques, des solvants, des métaux lourds, des micropolluants organiques, des hydrocarbures.

En France, les industriels doivent rejeter des eaux conformes à la réglementation en vigueur imposée par les DRIRE (Direction régionale de l'industrie et de la recherche).

Traiter correctement les eaux industrielles est donc un défi propre à chaque industrie. Il est évidemment important de limiter ou d'empêcher toutes les contaminations possibles des eaux industrielles sur l'environnement en général. Pour cela, il est impératif de connaître les types de pollutions et les méthodes de dépollution propre à chaque site industriel pour traiter efficacement ses effluents.

En effet, il existe autant de pollution industrielle qu'il existe d'industrie. On distingue notamment les pollutions :

- Aux métaux
- Aux acides, bases et divers produits chimiques
- Aux hydrocarbures
- Aux matières organiques et graisses
- Aux matières radioactives

1.2 Historique de La réutilisation des eaux usées

L'épuration et la réutilisation des eaux usées ont été pratiquées en Australie depuis 1880, dans les années 1950 et 1960, la réutilisation des eaux usées traitées pour l'arrosage des golfes et espaces verts s'est développée et en 1993 elle a été encouragée par le gouvernement de l'Etat qui l'a réglementée dans la loi pour la Protection de l'Environnement de 1995¹.

Aux États-Unis, 34 états disposent de réglementations ou de recommandations relatives à l'usage agricole des eaux usées. Les grandes réalisations sont en Californie où les eaux usées sont utilisées pour irriguer le coton, le maïs et la betterave à sucre et en Floride, où en plus des parcs et des golfes, 3000 ha de cultures et de pépinières sont irriguées par les eaux usées traitées.

La Tunisie est le premier pays de l'Ouest méditerranéen à avoir adopté des réglementations en 1989 pour la réutilisation des eaux usées. On compte environ 6400 hectares irrigués par les eaux usées traitées, les cultures irriguées sont les arbres fruitiers (citrons, olives, pommes, poires etc.), les vignobles, les fourrages (luzerne, sorgho), le coton, etc.²

Différentes réglementations ont été mises au point concernant la réutilisation des eaux usées dans le monde, on peut citer quelques loi :

- Les recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) : Depuis 1982, l'OMS effectuait des recherches afin de fournir une base scientifique pour établir ses recommandations. Pour établir les nouvelles normes, deux approches ont été utilisées : d'une part, des études épidémiologiques empiriques complètes par des études microbiologiques concernant la transmission des germes pathogènes et, d'autre part, une évaluation quantitative du risque basée sur un modèle applicable aux germes pathogènes choisis. Cette approche combinée a permis d'obtenir un outil puissant pour établir des recomman-

¹ LAZAROVA Valentina, Suz-Environnement, BRISSAUD François, (Février 2007), « *Infirli, Infirlicis et contractés de la*

Réutilisation des eaux usées en France », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuissances, P43

² Office nationale de l'eau et de l'assainissement, (AOUT 2013), « *Les Eaux Usées Industrielle* », Août 2013

¹ MONCHALIN Gérard, AVIRON-VIOLET Jacques, (Juillet 2005), « *Réutilisation des Eaux Usées après Traitement* », juillet 2000, P.07

² BENZARBA Mohammed, (MAARS 2008), « *Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation* », Université du Québec à Montréal, MAARS 2008

dations, avec un rapport coût/efficacité avantageux et une garantie de protection de la santé publique. Cette révision a permis d'affiner les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme "oeufs d'helminthes" qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 oeuf/l. Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un "vide juridique" pour les autres usages.

