



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI – TIZI-OUZOU
Faculté des Sciences Biologiques & des Sciences Agronomiques
Département des Sciences Agronomiques

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Agronomique
SPECIALITE : EAU ET ENVIRONNEMENT

Thème

**Enquête sur l'évolution du secteur de
l'assainissement et de la réutilisation des
eaux usées épurées en agriculture en
Algérie**

Présenté par :

M^{me} Ait Allala Nouara Ep Belmihoub

&

M^{elle} Saidani Melissa

Soutenu devant le jury d'examen composer de :

Mr SMAIL .A	MCB	U.M.M.T.O	President
Mr METAHRI M ^{ed} .S	MCA	U.M.M.T.O	Promoteur
M ^{elle} BELMIHOUB.N	Doctorante	U.M.M.T.O	Co- Promoteur
M ^{me} BERROUANE. N	Maitre Assistante	U.M.M.T.O	Examineur

PROMOTION: 2019/2020

Remerciements

Ces années d'études nous ont permis, d'acquérir un capital de connaissances, d'apprentissage et de réflexion.

Nous remercions les membres du jury :

- Le president de jury Mr SMAIL A. MCB à l'U.M.M.T.O ;
- L'Examineur M^{me} BERROUANE N. Maitre Assistante à U.M.M.T.O.

Pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner notre mémoire de fin d'études.

Nous remercions tous ceux qui ont assuré notre formation, nombreux sont ceux qui nous ont permis par leur aide de bien mener ce travail, qui a été réalisé sous l'encadrement de M^r Metahri Med .Said Maitre de Conférence A promoteur et M^{elle} Belmihoub Naima doctorante co-promotrice au Département Agronomie a la Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques de l'U.M.M.TO ;

Nous voudrions leur témoigner notre profonde gratitude d'avoir accepté de nous encadrer, nous tenons également à les remercier pour leurs sérieux, sympathie et surtout pour leurs conseils prodigieux et pour l'aide précieuse qu'ils ont apportées, Merci du fond de nos cœurs.

Nous exprimons également nos remerciements les plus chaleureux à M^r Ladjel Farid Directeur de Zone, M^e Abbou Sonia S/DEM et M^r Arris S/DFC de l'ONA Zone TO pour leurs soutiens, orientations et conseils précieux.

Nous adressons également nos remerciements à tous ceux et à toutes celles qui nous ont aidés à savoir :

M^e Fci Fatma Zahra Chef de Mission Exploitation a la DEM centrale de la DG de l'ONA

M^e Gherbi Yamina Chef de Département SIG a la DG de l'ONA

M^r Aknouche Mohamad Chef de projet SIG a la DG de l'ONA

M^e Khachba Rafika Chef de Département REUE a la DG de l'ONA

M^{elle} Ferhat Souad Chef de Mission REUE de la DG de l'ONA

M^e Yahy Randa Chef de Mission Exploitation Dep /STEP a la DG de l'ONA

Merci

Dédicace Dédicace

Je Dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, qui m'ont donné la vie, qui m'ont éduqué et qui m'ont beaucoup soutenu tout au long de mes études. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*A mon cher frère **Said** et ma chère sœur **Melia**, je vous souhaite tous le bonheur, et que Dieu vous garde,*

*A mon cher fiancé **Abdenour** qui a été toujours à mes cotes et qui m'a beaucoup encourager*

*A toute la famille **Saidani***

*A toutes mes copines et à mon binôme **Nouara***

A tous mes amis de la faculté et de la cité universitaire.

A tous ceux qui me sont chers et que je n'ai pas Cité(e)s.

Melissa

Dédicace Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*A mes très chers parents qui ont toujours été derrière moi que dieu
les protèges et leur procure bonne santé et longue vie.*

*A mon cher mari qui ma encourager et soutenu a reprendre les études
que dieu le protège*

*A ma raison de vivre mes chers trois enfants **Youcef ,Kahina et Yacine***

*A mon cher frère **Ahcene** sa femme et ses enfants*

*A mes chères sœurs **Fariza, lynda, Houria, , Fadhila & Yamina** leurs
maris et enfants*

*A ma sœur **Tassadit** et ma très chère nièce **Lyna***

*A mes chers regrettés, **Dr Ait allala Malek &YAYA.***

*A ma famille **Ait Allala***

*A ma belle famille **Belmihoub***

*A ma chère belle sœur **Thassadhith** et sa famille*

*A mon binôme **Melissa** et toute sa famille*

A tous mes collègues de l'ONA

Nouara

Liste de Tableau

Tab N°	Titre	Page
01	Temps de survie des pathogènes excrétés à 20-30°C	08
02	Résumé de l'évaluation des risques sanitaires associé à REUT pour l'irrigation	09
03	Classification des métaux en fonction de leur dangerosité et de leur intérêt agronomique	10
04	Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie	17
05	Bilan ressources-demandes en hm ³ horizon 2020, 2025 et 2030	20
06	Directives de qualité recommandée par l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture	22
07	Résumé des recommandations de l'État de Californie pour la REUE	24
08	Comparaison entre les Recommandations OMS et USEPA	25
09	Evolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019	28
10	Spécifications microbiologiques des eaux usées épurées destinée à l'irrigation agricole	29
11	Comparaison des normes physicochimique des eaux destinées à la REUE de l'IANOR, Tunisienne et FAO 2003	31
12	Evolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019	33
13	Evolution du parc de stations d'épuration (MRE, 2019)	36
14	STEP en cours de réalisation	36
15	Récapitulatif du parc de STEP	37
16	Synthèse des projets potentiels de réutilisation des eaux épurées 2015/2030	37
17	Liste des sites pilotes pour la REUE lancée en 2010-2011 en Algérie	38
18	Réutilisation des eaux usées épurées durant le l'année 2019 des STEP en exploitation gérées par l'ONA	39
19	Réutilisation des eaux usées épurées durant le 1 ^{er} semestre 2020 des STEP en exploitation gérées par l'ONA	41
20	Evolution de nombre de STEP concernées par la REUE et le taux de REUE de 2012 a 2029	42
21	Rendements épuratoires des STEP « boues activées », LA et LN consternées par la REUE durant l'année 2019	43

Listes des Figures

FigN°	Titre	Page
01	Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et quelques pays de la Méditerranée	04
02	Cartes géographiques de l'Algérie	15
03	Limite de précipitation en Algérie	16
04	Interface de simulation	19
05	Fenêtre de début de la simulation	19
06	Choix pour la projection de la population	19
07	Paramètre de calcul bilan hydraulique	19
08	Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie.	27
09	Présentation graphique de l'évolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019 (ONA ,2019)	33
10	Répartitions des STEP par organisme	35
11	Linaires réseau par organisme	35

Liste des Abréviations

- ABH** : Agence des bassins hydrologiques
- ADE** : Algérienne des eaux
- AGIRE** : Agence de nationale de gestion intégrée des ressources en eau
- ANBT** : Agences national de barrage et transfert
- ANRH** : Agence national de ressource hydrique
- CSHPF** : Conseil supérieur de l'hygiène publique de France
- DBO5** : Demande biochimique en oxygène
- DC** : Direction du commerce
- DCO** : Demande chimique en oxygène
- DE** : Direction de l'environnement
- DEM** : Direction d'Exploitation et Maintenance
- DG** : Direction Générale
- DH** : Direction de l'hydraulique
- DS** : Direction de la santé
- DSA** : Direction des services agricoles
- EH** : Equivalant habitant
- FAO** : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
- GPI** : Grands périmètres d'irrigation
- IANOR** : Institution Algérien de Normalisation
- L.A** : Lagunage aéré
- L.N** : Lagunage naturelle
- MES** : Matières en suspension
- MRE** : Ministères des Ressources en Eau
- NA** : Norme Algérienne
- OMS** : Organisation Mondial de la Sante
- ONA** : Office national d'assainissement
- ONID** : Office national d'irrigation et drainage
- ONS** : Offices national des statistiques
- PDARE** : Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau
- PMH** : Petites et moyennes hydrauliques
- REUE** : Réutilisation des eaux usées traitées
- SAR** : Sodium Adsorption Ration
- SEACO** : Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine
- SEEAL** : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger

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

SIG : Système d'information géographique

SPA : Sociétés par action

SR : Station de relevage

STEP : Station traitement épuration

USEPA : United States Environmental Protection Agency

Sommaire

SOMMAIRE

Liste des Tableaux

Liste des Figures

Liste des Abréviations

Introduction Générale

Chapitre I Généralités sur la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture

1. Historique de la réutilisation des eaux usées dans le monde	05
2. Définition de la REUE	07
3. L'impacte de la REUE	07
3.1 Impacts positifs	07
3.1.1. Préservation de la ressource en eau	07
3.1.2. Intérêt agronomique	08
3.1.3. Intérêt environnemental	08
3.2. Impacts négatifs	08
4. Paramètres et contraintes limitant la REUE	09
4.1. Qualité des eaux	09
4.1.1. Les MES	09
4.1.2. Excès de nutriments	09
4.1.3. Qualité microbiologique	09
4.1.4. Métaux lourds	12
4.1.5. Composés traces organiques	13
4.1.6. La salinité	13
4.2. Qualité des sols	14
4.2.1. La salinisation	14
4.2.2. La sodisation	14
4.3. Perception des agriculteurs de la REUE	14
4.4. Système d'irrigation	15
4.4.1. Irrigation à la raie	15
4.4.2. L'irrigation par aspersion	15
4.4.3. L'irrigation localisée	15
4.4.4. L'irrigation souterraine	16

Chapitre II Enquête sur l'évolution du secteur de l'assainissement et de la REUE en Algérie

1. Méthodologie de travail	18
2. Présentation de la zone d'étude	18
2.1. Situation géographique	18
2.2. Climat et précipitations	19
2.3. Potentialités hydriques	20

3. Bilan ressources-demandes simulation SISTRAP-EAU	20
4. Evolution Réglementaire de la REUE dans le monde	24
4.1. Réglementations et recommandations de l'OMS	24
4.2. Réglementations et recommandations de l'USEPA	26
4.3. Comparaison entre les recommandations OMS et USEPA	28
4.4. Evolution du cadre réglementaire existant en matière de REUE en Algérie.....	28
4.5. Références normatives et réglementaires NA17683 IANOR.....	29
A. Décret exécutif n° 07-149 :	29
B. Arrêté interministériel N°1:	31
C. Arrêté interministériel N°2 :	33
4.6. Comparaison entre la norme IANOR, FAO et Tunisienne	35
5. Etat des lieux de l'assainissement et de la REUE en Algérie	35
5.1. Situation de la gestion de l'assainissement en Algérie.....	35
5.1.1. L'office national de l'assainissement ONA	35
5.1.2. La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL).....	37
5.1.3. La Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine (SEACO)	37
5.1.4. La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Oron (SEOR)	38
5.2. Situation globale de l'assainissement en Algérie	39
5.2.1. Evolution du parc de station d'épuration.....	39
5.2.2. STEP en cours de réalisation.....	39
5.2.3. STEP en cour de lancement.....	40
5.2.4. STEP en étude	40
6. Situation de la REUE en Algérie :	40
6.1. Programme et projet de la REUE a l'horizon 2030 du MRE	40
6.2. Programme pilote lancé en Algérie (2010/2011) :	41
6.3. Situation de la REUE en Algérie des STEP et lagunes gérée par l'ONA	41
6.3.1. Evolution de parc de l'ONA STEP et lagune concernées par la REUE.....	41
6.3.2. Paramètres d'auto surveillance des STEP consonées par la REUE pour 2019	45

Conclusion Générale

Références Bibliographies

Annexes

Introduction Générale

Introduction Générale

L'accès durable aux ressources en eau est une préoccupation majeure dans tous les pays du monde. Selon l'OMS, On estime que, dans les 50 années à venir, plus de 40 % de la population mondiale vivra dans des pays confrontés à un stress hydrique ou à la rareté de l'eau .La concurrence grandissante entre les usages agricoles et urbains des approvisionnements en eau douce de haute qualité, notamment dans les régions arides ou semi-arides à forte densité de population, accroît la pression sur cette ressource toujours plus rare (OMS, 2012).

En revanche, les ressources actuelles sont affectées par plusieurs facteurs parmi: les changements climatiques, la demande croissante de la population, le manque des ouvrages d'immobilisation des ressources hydrique ainsi que le phénomène de pollution des eaux souterraines et superficielles par différentes activités humaines (Nichane et Khelil, 2014).

D'après l'OMS, l'Algérie est confrontée à la rareté de l'eau due à l'insuffisance et à l'irrégularité des précipitations dans le temps et dans l'espace. Le climat chaud et sec qui sévit sur une grande partie du territoire réduit également les disponibilités de la ressource en eau. La dotation en Algérie est en moyenne inférieur a $500 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{an}$. Cette valeur est très inférieure au seuil de rareté admis au niveau international qui est de $1000 \text{ m}^3/\text{hab}/\text{an}$ (OMS, 1989).

Cependant, les eaux des pluies, des barrages et des forages restent insuffisantes pour satisfaire les besoins de la population actuelle et aller avec le développement croissant des activités industrielles et urbaines. L'Algérie a dû relever le défi pour faire face à cette situation critique. Elle a adopté un plan national de l'eau jusqu'à l'horizon 2025, à travers la mise en place d'une politique de gestion de ces ressources hydriques, afin de faire sortir le pays de cette situation, assurer la durabilité des ressources et garantir une bonne gouvernance de l'eau, dans un contexte de développement durable . Ce qui explique de nos jours, l'ambition de l'Algérie de traiter un milliard de mètres cube d'eaux usées (Bouchaala et Charchar, 2017).

Avec une mobilisation nationale qui se situe dans le niveau de rareté sur l'échelle de sensibilité hydrique, la recherche d'une ressource alternative tel que les eaux usées épurées et incontournable en Algérie afin de répondre à certains besoins en particulier l'irrigation agricole. Par ailleurs, une réutilisation non conforme serait préjudiciable à la santé publique et aux milieux récepteurs. (Bouchaala et Charchar, 2017).

Introduction Générale

L'objectif de la présente étude est d'établir un bilan exhaustif sur l'état hydrique national, sur les mutations du secteur de l'assainissement en matière de réglementation ainsi que sur les potentialités nationales de réutilisation de eaux usées épurées pour des fins agricoles en se basant sur des données collectées sur les deux dernières décennies et cela afin d'augmenter le potentiel hydrique national.

Chapitre. I

Généralités sur

La REUE

L'utilisation sans risque des eaux usées et des eaux ménagères en agriculture est de plus en plus considérée comme une méthode associant recyclage de l'eau et des nutriments, renforcement de la sécurité alimentaire des ménages et amélioration de l'alimentation des ménages pauvres. L'intérêt pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture est motivé par la rareté de l'eau, le manque de disponibilité des nutriments et les préoccupations concernant les effets sur la santé et l'environnement de cette utilisation (OMS, 2012).

1. Historique de la réutilisation des eaux usées dans le monde

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 en 1993.

L'Australie est un continent sec. L'intensité des précipitations est très variable dans l'espace puisqu'un quart du continent concentre 80% des précipitations. Le plus ancien périmètre irrigué au monde se trouve à Melbourne (créé en 1897) et il comporte 4000 ha. Essentiellement, les eaux usées brutes servent à irriguer les pâturages.

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 utilisés 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.

Au Mexique, les eaux usées brutes de Mexico sont réutilisées pour l'irrigation agricole dans le cadre d'un plus grand projet d'irrigation (irrigation de 90 000 hectares de maïs, d'orge et de tomates). Pour l'ensemble des villes mexicaines la superficie irriguée par les eaux usées brutes est de l'ordre de 250 000 ha.

