

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



Université d'Oran 2

Mohamed Ben Ahmed

Faculté des Sciences de la terre et de l'Univers

Mémoire

Pour l'obtention du diplôme de Master 2 Géographie et aménagement du territoire

Option : Climat, Hydrologie, Territoires

Aménagement d'un projet Hydro-agricole de la plaine de Mléta par la réutilisation des eaux d'assainissement traitées de la ville d'Oran

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr BENMRAH IMAD

Devant le jury composé de :

BELMAHI AHMED NADIR	M C A	Université d'Oran 2	Président
GHODBANI TAREK	PROFESSEUR	Université d'Oran 2	Examineur
KOUTI Abdelaziz	M A A	Université d'Oran 2	Rapporteur

Année 2019

Remerciement

Tout d'abord, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la patience et la force pour terminer ce modeste travail.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon encadreur de mémoire Monsieur **Abdelaziz KOUTI**, l'université d'Oran 2, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Nos remerciements s'adressent également à tous les enseignants du Département Géographie et aménagement de territoire, qui ont contribué à notre formation, sans oublier tout le personnel administratif.

Je remercie mes très chers parents, qui ont toujours été là pour moi. Je remercie mes frères, ma familles, mes amis pour leurs encouragements.

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.

Nos respects aux membres du jury, qui nous fait l'honneur d'évaluer notre travail.

À tous ces intervenants, je présente mes remerciements, mon respect et ma gratitude.

DÉDICACE

Nous dédions ce travail en signe de reconnaissance et de respect :

- ✓ A nos mères et à nos pères pour tous les sacrifices qu'ils ont consentis à nos égards
- ✓ A nos frères
- ✓ A nos sœurs
- ✓ A toute la famille
- ✓ A nos amis

 **BENMRAH IMAD**

1. LISTE DES SIGLE ET ACRONYMES

DMRE : Direction de Mobilisation des Ressources en Eaux

DPAT : Direction de la planification et de l'aménagement du territoire

ENSA : École national supérieure agronomique.

ESMRE : École supérieure de management des ressources

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

MRE : Ministère des ressources en eau

OIE : Office international de l'eau

ONA : Office national d'assainissement

ONID : Office national de l'irrigation et du drainage

PNA : Programme national de l'alimentation

PNC : Plan national de climat

RADP : République Algérienne Démocratique et Populaire

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

SEOR : Société de l'eau et de l'Assainissement

Sommaire

1. LISTE DES SIGLE ET ACRONYMES	4
CHAPITRE 1- PHÉNOMÈNE CLIMATIQUE ET LA ZONE D'ÉTUDE	10
2. LES CAUSE EST LES CONSÉQUENCES DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE.....	12
2.2. LES CAUSES DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE	12
2.3. LES CONSÉQUENCES DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE	12
3. PRINCIPES ET MÉTHODOLOGIE D'ÉLABORATION DU PNC	13
3.2. PRINCIPES D'ÉLABORATION DU PNC	13
3.3. PHASES D'ÉLABORATION DU PNC.....	13
4. CONTEXTE CLIMATIQUE DE L'ALGÉRIE	14
4.2. LES ÉMISSIONS DE GES EN ALGÉRIE	14
5. IMPACTS DES CC EN ALGÉRIE	15
6. LE RÉGIME INTERNATIONAL SUR LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES	17
6.2. LES CONVENTIONS CADRE DES NATIONS UNIES SUR L'ENVIRONNEMENT	17
7. RISQUES PRINCIPAUX RÉSULTANT DES CC.....	19
8. L'IMPACT DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR L'AGRICULTURE ET LES RESSOURCES EN EAU.....	20
9. LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉE	22
10. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE (MLÉTA)	22
10.2. LES OBJECTIFS D'ÉTUDES DU PROJET	23
10.3. ADAPTATION DE L'AGRICULTURE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....	23
10.4. ADAPTATION DES EAUX AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	24
10.5. DÉVELOPPEMENT DE L'HYDRAULIQUE AGRICOLE.....	24
11. 9. CLIMATOLOGIE DU PÉRIMÈTRE	25
11.2. TEMPÉRATURES MOYENNES MENSUELLES.....	25
11.3. TEMPÉRATURES MINIMAL-MAXIMALE MOYENNE MENSUELLE.....	26
11.4. HUMIDITÉ MOYENNE	27
11.5. ÉVAPORATION	27
11.6. ÉVAPOTRANSPIRATION	28
11.7. VITESSE DES VENTS	28
11.8. LA PLUVIOMÉTRIE	29
11.9. CLASSIFICATION DE CLIMAT SELON LE DIAGRAMME D'EMBERGER.....	31
CHAPITRE 2 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE SUR LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉES	33

1.	OBJECTIF DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	34
2.	HISTORIQUE DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES	36
3.	LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES EN AGRICULTURE.....	36
3.2.	EXEMPLE DE RÉUTILISATION DES EAUX ÉPURÉES EN AGRICULTURE DANS LE MONDE.....	36
3.3.	L'EXPÉRIENCE ALGÉRIENNE DANS LE DOMAINE DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES :.....	37
3.4.	STATISTIQUES SUR LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉES EN ALGÉRIE	38
3.5.	PERSPECTIVES DE RÉUTILISATION DES EUE EN AGRICULTURE	40
4.	CADRE RÉGLEMENTAIRE D'USAGE DES EAUX USÉES ÉPURÉES.....	40
4.2.	5.1. NORMES ACTUELLEMENT EN USAGE	41
4.3.	LES RISQUES LIÉS À LA RÉUTILISATION AGRICOLE DES EAUX USÉES ÉPURÉES	44
4.4.	STOCKAGE DES EAUX ÉPURÉES	50
4.5.	RÉSERVOIRS DE STABILISATION	50
4.6.	LES BÉNÉFICES ET LES CONTRAINTES DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES :	51
4.7.	5.6. VALEUR ÉCONOMIQUE AJOUTÉE :	51
4.8.	VALEUR ENVIRONNEMENTALE :	52
4.9.	DÉVELOPPEMENT DURABLE :	52
4.10.	DÉFIS ET CONTRAINTES DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES :	52
5.	EAUX USÉES ÉPURÉES EN ALGÉRIE	53
6.	MÉTHODOLOGIE D'UTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉES DANS L'HYDRO AGRICOLE.....	54
7.	ÉTAPES D'UNE FILIÈRE DE TRAITEMENT DES EAUX. (SADOK, 1999)	55
CHAPITRE 3 : PRÉSENTATION DE LA STATION D'ÉPURATION D'EL KERMA.....		58
1.	SITUATION DE LA STATION D'ÉPURATION D'EL KERMA.....	59
2.	LES INSTALLATIONS DE LA STATION D'EL KERMA	61
3.	LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE TRAITEMENT	61
3.2.	PRINCIPE DE TRAITEMENT D'EAU :.....	61
3.3.	3.2. APPAREILS ET INSTRUMENTS DE MESURE AU NIVEAU DE LA STEP D'EL KERMA.....	71
4.	ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE L'EAU USÉE ÉPURÉE DE LA STEP D'EL KERMA	73
4.2.	NORMES DE REJETS	73
4.3.	RÉSULTATS D'ANALYSES ET INTERPRÉTATION	74
CHAPITRE 3 : PROJET D'AMÉNAGEMENT ET D'IRRIGATION POUR TAFRAOUI MLÉTA.....		77
1.	SITE DU PROJET.....	78
1.2.	PRÉSENTATION ONA/ONID.....	79