Cadre juridique de la Tunisie : L'expérience tunisienne dans le domaine de la réutilisation des Eaux Usées Traitées (E.U.T) a commencé en 1958 par l'irrigation des oranges dans la région de Soukra (Tunis) pendant la sécheresse. Depuis, le secteur s'est bien organisé par la promulgation d'un certain nombre de textes le réglementant :

- Décret n°1047 du 28/7/1989 fixant les conditions d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles ;
- Arrêté du 18/5/1990, portant homologation de la norme tunisienne relative aux spécifications d'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles ;
- Arrêté du 21/6/1994, fixant la liste des cultures qui peuvent être irriguées par les E.U.T.
- Arrêté du 28/9/1995, approuvant le cahier des charges fixant les modalités et les conditions particulières de l'utilisation des eaux usées traitées à des fins agricoles.

cadre juridique Algérien : Le décret exécutif n° 07-149 de 20 mai 2007 publié dans le Journal Officiel de la République Algérienne n° 35, 23 mai 2007, fixe les modalités d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation sous forme de concession ainsi que le cahier des charges-type y afférent (JO, 2007). Le cadre d'usage des eaux usées épurées est bien précis à travers ses décrets

- La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005).
- Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges y afférent (JO n°35 année 2007).
- Arrêté interministériel portant spécifications des eaux usées épurées.
- Arrêté interministériel portant liste des cultures à pratiquer avec les eaux usées épurées.
- Arrêté interministériel portant laboratoires des analyses des eaux usées épurées.

Une autre réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministériel du 8 Safer 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées. Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée.

1.3 Les usages de la réutilisation des eaux usées traitées

La demande en eau est croissante et particulièrement forte dans les pays du nord (un américain consomme en moyenne deux cents fois plus d'eau qu'un Africain). Il faut donc sans cesse trouver les moyens techniques pour recueillir et utiliser l'eau comme il convient. L'eau apparaît comme un enjeu majeur pour l'avenir, une richesse qu'il faut partager, gérer et préserver.

Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques.

La réutilisation de l'eau est un marché à fort potentiel, actuellement, les coûts opérationnels moyens pour traiter les eaux usées s'élevaient à peu près de 0,35€ / m³, et les capacités mondiales installées pour traiter ces eaux sont¹ :

2005 : 19,4 millions m ³ /jour (7,1 km ³ /an)
2010 : 32,7 millions m ³ /jour
2015 : 4,5 millions m ³ /jour

1.3.1 La réutilisation des eaux usées et l'agriculture

L'agriculture consomme la part la plus importante de l'eau, à travers les statistiques, l'eau douce est partagée entre les principales activités comme suit² : Agriculture: 70%, Industrie: 20%, Eau potable: 10%

Afin de préserver l'eau douce, et de faire face aux besoins alimentaires de la population future, Il est donc normal de se tourner vers d'autres ressources en eau. Selon la FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), la superficie irriguée devrait s'accroître de 33% d'ici 2010 et de 53% d'ici 2025⁴. Cet accroissement de l'irrigation s'accompagne d'une forte consommation d'eau qui risque de se faire au dépend de l'eau potable.

C'est pourquoi, La majorité des projets de réutilisation des eaux usées concerne l'agriculture, comme par exemple :

En France, l'expérience actuelle se limite à des projets de faible taille (irrigation jusqu'à 320 ha), situés surtout dans les zones côtières de l'Atlantique (par exemple Pornic pour l'irrigation de golfs) et de la Méditerranée (par exemple Montpellier pour l'irrigation de cultures). L'application qui connaît l'expansion la plus importante reste l'irrigation des golfs.

Selon une enquête de la Sofres de 2006⁵, 62 % des français considèrent la réutilisation des eaux usées comme une priorité et sont favorables à tous les usages non-potables. Par exemple, les habitants des Alpes-Maritimes estiment nécessaire de prévoir la réutilisation des eaux usées pour l'arrosage des espaces verts (98 % favorables), le nettoyage urbain (96 % favorables), l'arrosage des golfs (83 % favorables).