La Chine et l'Inde, deux pays très peuplés et qui risquent d'être en stress hydrique dans la prochaine décennie, pratiquent à grande échelle la réutilisation des eaux usées en irrigation agricole. Pour l'ensemble des villes chinoises, on compte 1 330 000 ha irrigués par les eaux usées. Pour l'Inde, le total s'élève à 73000 ha .

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé sur le pourtour sud de la Méditerranée. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie d'eau est particulièrement ressentie.

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... (Moussaoui, 2015).

La réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide pendant les dernières années avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe (surtout les pays méditerranéens), aux États Unis et en Chine, et jusqu'à 41 % en Australie.

La figure 1 nous renseigne sur la variation du volume moyen journalier des eaux usées réutilisées à travers le monde, Le volume journalier actuel des eaux réutilisées dépasse le chiffre impressionnant de 1 millions de m³ par jour dans plusieurs pays, comme par exemple aux États Unis et en Chine (Lazarova et Brissaud, 2007).

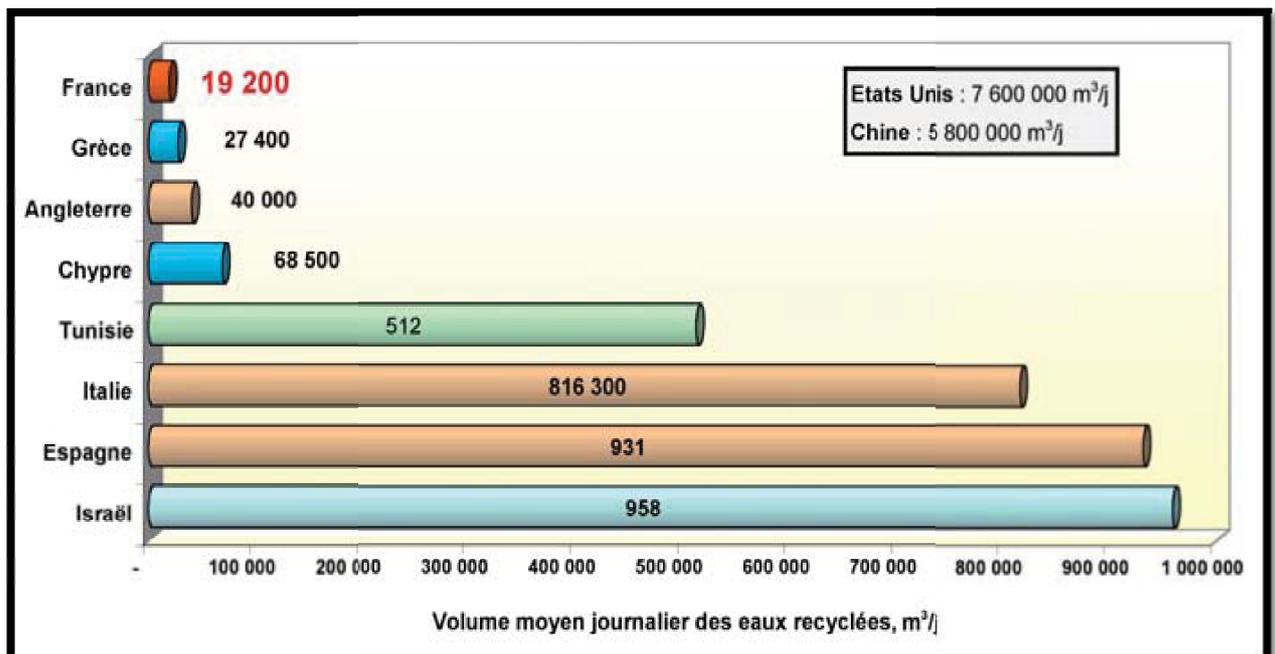


Figure 1: Volume moyen journalier des eaux usées recyclées en Europe et dans certains pays de la Méditerranée (Lazarova et Brissaud, 2007)

2. Définition de la REUE

La réutilisation des eaux usées en agriculture est une pratique millénaire qui a été développée par les anciennes civilisations et qui a été utilisée également jusqu'au 20^{ème} siècle comme système d'épuration des eaux usées dans les champs d'épandage. En fait, le sol représente un filtre efficace avec jusqu'à une ou deux tonnes de micro-organismes « épurateurs » par hectare. Les eaux usées apportent non seulement de l'eau pour les cultures afin de combler des déficits hydriques, mais aussi contribuent à l'amélioration des rendements par l'apport de nutriments (Dégréement, 2019).

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées épurées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité, mais également d'assurer l'équilibre dans le cycle de ressource en eau et la protection d'environnement.

3. Impacte de la REUE

Le principe de base de la réutilisation agricole de l'eau est l'exigence d'un traitement adéquat des eaux usées municipales jusqu'à un niveau de qualité spécifique au type d'usage.

Il est à noter qu'outre les avantages bien connus, l'utilisation d'eau recyclée pour l'irrigation peut avoir des impacts négatifs pour la santé publique et pour l'environnement qui dépendent du niveau de traitement, des conditions locales et des pratiques d'irrigation. (Abbou S. et Zeghmar N., 2010)

3.1. Impacts positifs

3.1.1. Préservation de la ressource en eau

La REUE permet l'augmentation de la ressource en eau, assure une ressource disponible indépendante des sécheresses. Elle permet de différer la mobilisation d'autres ressources en eau et de diminuer la surexploitation des ressources souterraines.

Elle procure à l'agriculture une ressource précieuse et renouvelable et libère un volume supplémentaire d'eau de bonne qualité pour des utilisations prioritaires (Rejeb *et al.* 2002).

3.1.2. Intérêt agronomique

L'azote, le phosphore, le potassium, et les oligo-éléments, le zinc, le bore et le soufre, indispensables à la vie des végétaux, se trouvent en quantités appréciables dans les eaux usées et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation des eaux usées épurées en agriculture; L'azote, le potassium et le phosphore, permettent de diminuer les frais de fertilisation des sols

Une lame d'eau résiduaire de 100 mm peut apporter à l'hectare :

- ✓ Azote de 16 à 62 kg
- ✓ Potassium de 2 à 69
- ✓ Phosphore de 4 à 24 kg
- ✓ Calcium de 18 à 208 kg
- ✓ Magnésium, de 9 à 100 kg
- ✓ Sodium de 27 à 182 kg (Faby et Brissaud, 1997).

3.1.3. Intérêt environnemental

La REUE permet :

- ✓ La protection des milieux récepteurs et la réduction des rejets des polluants : l'utilisation des eaux usées peut également prévenir l'eutrophisation.
- ✓ D'éviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveau barrages, réservoirs,
- ✓ De tirer profit des nutriments apportés par l'eau d'irrigation et d'économiser de l'énergie et éviter la pollution industrielle lors de la production des engrais,
- ✓ La préservation de l'eau potable et économie des ressources conventionnelles (Abbou et Zeghmar, 2010).

3.2. Impacts négatifs

Les principaux inconvénients liés à la réutilisation non contrôlée 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;
- ✓ l'apport en quantité importante des doses d'azote et de phosphore peut nuire à la production agricole et contribue à la pollution des nappes;

- ✓ les sites d'utilisation doivent se trouver à proximité des stations d'épuration, c'est-à-dire dans les zones périurbaines peuplées.
- ✓ la réticence des usagers à utiliser l'eau usée, soit pour des raisons culturelles, soit parce que les cultures proposées sont de faibles rentabilités économiques. (Benzaria, 2008)

4. Paramètres et contraintes limitant la REUE

La réutilisation des eaux épurées en agriculture est limitée par plusieurs paramètres à savoir :

4.1. Qualité des eaux

4.1.1. Les MES

Le maintien d'une concentration importante en MES notamment en matière organique dans les eaux usées gêne considérablement l'efficacité des traitements destinés à éliminer les germes pathogènes et entraîner le bouchage des canalisations et systèmes d'irrigation (Faby et Brissaud, 1997).

4.1.2. Excès de nutriments

Les éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) peuvent être en excès par rapport aux besoins de la plante et provoquer des effets négatifs, aussi bien au niveau de la culture que des sols. Un contrôle périodique de la quantité de nutriments présents dans l'effluent est nécessaire afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées. (Faby et Brissaud, 1997)

4.1.3. Qualité 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 plantes

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

Le mode d'irrigation a une influence directe sur le risque : ainsi, l'irrigation souterraine ou gravitaire peut nuire à la qualité des eaux souterraines et de surface.

Des contaminations directes peuvent avoir lieu lors de la maintenance du système d'irrigation. L'irrigation par aspersion crée des aérosols qui peuvent être contaminants. (Baumont, 2004)

Les données du tableau(1) indiquent que presque tous les pathogènes excrétés peuvent survivre suffisamment longtemps dans l'eau, le sol, et sur les cultures pour engendrer des risques potentiels vis à vis des ouvriers agricoles et des consommateurs

Tableau 01 : Temps de survie de pathogènes excrétés a 20-30°C (FAO ,2003)

Type de pathogène	Temps de survie en jours			
	Dans les fèces, les Matières de vidange et les boues	Dans les eaux claires et les eaux usées	Sur le sol	Sur les plantes
Virus				
Entérovirus	< 100 (< 20)	< 120 (< 50)	< 100 (<20)	< 60 (<15)
Bactéries				
Coliformes fécaux	< 90 (<50)	< 60(< 30)	< 70 (< 20)	< 30 (< 15)
Salmonella spp.	< 60 (< 30)	< 60 (< 30)	< 70 (< 20)	< 30 (<15)
Shigellaspp.	< 30 (<10)	< 30 (< 10)	-	< 10 (< 5)
Vibriocholerae	< 30 (< 5)	< 30 (< 10)	< 20 (< 10)	< 5 (< 2)
Protozoaires				
Entamoeba histolyticacysts	< 30 (< 15)	< 30 (< 15)	< 20 (< 10)	< 10 (< 2)
Helminthes				
Ascaris	Plusieurs	Plusieurs	Plusieurs	< 60 (< 30)
Lumbricoi des œufs	Mois	mois	mois	

() Les valeurs entre parenthèses montrent le temps de survie habituel

Le Tableau 2 résume les informations fournies par des études épidémiologiques sur la transmission des maladies infectieuses liée à l'utilisation d'eaux usées en agriculture. Aux endroits où l'on utilise des eaux usées sans traitement adéquat, les plus grands risques sanitaires proviennent des helminthes intestinaux (OMS ,2012).

Tableau 2. Résumé de l'évaluation des risques sanitaires associé à REUT pour l'irrigation (OMS, 2012)

Groupe exposé	Menaces pour la santé		
	Infestations par des helminthes	Infections bactériennes/virales	Infections à protozoaires
Consommateur	Risque significatif d'infestation des enfants et des adultes par des <i>Ascaris</i> par le biais d'eaux usées non traitées	Flambées de choléra, detyphoïde et de shigellose signalées comme résultant de l'utilisation d'eaux usées non traitées, cas de séropositivité pour <i>Helicobacter pylori</i> (eaux non traitées) ; augmentation de la fréquence des diarrhées non spécifiques lorsque l'eau contient plus de 104 coliformes thermo tolérants/100 ml	Preuves de la présence de Protozoaires parasitiques à la surface de légumes irrigués par des eaux usées, mais absence de preuve directe de la transmission de la maladie
Travailleurs agricoles et leurs familles	Risque significatif d'infestation par des <i>Ascaris</i> pour les enfants et les adultes en contact avec des eaux usées non traitées ; il subsiste un risque, en particulier pour les enfants, même lorsque le nombre d'œufs de nématodes par litre dans ces eaux est 1 risque accru d'ankylostomiase pour les travailleurs agricoles	Risque accru de maladie diarrhéique chez les jeunes enfants en contact avec des eaux usées si ces eaux contiennent plus de 104 coliformes thermo tolérants/100 ml ; risque élevé de salmonellose chez les enfants exposés à des eaux usées non traitées ; forte séropositivité pour les noro-virus chez les adultes exposés à des eaux usées partiellement traitées	Risque d'infestation par <i>Giardia intestinal</i> est trouvé insignifiant en cas de contact avec des eaux usées traitées ou non traitées ; risque accru d'amibiase observée en cas de contact avec des eaux usées non traitées
Communauté proche	Transmission des <i>Ascaris</i> non encore étudiée dans le cas de l'irrigation par aspersion, mais observations identiques pour l'irrigation par submersion et parrigoles d'infiltration impliquant un contact important	Relation entre l'irrigation par aspersion avec de l'eau de qualité médiocre (coliformes totaux : 106–108 CT/100 ml) et une forte exposition à des aérosols d'une part, et une augmentation des taux d'infection ; on ne constate pas d'association entre l'utilisation d'eau partiellement traitée (104–105 CT/100 ml ou moins) pour l'irrigation par aspersion et un accroissement du taux d'infections virales	Pas de données sur la transmission des infections à protozoaires pendant l'irrigation par aspersion avec des eaux usées

CT : coliformes totaux.

4.1.4. Métaux lourds

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

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

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

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

- ✓ Du cuivre (Cu), qui présente une certaine toxicité pour les animaux d'élevage ; cependant le seuil de phyto toxicité est atteint avant celui de zoo toxicité, c'est-à-dire que l'on va pouvoir détecter la contamination chez les plantes en premier et par là éviter de les donner à manger aux animaux;
- ✓ Du molybdène (Mo), qui n'est pas phyto toxique, mais qui peut poser un problème sanitaire pour le bétail ;
- ✓ Du zinc (Zn) qui est peu toxique, mais qui s'accumule très facilement dans les tissus végétaux. (CSHPPF, 1991).

Tableau 3 : Classification des métaux en fonction de leur dangerosité et de leur intérêt agronomique (CSHPPF, 1991).

	Intéressants pour les plantes	Inutiles ou mauvais pour les plantes
Ne posant pas de problème sanitaire	Mn Fe	Pb Hg Sn Cr Se Al
Posant un problème Sanitaire	Cu Mo Zn	As Ni Cd

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

- ✓ De l'arsenic (As) : une nouvelle valeur limite a été recommandée en 1993 par l'OMS, et adoptée par l'Union Européenne (1998) et la France (2001). Le niveau d'arsenic toléré pour la potabilité a ainsi été abaissé de 50 µg/l à 10 µg/l (Miquel, 2003) ;
- ✓ Du nickel (Ni) : il est peu toxique, mais s'accumule facilement dans les tissus végétaux ;
- ✓ Du cadmium (Cd) : c'est de loin le micropolluant non organique le plus préoccupant, il est parfois présent à des concentrations importantes dans les eaux usées, très mobile dans le sol et peut s'accumuler dans les plantes et atteindre des concentrations préoccupantes avant la manifestation d'effets phytotoxiques. Il s'accumule dans l'organisme et provoque une intoxication grave. Il est d'ailleurs soumis à différentes réglementations spécifiques, l'OMS préconise un apport alimentaire moyen de 0,057 à 0,071 mg/j/individu, la FAO qui fixe comme taux maximum dans les aliments : 0,1 mg/kg pour les légumes, 0,05 mg/kg pour les céréales et dérivés (CSHPF, 1991).

4.1.5. Composés traces organiques

Une grande variété de composés organiques de synthèse peut se retrouver dans les effluents en provenance d'eaux de lessivage ou de rejets industriels, les hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates... avec une concentration de l'ordre de 1 à 10µg/l dans les effluents. En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera en grande partie concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées. (Abbou et Zeghmar, 2010).

4.1.6. 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 solubles. 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 d'eaux industrielles. Cette augmentation n'est pas susceptible, à elle seule, de compromettre une irrigation (Faby et Brissaud, 1997).