2.	LA PRÉSENTATION DU SCHÉMA D'AMÉNAGEMENT HYDRAULIQUE	79
2.2.	LE SCHÉMA HYDRAULIQUE	81
2.3.	LES SYSTÈME LAGUNAIRE	82
3.	ASSOLEMENT DU PÉRIMÈTRE DE MLÉTA.....	85
4.	LANCEMENT PROCHAIN D'UN PROGRAMME DE PLANTATION ARBORICOLE DANS LE PÉRIMÈTRE DE MLÉTA.....	86
5.	LES PRODUCTIONS ANIMALES.....	88
6.	L'IRRIGATION	89
7.	DÉVELOPPEMENT DE L'IRRIGATION PAR LES EAUX USÉES ÉPURÉES.....	90
8.	DÉFINITION D'UN RÉGIME D'IRRIGATION	90
8.2.	DÉTERMINATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION.....	91
8.3.	MODES D'IRRIGATION À DÉVELOPPER AU PÉRIMÈTRE DE MLÉTA	91
9.	PROBLÉMATIQUE D'IRRIGATION PAR LES EAUX USÉES ÉPURÉES SUR LES RÉCOLTES	97
9.2.	IMPACT DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES SUR LES SYSTÈMES D'IRRIGATION	97
9.3.	IMPACT SUR LES OUEDS	98
9.4.	IMPACT SUR LA GRANDE SEBKHA D'ORAN	98
9.5.	IMPACT SUR LA NAPPE PHRÉATIQUE	99
	<i>Impacts psychosociaux</i>	<i>100</i>
9.6.	IMPACT DE LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES SUR LES SYSTÈMES D'IRRIGATION	100
10.	LES MESURES D'ADAPTATION AU NIVEAU DU PÉRIMÈTRE DE MLÉTA.....	101
11.	LES TRAVAUX D'AMÉNAGEMENT ACHEVÉS DANS LE PÉRIMÈTRE DE MLÉTA.....	103
12.	EXTENSION DES SUPERFICIES IRRIGUÉES.....	104
13.	LISTE DES TABLEAUX	107
14.	LISTE DES FIGURES	109
15.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUE	110

Introduction Générale

Contexte général

L'Algérie est l'un des pays le plus affecté par la rareté des ressources en eau. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1.000 M³/An/Habitant (FAO 1985), celui de l'Algérie est estimé à 500 M³/An/Habitant actuellement. Ce stress hydrique était de 1500 M³/An/Habitant en 1962, 720 M³/An/Habitant en 1990, de 630 M³/An/Habitant en 1998, 500 M³/An/Habitant en 2015 traduisant ainsi le décalage par rapport à la croissance démographique.

Dans ce contexte, l'utilisation des eaux usées épurées est devenue une nécessité absolue et entre dans la stratégie de mobilisation des ressources en eau et dans le domaine de l'hydro agricole.

Les eaux usées épurées tout en respectant les normes de rejet participent à la protection de l'environnement et au développement de l'hydro agricole. (Office national d'irrigation et de drainage- mai 2015).

L'objectif de recherche (Périmètre de Mléta)

L'aménagement de cette zone humide d'importance mondiale a été retenu pour abriter la plus grande station d'épuration du Maghreb vue de l'Afrique en vue de la récupération et du traitement des eaux usées du groupement urbain d'Oran.

L'objectif de ce projet est la conception du réseau d'irrigation qui va alimenter en eaux usées épurées le périmètre de Mléta 5.160 ha à partir de la station d'épuration d'El Kerma.

La problématique de recherche

Cette question principale à dégagé des sous questions :

- Qu'est-ce que le réchauffement climatique ? Et quelles sont les causes et les conséquences de ce phénomène ?
- A ce qu'il y a des impacts de ce phénomène sur la zone d'étude ?
- Quelles sont Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées ?
- Impacts du réchauffement climatique sur les ressources en eaux ?
- Impacts du réchauffement climatique sur l'agriculture ?
- Quelles sont les futures actions ou bien les aménagements qui permettent à cette zone de s'adapter au changement climatique ?

Pour répondre à cette problématique, notre travail est réparti comme suit :

1. Une revue bibliographie qui constitue le premier chapitre de ce mémoire, elle met le point sur un rappelle sur le phénomène du changement climatique et la climatologie de la zone d'étude.
2. Dans le deuxième chapitre un revue sur Etude bibliographique sur la réutilisation des eaux usées épurées.
3. A travers le troisième chapitre, on va essayer de faire une Présentation sur la station d'épuration d'El Kerma.
4. Dans le dernier chapitre, on va connaitre les projets d'aménagements de créations d'un périmètre irrigué à partir des eaux usées traitées et les et les impacts du changement climatique et les mesures d'adaptations, le choix de l'agriculture et les modes d'irrigations.

Chapitre 1- Phénomène Climatique et la zone d'étude

Introduction

Les changements climatiques (CC) constituent un des défis les plus importants de l'humanité, ses conséquences étant multiples, potentiellement importantes et souvent irréversibles. L'Algérie est fortement exposée aux impacts des CC.

L'élaboration des deux communications nationales sur les CC (2001 et 2010) a permis de répertorier et de tester les capacités d'intégration des problématiques soulevées par les CC dans les dynamiques de développement économique et social du pays. Depuis quelques années, les initiatives publiques et privées, tendent à croître et à s'harmoniser au fur à mesure que, d'une part, la nécessité de s'adapter aux conséquences des CC se manifeste plus fortement et que, d'autre part, la communauté internationale se concerte pour limiter les émissions de GES.