¹ ECOSSE David, (2001), « La Réutilisation des Eaux Usées », Méth. D.E.S.S., Fac. Sciences, 2001

² Suez Environnement, (Novembre 2012), Dossier De Presse, AUSTRIALIE, Novembre 2012, P.33

³ BENZARBA Mohammed, (MARS 2008) « Approche Méthodologique pour Les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec à Montréal, MARS 2008, P. 14

⁴ BENZARBA Mohammed, (MARS 2008) « Approche Méthodologique pour Les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec à Montréal, MARS 2008, P. 16

⁵ LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRUNSAUD François, (Février 2007) « Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France », Université Montpellier 2, N° 299 - L'eau, L'industrie, Les Nuisances, P.46

L'expérience de Mexico City apparaît comme le plus important projet de réutilisation des eaux usées au niveau mondial. Presque 100 % des eaux usées brutes de la capitale mexicaine sont réutilisées pour l'irrigation de plus de 85 000 ha de diverses cultures agricoles.

Aux Etats-Unis, la réutilisation agricole est une pratique très répandue. 34 états disposent de réglementations ou de recommandations, souvent très sévères. Ces mesures législatives, et plus de trente ans d'expérience, font des Etats-Unis un pays phare au plan mondial dans le domaine de la réutilisation des eaux usées. En Floride et en Californie, respectivement 34 % (340 000 m³/j) et 63 % (570 000 m³/j) du volume total d'eaux usées réutilisées sont pour l'agriculture. L'usine de réutilisation de West Basin (Californie) (capacité finale 270 000 m³/j), gérée par United Water Services, filiale de Suez Lyonnaise des Eaux, a développé le plus vaste programme de réutilisation basé sur des technologies de pointe et des usages diversifiés.

En Italie¹, la réutilisation des eaux usées est devenue un enjeu politique important. En 2005, la ville de Milan a démarré la plus grande usine de réutilisation des eaux usées en Europe avec une capacité moyenne de traitement 345.000 m³/j. Cette usine permet de recycler les eaux usées traitées et désinfectées pour l'irrigation de plus de 22.000 hectares de cultures maraichères à haute valeur ajoutée.

En Jordanie² aussi, le ministère jordanien de l'Eau et de l'Irrigation vient d'accorder à Suez Environnement, un contrat de partenariat de 25 ans afin d'agrandir l'usine de Traitement des eaux usées d'As Samra. Le projet permettra d'accroître les capacités de l'usine actuelle, qui passera ainsi de 267 000 à 365 000 mètres cubes par jour afin de répondre aux besoins d'une population estimée de 3,5 millions d'habitants, soit près de 35 % de la population du pays. Une fois l'extension réalisée, elle constituera la plus vaste usine de traitement des eaux usées en service de toute la Jordanie. Elle produira une eau traitée qui représentera près de 10 % des ressources en eau, cette eau ainsi obtenue sera entièrement réutilisée en irrigation et permettra de réduire l'utilisation de l'eau potable dans le secteur agricole.

Enfin en Algérie, la réutilisation et l'exploitation des eaux usées destinées à l'agriculture sont actuellement de l'ordre de 650 millions m³. En 2011, ce chiffre s'élèvera à 750 millions m³ pour devenir 1 milliard m³ à l'horizon de l'année 2015 en signalant que les capacités de notre pays au début des années 1990 ne dépassaient pas 98 millions m³ seulement. Les eaux utilisées doivent être destinées vers l'agriculture qui enregistre en Algérie un déficit remarquable, car 65% de ces eaux sont destinées à l'irrigation agricole alors que nos voisins en Tunisie ont pu atteindre 80%³.

La réutilisation des eaux usées destinées à l'agriculture est devenue un enjeu politique important et contribue elle aussi comme les autres secteurs au développement durable qui a été défini comme un « développement qui dure », ou qui « assure durablement une prospérité maximale à partir des ressources disponibles ».

1.3.2 La réutilisation des eaux usées et l'industrie

L'eau constitue souvent un élément essentiel à la production industrielle. Dans un contexte de raréfaction de la ressource, de nombreuses entreprises cherchent donc à développer le

recyclage de leurs eaux usées. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau. Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont les centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle.

Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68 % pour le refroidissement. Nous allons prendre l'exemple de la centrale nucléaire de Palo Verde⁴:

La station de Palo Verde est la plus grosse centrale nucléaire des Etats-Unis (4 millions de kW). Elle se trouve à Phoenix, en Arizona. Elle est aujourd'hui l'unique exemple dans le monde d'une centrale nucléaire qui utilise des eaux épurées pour ses tours de refroidissement.

Une centrale électrique a besoin d'eau pour produire de la vapeur (pour faire tourner les turbines) et pour refroidir ses équipements. La centrale consomme environ 6 400 m³ d'eau par minute. Or Palo Verde se situe dans un endroit sans réserves d'eau naturelles (pas de rivières, de lacs ni de mer). La décision a donc été prise de recourir aux eaux usées provenant de la ville de Phoenix. Les eaux usées urbaines sont traitées par une station d'épuration qui a une capacité de 500 000 m³ par jour environ. L'opération a débuté en 1974.

1.4 Les avantages et les inconvénients de la réutilisation des eaux usées

Selon une approche méthodologique pour les projets de réutilisation des eaux usées en irrigation (2008), le m³ d'eau utilisé en industrie ou dans le secteur des services est 200 fois plus rentable que s'il est utilisé en agriculture⁵. Il ressort alors que, pour tirer profit de cette ressource, il vaut mieux l'utiliser dans les secteurs où elle sera la plus rentable.

Il s'agit alors de réutiliser les eaux usées domestiques pour l'irrigation, surtout que ces eaux proviennent des centres urbains qui grandissent sans cesse, consommant de plus en plus d'eau potable et rejettent de plus en plus d'eaux usées, bien sûr tout cela pour préserver l'eau douce.

L'exemple suivant montre bien que la réutilisation des eaux usées principalement dans l'agriculture, peut être bénéfique économiquement, socialement et sur le plan environnemental.

Les eaux usées d'une ville de 500 000 habitants qui consomment 200L/DJ par personne, permettent d'irriguer 6000 ha à raison de 5000 m³/ha par an. Cette eau enrichit le sol par des apports annuels de 250 kg/ha d'azote, de 50 kg/ha de phosphate et 150 kg/ha de potasse⁶.

Cet exemple montre comment la réutilisation des eaux usées d'un centre urbain a permis la mise en valeur agricole d'une superficie importante, qui autrement aurait concurrencé ce même centre pour l'eau potable ou serait restée sans mise en valeur. Elle a permis à l'agriculture de disposer en plus de l'eau, des fertilisants et de la matière organique contenus dans les eaux usées⁷. Les éléments chimiques contenus dans les eaux usées, particulièrement l'azote, le phosphore et le potassium (NPK) améliorent les rendements des cultures sans pour autant augmenter les coûts de

¹ ECOSSE David(2001), « La Réutilisation des Eaux Usées », Méth. D.U.S.S., Fac. Sciences, 2001

² BAIMONT Sami, CAMARD Jean-Philippe, LEFRANC Agnès, FRANCONI Antoine(Novembre 1998) « Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France », Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, Novembre 1998, P. 82

³ BENZAKRIA Mohammed, MARS 2008 « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec à Montréal, MARS 2008, P. 15

⁴ BENZAKRIA Mohammed, MARS 2008 « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec à Montréal, MARS 2008, P. 11

⁵ WINPENNY, James, HEINZ, Inga, KOO-OOSHIMA, Sashia, (Septembre 2010) « The Worth of Waste, The wastewater use in agriculture », Food And Agriculture Organization of The United Nations, Roma September 2010, P.11

⁶ Mchamed (mai 2010), « l'eau dans l'agriculture saharienne », Liberte Algérie, mai 2010

production. En effet, l'agriculteur achète habituellement les engrais chimiques qui sont souvent coûteux.