4.2. Qualité des sols

4.2.1. 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 sol. Le sol contenant beaucoup de sodium a tendance à s'ensabler et, en séchant, il forme des croûtes épaisses qui rendent plus difficile la croissance des plantes. De trop hautes quantités de magnésium peuvent aussi affecter le rendement des plantes, et des concentrations plus élevées de chlorure endommagent certains arbustes et arbres fruitiers. Une salinité de 8,5 g/l est tolérable par les grandes cultures sur des sols sableux alors que cette limite est de 1,2 g/l pour la même culture sur des sols argileux (Benabdallah et Nabeurt, 2003).

4.2.2. La Sodisation

L'accumulation de sodium (sodisation) sur le complexe adsorbant des sols peut dégrader les propriétés physiques des sols. 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. (Faby et Brissaud, 1997)

Le SAR (Sodium Adsorption Ratio) défini comme égal à :

$$SAR = \frac{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})}}{2}; \text{ (Na}^+, Ca^{2+} \text{ et Mg}^{2+} \text{ concentrations exprimés en meq/l)}$$

4.3. Perception des agriculteurs de la REUE

Les agriculteurs peuvent montrer des réticences vis-à-vis l'utilisation des eaux usées, leur demande est influencée par plusieurs facteurs :

- ✓ Les effets négatifs sur la qualité des sols,
- ✓ Le désherbage fréquent (la quantité élevée d'azote renforçant la pousse de mauvaises herbes),
- ✓ Les risques sanitaires par les germes pathogènes contenus dans des eaux usées.
- ✓ La disponibilité d'alternative d'irrigation à partir d'autres ressources conventionnelles.
- ✓ L'acceptation du public à consommer des produits agricoles cultivés à l'eau usée traitée est en général négative, se basant la plupart du temps sur des thèmes

liés à l'hygiène et à la santé, le manque de confiance dans le contrôle public de la qualité ainsi qu'à une répulsion naturelle envers ces aliments ayant été potentiellement en contact avec des excréments humains, la conséquence est que les agriculteurs n'arrivent pas à vendre leur récolte, même si elle répond bien aux critères de qualité importants requis, rendant ceux-ci réticents à utiliser des eaux usées pour l'irrigation de leurs cultures.

- ✓ Les risques de colmatage des tuyaux, (Benabdallah et Nabeurt, 2003)

4.4. Système d'irrigation

Les risques majeurs pouvant être engendrés par l'irrigation à partir des eaux usées épurées sont le risque de colmatage des systèmes d'irrigation ainsi que le risque sanitaire. Ces risques sont plus ou moins différents selon la technique d'irrigation :

4.4.1. Irrigation à la raie

Technique pouvant être automatisée d'où la limitation du contact physique entre l'irrigant et les eaux. Le feuillage des plantes basses n'est pas mouillé, ce qui élimine les souillures et un certain nombre de maladies. (FAO, 2003).

4.4.2. L'irrigation par aspersion

Dans le cas d'eau chargée, des problèmes peuvent se poser par suite de l'abrasion très rapide des buses d'aspersion. Les asperseurs sont peu sensibles au colmatage, néanmoins, un minimum de précautions doit être pris avec les buses de petit diamètre. L'irrigation par aspersion entraîne le mouillage des feuilles et des fruits, donc, dans le cas d'utilisation d'eaux usées urbaines, risques de contamination par des microorganismes pathogènes elle entraîne aussi la production d'aérosols .ceux-ci, dispersés par le vent peuvent propager les germes pathogènes vers les voies de circulation et les habitants (FAO, 2003).

4.4.3. L'irrigation localisée

Elle permet de limiter les risques sanitaires liés à l'irrigation à partir d'eaux usées, l'eau s'infiltré dans le sol aussitôt sortie du distributeur. L'eau ne rentre pas en contact avec les parties aériennes des plantes. Les risques de contamination ne concernent que la partie racinaire, la distribution n'est pas influencée par le vent. Le colmatage le plus sérieux se produit avec l'irrigation goutte à goutte, qui est considérée comme le système idéal en ce qui concerne la protection sanitaire et la contamination des plantes, mais pourrait être difficilement utilisable si l'eau usée contient de fortes concentrations de MES. (FAO, 2003).

4.4.4. L'irrigation souterraine

Prometteuse pour l'utilisation des eaux usées en irrigation, prévient les risques sanitaires, les eaux usées doivent être filtrées ou décantées afin d'éviter le colmatage des tuyaux enterrés (FAO, 2003).

Chapitre.II

Enquête sur l'évolution du secteur

de l'assainissement et de la REUE

1. Méthodologie de travail

La méthodologie du travail consiste à effectuer une collecte et une sélection des données à partir des recherches bibliographiques, des documents écrits, des fiches techniques, des rapport officiels et des documents iconographiques ou statistiques réalisées par des organismes concernés dans le domaine de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture en terme de réglementation ;textes et directives , stratégie suivie en Algérie et la situation actuelle de la REUE, en s'appuyant sur des études déjà établies sur le sujet et des bilans et des rapport officiels des directions des organismes concernés.

2. Présentation de la zone d'étude

2.1.Situation géographique

L'Algérie couvre une superficie de 2.381.741 km², Située au Nord-Ouest du continent africain, l'Algérie est bordée au nord par la mer Méditerranée sur 1.200 Km de côte, à l'Est par la Tunisie et la Libye, au sud-est par le Niger, au sud-ouest par le Mali et la Mauritanie, à l'ouest par le Maroc et le Sahara occidental (voir figure 2).

Avec une population de 42,2 millions d'habitants selon ONS, (janvier 2018) l'Algérie est divisée en 48 wilayas, dont la région tellienne (Nord) a 4% ; 9 % représente la région steppique des hauts plateaux (entre l'Atlas Tellien et l'Atlas Saharien) et 87% du territoire représente une zone désertique (Mozas et Alexis, 2013)

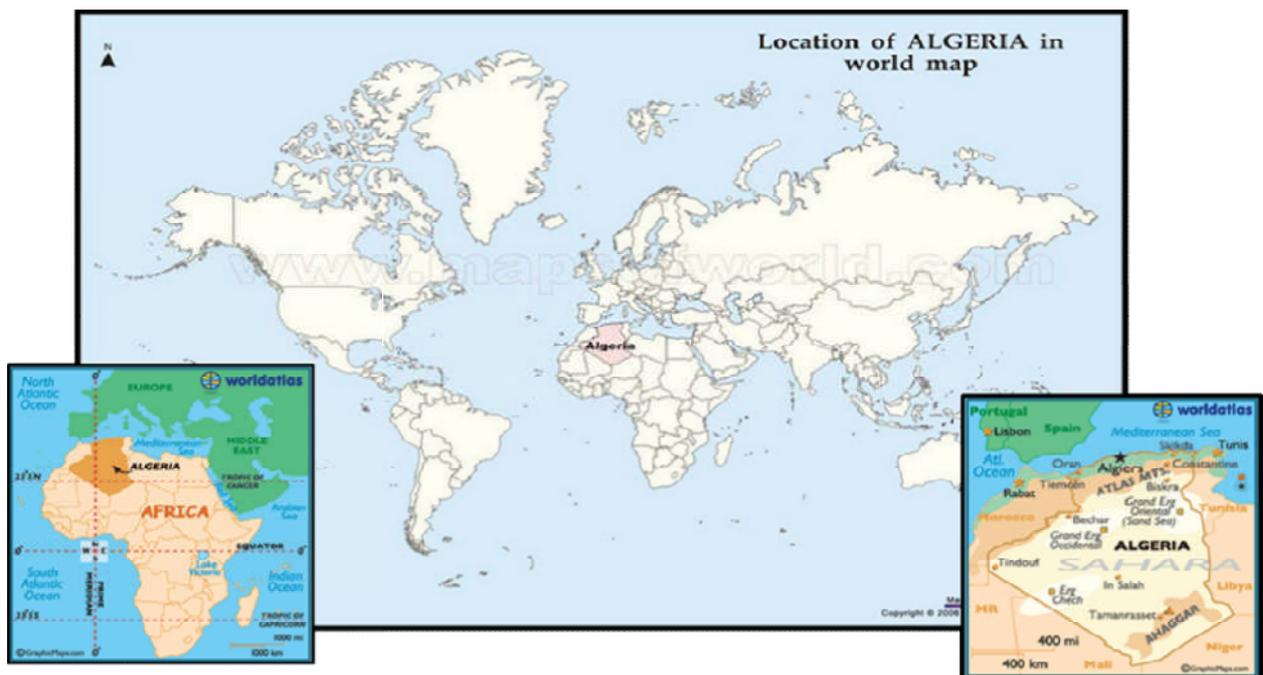


Figure 02 : Cartes géographiques de l'Algérie (World Map 2006-2020)

2.2.Climat et précipitations

L'Algérie est un pays de la zone subtropicale du Nord-Africain. Son climat est très différent entre les régions (Nord-Sud, Est-Ouest). Il est de type méditerranéen sur toute la frange nord qui englobe le littoral et l'Atlas Tellien (étés chauds et secs, hivers humides et frais), semi-aride sur les hauts plateaux au centre du pays, et désertique aride dès que l'on franchit la chaîne de l'Atlas Saharien.

Comme le montre la figure 3 les précipitations en Algérie sont caractérisées par une variabilité spatio-temporelle très marquante. La tranche de pluie annuelle décroît à mesure que l'on avance vers le sud et tombe à moins de 100 mm au sud de l'Atlas Saharien, Les bordures Nord, Centre et Est reçoivent en moyenne des quantités annuelles de précipitations variant entre 400 et 1 200 mm. Elles sont de ce fait plus arrosées que le reste du pays. Les bordures Nord-Ouest par exemple enregistrent des totaux annuels moyens de l'ordre de 250 à 400 mm (Djelouah, 2018).

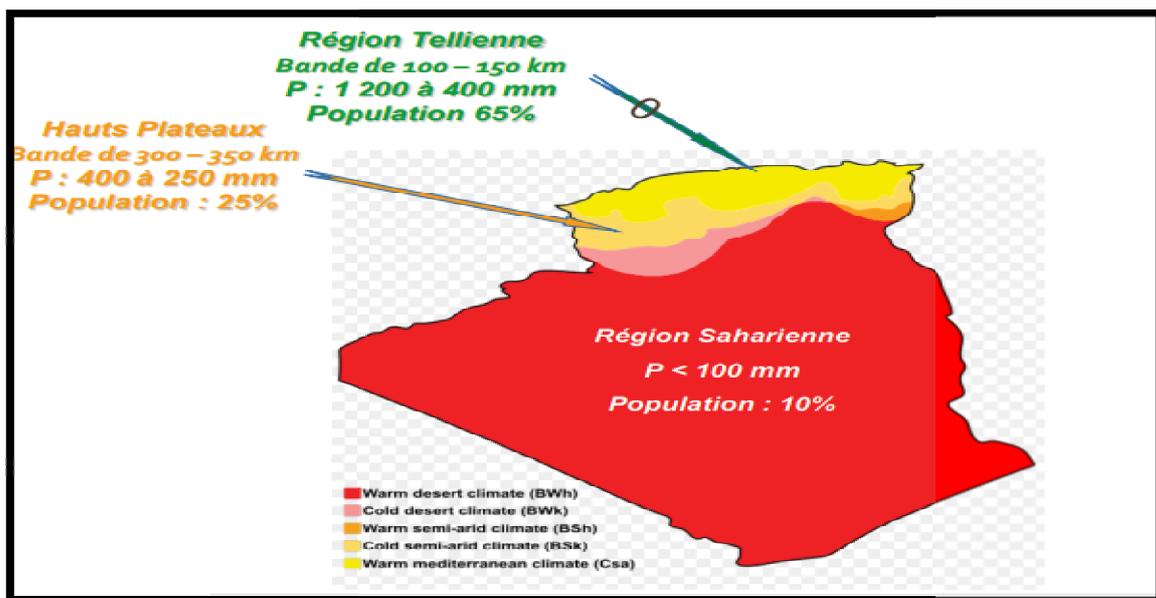


Figure 03 : Limite de précipitation en Algérie (Djelouah, 2018)

2.3. Potentialités hydriques

Selon Mozas et Alexis (2013), les potentialités hydriques de l'Algérie sont estimées en moyenne à 18 milliards de m³/an, dont 12,5 milliards de m³ dans les régions Nord (10 milliards de m³ d'écoulements superficiels et 2,5 milliards de m³ de ressources souterraines renouvelables), 5,5 Milliards de m³ dans les régions sahariennes (0,5milliardsm³ d'écoulements superficiels, 5,0 milliards de m³ ressources souterraines fossiles) (voir tableau 4)

Tableau 4 : Répartition spatiale des eaux de surface et souterraines en Algérie (MOZAS et ALEXIS ,2013)

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	Nappe albiennne

3. Bilan ressources-demandes simulation SISTRAP-EAU

La nouvelle politique de l'eau a été tracée au début des années 2000 dont les objectifs stratégiques se résument en :

- Accroître et sécuriser la mobilisation de ressources en eau conventionnelles (renouvelables et fossiles) et non conventionnelles (dessalement et eaux usées épurées)
- Améliorer l'accès à l'eau à travers la réhabilitation et l'extension des systèmes d'alimentation en eau potable et le renforcement de la qualité de service.
- Améliorer l'accès à l'assainissement et protéger les écosystèmes hydriques au moyen de la réhabilitation et l'extension des systèmes d'assainissement et la réalisation de nouvelles stations d'épuration.
- Soutenir la stratégie de sécurité alimentaire avec l'extension des zones irriguées (S.Djaffar et A.Kettab, 2018) .

Comment la politique de l'eau réalisera-t-elle les objectifs fixés et avec quels moyens l'Algérie pourra-t-elle atteindre le développement durable ?