L'Accord de Paris, entré en vigueur en novembre 2016, offre un nouvel élan : l'ensemble des pays se sont engagés pour la première fois à mettre en œuvre des politiques ambitieuses de réduction des GES et d'adaptation aux CC.

L'Algérie a coprésidé le processus de négociation internationale et a été l'un des premiers signataires de l'accord. Le président de la République algérienne M. Abdelaziz Bouteflika a procédé à la ratification par décret présidentiel le jeudi 13 octobre 2016.

Malgré le fait que la responsabilité historique de l'Algérie, en matière d'émission de GES soit marginale, le pays a démontré sa volonté de contribuer à l'effort international d'atténuation en soumettant une Contribution Déterminée au niveau National (CDN) en septembre 2015. Cette dernière stipule que l'Algérie s'engage à réduire les émissions de GES dont elle est responsable de 7% d'ici 2030 à partir de ses propres ressources exclusivement et de 22% d'ici 2030 si le pays bénéficie de l'appui international dans le cadre du scénario conditionnel par rapport au scénario de référence (Business As Usual - BAU).

En conséquence, l'Algérie a décidé d'engager un processus d'actualisation de son Plan National Climat (PNC) En conséquence, l'Algérie a décidé d'engager un processus d'actualisation de son Plan National Climat (PNC) dans le but de traduire en actions les engagements de la CDN et de renforcer les mesures d'adaptation. L'atténuation des GES et l'adaptation de l'économie et la société algérienne aux conséquences des CC sont des objectifs cohérents avec ceux des instruments stratégiques de haute importance pour l'Algérie dont le Plan d'Action du Gouvernement pour la mise en œuvre du programme du Président de la République, le Schéma National d'Aménagement du Territoire - 2030 (SNAT),

la Stratégie Nationale pour l'Environnement et le Développement Durable (SNEDD) et les ODD.

Le renforcement et l'harmonisation des actions d'atténuation et d'adaptation sont donc le fruit d'une démarche active et volontaire de la société algérienne et ne constitue pas uniquement une réponse à des pressions externes. S'appuyant sur la SNEDD et la SNGID 2035 qui affichent l'incontournable implication de la société civile et du secteur privé tant dans les efforts d'adaptation que d'atténuation, l'élaboration du PNC présente une opportunité de fédérer l'ensemble des acteurs du pays.

2. Les cause est les conséquences du réchauffement climatique

2.2. Les causes du réchauffement climatique

Les modèles du GIEC ont permis d'établir les causes du réchauffement climatique, c'est-à-dire de savoir d'où provient ce réchauffement climatique, ce qui le provoque. Grâce aux scientifiques, on sait que ce sont principalement les émissions de gaz à effet de serre d'origine humaine qui influencent le climat et le réchauffement climatique. Mais d'où viennent ces émissions ?

Principalement, c'est la production d'énergie (électricité, chauffage) et de carburant pour les transports (principalement les voitures, mais aussi en partie l'aviation ou le transport maritime) qui causent le réchauffement climatique. Ensuite arrivent la gestion des territoires et notamment la déforestation, l'agriculture mais aussi l'élevage.

2.3. Les conséquences du réchauffement climatique

Dans l'esprit de beaucoup, le réchauffement climatique est un problème relativement lointain qui implique simplement qu'il va faire plus chaud. Mais en fait, les conséquences sont beaucoup plus profondes :

- Phénomènes climatiques extrêmes comme des tempêtes, sécheresses, des précipitations abondantes... arrivent de plus en plus fréquemment.
- Les saisons sont devenues très instables ce qui a, entre autres, des conséquences sur l'agriculture et sur la flore et la faune.
- L'augmentation du niveau des mers, ce qui constitue une menace pour des millions de personnes vivant à proximité des côtes.

- Les glaciers fondent massivement et cela met en danger l'approvisionnement en eau de nombreuses personnes.
- La biodiversité est aujourd'hui déjà sous pression : pollution, déboisement, perte d'habitat, surpêche...
- Le changement climatique va rendre la survie de nombreuses espèces encore plus problématique.

3. Principes et méthodologie d'élaboration du PNC

3.2. Principes d'élaboration du PNC

Le PNC est commandité par l'État algérien dans le cadre de la formulation de la politique climatique nationale pour la période 2018-2035. Il est élaboré par le Comité National Climat (CNC) , présidé par la Ministre de l'Environnement et des Énergies Renouvelables (MEER). Ses destinataires sont le gouvernement, les secteurs institutionnels, les opérateurs socio-économiques, la société civile algérienne et les partenaires internationaux. La réalisation du PNC a bénéficié du soutien de la Coopération algéro-allemande (GIZ) en expertise internationale et nationale.

Le CNC a défini les phases et la méthodologie d'élaboration du PNC et vérifier leur respect lors de la conduite des travaux. Plus spécifiquement, le CNC a formulé la méthodologie de travail adoptée et approuvée par les secteurs et institution présents à l'atelier national de lancement des consultations pour l'élaboration du PNC le 16 octobre 2017. Le CNC a également définit le calendrier des travaux.

3.3. Phases d'élaboration du PNC

Le PNC est l'aboutissement d'une démarche globale portant sur quatre phases majeures :

- 1. Diagnostic :** le diagnostic vise à identifier les priorités et besoins en termes d'adaptation et d'atténuation. Il est basé sur le bilan des connaissances scientifiques actuelles à l'égard des émissions par sources et des absorptions par puits de GES découlant des inventaires. Il repose aussi sur les analyses de vulnérabilité réalisées (et en cours) qui identifient et mesurent les impacts des CC en Algérie.
- 2. Stratégie :** elle assure le lien étroit entre les objectifs en matière d'atténuation et d'adaptation aux CC avec les cinq axes (5) de la Stratégie Nationale de l'Environnement et du Développement Durable (SNEDD) et les engagements internationaux du pays.

3. Plan d'action : le plan d'action présente les projets et actions identifiés par les secteurs institutionnels, la société civile et les secteurs publiques et privés permettant de répondre aux priorités et aux objectifs fixés.

Mise en œuvre : elle spécifie le cadre de gouvernance en matière d'organisation, de moyens de mise en œuvre des activités fixées, de calendrier, de suivi et d'évaluation du La figure 1 précise les questions soulevées par chaque phase. Le PNC concerne spécifiquement les étapes 2, 3 et 4.

La démarche proposée est cyclique et évolutive. Une fois les actions mises en œuvre, une évaluation du PNC est nécessaire. Sur la base de ses conclusions, de l'évolution des connaissances sur les CC ainsi que des contextes sociaux, économiques et internationaux, la stratégie, le plan d'actions et les outils de mise en œuvre seront mis à jour.