Nous pouvons ajouter d'autres avantages évoqués par des spécialistes (1) :

- Une eau utilisée deux ou trois fois avant d'être rejetée dans le milieu naturel.
- Un recyclage deux fois moins cher que le dessalement de l'eau de mer.
- Une économie de la ressource en amont et une réduction des déchets en aval.
- Une économie d'énergie liée aux activités de pompage et de transport de l'eau.
- Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

Les principaux inconvénients liés à la réutilisation des eaux usées traitées en agriculture sont les suivants :

- le risque sanitaire lié à la présence de germes dans les eaux usées traitées aussi bien pour le travailleur que pour le consommateur
- en raison de la salinité élevée de l'eau usée, il peut en résulter certains effets négatifs sur le sol et sur les plantes ce qui peut entraîner une chute de la production végétale et même une stérilité des sols par accumulation de sel
- Le contrôle des eaux réutilisées doit être rigoureux et permanent. Il exige donc des moyens importants, techniques et humains, ce qui est souvent difficile à obtenir dans les pays arides et semi-arides. Le contrôle indispensable est rendu encore plus délicat à assurer correctement en raison de la multiplicité des intervenants au niveau de la collecte, du traitement et surtout au niveau des utilisateurs

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, 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 la solution la plus concrète.

2. Les Eaux Usées Traitées Et L'agriculture

On va mettre en exergue, les eaux usées traitées et leurs relations avec l'agriculture, au Maroc avec plus de détail en citant une étude qui démontre l'efficacité de cette technique dans l'irrigation. Nous avons choisi ce pays, parce qu'il représente une expérience sur le plan réel qui reflète concrètement des résultats significatifs et qui peut être pris comme exemple.

Le Maroc est un pays où la disponibilité des ressources en eau est un facteur déterminant dans le développement du secteur agricole qui est la base de l'économie marocaine.

Les précipitations, les barrages hydro-électriques, les cours d'eau et les eaux souterraines alimentées quotidiennement les terres agricoles. Or, ces ressources en eau ont connu dans les dernières décennies une baisse de leur volume, à cause des conditions naturelles de plus en plus difficiles.

Afin de mieux contourner cette problématique et faire face à ce stress et déficit hydrique, le Secrétaire d'État marocain, chargé de l'eau et de l'environnement, avec certains organismes internationaux tels que United States Agency for International Development (USAID), ont élaboré des programmes et stratégies dans le secteur de l'eau. Un de ces projets est la station d'épuration de la commune de Drarga qui a comme objectif le traitement des eaux usées et la réutilisation de l'effluent traité pour l'irrigation agricole.

L'élimination de la pollution, selon les normes marocaines de traitement, et l'irrigation par l'usage des eaux usées traitées selon les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) permettront une très grande protection de toutes les composantes de l'environnement. Le choix d'une méthode d'épuration moins coûteuse, efficace et l'assurance du financement assurera une durabilité économique aux opérations de la station. La décision des agriculteurs face à l'acceptation ou au refus de l'usage des eaux usées traitées peut provoquer, d'une part, un échec total, parce que tous les avantages ne peuvent pas être générés, et d'autre part, leur acceptation assurera une protection de l'environnement par la préservation des ressources en eau, un développement économique, car la disponibilité de l'eau d'irrigation améliorera les rendements agricoles, par la suite, l'économie d'une commune composée généralement d'agriculteurs et, finalement, un développement social, en raison de la création d'emplois et l'amélioration du niveau de vie dans la commune.

Concernant le critère de l'économie tous les coûts de gestion de la station d'épuration sont calculés, mais ils ne sont pas bien détaillés, surtout la rubrique « Divers » et celle des « Salaires ». Dans la première, on ne sait pas quelle est la nature des dépenses qui sont liées à « Divers » et, dans la deuxième, on ne connaît pas le nombre d'emplois disponibles dans la station.

Tableau I. Coûts de gestion de la station d'épuration en \$/an².