Un travail de recherche a été mené par un groupe d'experts universitaires et chercheurs dans le domaine de l'eau qui sont SABRINA DJAFFAR du laboratoire de Recherches en Sciences de l'Eau (LRS-EAU) Ecole Nationale Polytechnique et AHMED KETTAB du Département Etudes Internationales, Faculté de Sciences Politiques et Relations Internationales ; leur recherche a été entamé par la création d'un modèle de Simulation Stratégique Politique des ressources en EAU « SISTRAP-EAU » en associant un autre logiciel qui s'appelle le PDARE (Plan Directeur d'Aménagement des Ressources en Eau)

Le modèle de Simulation Stratégique Politique Eau SISTRAP-EAU est un modèle paramétrique ouvert à effectuer toutes les hypothèses et avoir des résultats à partir une base des données concernant les ressources en eau (Barrages, Nappes, Retenues collinaires,.....etc) et les demandes d'eau. (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

L'équipe de recherche a simulé deux scénarios:

- Le Premier « scénario tendanciel » ou ils ont pris comme hypothèses tous les paramètres de l'état actuel des ressources en eau sans faire d'économie d'eau, ce scénario permet de voir l'évolution de la demande et d'avoir une idée sur l'équilibre hydrique (confrontation ressources-demande) sans faire d'économie ni réduction des pertes.
- Le deuxième « scénario volontariste », ils ont choisi comme hypothèses : l'économie d'eau, mobilisation des ressources en eau et un meilleur management, ce scénario permet de traduire la stratégie à suivre pour développer l'industrie, extension des superficies irriguées, l'économie de l'eau, réduction des pertes et donne une vision sur le choix de décision. (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

Voici ci dessus les figures 4, 5,6 et 7 qui présentent le modèle de l'interface de simulation SISTRAP-EAU (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

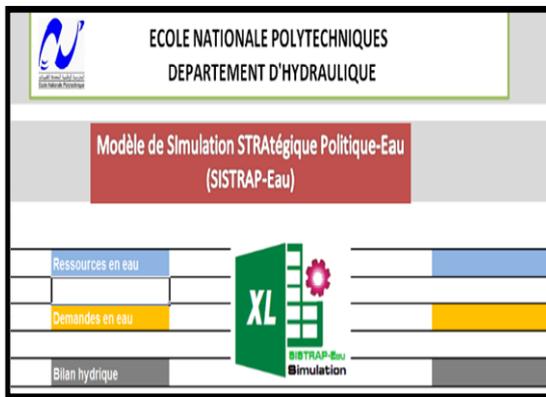


Fig4:Interface du modèle de Simulation SISTRAP-EAU » (Djaffar et Kettab, 2018)



Fig5:Fenêtre de début des simulations (Djaffar et Kettab, 2018)

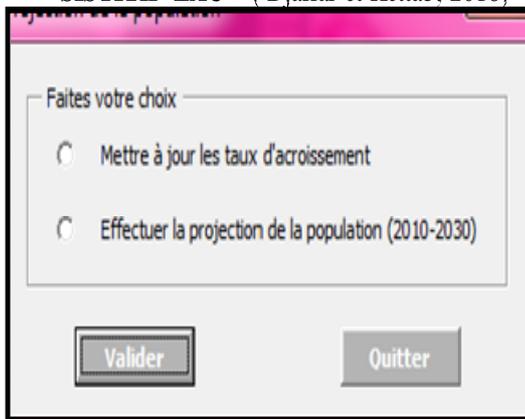


Fig6:Choix pour la Projection de la population (Djaffar et Kettab, 2018)

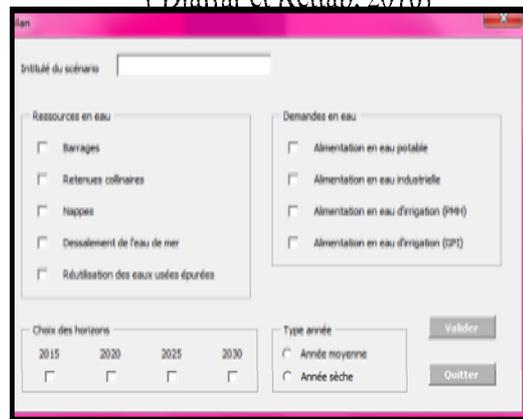


Fig7:Paramètres du calcul bilan hydrique (Djaffar et Kettab, 2018)

Les résultats des deux simulations sont présentés dans le tableau N° 5

Tableau 5 : Bilan ressources-demandes en hm³ horizon 2020, 2025 et 2030 (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

	Thème	Horizon			
		2015	2020	2025	2030
	Ressource en eau	Volume en hm³			
	Barrages	3 178	3 861	4 066	4 461
	Retenues collinaires	89,40	89,40	89,40	89,40
	Nappes	7 000	7 000	7 000	7 000
	Dessalement de l'eau de mer	956,8	956,8	956,8	956,84
	Réutilisation des eaux usées épurées	157,5	165,0	172,5	180,00
	Total Ressources	11 381	12 072	12 285	12 687
	Scénario tendanciel	Demande en eau	Volume en hm³		
Demande en eau potable		1 782,95	1 969	2 144	2 303,33
Demande en eau industrielle		406,00	522,00	638,00	754,00
Demande en eau d'irrigation (PMH)		5 946,00	7 027	7 567	8 108,19
Demande en eau d'irrigation (GPI)		2 940,00	3 420	3 990	4 560,00
Total Demandes		11 074	12 938	14 340	15 725
Bilan (hm3/an)		306,88	-865,8	-2 055	-3 038,2
Scénario volontariste	Demande en eau	Volume en hm³			
	Demande en eau potable	1 927	2 288	2 665	3 048
	Demande en eau industrielle	365,4	443,7	510,4	527,80
	Demande en eau d'irrigation (PMH)	5 763	6 094	5 405	4 964
	Demande en eau d'irrigation (GPI)	2 700	2 880	2 940	2 400
	Total Demandes	10756	11706	11 521	10 940
Bilan (hm3/an)	625,1	365,9	763,7	1 746	

D'après les résultats obtenus, en 2030 on aura un gain de 1,7 milliard m³ si on va suivre cette démarche et cette stratégie d'économie d'eau (Scénario volontariste); Même si développement de l'offre est bien maîtrisé on ne pourra pas éviter l'insuffisance de l'eau, et des wilayas peuvent être touché par ce problème si le programme d'économie d'eau et la réduction des pertes ne seront pas pris en compte dans la gestion des ressources en eau

Le scénario volontariste repose sur une volonté politique et publique :

- ✓ **La volonté politique** se présente par la réduction des pertes à partir de renouvellement des conduites et par la réutilisation des eaux usées et la sensibilisation et de lancer des formations pour faire l'économie etc. Développement de nouveaux systèmes d'information, établissement des plans d'action de gestion des ressources en eau, évaluation et valorisation des ressources en eau.
- ✓ **La volonté publique** par le soutien de la politique volontariste par le gouvernement et les établissements sous tutelles (AGIRE, ANRH, ABH, ANBT, ONID) en traçant une politique d'économie de l'utilisation de l'eau.

En conclusion ; l'Algérie a besoin de revoir et d'améliorer sa stratégie de l'utilisation des ressources non conventionnelles tel que l'eau épurée et dessalé pour qu'elle pourra garder l'équilibre hydrique pour éviter la pénurie grave de l'eau. (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

4. Evolution Réglementaire de la REUE dans le monde

Le principal organisme à l'échelle mondiale ayant synthétisé l'ensemble de ces considérations est l'OMS, qui a d'ailleurs évolué au cours des récentes décennies dans ses analyses et dans ses modes de recommandations ; d'autres institutions internationales l'USEPA de l'État de Californie, la FAO et autres ont également apporté leur contribution à cette réflexion. (Rotbardt , 2011).

4.1.Réglementations et recommandations de l'OMS

Les premières réunions d'experts de l'O.M.S. consacrées à la réutilisation des effluents se sont tenues en 1971. Elles ont abouti à la publication d'un premier rapport technique en 1973.

Ce rapport comporte déjà des considérations sur le caractère maîtrisé ou non maîtrisé de la réutilisation des eaux usées, les effets possibles de la REU sur la santé, les technologies de traitement des eaux usées, le contrôle de la qualité de l'eau régénérée, les normes de qualité d'eau, les responsabilités des organismes de contrôle et de gestion.

En Juillet 1985, des spécialistes de l'environnement et des épidémiologistes se sont réunis à Engelberg (Suisse) pour réexaminer les aspects sanitaires de l'utilisation des eaux usées et des excréta en agriculture et aquaculture. Il est ressorti de cette réunion que les directives existantes étaient insuffisantes, en ceci que : d'une part certaines étaient exagérément contraignantes et d'autre part elles ne tenaient pas compte de la diversité des

agents pathogènes véhiculés par les eaux usées, de sorte que la santé publique était mal protégée, en particulier contre les helminthiases.

En juin 1987, une réunion d'experts OMS a unanimement reconnu le bien fondé des recommandations d'Engelberg et a décidé qu'elles devraient servir de base à l'élaboration de nouvelles directives, objet du rapport technique 778 de 1989. "Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture"; exprimée sous la forme de directives provisoires concernant la qualité microbiologique des eaux usées dans l'agriculture, trois qualités d'effluents A, B, C sont mises en relation avec les usages qu'ils permettent et les procédés susceptibles d'assurer la qualité microbiologique voulue et se base sur la présence de coliformes fécaux, critère indirect pour déterminer la présence d'organismes pathogènes voir tableau 6.

Elles ont été révisées en 2000 par Blumenthal et coll. en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques.. Cette révision a affiné les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme " œufs d'helminthes " qui pour certaines catégories est passée de 1 à inférieur a1 œuf/l. (Rotbardt , 2011).

Tableau 6 : Directives de qualité recommandée par l'OMS pour le traitement des eaux usées avant utilisation en agriculture (OMS, 1989)

Catégorie	Conditions de réalisation	Groupe expose	Nématodes intestinaux ^a (nbre d'œuf /litre) moyenne arithmétique	Coliformes intestinaux (nbre /100ml) moyenne ^b 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 ^c traitement équivalent	Ouvriers agricoles consommateurs	Maximum 1	Maximum 1000 ^d	Une série de bassins conçus de manière à obtenir une qualité microbiologique voulu ou toute autre traitement équivalent
B	Irrigation des cultures céréalières, industriels et fourragères, des pâturages et des plantations d'arbres ^e intestinaux	Ouvriers agricoles	Maximum 1	Aucune norme n'est recommandée	Rétention en bassins de stabilisation recommandée 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 une sédimentation primaire

- « a » Espèces Ascaris, Trichuris et ankylostomes.
- « b » Pendant la période d'irrigation.
- « c » 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.
- « d » Cette recommandation peut être assouplie quand les plantes comestibles sont systématiquement consommées après une longue cuisson.
- « e » Dans le cas d'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

Pour quelles soient applicables, ces normes impliquent:

- Soit le traitement poussé des eaux usées, Un traitement complémentaire par des bassins de stabilisation.
- Le contrôle du nombre de nématodes.
- Soit des restrictions quant aux types de cultures. (Benzaria, 2008)

Le rapport technique 778 de 1989 a fait objet d'une autre révision, en 2006 l'OMS a publié un système de «barrières» pour le traitement des eaux usées. La norme, repose sur différents facteurs de réduction des contaminants microbiens. Les barrières sont :

Le traitement des eaux usées, l'arrêt de l'irrigation pendant 2-4 jours avant la récolte, l'utilisation de l'irrigation à goutte à goutte, le lavage du produit ou la cuisson, etc.

Les lignes directrices de 2006 ont conservé une valeur stricte pour les helminthes inférieure ou égale à 1 oeuf / litre, déterminée préalablement par des études épidémiologiques (Rotbardt, 2011).

4.2.Réglementations et recommandations de l'USEPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la REUE, intitulées "*Guidelines for Water Reuse*". Contrairement à l'OMS, ces normes ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes.

Les normes de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant.

Précisons que chaque État américain peut lui-même fixer ses propres recommandations, en s'inspirant plus ou moins de celles de l'USEPA. Qui sont extrêmement sévères, et qui ont inspiré de nombreuses réglementations dans le monde. Les recommandations de l'USEPA sont résumées dans le tableau 7 (Baunont, 2004).

Tableau 7 : Résumé des recommandations de l'État de Californie pour la REUE
(Baunont, 2004).

	Applications de la REUE	Techniques d'irrigation	Coliformes fécaux ou totaux b	Traitements des eaux usées requis
Utilisation pour l'irrigation et l'arrosage	Cultures comestibles	Par aspersion	< 2,2/100 ml a	Traitement secondaire, coagulation, clarification, filtration et désinfection
	Cultures comestibles	Surface	< 2,2/100 ml a	Traitement secondaire et désinfection
	Arbres fruitiers et vigne	Surface	Aucune limite	Traitement primaire
	Cultures fourragères, production de fibres végétales et cultures semences	Surface ou Par aspersion	Aucune limite	Traitement primaire
	Pâturage pour animaux élevés pour leur lait	Surface ou Par aspersion	< 23/100 ml a	Traitement secondaire et désinfection
	Parcours de golfs, cimetières, bordures de routes et autres espaces avec un accès publics similaire	Surface ou Par aspersion	< 23/100 ml a, c	Traitement secondaire et désinfection
	Parcs, jardins publics, aires de jeux, cours d'école et autres espaces similaires	Surface ou Par aspersion	< 2,2/100 ml a	Traitement secondaire, coagulation, clarification, filtration et désinfection
Autres usages	Bassin d'agrément sans restriction d'usage	-	< 2,2/100 ml	Traitement secondaire, désinfection, oxydation
	Bassin paysager	-	< 23/100 ml	Traitement secondaire, désinfection, oxydation
	Recharge de nappe	-	< 23/100 ml	d

(a) Les critères californiens de réutilisation des eaux usées épurées sont exprimés comme la médiane du nombre de coliformes totaux pour 100 ml, déterminée à partir d'analyses bactériologiques réalisées les 7 derniers jours.

(b) La concentration en coliformes ne doit pas excéder 23 pour 100 ml dans plus d'un échantillon sur une période de 30 jours.

(c) La concentration en coliforme ne doit pas excéder plus de 240 pour 100 ml dans plus d'un échantillon sur une période de 30 jours.

(d) Chaque projet est examiné individuellement par les services de santé de l'État de Californie. (Baumont, 2004).

4.3. Comparaison entre les recommandations OMS et USEPA

Les deux normes que nous venons de décrire s'opposent à plusieurs points de vue comme indiquer dans le tableau 08

Il faut noter que pour beaucoup de pays en voie de développement, où l'irrigation avec des eaux usées non traitées se pratique régulièrement, l'application des normes de l'OMS, qui autorisent un traitement extensif type lagunage et qui n'exigent pas une trop grande qualité, serait déjà un progrès considérable (Lavison et Moulin, 2007).

Tableau 08 : Comparaison entre les Recommandations OMS et USEPA

Recommandations OMS	Recommandations USEPA
- Elles concernent l'usage agricole.	-Concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.).
-Ciblent des paramètres exclusivement microbiologiques.	-Prise en compte de plusieurs paramètres: le pH, la DBO5, la turbidité ou les solides en suspension et les coliformes fécaux.
Les recommandations préconisent : ✓ Un traitement complémentaire par des bassins de stabilisation. ✓ Le contrôle du nombre de nématodes.	Les recommandations préconisent : ✓ Des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation. ✓ Le contrôle des systèmes de traitement et le comptage des coliformes totaux. ✓ des traitements trop chers et trop technologiques (ozonation).

4.4. Evolution du cadre réglementaire existant en matière de REUE en Algérie

Avant 2014 et en l'absence des normes Algériennes de la REUE, l'obligation de se référer aux normes internationales l'OMS pour les paramètres microbiologiques et la FAO pour les physico chimique.

Pour la réutilisation des eaux épurées, la réglementation Algérienne est assez complète et comporte plusieurs textes législatifs, à savoir :

- La loi n°05-12 du 04 Août 2005, relative à l'eau, a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n°60-année 2005),
- Le décret n°07-149 du 20 mai 2007, fixant les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent,
- Et les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012 qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n°07-149 (JO n°41). Ces arrêtés fixent :

- Les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et les paramètres physico-chimiques.
- La liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Concernant la prise en charge de la réutilisation des eaux usées épurées, un projet de norme pilote a été lancé en 2009. En 2014, la norme Algérienne N°17683 « Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles- Spécifications physico-chimiques et biologiques » a vu le jour, disponible au niveau de l'Institut Algérien de Normalisation IANOR; (ONA, 2020)

4.5. Références normatives et réglementaires NA17683 IANOR

La norme algérienne et d'un guide technique pour les bonnes pratiques de la réutilisation des eaux usées pour des fins agricoles est élaboré et approuvé par l'Institut Algérien de Normalisation (IANOR). La réutilisation des eaux usées sollicite une coordination étroite entre les différentes structures impliquées dans les opérations de réutilisation à tous les niveaux

La norme a pour objet de fixer les dénominations et les spécifications physico-chimiques et biologiques des eaux usées épurées destinées à la réutilisation en irrigation agricole, par les municipalités et en industrie, ainsi que les principales restrictions, mesures d'accompagnement et conditions d'usage

La présente Norme s'applique aux eaux usées ayant subi un traitement d'épuration approprié, elle ne s'applique pas aux eaux usées brutes n'ayant pas subi un traitement d'épuration approprié (IANOR, 2014).