4. Contexte climatique de l'Algérie

4.2. Les émissions de GES en Algérie

L'inventaire national des émissions de GES de l'année 2000 (MEER, 2010) indique que les émissions globales de GES à effet directe présentent au total 117'310 millions de tonnes Eq.CO₂ pour l'année 2000. Pour la même année, l'absorption de CO₂ par la foresterie est évaluée à 14,167 millions de tonnes de Eq.CO₂, ce qui permet de conclure que les émissions nettes en Eq.CO₂ sont de 103,143 millions de tonnes. Pour une population estimée en 2000 à 29.726.500 habitants, les émissions brutes exprimées en (Eq.CO₂) sont de 3,95 tonnes par tête d'habitant. A titre indicatif, la moyenne mondiale des émissions de CO₂ est de 4,97 t/ha en 201 .

Le degré de précision des estimations a été évalué sur la base d'avis d'experts et des valeurs par défaut proposées dans le guide des bonnes pratiques du GIEC (GPG 2000 et 2006). Pour l'ensemble de l'inventaire, la marge d'incertitude est évaluée à 12,90%. Les émissions totales brutes du pays se situent donc, dans une plage de probabilité de 95%, entre 102170 et 132434 Gg Eq.CO₂. Les émissions nettes quant à elles se situent entre 89831 et 116440 Gg Eq.CO₂.

Le secteur de l'énergie est le plus émetteur avec 75% des émissions totales. Les émissions de ce secteur résultent de la consommation d'énergie (47%), de la production, du traitement et du transport des hydrocarbures (20%) et de la liquéfaction du gaz naturel (8%).L'agriculture, le changement d'affectation des terres et la foresterie génèrent le 11% des émissions totales

de GES. Les secteurs des déchets et des procédés industriels représentent quant à eux 10% (95% sont émis sous forme de méthane par les décharges) et 5% (60% sont issues de l'industrie du ciment sous forme de CO₂) respectivement des émissions totales.

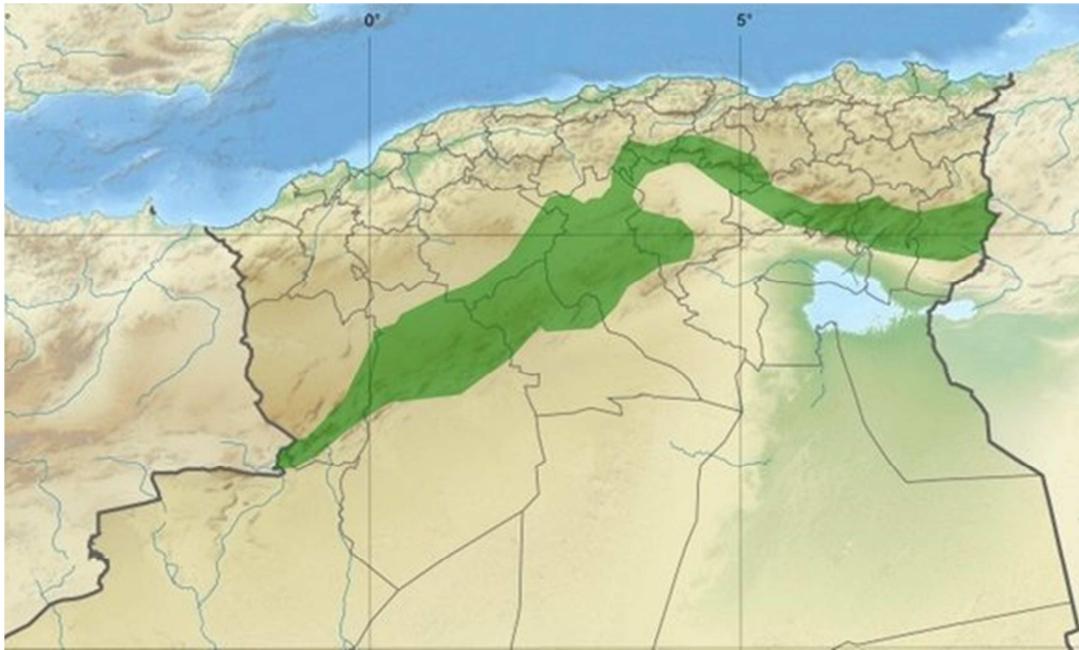


Figure 1: Le premier Plan national climat (PNC) pour la période 2020-2030

5. Impacts des CC en Algérie

L'analyse de l'évolution climatique récente montre que les effets des CC sont désormais perceptibles dans la région méditerranéenne et qu'ils entraînent de façon croissante la récurrence d'anomalies climatiques et de phénomènes extrêmes (Giorgi et al, 2008). Ces changements sont considérés par la communauté scientifique comme inéluctables. En d'autres termes, les efforts d'atténuation actuels et projetés réalisés au niveau mondial ne pourront les réduire que partiellement. En conséquence, l'économie et la société algérienne doivent s'adapter au CC de manière à diminuer leurs conséquences négatives. L'annexe 2 expose les notions de bases à l'égard de l'évolution du climat.

La région du Moyen-Orient et de l'Afrique du Nord (MENA) est au vu des résultats des analyses du GIEC (2014) une des régions du monde la plus vulnérable aux CC. Cette forte vulnérabilité s'explique par le fait que cette région est caractérisée par la faible disponibilité des ressources en eau et doit importer plus de la moitié de ses denrées

Alimentaires. Le GIEC (2014) prévoit que les CC réduiront encore davantage et à court terme le niveau des précipitations dans la région. En conséquence, la disponibilité en eau par personne diminuera de 30% à 70% d'ici 2025, diminuant ainsi la productivité agricole. De

plus, l'augmentation de la variabilité des précipitations saquent tuera le risque d'inondations à travers tout le pays et plus particulièrement dans les zones côtières urbaines très peuplées ou situées en aval des bassins versants.

- L'identification des impacts futurs des CC en Algérie constitue une priorité. A l'heure actuelle (2018), les chaînes de risques et de vulnérabilité ont été identifiées pour 5 domaines (eau, pêche, agriculture, forêt, industrie). L'eau et l'agriculture disposent également de cartes permettant de spatialiser le degré de vulnérabilité du territoire. L'analyse des risques et vulnérabilité au changement climatique (GIZ & MEER, 2017) indique que les CC provoqueront en Algérie :
 - Une hausse des températures,
 - Une diminution des précipitations totales et une plus grande instabilité de la répartition des précipitations au cours de l'année
 - Une dégradation du couvert végétal et des sols se traduisant par une érosion plus forte et une accélération de la désertification,
 - Une augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes (pluies diluviennes, sécheresses, vagues de chaleur, submersions marines, etc.) et,
 - Une perturbation des zones côtières et des milieux marins.