Rubrique	Coût (\$/an)	Coût (%)
Filtration	7894	23,1
Salaires	9209	26,9
Analyses de laboratoire	40 525	10,8
Divers	6578	19,2
Total des coûts de gestion	34 206	100

¹ El Mehdi Dadi, L'ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ DE RÉUTILISER EN AGRICULTURE L'EFFLUENT TRAITÉ DE LA COMMUNE DE DRARGA, UNIVERSITÉ DE Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2010, p. 21

² El Mehdi Dadi, L'ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ DE RÉUTILISER EN AGRICULTURE L'EFFLUENT TRAITÉ DE LA COMMUNE DE DRARGA, UNIVERSITÉ DE Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2010, p. 40

Deuxièmement, la station devra faire face au problème de financement. Depuis le début du fonctionnement de la station, le paiement de la facture d'alimentation en eau potable par la population reste la seule source de revenus de la station. Au Maroc, le manque de financement a causé l'arrêt de plusieurs stations d'épuration. Souvent, le choix des méthodes de traitement des eaux usées implique des coûts largement supérieurs à la capacité économique des organismes responsables. En effet, le financement de la station d'épuration représente une importance majeure pour le maintien des opérations de traitement ainsi que le conditionnement des eaux usées avant leur réutilisation, si bien que, dans le cas de la commune de Drarga, le versement d'un montant symbolique par les agriculteurs lors de l'utilisation d'une eau conditionnée ayant une valeur agronomique pourrait assurer le financement et la couverture des frais de fonctionnement de la station d'épuration.

En fait, cette mesure de vente des eaux épurées a été prise en considération par les responsables de la station. Néanmoins, les agriculteurs refusent de les utiliser, considérant que cette eau soit gratuite parce qu'ils ne sont pas prêts à payer pour une eau qui sera, de toute manière, rejetée dans la nature après son traitement. En plus de la vente des eaux, d'autres mécanismes de recouvrement des coûts ont été déterminés, mais sans qu'ils ne soient toutefois appliqués. Il s'agit de la vente des bouses résiduelles aux agriculteurs, la vente des roseaux après leur récolte aux agriculteurs et la valorisation du biogaz des bassins non aérés pour produire l'électricité nécessaire à la station afin de réduire les coûts d'opération.

Cependant, depuis la mise en marche de la station d'épuration, aucun de ces mécanismes n'a fonctionné :

- d'une part à cause du manque de moyens techniques essentiels : c'est le cas des bouses. L'absence d'une plate-forme de compostage pour la stabilisation des bouses ne permet pas de les valoriser et de leur donner une valeur agronomique importante qui facilitera, par la suite, leur vente auprès des agriculteurs;
- d'autre part, en raison de l'absence de l'exécution des tâches de la part des employés. C'est le cas des roseaux qui n'ont jamais été coupés pour être vendus depuis la mise en marche de la station.
- Aussi, le biogaz n'a jamais été valorisé alors qu'un groupe électrogène a été mis en place pour produire de l'électricité à partir d'un mélange de biogaz et de diesel.

Quant à l'impact sur l'économie locale, l'évaluation a montré un impact positif au cas où l'irrigation par les eaux usées traitées serait appliquée. L'irrigation permettrait d'augmenter le rendement agricole parce l'eau essentielle pour satisfaire les besoins des cultures serait disponible. À cela s'ajoutent les économies importantes que les agriculteurs réaliseraient, du fait que la valeur agronomique des eaux usées qui remplaceraient l'achat d'engrais minéraux. Tout cela permettrait d'améliorer la production agricole et la rentabilité des agriculteurs, qui constituent la majeure partie de la population, et la sécurité alimentaire dans la commune de Drarga.

Ainsi, l'analyse a démontré que le développement du secteur agricole encouragerait certaines filières industrielles et d'autres activités de commerce à s'installer dans la commune, comme l'industrie agroalimentaire et le commerce de produits et d'équipements agricoles essentiels à l'irrigation.

Tableau 2. L'épargne économique due à la réutilisation des eaux traitées en \$/ha¹

Culture	Blé	Tomates	Mais	Luzerne	Courgette
Engrais économisés en \$/ha	196,30	466,02	473,49	202,48	203,27

Selon le Tableau précédent, un agriculteur qui utilisera les eaux épurées dans l'irrigation des cultures de blé et de tomates à la place d'engrais réalisera un gain qui atteint 662,32 \$/ha. De même, cette réutilisation permettra aussi de réaliser des économies en eau très importantes.