Se résume en un Décret exécutif et deux arrêtés interministériels :

A. Décret exécutif n° 07-149 : du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent (IANOR, 2014)

Ce décret règle tous les processus d'utilisation des eaux usées épurées par les stations d'épurations, par une demande adressée par un concessionnaire 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 est assurée par les directions territoriales de chaque wilaya sous tutelle de différents ministères : ressources en eau, agriculture, santé, environnement et commerce figure 4 (Hannachi et al, 2014)

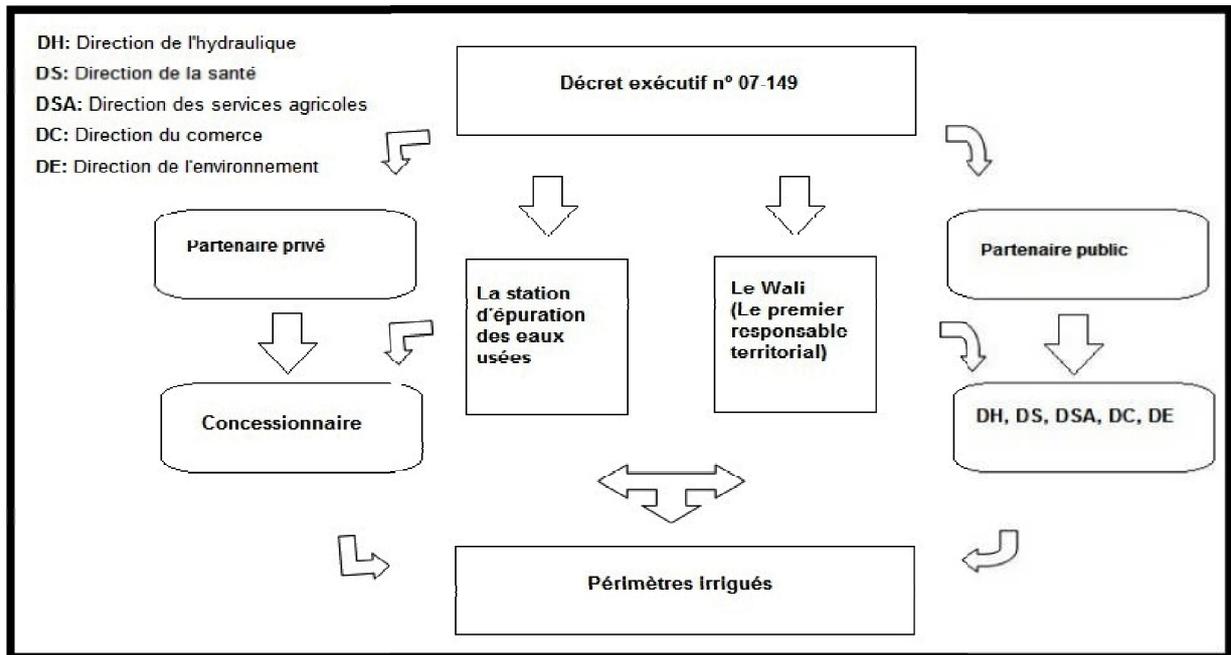


Figure 8 : Les acteurs de la filière de réutilisation des eaux usées en Algérie

(Hannachi et al, 2014)

Le contrôle et suivi de l'utilisation des EUE en irrigation est comme suit :

- ✓ Les services de l'hydraulique de la wilaya sont tenus de mettre en place un dispositif de suivi et de contrôle de :
 - La qualité des eaux usées épurées destinées à l'irrigation;
 - L'évolution de la qualité de l'eau de la nappe souterraine;
 - L'état des ouvrages de stockage et de distribution
- ✓ Les services de l'agriculture de la wilaya ont pour mission :
 - Un contrôle phytosanitaire des cultures irriguées par les eaux usées épurées;
 - L'évolution des caractéristiques des sols, sous irrigation avec des eaux usées épurées
- ✓ Les services de la santé de la wilaya ont pour mission :
 - Un contrôle régulier de la santé du personnel affecté à l'irrigation avec les eaux usées épurées.
 - Un contrôle de la qualité bactériologique du produit agricole (Talaboulma .R 2018).

B. Arrêté interministériel 1 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 (Tableau9).

Tableau 9: Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées (IANOR ,2014)

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, triticale 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.

- (*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise a condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombes 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.(IANOR. ,2014)

C. Arrêté interministériel 2: du 8 safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 ; En application l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications microbiologique et la norme physico chimique des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation tableau 10. Dans le tableau 11, une comparaison entre la norme Algérienne, Tunisienne et FAO sont établit.

Tableau 10: Spécifications microbiologiques des eaux usées épurées destinée à l'irrigation agricole (IANOR. ,2014)

Groupes de cultures à irriguer avec les EUE	Culture à irriguer	Groupe exposé	Paramètres microbiologiques		Traitement susceptible d'assurer la qualité microbiologique exigée
			Coliformes fécaux ^a (CFU/100ml)	Nématodes intestinaux ^b (oeufs/l)	
A	Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus	Population alentour Ouvriers agricoles Consommateurs	<100	Absence	<p>Catégorie III :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Stations d'épuration avec traitement primaire complet, avec moyens de gestion de processus épuratoire comportant les équipements de contrôle, d'exploitation et de pilotage adaptés ; - Le traitement secondaire biologique permet de pouvoir éventuellement assurer l'abattement de l'azote et du phosphore ; - Un traitement tertiaire de filtration – désinfection est opérationnel.
B	Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire	Population alentour Ouvriers agricoles	<250	<0,1	<p>Catégorie III :</p> <ul style="list-style-type: none"> -Stations d'épuration avec traitement primaire complet, avec moyens de gestion de processus épuratoire comportant les équipements de contrôle, d'exploitation et de pilotage adaptés ; - Le traitement secondaire biologique permet de pouvoir éventuellement assurer l'abattement de l'azote et du phosphore ; - Un traitement tertiaire de filtration – désinfection est opérationnel.
C	Arbres fruitiers ^c Cultures et arbustes fourragers d Cultures céréalières Cultures industrielles Arbres forestiers Plantes florales et ornementales	Population alentour Ouvriers agricoles	Seuil recommandé <1000	<1	<p>Catégorie II</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traitement primaire : dégrillage ; dessablage/déshuilage aéré ; - Traitement secondaire: boues activées à faible charge avec décantation secondaire ou lagunage aéré avec lagune de finition ; -Si nécessaire désinfection par chloration ; -Durée de stockage des eaux épurées 1 jour au minimum.
D	Les cultures du groupe C utilisant l'irrigation localisée ^e	Aucun	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée	<p>Catégorie I :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Traitement primaire : dégrillage au minimum ; -Traitement secondaire : lagunages naturels ou aérés ; boues activées à faible ou moyenne charge + chloration éventuelle ; -Durée de stockage des eaux épurées 1/2 jour minimum.

a La valeur limite pour les coliformes fécaux représente une moyenne géométrique.

b La valeur limite pour les œufs de nématodes représente une moyenne arithmétique.

c 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 interdite.

d Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.

e à condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrise la gestion de l'irrigation localisée et respecte les règles d'hygiène.

4.6. Comparaison entre la norme IANOR, FAO et Tunisienne

Le tableau 11 rassemble l'ensemble de normes mises en vigueur par IANOR, FAO et Tunisienne ;

En raison du réseau d'assainissement unitaire et de la présence d'industries générant potentiellement des rejets contenant des substances à impact important sur la santé humaine, L'IANOR a jugé nécessaire d'élargir la liste des paramètres à savoir : la DCO, les chlorures, les bicarbonates le mercure, les phénols et les cyanures ...et autres,

La norme IANOR relative à certains paramètres qui serait précurseurs de nuisances et/ou de pollution en l'occurrence les Chlorures, Mercure, cuivre, plomb, bore et Sélénium leurs valeurs prescrites sont plus sévères que celles de la norme Tunisienne.

A l'exemple le mercure : est un rejet des incinérateurs de déchets solides, de l'usage du charbon et de l'industrie du chlore et de l'acier. Une quantité infime suffirait à avoir un impact mutagène et tératogène irréversible sur l'organisme.

Par ailleurs, une étude relative aux caractéristiques de la pollution métallique au niveau des sédiments d'oued El Harrach (Alger) a montré une forte contamination au mercure. (Yochida, 2007).

Tableau 11 : Comparaison des normes physicochimique des eaux destinées à la REUE de l'IANOR, Tunisienne et FAO 2003

PARAMETRES		UNITE	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE		
			NA 17683 IANOR 2014	FAO 2003	Tunisienne NT 106.03 1989
Physique	pH		6.5 ≤ pH ≤ 8.5		6.5 ≤ pH ≤ 8.5
	MES	mg/l	30	30	30
	CE	ds/m	3	/	7
	Infiltration le SAR =	ds/m			
	0 - 3 CE		0,2		/
	3 - 6		0,3	/	
	6 - 12		0,5		
12 - 20		1,3			
20 - 40		3			
Chimique	DBO5	mg/l	30	30	30
	DCO	mg/l	90	/	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10	/	20
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30	/	/
	Sodium	mg/l	1000		
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8,5	/	/
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	5	/	/
	Arsenic	mg/l	0,1	0,1	0,1
	Béryllium	mg/l	0,1	/	/
	Bore	mg/l	2	3	3
	Cadmium	mg/l	0,01	0,01	0,01
	Chrome	mg/l	0,1	0,01	0,01
	Cobalt	mg/l	0,05	0,05	0,01
	Cuivre	mg/l	0,2	0,2	0,5
	Cyanures	mg/l	0,05	/	/
	Fluor	mg/l	1	/	/
	Fer	mg/l	5	/	/
	Phénols	mg/l	0,002		
	Plomb	mg/l	5	5	1
	Lithium	mg/l	2,5	/	/
	Manganèse	mg/l	0,2	/	/
	Mercure	mg/l	0,001	/	0,2
	Molybdène	mg/l	0,01	/	/
	Nickel	mg/l	0,2	0,2	0,5
	Sélénium	mg/l	0,02	0,02	0,05
Vanadium	mg/l	0,1	/	/	
Zinc	mg/l	2	2	1	

(*) : Pour type de sols à texture fine, neutre ou alcalin.

5. Etat des lieux de l'assainissement et de la REUE en Algérie

5.1. Situation de la gestion de l'assainissement en Algérie

L'assainissement en Algérie est géré au mode de la gestion déléguée ; la gestion de l'eau se fait par des sociétés étrangères : Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL), Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine (SEACO), Société de l'Eau et de l'Assainissement d'Oran (SEOR)

La gestion déléguée a pour Objectif :

- Transfert de savoir-faire ;
- Modernisation et efficacité de la gestion technique ;
- Efficience de la gestion commerciale. (Kettab A. et Djaffar S., 2018)

5.1.1. L'office national de l'assainissement ONA

L'Office National de l'Assainissement (ONA) est un établissement public national à caractère industriel et commercial doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. Il a été créé par décret exécutif n° 01-102 du 21 Avril 2001 ; l'office a pour mission de La lutte contre toutes les sources de pollution hydrique dans les zones de son domaine d'intervention et la gestion, l'exploitation, la maintenance, le renouvellement, l'extension et la construction de tout ouvrage destiné à l'assainissement en matière de réseau de collecte des eaux usées et eaux pluviales, Stations de relevage et stations d'épuration .(ONA, 2020)

Durant l'année 2019, plus de 1 240 000 000 m³d'eaux usées ont été collectées sur l'ensemble des 1 147 communes dont le service public assainissement est assuré par l'ONA, une population raccordée de plus de 27 millions d'habitants à travers 43 wilayas (Bilan annuel DEM ONA, 2019)

Le réseau d'assainissement, en exploitation par l'ONA, est de 55342km, correspondant à environ 80 % du linéaire national

A la fin 2019, un volume total de 323 625 176 m³a été relevé, par les 499 stations de relevage en exploitation.

Durant l'année2019, les 154 stations d'épuration en exploitation par l'ONA (76 stations à boues activées, 75stations de lagunage et 03 filtres plantés), ont assuré l'épuration de plus de 253 millions de m³d'eaux.

La capacité globale installée de ces 154stations est de 10 390 762 EH, soit un débit nominal moyen de 1 573 867 m³/j et un débit moyen journalier des eaux usées épurées de 668 396 millions m³/j (ONA ,2019)

Le tableau 12 nous renseigne sur l'évolution considérable de la prise en charge du service public par l'ONA de la période allons de 2007 a 2019

Tableau 12 : Evolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019(ONA, 2019)

Nombre	Période												
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
STEP	46	52	61	68	75	82	96	109	124	136	144	152	154
SR	191	175	195	215	330	319	337	353	433	447	460	480	499
Communes	573	519	607	648	654	670	766	874	1059	1117	1125	1141	1147

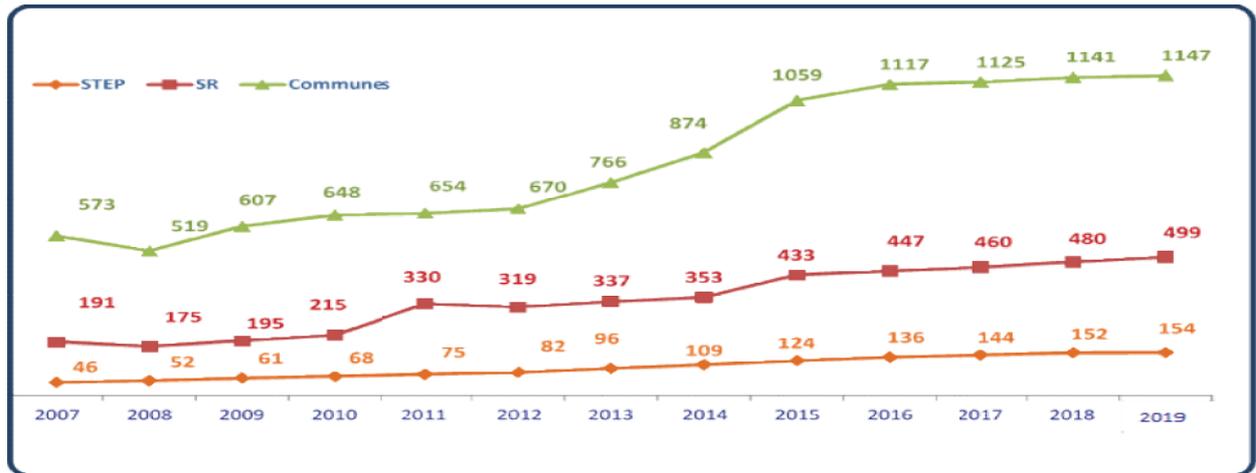


Figure 9 : Présentation graphique de l'évolution de la prise en charge du service public de 2007 à 2019 (ONA, 2019)

L'extension du patrimoine géré par l'ONA est rentrée dans le programme de développement durable trace par le ministère qui a pour objectif de lutter contre la pollution de l'environnement, préservation des ressources hydrique et réutilisation des eaux épurées pour l'irrigation ;

L'activité de l'assainissement a connu une évolution significative de 2007 à 2019 en terme de :

- De nombre de STEP qui est passé de 46 a 154, l'ONA diversifie les projets entre station d'épuration et stations de lagunage, ainsi sur les 109 STEP en exploitation en 2014, 60 sont des stations de lagunages et en 2019 sur 154 STEP dont 75 lagunes et 03 filtres plantés,
- Le nombre de station de relevage est passé de 191 à 499 de 2007 à 2019.
- En 2014, l'ONA gérait 353 SR et 39.000 km de réseau d'assainissement avec la perspective de d'atteindre un total de 44.000 km, en étendant son activité à de nouvelles wilayas, en 2020 (ONA, 2014). Cette objectif est largement atteint en 2019 avec près de 499 station de relevage et 55 342 km de réseau.
- Selon le MRE, plus de 160 millions de m³ d'eaux usées ont été épurées en 2013, pour une population de près de 20 millions d'habitants, ces chiffres sont passés a un volume traité de 253 millions de m³ pour 27 millions d'habitants en 2019.