L'examen des vulnérabilités de l'Algérie aux CC indique qu'il est impératif d'adapter et de renforcer la résilience des milieux naturels infrastructures.

- Au niveau de l'évolution du climat entre les périodes 1931-1960 et 1961-1990 sur les principaux ensembles méditerranéens du pays (Ouest, Centre et Est), il ressort que le réchauffement a été de l'ordre de 0.5°C et que la baisse de la pluviométrie est de l'ordre de 10%.
- On assiste à une intensification des vagues de chaleur ou canicules et à leur occurrence plus grande pouvant se produire en tout mois de l'année.
- Les projections climatiques saisonnières montre une accentuation de l'augmentation de la température et de la baisse des pluies à l'horizon 2020 et 2100.

Les plus vulnérables sont ceux de l'eau et l'agriculture. Ce constat, bien que connu et largement partagé, doit être rappelé et diffusé avec force. Les secteurs d'activités clefs, sur lesquels reposent les objectifs nationaux de développement du pays, sont fortement

vulnérables aux conditions climatiques. Ces objectifs de développement concernent, en particulier, la sécurité alimentaire, la diversification des activités économiques, l'amélioration des infrastructures de transport, la transition énergétique, la disponibilité en eau, le rééquilibrage territorial, l'accès à la santé, l'accès au logement et la résorption de l'habitat précaire ainsi que la réduction de la pauvreté. Au final, les CC ont des conséquences sur la santé humaine, sur la production et donc sur l'emploi et les revenus.

L'économie algérienne repose en outre sur l'exploitation et l'exportation de ses ressources en énergies fossiles. La perspective de voir se réduire la consommation des pays importateurs de pétrole et de gaz naturel (et également de diminuer sa propre consommation) pourrait avoir des retombées socioéconomiques négatives sur le pays. Le « nouveau modèle de croissance » de l'Algérie (juillet 2016) confirme ce besoin d'adapter l'économie du pays afin qu'elle ne soit pas autant tributaire de l'exploitation de ressources naturelles.

6. Le régime international sur les changements climatiques

6.2. Les Conventions Cadre des Nations Unies sur l'environnement

L'Algérie a signé et ratifié les conventions des Nations-Unies sur l'Environnement (A.M.E) à savoir la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (UNFCCC/CCNUCC) en 1993, la Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique (UNCBD) en 1995 et la Convention des Nations Unies sur la Lutte contre la Désertification (UNCCD) en 1996.

La Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC) est issue du Sommet de la Terre de Rio. Elle a été signée en 1992 par 154 pays et est entrée en vigueur en 1994.

L'objectif de cette convention est de stabiliser les concentrations de GES dans l'atmosphère à un niveau qui empêche toute perturbation anthropique dangereuse du système climatique. L'engagement des Etats porte sur la prise de mesures (inventaires nationaux de GES, programmes pour atténuer les changements et s'y adapter, application et diffusion de technologies adéquates, etc.).

Le Sommet de la Terre de Rio a également mis en place le Fonds pour l'Environnement Mondial (FEM), pour affronter les problèmes environnementaux à l'échelle mondiale et en encourageant le développement durable au niveau national. Le FEM apporte un soutien

financier aux projets développés dans les pays en développement et en transition dans les domaines de la biodiversité, des changements climatiques, des eaux internationales, de la dégradation des sols, de la couche d’ozone et des polluants organiques persistants.

Tableau 1: Formes d’adaptations est atténuations face au CC

Adaptation

1. Gestion des risques climatiques : littoral, inondations et incendies de forêts, élaboration des plans climat territoriaux locaux (PCTL) et résilience des villes
2. Santé : canicules, maladies et pollution (Air et MTH)
3. Ressources en eau : irrigation, recyclage des eaux usées et industrielles, lutte contre la sécheresse, surveillance et recharge des nappes d’eau douce souterraine, intrusion des eaux marines salées
4. Agriculture durable : gestion du cycle végétal, espèces locales résilientes, maladies végétales, techniques d’exploitation et engrais & compost
5. Biodiversité : inventaire, gestion et protection des forêts, protection des zones humides, des écosystèmes des hauts plateaux et des oasis
6. Érosion et désertification

Atténuation

1. Énergie : amélioration de l’efficacité énergétique au niveau de l’énergie fossile, développement, diversification énergétique au niveau des énergies renouvelables
2. Industrie : amélioration de l’efficacité énergétique, développement technologique, écologie industrielle
3. Bâtiment et aménagement urbain : amélioration de l’isolation des bâtiment, éclairage et climatisation
4. Forêt : renforcement et développement des puits de carbone et réduction de feux de forêts
5. Transport : amélioration de l’efficacité énergétique, développement des transports collectifs
6. Déchet : valorisation matérielle et énergétique des déchets, recyclage et tri
7. Collectivités locales et aménagement du territoire : efficacité énergétique de l’éclairage public et du patrimoine public, développement des énergies renouvelables, efficacité et mise en synergie des réseaux de distribution, mobilité

8. Tourisme et artisanat

Thématiques transversales

1. Renforcement de capacités et des institutions : développement des compétences, renforcement des moyens matériels et humains, adaptation institutionnelle et réglementaire.
2. R&D et Innovation : veille technologique, filières et capacités
3. Communication et sensibilisation : développement d'outil d'information et campagnes de sensibilisation et de diffusion
4. Coopération internationale et financement : contraintes et potentiel du financement international, planification budgétaire, coopération en matière de recherche et d'accès à la technologie
5. Intégration des changements climatiques dans la formation à tous les niveaux d'enseignement et la recherche scientifique et technique

Source : PNC_14_19 Juin 2018

7. Risques principaux résultant des CC

Les conséquences face aux multiples secteurs

Les différents secteurs sont sujets à des risques qui découlent des CC ;

- La désertification et l'augmentation de l'érosion dans le secteur de l'agriculture auraient pour conséquence une baisse de la productivité et la perturbation des ressources productive : sols, eau, d'où une dégradation de la sécurité alimentaire.
- Le secteur de la pêche serait impacté par la baisse de la ressource propre à la consommation, le déplacement des zones de frayages et des nourriceries d'où la variabilité des espèces et la contamination de la ressource.
- Dans le secteur de l'habitat nous assisterions à l'accélération du vieillissement des infrastructures et des équipements publics, le renforcement de la tendance à la littoralisation des populations et des activités économiques en plus de la dégradation des sites historiques.
- Le secteur industriel risquerait une dégradation de sa performance (perte de revenus et d'emplois), une insécurité des installations et un renchérissement des énergies fossiles.