En fait, pour les cultures de tomates, elles ont besoin de 500 litres d'eau par 100 m² de sol par jour pendant les 40 premiers jours suivant la transplantation et un autre 500 l/100 m²/jour pendant les 40 jours de floraison et de maturation. Or, pour un hectare de tomates, on aura besoin de 2000 m³ par 40 jours (sachant que l'équivalent de 1 ha est 10 000 m², ce qui est l'équivalent de 4000 m³/ha pour couvrir toute la période de croissance de la tomate. Selon le prix de vente des eaux usées traitées, qui est de 0,063 \$/m³, l'agriculteur paierait 252 \$/ha au lieu de 508 \$/ha s'il utilisait de l'eau propre qui coûte 0,127 \$/m³.

En ce qui concerne le blé, cette culture a besoin de 600 mm jusqu'à 1500 mm de précipitations bien réparties par an. Si 1 mm de pluie est l'équivalent d'un litre d'eau par m² de sol, donc, pour irriguer un hectare, on aura besoin d'au moins 6000 m³ d'eau. Étant donné que les précipitations sont faibles dans la région de Drarga, les agriculteurs achètent souvent des eaux fraîches pour irriguer leurs cultures, c'est pourquoi, en achetant des eaux usées traitées, l'agriculteur paierait 378 \$/ha au lieu de 762 \$/ha².

En calculant la différence de prix pour les deux cultures, on note que l'agriculteur pourrait économiser 256 \$/ha pour les tomates (508 \$ - 252 \$ = 256 \$/ha) et pour la culture du blé 384 \$/ha (762 \$ - 378 \$ = 384 \$/ha).

¹ El Madati Dadi, L'ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ DE RÉUTILISER EN AGRICULTURE L'EFFLUENT TRAITÉ DE LA COMMUNE DE DRARGA, UNIVERSITÉ DE Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2010, p.42

² El Madati Dadi, L'ÉVALUATION DE LA POSSIBILITÉ DE RÉUTILISER EN AGRICULTURE L'EFFLUENT TRAITÉ DE LA COMMUNE DE DRARGA, UNIVERSITÉ DE Sherbrooke, Québec, Canada, avril 2010, p.43

Conclusion

A travers ce papier, nous avons essayé d'illustrer l'efficacité de cette nouvelle technique dans l'agriculture, et à travers l'exemple Marocain, l'évaluation a pris en compte l'impact de la station de traitement et celui de l'irrigation sur les différentes composantes de l'environnement.

Ce présent travail a fait ressortir que l'acceptabilité du public est un enjeu très déterminant pour atteindre les objectifs qui sont souvent fixés avant la réalisation de n'importe quel projet.

L'évaluation a conclu que les agriculteurs doivent être bien sensibilisés sur les différents avantages de la réutilisation des eaux usées traitées parce qu'ils ne sont pas très enclins à acheter une eau qui provient d'une station d'épuration. Ils sont aussi loin de comprendre les différents impacts économiques associés à cette réutilisation. Afin d'améliorer cette situation et d'en assurer l'acceptation, certaines recommandations ont été élaborées, principalement :

- la présentation de la situation critique du bilan hydraulique de la région, ce qui va leur permettre de mieux comprendre la raison de remplacer l'utilisation d'une eau propre par une eau traitée;
- l'explication des impacts négatifs de l'utilisation excessive d'engrais minéraux sur la qualité de certaines ressources en eau;
- la présentation des avantages économiques de la réutilisation d'eaux épurées, notamment, l'impact sur leurs rentrées économiques;
- le rôle important de l'achat du paiement d'eaux usées traitées pour le maintien du fonctionnement de la station d'épuration.

A travers cette étude, les chercheurs assurent que cette réutilisation n'aura aucun danger sur l'environnement. Elle va, en revanche, protéger l'environnement, développer l'économie des agriculteurs et améliorer la qualité vie des gens.