5.1.2. La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL)

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL), est une Société Publique par actions, détenue à 70% par l'Algérienne des Eaux (ADE) et à 30% par l'Office National de l'Assainissement (ONA). Née en 2006 de la volonté politique des autorités Algériennes d'améliorer rapidement la qualité et le cadre de vie des citoyens, en particulier dans la Capitale et Tipasa. Elle dessert ainsi 3,8 millions d'habitants soit environ 10% de la population Nationale. (SEAAL ,2020)

SEAAL, gère sur les périmètres d'Alger et de Tipasa de :

- ✓ 4 802 km de réseau d'assainissement soit 3822 Km du coté d'Alger sur 57 communes et 980Km sur Tipaza 28 communes
- ✓ 7 stations d'épuration, dont 04 a Alger (Beni Messous ,Zeralda, Baraki et Regaia) , et 03a Tipaza (Chenoua, Hadjout et Koléa)
- ✓ 99stations de relevage : 72 à Alger et 27 à Tipaza

Durant l'année 2019, les 07 stations d'épuration en exploitation par la SEAAL, ont assuré l'épuration de plus de 106 millions de m³d'eaux (SEAAL ,2019)

5.1.3. La Société des Eaux et de l'Assainissement de Constantine (SEACO)

La Société de l'Eau et de l'Assainissement de Constantine, Spa SEACO, est une société par actions, créée par l'Algérienne des Eaux, (ADE), et l'Office National de l'Assainissement, (ONA). Créée en 2006, la Spa SEACO s'est vue confier la gestion déléguée des services de l'eau et de l'assainissement des communes de la wilaya de Constantine. (SEACO ,2020).

Durant l'année 2019 SEACO a géré :

- ✓ Une station d'épuration d'Ibn Ziad de type boue activée a une capacité nominale de traitement de 69120 m³/j soit 450 000 EH la qualité du rejet des eaux usées traitées dans le milieu naturel est conforme aux normes en vigueur. un projet est programmé pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.
- ✓ Deux stations de relevage
- ✓ 1390 Km de linéaire de réseau d'assainissement à travers les 12 communes de la wilaya de Constantine
- ✓ Durant l'année 2019 la SEACO a épurée un volume de 5 712 000 m³(SEACO ; 2019).

5.1.4. La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Oran (SEOR)

La Société de l'eau et de l'assainissement d'Oran « SEOR », est une société par actions dont les actionnaires sont l'Algérienne des Eaux « ADE » et l'Office National de l'Assainissement « ONA ». Mise en place le 1er avril 2008, elle fut chargée du service publique de l'eau potable et de l'assainissement de la wilaya d'Oran, tout en ayant comme objectif principal l'amélioration de la qualité du service d'alimentation en eau potable et ainsi la qualité de vie des citoyens. (SEOR ,2020)

Durant l'année 2019 SEOR a géré :

- ✓ Trois stations d'épuration de type boue activée ; El karma, Cap Flacon et Betioua a une capacité nominale globale de traitement de 74 000m³/j soit 525 000 EH , la qualité du rejet des eaux usées traitées des STEP El karma et Cap Flacon est conforme aux normes en vigueur elles sont donc réutiliser pour l'irrigation des périmètres agricoles situés à proximité et qui comptent environ :
 - 6700 Ha de la plaine MLETA à partir de la STEP d'El Karma
 - 500 Ha du périmètre de Bousfer à partir de la STEP Cap Falcon d'Aïn El Türck
- ✓ Deux stations de relevage
- ✓ 2 200 Km de linéaire de réseau d'assainissement à travers les 26communes de la wilaya d'Oran (SEOR ,2020)

En résumé l'ONA, gère près de 93% des STEP de l'Algérie et environ 80 % du linéaire national) comme montre les figures 10 et 11.

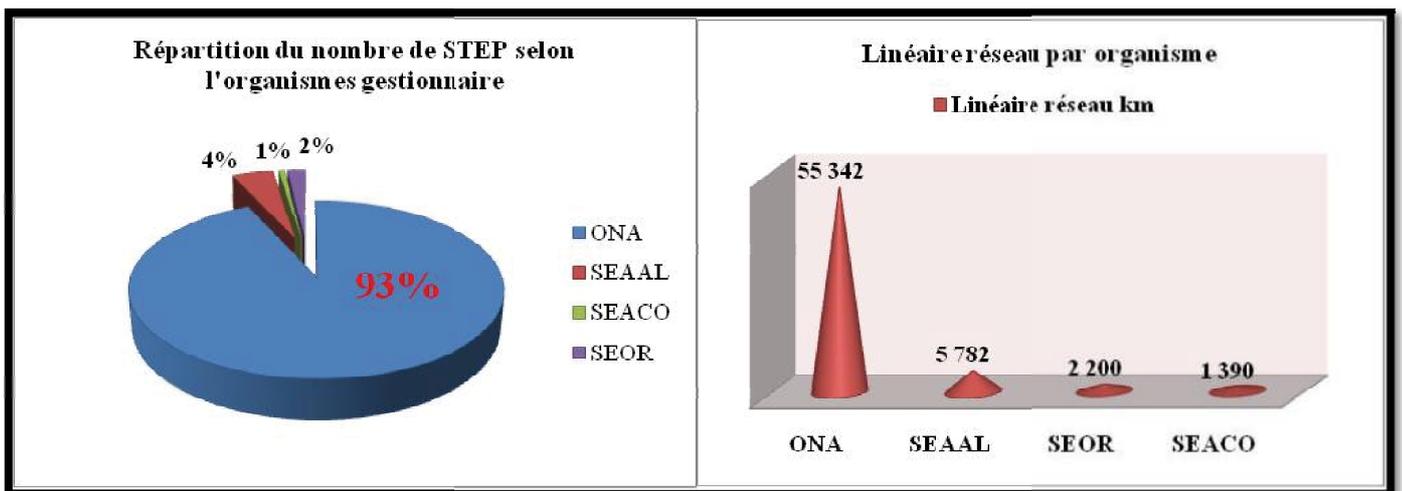


Figure 10 : Répartitions des STEP par organisme organisme

Figure 11 : Linéaire réseau par

Voir annexe 1; Cartographie de l'implantation des STEP et lagunes en exploitation par les organismes (ONA, SEAL, SEOR et SEACO (SIG /DG ONA, 2020)

5.2. Situation globale de l'assainissement en Algérie

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

5.2.1. Evolution du parc de station d'épuration

Dans le cadre de cette politique générale arrêtée par l'Algérie en matière de protection des ressources en eau plusieurs stations d'épuration ont été réalisées. 45 stations d'épuration (STEP) en 1999 avec seulement 12 en service avec une capacité cumulée de 90 hm³/an, le nombre de station d'épuration est passé actuellement à 188 avec une capacité de 16 millions équivalent habitant soit 40% de la population et un débit nominal cumulé d'eaux usées brutes de 936 hm³/an, dont 400 hm³/an sont réellement épurées, soit 44% du débit nominal (Tableau 13).

Tableau 13 : Evolution du parc de stations d'épuration (MRE, 2019)

Année \ STEP	1999	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Juin 2018
STEP en exploitation	12	145	151	162	166	177	187	188
Débits nominaux (hm ³ /an)	90	600	650	700	770	805	935	936

5.2.2. STEP en cours de réalisation

Le ministère des ressources en eau dénombre 55 stations d'épuration en cours de travaux avec une capacité totale installée estimée à 4,6 millions équivalent habitant, soit un volume d'eaux usées théorique à traiter de 165,8 millions m³/an réparties comme suit :

Tableau 14 : STEP en cours de réalisation (MRE, 2019)

Type	Nombre	Capacité totale installée (EH)	Débit nominal (millions m ³ /an)
STEP Boues activées	34	4 340 000	153
Lagune	21	229 586	12,8

5.2.3. STEP en cour de lancement

28 STEP en cours de lancement avec une capacité totale installée de 3,9 millions équivalent habitant soit un volume théorique d'eaux usées à traiter de 207,1 millions m³/an (tableau 15).

Tableau 15 : Récapitulatif du parc de STEP (MRE, 2019)

Stations d'épuration	Nombre	Débit nominal (hm ³ /an)	débit réel (hm ³ /an) 42%
En exploitation	188	936	400
En cours de travaux (Boues Activées) en 2017	34	155,4	68,37
En cours de travaux (Lagunage) en 2017	21	10,4	4,57
En cours de lancement en 2018	28	207,1	91,12
Total	271	1308,9	575,91

5.2.4. STEP en étude

54 STEP dont les études sont programmées ou en cours de programmation, le parc national en matière d'épuration des eaux usées sera de 325 STEP opérationnelles cumulant un débit nominal de 1407 hm³/an à l'horizon 2030.

6. Situation de la REUE en Algérie

Devant la rareté de la ressource en eau conventionnelle ; la stratégie nationale du développement durable en Algérie se matérialise particulièrement à travers un plan stratégique, La réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation est une solution alternative qui apporte le déficit en ressources hydrique imposé par les changements climatique et l'accroissance démographique.

6.1. Programme et projet de la REUE a l'horizon 2030 du MRE

Le listing des STEP retenues pour l'élaboration de la planification des projets de réutilisation des eaux usées épurées est arrêté au nombre de 101 STEP a l'horizon 2030, d'une capacité nominale cumulée de 752,39 hm³/an. Le volume disponible pour l'irrigation est de 626,8 hm³/an, ce qui permettrait l'irrigation en premier lieu de 94 987 hectares (MRE, 2019).

Tableau 16 : Synthèse des projets potentiels de réutilisation des eaux épurées 2015/2030 (MRE, 2019)

Période de planification	Nombre de projets	Investissements à mobiliser (MDA)	Volume mobilisé (hm ³ /an)	Volume disponible à l'irrigation (hm ³ /an)	Surfaces à irriguer (ha)
2015-2020	20	4 756,76	117,84	96,6	14 233
2020-2025	30	7 954,19	217,69	173,2	28 866
2025-2030	51	15 370,09	428,6	357,0	51 888
Totaux	101	28 081,04	764.13	626.8	94 987

Voir le listing des STEP en projet pour la REUE par lot en annexe 2

6.2. Programme pilote lancé en Algérie (2010/2011)

Un investissement est programmé dans le plan quinquennal 2010-2014 pour satisfaire les besoins en eau d'irrigation d'environ 40 000ha par la REUE sur sept (07) site comme projet pilote :(KESSIRA, 2013)

Tableau 17 : Liste des sites pilotes Pour la REUE lancé en Algérie (2010/2011)(KESSIRA, 2013)

N° de site	STEP/Lagune	Périmètre	Superficie pilote (ha)	Superficie projetée (ha)
01	STEP : Ain El Hout (Tlemcen)	Hennaya (Tlemcen)	920	/
02	STEP El kerma (Oran)	M'Leta (Oran)	350	8 100
03	Lagune de Témacine	Témacine (Ouargla)		760
04	STEP Bordj Bou Arreridj	Bordj Bou Arreridj	200	250
05	STEP Sétif	Sétif	800	800(400ha Arboriculture et 400 ha maraichage).
06	STEP Constantine	Hamma Bouziane (Constantine)	/	400
07	STEP Mascara	périmètre de Mascara	/	600
	Lagune : Ghris		/	150
	Lagune : El Hachem.		/	150

6.3. Situation de la REUE en Algérie des STEP et lagunes gérée par l'ONA

6.3.1. Evolution de parc de l'ONA STEP et lagune concernées par la REUE

Selon le tableau 18, sur les 154 stations d'épuration exploitées par l'ONA jusqu'à 2019 à travers les 43 wilayas, 16 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

Au cours de l'année 2019, un volume de 12 325 269 m³, a permis l'irrigation de 11 045,22 ha de superficies agricoles.

Le taux de la REUE est estimé à 31% du volume épuré par les 16 STEP concernées et qui est de 5% du volume total épuré par l'ensemble des STEP en exploitation.

Le potentiel de la réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles évoluera d'une manière significative, durant l'année 2020 (prévision fin 2019) (ONA ,2019)

Tableau 18 : Réutilisation des eaux usées épurées durant le l'année2019 des STEP en exploitation gérées par l'ONA (ONA, 2019)

Wilaya	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m ³ /j)	Volume (m ³)		Taux de REUS %	Domaine Agricole (Ha)	Type de culture	Utilisateurs (Concessionnaire)
				épuré	réutilisé				
Boumerdes	STEPBA de Boumerdes	75 000	15 000	5 127 141	300 416	5,86	Flicci : 49 Rahmoun : 76	Pépinière d'oliviers, Orangers et Vignes	M. Flicci M. Rahmoun
				10 193 658	239 221		15		
El Oued	L.N Kouinine	239 134	44 335	3 960 157	3 960 157	2,35	Guelma, Boumahra et Boucheougouf : 6 980	Vergers	Contribution à l'irrigation du périmètre géré par l'ONID par l'apport des eaux usées à oued seybousse
Guelma	STEPB.A de Guelma	200 000	32 000	111 090	111 090	100	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte (Apport à Oued Medjerda)
Souk Ahras	STEPB.A de Souk Ahras	150 000	30 000	9 257 249	2 145 400	23,18	Plaine de Hennaya : 912,22	Arboriculture	ONID
Tlemcen	STEPB.A de Mascara	100 000	13 000	3 737 452	3 737 452	100	El-Kouaer : 400		
				254 378	254 379				
Mascara	L.A Ghriss	48 000	5 800	315 375	315 375	100	475		
				130 394	130 394				
Ain Témouchent	L.N d'Oued Taria	21 000	2 520	344 607	344 607	100	196		
				133 144	133 144				
Saida	L.N Mohammadia Est	19 000	2 280	0	0	/	El-Habra : 175		
				107 378	107 378				
Ain Témouchent	L.N Khalouia	6 321	949	291 256	291 256	100	182		
				4 364 314	0				
Saida	STEP B.A Ain El Hadjar	30 000	4 800	1 251 012	255 000	20,38	58		Autorisation DRE
				39 578 606	12 325 269				
Total des 16 STEP				1 185 155	201 272	39 578 606	12 325 269	31,14	11 045,22Ha

Interprétations

- ✓ Selon le MRE, la réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation doit concerner en priorité les zones déficitaires en eau conventionnelle (MRE, 2012) ;
- ✓ Sur les 16 STEP concernées par la REUE 10 STEP ont un taux de 100% de réutilisation (voir tab18) ses STEP sont situés au Nord-Ouest du pays au climat semi aride qui a une pluviométrie moyenne de l'ordre de 250 à 400 mm ;
- ✓ Les cultures et Les parcelles irriguées avec des eaux usées épurées des 16 STEP figurent sur la liste indiquée par la réglementation (NA 17683 IANOR) ;
- ✓ Certaines parcelles sont irriguées par la réutilisation indirecte comme le domaine agricole de Souk Hras à partir de Oued Medjerda et ce lui de Guelma qui est une Contribution à l'irrigation du périmètre géré par l'ONID par l'apport des eaux usées à Oued Seybousse ;
- ✓ Pour des fins de vulgarisation de l'activité en question, la majorité des périmètres irrigués sont des domaines étatiques.