- La dégradation de la performance du secteur de l'énergie entrainera l'insécurité des installations et la dégradation de la couverture de la demande d'énergie.
- Le secteur des transports demanderait une augmentation de la consommation d'énergie ce qui activera la dégradation de la performance du secteur et l'accélération du vieillissement des infrastructures et du matériel d'où l'augmentation des risques d'accidents.
- Le risque de la pénurie des ressources hydrique entrainerait la détérioration de la qualité de l'eau d'où la détérioration des infrastructures cause de l'intrusion des eaux marines (salinisation) dans les aquifères côtiers d'eau douce.
- Le secteur des forêts verrait des pertes des biens et services forestiers, l'érosion de la biodiversité et la perturbation des écosystèmes et la perte de couvert forestier.
- Le secteur de l'environnement et de la biodiversité n'en serait pas moins épargné avec une perturbation des écosystèmes, eutrophisation des zones humides, perte de la biodiversité (raréfaction et disparition d'espèces), la destruction des habitats naturels, la migration des espèces et modification des cycles de vie de la faune et de la flore.
- Dans le secteur de a santé, les vagues de chaleurs qu'il en découlerait déplacerait des maladies tropicales vers le nord, une irruption plus fréquente des épidémies et une incidence plus forte des maladies à transmission hydrique (MTH) et de celles liées à la qualité de l'air.
- En conclusion, les risques majeurs seraient les inondations, la sécheresse, une avancée du désert, les incendies de forêts la submersion marine et le recul des traits de cote, la dégradation des infrastructures du littoral, un mouvement de la population, une instabilité politique, (Source : PNC_14_19 Juin 2018).

8. L'impact du changement climatique sur l'agriculture et les ressources en eau

- **Sur l'agriculture :**

Le dérèglement climatique, constituent un risque majeur pour l'agriculture, en altérant les conditions climatiques du milieu telles que l'humidité, la température, la pluviométrie ou la teneur en gaz carbonique, entraîne un déplacement géographique des habitats dans lesquels peuvent vivre les espèces animales et végétales,

L'augmentation des températures atmosphériques entraîne la prolifération d'insectes ravageurs qui déciment les récoltes. Dérèglement climatique, constitue une menace pour la sécurité alimentaire mondiale. Plus de 75% des cultures vivrières du monde dépendent de la pollinisation selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). Sans pollinisateurs, de nombreux aliments très nutritifs (noix, graines, fruits, légumes) disparaîtraient.

Des températures supérieures sont un facteur de stress pour les plantes, Moins de pluie et de la sécheresse, ou inversement de fortes pluies et une érosion des sols occasionneront de graves dégâts dans l'agriculture.

40% des mangroves sont menacées d'extinction, La diminution des pluies estivales entraîne des pénuries d'eau, affectant la croissance des forêts, Les pertes forestières réduisent la faune, la viande de brousse, et autres productions forestières non ligneuses.

- **Sur les ressources en eau :**

Depuis plus d'un siècle, une hausse des températures a pu être observée. L'évolution des précipitations, elle, ne montre pas de tendance généralisée sur le territoire mais plutôt une évolution hétérogène.

La recharge en eau des nappes souterraines, et plus particulièrement des nappes libres, se fait grâce à l'infiltration de l'eau de pluie. Cette recharge dépend donc des précipitations. Les différentes études menées sur les changements climatiques montrent, en règle générale, une diminution des précipitations, notamment pour la période estivale. A cela s'ajouterait une augmentation de l'évapotranspiration, ce qui diminuerait encore l'eau réellement infiltrée.

Si les cours d'eau sont amenés à connaître des périodes d'étiage plus importantes, alors les nappes joueraient un rôle plus important en matière d'alimentation des cours d'eau. Le volume d'eau sortant des nappes serait alors plus important et étalé sur une plus grande période.

Une augmentation des volumes prélevés pour la consommation domestique, particulièrement pendant les périodes de sécheresse qui pourraient être de plus en plus fréquentes dans le futur

Une augmentation des prélèvements pour l'irrigation, car plus il fait chaud, plus les plantes ont besoin d'eau.

Une augmentation des prélèvements d'eau souterraine induite par la diminution des ressources disponibles en surface.

La montée des températures affecte simultanément différentes composantes des systèmes hydrologiques : la quantité des précipitations, mais aussi leur intensité et leur fréquence ; la fonte de la neige et des glaces ; l'augmentation de la présence de vapeur d'eau dans l'atmosphère ; l'évapotranspiration ; la teneur en eau du sol et de la végétation (on parle maintenant d'« eau verte », à conserver et à gérer rationnellement) ; la force des ruissellements et le débit des cours d'eau.

9. La réutilisation des eaux usées épurée

La réutilisation en irrigation des eaux épurées présente de nombreux avantages. Elles contiennent des éléments fertilisants. Leurs matières organiques contribuent à l'enrichissement de la couche fertilisante du sol. Elles sont toujours disponibles et leur volume tend à augmenter. Leur traitement à des fins agricoles ne coûte relativement pas trop cher, c'est un outil important sur la conservation des ressources d'eau, c'est une contribution face au changement climatique.

EX : En Tunisie, les eaux usées épurées sont considérées au niveau d'agriculture une priorité absolue représentant la plus importante ressource naturelle du pays. Le projet de réutilisation agricole des eaux usées épurées du grand Tunis présente le projet le plus important du pays et est constitué essentiellement de 3 périmètres :

- Sebala: 2670 ha
- Mornag: 942 ha
- Soukra: 840 ha

L'aménagement hydro-agricole de ces périmètres est achevé et la mise en eau se fait progressivement. Les cultures pratiquées ont été choisies conformément aux normes tunisiennes et aux recommandations de l'OMS et de la FAO et comprennent surtout :

- cultures fourragères utilisées sous forme de foin - cultures industrielles (principalement le coton)
- céréales (blé)
- arboriculture

10. Présentation de la zone d'étude (Mléta)

La plaine de la Mléta est située au Sud de l'agglomération oranaise. Elle occupe la partie méridionale du cillons central, du bassin endoréique de la grande sebkha d'Oran. La zone du projet a été fixé sur la base de l'étude pédologique existante réalisé par l'ANRH en 2005 dont l'objectif était d'identifier les sols irrigables. Proximité de la station d'épuration est aussi un critère qui a été pris en compte dans la délimitation de la zone d'étude. Nous avons ainsi privilégié les zones les plus proches de la STEP à condition que les sols soient de qualité convenable à l'irrigation. Sur ces bases, une zone d'étude couvrant environ 10.000 ha a été pré-délimitée. Elle est située à l'Est de la Sebkhha d'Oran, à une vingtaine de Km au sud de la ville d'Oran et à 7 Km du site de la station d'épuration situé aux environs d'El kerma. La zone d'étude est aisément accessible par la RN4 qui traverse la zone d'Ouest en Est. De même, la RN13 passe par la zone en direction Nord-sud. Par ailleurs, plusieurs chemins de Wilaya (CW), CW35, CW18 et CW 50 bordent ou traversent la zone.