Finalement, et à la lumière des différents résultats obtenus de cette exemple, on se pose la question sur la réalisation de ces recherches en Algérie, parce que jusqu'à maintenant, les projets lancés concernent l'irrigation des arboricultures mais l'utilisation de cette technique dans l'irrigation des cultures maraichères est très timide.

Références Bibliographiques :

- BENZARIA Mohammed (2008), « Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation », Université du Québec à Montréal, MARS 2008.
- BERTRAND Yann Arthur (2006), « Le Développement Durable, pourquoi ? », Fondation GoodPlanet, Première édition.
- BAUMONT Samuel, CAMARD Jean-Philippe, LEFRANC Agnès, FRANCONI Antoine (1998), « Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Ile-de-France », Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.
- ECOSSE David, (2001), « La Réutilisation des Eaux Usées », Mémoire, D.E.S.S. Fac. Sciences, El Mehdi DADI, (2010), « L'évaluation de la Possibilité de Réutiliser en Agriculture L'effluent Traité de la Commune de DRARGA, Université de Sherbrooke, Québec, Canada.
- GAVAITHRI DEVI MEKALA, DAVIDSON Brian, BOLAND Anne-Maree, (2007) « Economics of Wastewater Treatment and Recycling: An investigation of conceptual issues », A paper presented at the 51st Annual Conference of Australian Agricultural and Resource Economics Society, New Zealand.
- HARTMAN Pamela, CLELAND Joshua, (2007), « Wastewater Treatment Performance And Cost Data to Support An Affordability Analysis For Water Quality Standards ».
- LAZAROVA Valentina, Suez-Environnement, BRISSAUD François, (2007) « Intérêt, bénéfices et contraintes de la Réutilisation des eaux usées en France », Université Montpellier 2, N° 299
- MACCARD François, (2010), « Pour Tous, Grâce à Tous, au Présent et au Futur, le Développement Durable », ADEME Editions.
- MONCHEMALIN Gérard, AVIRON-Violet Jacques, (2000), « Réutilisation des Eaux Usées après Traitement »,
- REMIMI In, (Jun 2010), « La Problématique de L'eau en Algérie du Nord », Département des Sciences de l'eau et de L'environnement, Faculté des sciences de l'ingénieur, université Blida, Jun 2010
- ROUDI-FAHMI Farzaneh, CREBEL Liz et MARK DE SOUZA Roger, (Novembre 2002) « Le Juste Équilibre : Population et Insuffisance des Ressources en Eau a Moyen-Orient et en Afrique du Nord »
- SOU Yeh Marham, (2009), « Recyclage des Eaux Usées en Irrigation : Potentiel Fertilisant, Thèse n° 4578, (2009), École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Risques Sanitaires et Impacts sur la Qualité des Sols », S. Mohamed, (2010), « L'eau dans l'agriculture saharienne », Liberte Algérie
- Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, (1998), « Eau et développement durable », Temoignages de la société civile, Editions du GREP.
- Rapport mondial sur la mise en valeur des ressources en eau (2003), « L'eau pour les hommes, l'eau pour la vie » Editions UNESCO- WWAP.
- Rapport D'investissement par Pays ALGÉRIE, (2008), « L'eau Pour L'agriculture et L'énergie en Afrique: Les Défis du Changement Climatique ».
- Centre scientifique et technique BRGM, (2010), « La réutilisation des eaux usées : un enjeu majeur du développement durable », Fiche de Synthèse Scientifique, N° 24.
- Fiche De Synthèse Scientifique, (2010), « La Réutilisation des Eaux Usées : un Enjeu Majeur du Développement Durable », N° 24 -
- Bilan Des Connaissances, (2012), « Impacts du Changement Climatique dans le Domaine de L'eau sur les Bassins Rhône-Méditerranée et Corse ».
- CAPE COD Commission, (2013), « Regional Wastewater Management Plan Understanding the Cost Factors of Wastewater Treatment and Disposal »,