Le tableau 19 nous montre qu'au 1^{er} semestre 2020, le nombre de stations concernées par la réutilisation est passé à 20 STEP, ayant traité un volume de 19 858 498 m³ soit 7 182 607 de m³ réutilisé, le taux de REUE est de 36,2% afin d'irriguer plus de 11 094,22 ha de superficie agricoles

Voir annexe 3: cartographie de l'implantation des STEP et lagunes concernées par la REUE gérée par l'ONA (SIG /DG ONA, 2020)

Tableau 19 : Réutilisation des eaux usées épurées durant le 1^{er} semestre 2020 des STEP en exploitation gérées par l'ONA (ONA, 2019)

Wilaya	Désignation	Capacité (Eq/H)	Débit nominal (m ³ /j)	Volume (m ³)		Taux de REUS%	Domaine Agricole (Ha)	Type de culture	Utilisateurs (Concessionnaire)	
				épuré	réutilisé					
Boumerdès	STEP BA Boumerdès	75 000	15 000	2 056 133	112 575	5,48	Flicci : 49 Rahmoun : 76	Pépinière d'oliviers, Orangers et Vignes	M. Flicci M. Rahmoun	
				5 275 609	132 841	2,52	15	Arbres Eucalyptus etKazarina	ONA	
Guelma	STEP BA Guelma	200 000	32 000	1 527 310	1 527 310	100,00	Guelma, Boumahra et Boucheouf : 6 980	Vergers	Contribution à l'irrigation du périmètre géré par l'ONID par l'apport des eaux usées à oued seybousse	
Souk Ahras	STEP BA Souk Ahras	150 000	30 000	138 951	138 951	100,00	200	Arboriculture	Réutilisation indirecte (de à Oued Medjerda)	
Tiemcen	STEP BA Tiemcen	150 000	30 000	4 601 229	145 000	3,15	Plaine de Hennaya 912,22	Arboriculture	O.N.I.D	
				2 118 436	2 118 436	100,00	El-Kouaer : 400 Ghriss : 420 475			
Mascara	STEP BA Mascara	100 000	13 000	126 991	126 991	100,00				
	L.A Ghriss	48 000	5 800	191 900	191 900	100,00				
	L.A Bouhanifia	32 500	3 900	53 066	53 066	100,00				
	L.A Hacine	20 000	3 200	199 902	199 902	100,00				
	L.N Taria	21 000	2 520	70 765	70 765	100,00				
	L.N Tizi	12 000	1 440	/	/	/				
Ain Témouch	L.N Mohammadia Est	19 000	2 280	64 790	64 790	100,00	El-Habra : 175			
	L.N Froha	9 400	1 128	178 699	178 699	100,00	Ghriss : 182			
	L.N Khalouia	6 321	949	2 058 907	1 438 807	69,88	182			
	STEP BA Ain Témouch	72 800	10 920	381 971	381 971	100,00	135	Arboriculture		
Mostaganem	L.N Bouguirat	18 000	2 600	275 604	275 604	100,00	20			
	L.A Hadjadj	18 000	2 200	160 761	160 761	/	7			
	STEP BA Sidi Lakhdar	35 000	5 600	31 575	31 575	/	2			
	STEP BA Khadra	30 000	3 500	345 900	25 000	7,23	58	Arbres fruitiers (agrumes)	Autorisation DRE	
Saïda	STEP BA Ain El Hadjar	30 000	4 800	19 858 498	7 182 607	36,17	11	Arboriculture		
Total des 20 STEP				1 286 155	215 172	19 858 498	7 182 607	36,17	11	094,22

Le tableau 20 nous résume l'évolution de la REUT de la période allons de 2012 au 1^{er} semestre 2020 ; Le nombre de STEP à évoluer de 15 STEP en 2012 a 20 STEP au premier semestre de 2020. Le volume réutilisé a diminuer de 22,68 hm³ en 2012 jusqu'à 12,32 hm³ , expliquer par la réduction du volume d'eau usée brute influencé par le manque de précipitation irrégulière ces dix dernières années de même pour la dotation en AEP suite a la rareté ressentie.

Tableau 20 : Evolution de nombre de STEP concernées par la REUE et le taux de REUE de 2012 a 2019 (ONA, 2019)

Année	nombre de STEP	Volume épuré (m ³)	Volume réutilisé (m ³)	Taux de REUE%	Périmètre irrigué Ha
2012	15	43 208 601	22 684 380	52,50	12 601,22
2013	15	40 233 909	19 227 245	47 ,79	12 613,22
2014	14	50 660 226	24 435 082	48,23	11 078
2015	17	48 549 480	20 968 943	43,19	11 076
2016	18	48 363 664	20 867 029	43,15	11 212
2017	17	46 780 614	18 550 512	39,65	11 062
2018	17	49 705 936	16 376 286	32,95	11 062
2019	16	39 578 606	12 325 269	31,14	11 045,22
1 ^{er} semestre 2020	20	19 858 498	7 182 607	36,17	11 094,22

6.3.2. Paramètres d'auto surveillance des STEP consoées par la REUE pour l'année 2019

Les STEP ne sont pas doté d'un traitement tertiaire, la procédure imposé par la réglementation oblige l'agriculture a concevoir des bassins de rétention qui sert a la fois de stockage et un procès de traitement tertiaire selon la catégorie C de la norme IANOR voir tableau 10 .Des exemples de photos de bassins de rétention et schémas directeurs de système d'irrigation de quelque STEP sont en annexe (annexe2)

L'ONA doit assurer la qualité physico chimique, éléments trace métallique et microbiologique ;

De ce faite l'ONA effectue des analyses sur les eaux épurées avant leurs pompage vers les bassins de stockage des agriculteurs (voir tab 21), de sont coté l'agriculture refait l'analyse microbiologique après au moins 2 jours de rétention avant l'irrigation.

Tableau 21 : Rendements épuratoires de quelques STEP et lagunes consternées par la REUE durant l'année 2019 (ONA, 2019)

STEP / Lagune	MES mg/l			DBO5 mg/l			DCO mg/l		
	Entrée	Sortie	R%	Entrée	Sortie	R%	Entrée	Sortie	R%
STEP BA Boumerdès	272	18	93%	297	10	97%	468	20	96%
STEP BA Ain Témouchent	315	20	94%	265	10	96%	575	42	93%
STEP BA Guelma	169	13	92%	147	15	90%	357	29	92%
STEP BA Ain El Hadjar	300	21	93%	206	16,75	92%	331	52	84%
STEP BA Tlemcen	188	22	88%	160	13	92%	393	34	91%
STEP BA Souk Ahras	101	10	90%	10	4	58%	/	/	/
L .A Kouinine	402	26	93%	296	56	81%	595	108	82%

Conclusion Générale

Conclusion Générale

L'Algérie traverse un véritable challenge en matière de ressource en eaux causé par la nature de son climat aride qui l'inscrit dans la zone de l'extrême rareté avec des précipitations insuffisantes, irrégulières et inégales

Notre enquête nous a permis de constater les efforts consentie par l'Algérie afin d'améliorer la mobilisation des ressources en eau, le bilan ressource-demande de l'année en cours a permis de le confirmer, selon la simulation et suivant les scénarios tendanciel et volontariste et si on mobilise le volume total épuré pour l'irrigation actuel on pourra minimiser le déficit selon scénario tendanciel à - 666 hm³, et un gain de 566 hm³ avec le scénario volontariste. De ce fait l'Algérie doit fournir plus d'effort afin d'améliorer le secteur d'assainissement et de la réutilisation en renforçant le parc national de STEP, ce dernier s'est vu évoluer de 12 STEP en 1999 à 188 en 2019 avec une prévision de 325 STEP pour l'horizon 2030, toutefois le nombre de STEP destinée à la REUE est de 15 STEP en 2012 qui a atteint 20 en 2020 et des prévisions d'atteindre 101 STEP en 2030.

La REUE est encadrée par un volet de loi mûr et amélioré en tenant des décrets interministériels de 2007 N° 07-149 complété par l'arrêté interministériel du 8 safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012, et la norme de réutilisation NA 17683 est mise en vigueur en 2014 par l'IANOR.

Néanmoins, et devant les obstacles techniques, moyens matériels et manque de nouvelles technologies, l'activité de la REUE est très peu pratiquée en Algérie à un taux de 36% de réutilisation au premier semestre de 2020. Et afin d'améliorer et de promouvoir l'activité de la REUE on propose les recommandations d'améliorations suivantes :

- La nécessité d'une vraie volonté politique qui est le point de départ de l'instauration de projet de REUE par une coordination interministérielle de producteur de l'effluent à l'utilisateur et passant par les différents contrôleurs, santé, environnement et commerce.
- Renforcement de la coordination intersectorielle par la mise en place d'un organe mixte de suivi de l'opération de la REUE afin de lever la contrainte institutionnelle et d'assurer la durabilité du projet sur le plan sanitaire et environnemental.
- L'amélioration du traitement pour obtenir un effluent à usage non restrictif (niveau de traitement A) et ce, par la mise en place de traitements de désinfection (lagunes tertiaires, UV). Le lagunage est à privilégier pour des

Conclusion Générale

raisons de faible coût d'exploitation et de bonnes adaptations aux conditions climatiques de l'Algérie tout en assurant aussi le rôle de stockage.

- Veillez sur l'application stricte du cadre réglementaire et des directives émient par la norme NA 17683 et des pratiques agricole.

Références Bibliographiques

- Abbou S. et Zeghmar N. , 2010.** *Réutilisation des eaux usées épurées et valorisation agricole des boues* .Pour l'obtention du Master Professionnel « Gestion de l'environnement et traitement des eaux », UNIVERSITE DE LIMOGES.
- Baumont S., 2004.** *Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France*, École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT).
- Benabdallah S. et Neubert S. ,2003.** *La réutilisation des eaux usées traitées en Tunisie*. German Development Institute (DIE), Bonn, Germany.
- Benzaria Mohammed, 2008.** *Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation* .Université du Québec À Montréal.
- Benzaria Mohammed, 2008.** *Approche Méthodologique pour les Projets de Réutilisation des Eaux Usées en Irrigation* , Université du Québec À Montréal.
- Bouchaala Laid, Charchar Nabil et Gherib Abde Elfettah, 2017.** *Ressources Hydrique : Traitement et Réutilisation des eaux usées en ALGERIE* .Division Biotechnologies et Environnement, Centre de Recherche en Biotechnologies (C.R.Bt), Constantine.
- CSHPF , 1991.** Conseil supérieur de l'hygiène publique de France (CSHPF) de 1991.
- CSHPF, 1991.** *Recommandations sanitaire concernant l'utilisation des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation des cultures et espaces verts*
- Djelouah k. ,2018.** *Accès à l'eau et à l'assainissement en Algérie*, Ministère des ressources en eau Algérie CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR LE COMMERCE ET LE DEVELOPPEMENT (CNUCED) Genève, 7 et 8 mai 2018.
- Faby J.A., Brissaud F. ,1997.** *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.*
- Faby J.A., Brissaud F., 1997.** *L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Office International de l'Eau.*
- Hannachi A. , Gharzouli R. , DJELLOULI TABET Y., 2014.** *Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie*, Larhyss Journal, Université Ferhat ABBAS- Sétif (Algérie).
- IANOR, 2014.** *PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT Réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles, municipales et industrielles Spécifications physico-chimiques et biologiques*, NA 17683:2014 Edition : 01 IANOR .
- Kessira M. , 2013.** *Valorisation des eaux usées épurées en irrigation politiques de soutien et cadres institutionnel.*

- Kettab A⁽¹⁾. et Djaffar S⁽²⁾. , 2018.** *La gestion de l'eau en Algérie : quelles politiques, quelles stratégies, quels avenir ?* Revue algérienne des sciences et technologie de l'environnement, 4(1)
- Lavison G. et Moulin L. ,2007.** *Réutilisation des eaux usées : réglementation actuelle et paramètres d'intérêt*, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
- Lazarova V. et Brissaud F. (2007),** Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.
- Mémento dégrèvement, 2019.** *generalites/quelles-eaux-a-traiter-pourquoi/les-effluents-urbains/reutilisation-des-eaux-usees.* SUEZ <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et->
- Morgan Mozas & Alexis Ghosn ,2013.** *État des lieux du secteur de l'eau en Algérie (étude et analyse)*, IPEMED.
- Moussaoui R. ,2015.** *La réutilisation des eaux usées traitées en Agriculture.* Ecole préparatoire en Sciences Economiques commerciales et science e Gestion Tlemcen
- Nichane M., Khelil M. A., 2014.** *Changements climatiques et ressources en eau en Algérie: vulnérabilité, impact et stratégie d'adaptation.* Revue des Bio Ressources, vol. 4 N° 2: 1-7.
- OMS, 1989.** *L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquiculture: recommandation avisées sanitaires.* Organisation Mondiale de la Santé, Genève, pp 17-60.
- OMS, 2012.** *Volume II Utilisation des eaux usées en agriculture.* Organisation Mondiale de la Santé, Genève.
- ONA, 2013.** *Document interne.*
- ONA, 2014.** *Document interne.*
- ONA, 2019.** *Document interne bilan annuel DEM ONA 201.9* <http://ona-dz.org/>
- Rejeb S., Chenini F., Khelil Mn., Chaabouni Z. et Xanthoulis D.,2002.** *Optimisation de la réutilisation des eaux usées traitées en irrigation.* INGRES.
- Rotbardt A., 2011.** *La Réutilisation d'eaux usées traitées (REUT) Perspectives Opérationnelles et Recommandations pour l'Action,* AGENCE FRANCAISE DE DEVELOPPEMENT.
- Samuel Baumont S., 2004.** *École nationale supérieure agronomique de Toulouse (ENSAT), Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France.*
- SEAAL, 2019.** *Document interne.* (<http://www.seaal.dz>).
- SEACO, 2019.** *Document interne.* (<http://www.seaco.dz>).
- SEOR, 2019.** *Document interne.* (<https://www.seor.dz>).
- SIG /DG ONA ,2020.** *Document interne cartographie .*

Talaboulma R. ,2018 . *Développement de l'irrigation par les eaux usées épurées Le périmètre de M'Léta Oran*, 19 Mars 2018 Office National de l'irrigation et du Drainage.

Tireche T., Kadri N., Ouramdhane A., Souaber H., Maameri M.,Gemmaz F., 2012. Rapport pays Algérie. Agence Européenne pour l'environnement, Instrument européenne de voisinage et de partenariat vers un système de partage d'informations sur l'environnement « SEIS ».