10.2. Les objectifs d'études du projet

6.800 hectares seront irrigués par les eaux traitées, Après quelques années de retard liées à quelques contraintes, le projet d'irrigation de la plaine de M'léta, dans la localité de Oued Tlélat et ses environs immédiats, sera exploitable au plus tard le mois de janvier. Comme première phase, il sera procédé à l'irrigation d'une superficie de quelque 6.800 hectares de terres agricoles et de fermes et autres parcelles agricoles de la commune de Boufatis, Tafraoui et Oued Tlélat et de ses environs à partir des eaux traitées et produites par la station d'épuration d'El Kerma. Il s'agit en particulier des superficies consacrées aux céréalicultures, fourrage vert, grande culture, arboriculture... Le projet vise aussi à réaliser les objectifs fixés par le contrat de performance signé avec le ministère de tutelle.

L'objectif escompté de ces projets est la protection de l'environnement, le second objectif est la réutilisation des eaux épurées de la STEP pour le périmètre d'irrigation d'une superficie de quelque 500 hectares. L'étude de la STEP de Gdyl a été achevée. Le but de la réalisation de cette dernière est aussi de mettre un terme à la pollution de la zone humide Lac Telamine.

10.3. Adaptation de l'agriculture au changement climatique

L'adaptation et l'atténuation sont des stratégies complémentaires qui permettent de réduire et de maîtriser les risques liés aux changements climatiques. En limitant fortement les émissions au cours des prochaines décennies, on pourrait réduire les risques climatiques au

XXIe siècle et au-delà, améliorer les perspectives d'adaptation, réduire les coûts de l'atténuation sur le long terme et aplanir les difficultés afférentes, et privilégier des profils d'évolution favorisant la résilience face au changement climatique dans l'optique du développement durable.

Développe des outils et des méthodes novateurs et participatifs pour évaluer la vulnérabilité, les impacts présents et futurs, ainsi que les coûts et avantages.

Assistance à l'intégration des secteurs agricoles dans les plans nationaux d'adaptation (PNA).

Appuie aux politiques qui encouragent les outils et incitatifs de gestion intelligente face au climat et durable des terres, de l'eau et de la biodiversité.

Élabore et diffuse des outils, des lignes directrices et des cours en ligne pour renforcer les connaissances locales et les capacités d'adaptation.

Priorise des actions pour la réduction et la gestion des risques de catastrophe qui vont de pair avec les activités d'adaptation au changement climatique.

10.4. Adaptation des eaux au changement climatique

Avec les plans de bassin d'adaptation au changement climatique des stratégies sont placées pour les enjeux de disponibilité en eau

- Retenir l'eau dans les sols
- Lutter contre le gaspillage d'eau
- Redonner un espace de bon fonctionnement aux milieux aquatiques
- Systématiser les instances d'échange et de concertation pour le partage de l'eau (ex. CLE),
- Encourager la gestion collective de l'irrigation,
- Anticiper les situations de crise en adoptant des plans d'action sécheresse,
- Mettre en place des outils de prévisions et de suivi des périodes de stress hydrique.
- Restaurer le fonctionnement hydrologique des zones humides dégradées, ou acquérir une zone humide encore préservée, en ciblant les zones humides majeures pour l'adaptation au changement climatique
- Réduisons la consommation d'eau potable" s'adresse aux collectivités, aux bailleurs sociaux et aux structures collectives qui portent une démarche globale de réduction de la consommation d'eau potable.

10.5. Développement de l'hydraulique agricole

Les conditions climatiques difficiles, particulièrement le manque de précipitations et leur mauvaise répartition dans l'espace et dans le temps font que les cultures pluviales ne peuvent se pratiquer sans grands problèmes d'où la nécessité d'une irrigation intégrale ou à défaut une irrigation de complément (d'appoint). De plus, pour répondre aux objectifs en matière de sécurité alimentaire, l'extension des super impériative avec une utilisation rationnelle des ressources disponibles.

11.9. Climatologie du périmètre

La climatologie est l'étude du climat et de l'état moyen de l'atmosphère, c'est-à-dire la succession des conditions météorologiques sur de longues périodes dans le temps. Elle est basé sur l'analyse des principaux indice climatique a savoir la : Température, humidité, la précipitation, les gelée, les vents, l'évaporation et l'évapotranspiration.

Les données météorologiques, utilisées dans cette étude sont extraites de banque de données obtenue auprès de l'office National de la météorologie. Toutes les données météorologiques Proviennent de la station d'Oran (Sénia), ce sont des données moyennes sur une période de 12 ans (199à à 2004). Seules les donnes de précipitation proviennent d'une station de la commune de Tlelat sur une durée de 94 ans (1911 à 2004). Les stations retenues sont celles disposant des plus longues séries des données nécessaires et les plus représentatives de la zone d'étude.

Tableau 2: Caractéristique géographique de la station

Station	Latitude N	Longitude	Altitude Z,m
Sénia	35 ⁰ 38	00 ⁰ 36	90

11.2. Températures moyennes mensuelles

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie. Dans la vie courante, elle est reliée aux sensations de froid et de chaud. Les donné de la température mensuelle moyenne est présenté dans le tableau ci-dessus :

Tableau 3: Répartition mensuelle de la température moyenne de l'air en C⁰.