World Map 2006-2020. https://www.worldmap1.com/map/algeria/algeria_map_cities.gif

Yoshida, 2007 *Characterization of Metal/Metalloid Pollution in Oued El Harrach Sediments.*

Annexes

Annexe 2

Tableau 1 : 1^{er} lot de projets potentiels en exploitation ou en travaux (MRE, 2019)

n°	Wilaya	STEP	Débit nominal (m ³ /an)	Surface à irriguer (ha)
1	Tlemcen	AIN EL HOUTZ	10 950 000	1521
2	ORAN	AIN TURK	10 950 000	1521
3	SAIDA	AIN EL HADJAR	1 750 200	243
4	SAIDA	SIDI AMMAR	536 185	74
5	MASCARA	MASCARA	4 745 000	659
6	A.TEMOUCHENT	A.TEMOUCHENT	3 985 800	554
7	BOUMERDES	BOUMERDES	5 475 000	760
8	EL OUED	KOUININE	16 182 275	900
9	BBA	BBA	10 950 000	1521
10	MOSTAGANEM	A.MOUISSY	1 898 000	264
11	MOSTA	FORNAKA	1 460 000	203
12	MOSTAGANEM	BOUGURET	949 000	132
13	MOSTAGANEM	MESRA	949 000	132
14	MOSTAGANEM	HADJADJ	949 000	132
15	TISSEMSILT	TISSEMSILT	9 855 000	1369
16	TISSEMSILT	T.EL HAD	2 131 600	296
17	MSILA	MSILA	11 680 000	1622
18	S. AHRAS	S.AHRAS	10 950 000	1521
19	TAM	TAM	10 015 600	560
20	ALGER	ZERALDA	1 482 800	250
Total des projets : 20			117 844 460	14 233

Tableau 2: 2^{ème} lot de projets potentiels dont les études sont achevées, en cours d'établissement ou en voie de lancement (MRE.2019)

n°	Wilaya	STEP	Débit nominal (m ³ /an)	Surface à irriguer (ha)
1	SIDI BEL ABBES	SIDI BEL ABBES	10 220 000	1419
2	MASCARA	GHRISS	2 117 000	294
3	EL BAYADH	EL BAYADH	7 190 500	999
4	OURGLA	TOUGGOURT	3 416 400	190
5	GHARDAIA	KEF DOUKHAN	16 936 000	941
6	CONSTANTINE	ALI MENDJELI	15 330 000	2129
7	CONSTANTINE	ZIGHOUT YUCEF	9 015 500	1252
8	KHENCHELA	KHENCHELA	8 395 000	1166
9	KHENCHELA	KAIS	2 628 000	365
10	Oum El Bouaghi	OUM EL BOUAGHUI	7 300 000	1014
11	S.AHRAS	SEDRATA	3 650 000	507
12	CHLEF	CHLEF	13 286 600	1845
13	LAGHOUAT	LAGHOUAT	9 745 500	1354
14	MEDA	OUEDLAHRECH	10 950 000	1521
15	TIPAZA	HADJOUT	4 088 000	568
16	BOUMERDES	ZEMMOURI	1 825 000	253
17	BOUMERDES	THENIA	2 190 000	304
18	TIZI OUZOU	TADMAIT	711 750	99
19	TIZI OUZOU	AZEFFOUN	1 095 000	152
20	SETIF	SETIF	24 090 000	3346
21	SETIF	AIN SKHOUNA	578 160	80
22	OEB	AIN BEIDA	6 146 600	854
23	OEB	AIN M'LILA	3 650 000	507
24	SIKIKDA	SIKIKDA	16 790 000	2332
25	EL OUED	HASSANI ABDELKRIM	5 232 180	291
26	EL OUED	SIDI AOUNE	4 749 015	264
27	EL OUED	REGUIBA	1 869 165	104
28	GHARDAIA	GUERARA	5 041 400	280
29	GHARDAIA	BERRIANE	4 343 500	241
30	GHARDAIA	MENEA	5 256 000	292
Total			217 691 270	24963

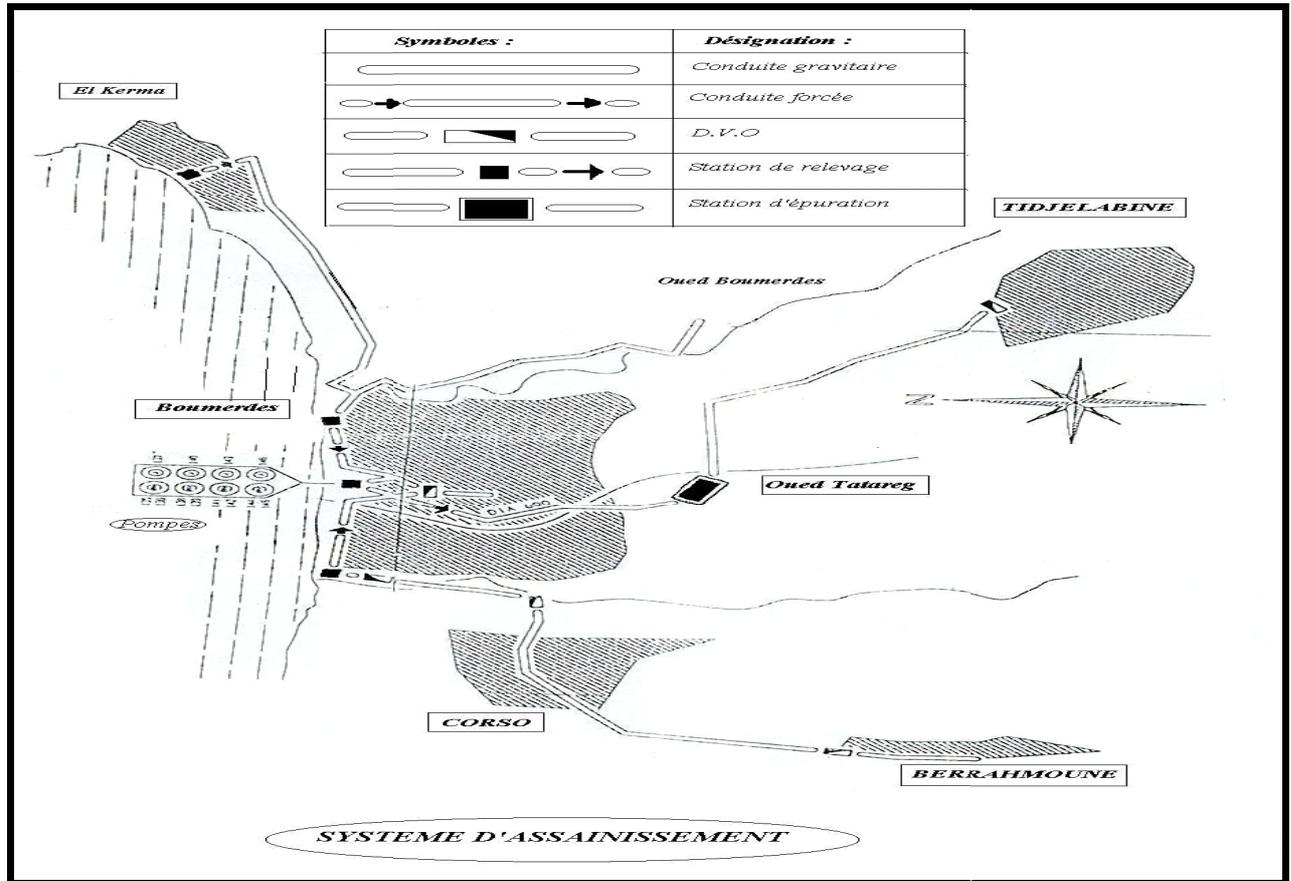
Tableau 3 : 3^{ème} lot de projets potentiels dont les STEP hors bassins versants de barrages (MRE, 2019)

n°	Wilaya	STEP	Débit nominal (m³/an)	Surface à irriguer (ha)
1	CONSTANTINE	EL KHROUB	35 405 000	4917
2	CONSTANTINE	IBN ZIAD	25 228 800	3500
3	BLIDA	BOU FARIK	21 900 000	3040
4	OUARGLA	OUARGLA	20 805 000	1560
5	MOSTA	MOSTA	20 440 000	2839
6	AIN DEFLA	MELIANA K.MELIANA	19 527 500	2712
7	BLIDA	BENI MERAD	18 980 000	2640
8	TEBESSA	TEBESSA	17 520 000	2433
9	SKIKDA	FILFILA	14 600 000	2028
10	TIARET	TIARET	13 870 000	1930
11	M SILA	BOUSAADA	11 680 000	1622
12	SAIDA	SAIDA	10 950 000	1520
13	ORAN	BETHIOUA	10 950 000	1070
14	ORAN	OUED TLELAT	10 950 000	1521
15	BISKRA	BISKRA	10 296 000	572
16	BECHAR	BECHAR	8 760 000	487
17	EL OUED	EL OUED	7 665 000	430
18	MILA	SIDI MEROUANE	7 539 800	1050
19	JIJEL	EL MILIA	7 519 000	1050
20	CHLEF	CHETTIA	7 227 000	1004
21	ORAN	BIR EL DJIR	6 935 000	963
22	JIJEL	JIJEL	6 570 000	913
23	TO	TO OUEST	6 570 000	910
24	SETIF	AINOULMANE	6 570 000	920
25	MEDEA	BEROUAGHIA	5 475 000	760
26	M SILA	SIDI AISSA	5 475 000	760
27	GHARDAIA	GARDAIA	5 329 000	296
28	LAGHOUAT	AFLOU	5 256 000	730
29	BEJAIA	BEJAIA	4 745 000	659
33	TINDOUF	TINDOUF	4 380 000	243
31	TINDOUF	TINDOUF	4 380 000	243
32	TINDOUF	TINDOUF	4 380 000	243
33	TIARET	FRENDIA	4 307 000	598
34	OEB	AIN FEKROUN	4 197 500	583
35	BOUIRA	AIN BESSAM	4 106 250	570
36	TEBESSA	BIR EL ATER	3 942 000	548
37	ADRAR	ADRAR	3 540 500	197
38	TEBESSA	CHREA	3 467 500	482
39	BISKRA	O.DJELLAL	3 285 000	183
40	ORAN	ARZEW	3 139 000	436
41	OUARGLA	ROUISSET	3 102 500	172
42	BISKRA	TOLGA	2 847 000	158

43	OUARGLA	NEZLA	2 810 500	156
44	OUARGLA	H.MESSAOUD	2 810 501	156
45	EL BAYADH	AIN SEFRA	4 303 350	598
46	MILA	C.LAID	3 285 000	456
47	TIPAZA	SAHEL METIDJA	2 737 500	152
48	TEBESSA	OUEENZA	2 518 500	350
49	ILLZI	DJANET	2 190 000	122
50	TAMANRASSET	IN GHAR	2 109 700	117
51	BEJAIA	SOUK EL TENINE	2 080 500	289
Tableau			428 657 901	51 888

Annexe 4

Figure 3 : Schéma du système d'irrigation de la STEP de Boumerdes



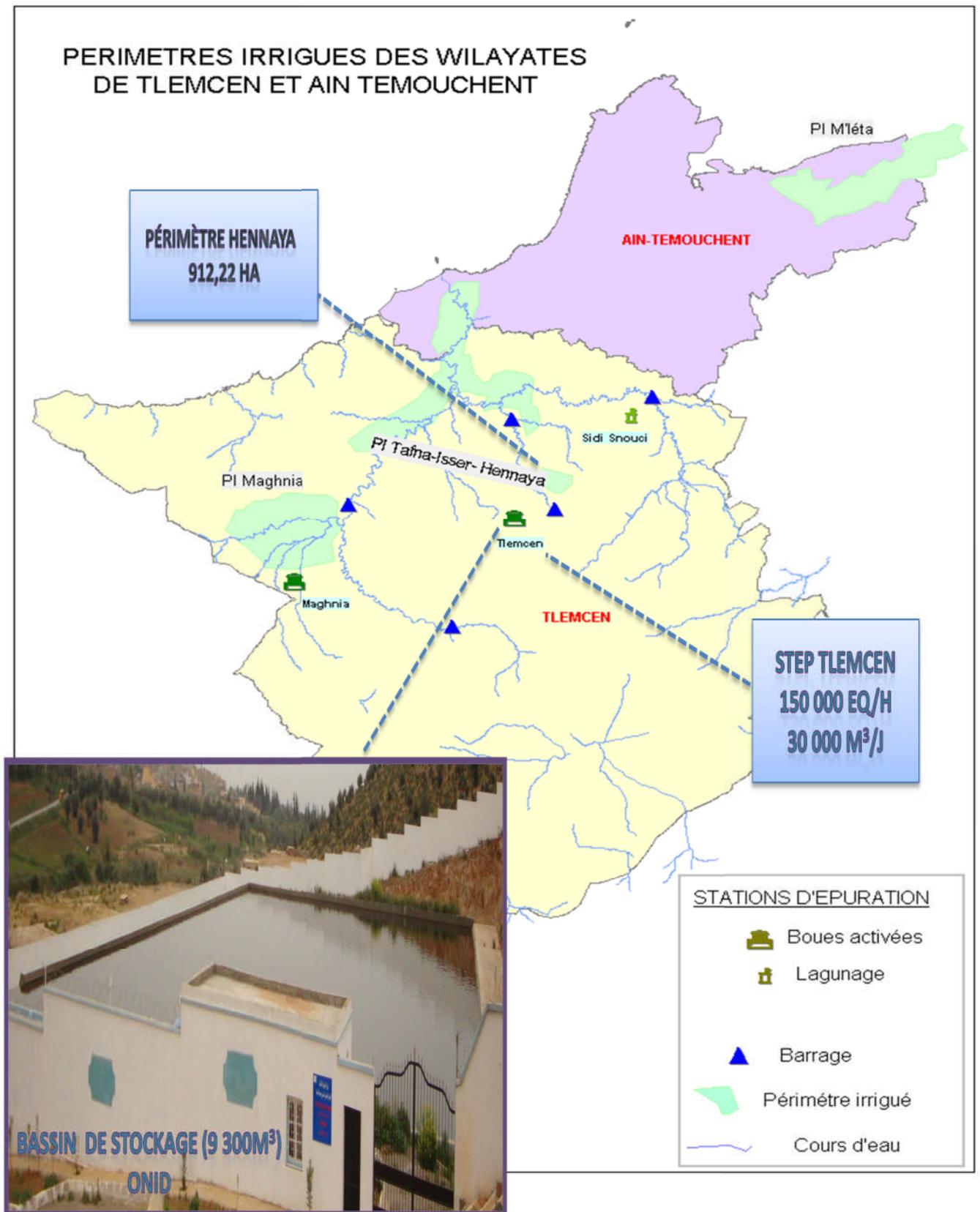
Bassin de décantation Flici
Périmètre irriguée 49 He
Capacité 258 640.4 m³



Bassin de décantation Rahmoun
Périmètre irriguée 76 He
Capacité 247 389.2 m³

Annexe 5

Figure 4 Schéma du système d'irrigation des STEPs de Tlemcen et Ain Timouchent



Résumé

L'Algérie traverse un véritable challenge en matière de ressource en eaux causé par la nature de son climat aride qui l'inscrit dans la zone de l'extrême rareté avec des précipitations insuffisantes, irrégulières et inégales réduisant la disponibilité de la ressource en eau, cette dernière est en moyenne de 500 m³/hab/an valeur très inférieure au seuil de rareté admis au niveau international qui est de 1000 m³/hab/an.

Face à cette situation, l'Algérie ne voulait plus tourner le dos aux ressources alternatives en particulier les eaux usées épurées qui représentent un volume important et fiable. A ce titre, une nouvelle politique de gestion de l'eau est mise en place à partir de l'année 2000 afin d'améliorer le niveau hydrique national.

Afin d'accroître et sécuriser la mobilisation de ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles, l'Algérie a consentie des efforts considérable ces deux dernières décennies dans le secteur de l'eau notamment l'assainissement ; qui a connu une évolution significative en matière d'infrastructures bâtis, développe, encadre et réglementé de l'activité de la REUE pour soutenir la stratégie de sécurité alimentaire avec l'extension des zones irriguées

Mots Clés : Algérie, ressources en eaux; eaux usées, station d'épuration, réutilisation, irrigation, climat aride

Abstract

Algeria is going through a real challenge in terms of water resources caused by the nature of its arid climate which places it in the zone of extreme scarcity with insufficient, irregular and uneven precipitation reducing the availability of water resources, the latter is on average 500 m³ / inhabitant / year, a value much lower than the internationally accepted scarcity threshold which is 1000 m³ / inhabitant / year.

In this situation, Algeria no longer wants to turn its back on alternative resources, in particular purified wastewater which represents a large and reliable volume. As such, a new water management policy was put in place from the year 2000 in order to improve the national water level.

In order to increase and secure the mobilization of conventional and unconventional water resources, Algeria has made considerable efforts over the past two decades in the water sector, particularly sanitation, which has experienced a significant evolution in terms of built infrastructure, develops, supervises and regulates the activity of the REUSE to support the food security strategy with the extension of irrigated areas

Keywords: Algeria, water resources; wastewater, treatment plant, reuse, irrigation, arid climate