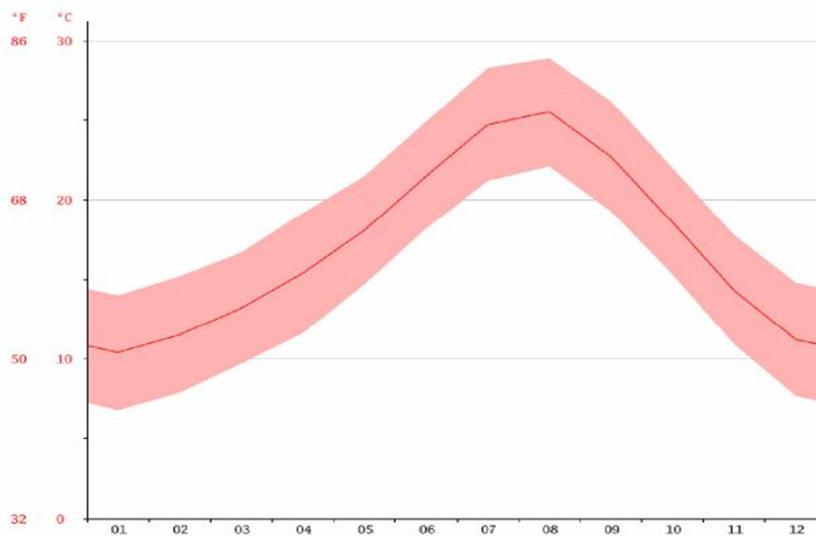
Modul Jan Fev Ma Av Mai Jui Juil Aou Sep Oct Nov Dec Anné

e	t												e
T-	10,	11,	13,	15,	18,	21,	24,	25,5	22,	18,	14,	11,	17,25
moy(C ⁰)	4	5	2	4	1	5	7		7	6	3	2	

Source : Point de mesure d'Oran es-Sénia (Météorologique-2019)

- L'examen du tableau des températures mensuelles montre que la valeur minimale de la T.M de l'air est celle de mois de Janvier avec une T.M de **10,4 C⁰**.
- La valeur maximale est au mois d'AOUT avec une T.M de **25,5 C⁰**.

Figure 2 : Diagramme climatique de la température moyenne pour Tafraoui (Mléta)



Source : <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/oran/tafraoui> (16/09/2019)

Aout est le mois le plus chaud de l'année : La température moyenne est de 25.5 °C à cette période. Au mois de Janvier, la température moyenne est de 10.4 °C. Janvier est de ce fait le mois le plus froid de l'année.

11.3. Températures Minimal-Maximale moyenne mensuelle

Tableau 4: Répartition mensuelle de la température Minimal-Maximal de l'air en C⁰.

Module	Jan	Fev	Ma	Av	Mai	Jui	Jul	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Tmin-moy(C ⁰)	6,8	7,9	9,7	11,6	14,7	18,2	21,2	22,1	19,3	15,3	10,9	7,7	13,78
Tmax-moy(C ⁰)	14	15,2	16,7	19,2	21,5	24,9	28,3	28,9	26,2	22	17,8	14,8	20,79

Source : Point de mesure d'Oran es-Sénia (Météorologique-2019)

L'examen du tableau des températures mensuelles montre que la valeur minimale-m de l'air en mois de Janvier est de **(6,8 C⁰)**, est la température maximal-m augmente jusqu'à **(14 C⁰)**.

L'examen du tableau des températures mensuelles montre que la valeur minimale-m de l'air en mois d'Aout est de **(22,1 C⁰)**, est la température maximal-m augmente jusqu'à **(28,9 C⁰)**.

En observe que la température minimal-m de l'année elle se diminué au mois du Janvier avec une température de **(6,8 C⁰)**, est elle s'augmente en mois d'Aout avec une température de **(28,9 C⁰)**.

11.4. Humidité moyenne

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ; elle peut se mesurer grâce à un hygromètre à cheveu ou numérique et s'exprime en pourcentage le plus souvent. C'est un élément important du cycle hydrologique contrôlant l'évaporation du sol et la couverture végétale et qui représente le degré de saturation de l'air en vapeur d'eau. Les données d'humidité mensuelle moyenne dans cette région, sont présentées au tableau suivant :

Tableau 5: Répartition mensuelle de l'humidité moyenne de l'air en %.

Module	Jan	Fev	Ma	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Humidité moy(%)	80	80	73	75	70	67	62	68	75	73	80	83	73,83

Source : Point de mesure d'Oran es-Sénia (Météorologique-2018)

L'examen de la répartition mensuelle, montre que l'humidité moyenne est élevé toute l'année plus de **(62%)**. Les valeurs maximales sont atteintes durant les mois d'hiver **(73 a 83%)** lorsque les températures sont minimales.

11.5. Évaporation

L'évaporation est un passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Ce phénomène est donc une vaporisation progressive qui a pour effet d'absorber des calories et donc de réduire la température de l'environnement.

Tableau 6: Répartition mensuelle de l'évaporation piche en (mm)

Module	Jan	Fev	M	Av	Mai	Jui	Juil	Aou	Sep	Oct	No	Dec	Anné
--------	-----	-----	---	----	-----	-----	------	-----	-----	-----	----	-----	------

			a					t			v		e
Evaporation n piche (mm)	47, 8	38, 3	66	59, 6	73,3 5	83, 1	86, 3	94, 6	66, 2	66, 1	43, 9	36, 1	63,11

Source : Point de mesure d'Oran es-Sénia (Météorologique-2018)

On observe une évaporation annuelle de **(63,11mm)**.

L'examen de ce tableau montre que l'évaporation est importante pendant la période allant du mois de Mai à Septembre et elle est plus faible du mois de Novembre à Janvier. Le cumul annuel avoisine **(63 mm)**.

Ex, PICHE : Un évaporomètre est un instrument utilisé en météorologie pour mesurer l'évaporation sur une surface d'eau libre. On parle aussi d'évaporomètre de Piche.

11.6. Évapotranspiration

L'Évapotranspiration est la quantité d'eau transférée vers l'atmosphère, par l'évaporation au niveau du sol et au niveau de l'interception des précipitations, et par la transpiration des plantes. Elle se définit par les transferts vers l'atmosphère de l'eau du sol, de l'eau interceptée¹ par la canopée et des étendues d'eau. La transpiration se définit par les transferts d'eau dans la plante et les pertes de vapeur d'eau au niveau des stomates de ses feuilles.

Figure 3 : Répartition mensuelle de l'évapotranspiration moyenne en (mm)

Module	Jan	Fev	Ma	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Evapotranspiration moyenne (mm)	58	66	102	137	159	169	188	199	145	96	50	54	1423

Source : Etude d'A.H.A de la plaine de Mléta, volet « étude agro-socio-économique de la situation projetée»

Les valeurs moyennes mensuelles minimales et maximales de l'évapotranspiration se situent respectivement en mois de Décembre **(54mm)** et en mois de juillet **(188mm)**.

11.7. Vitesse des vents

Le vent est le mouvement au sein d'une atmosphère, masse de gaz située à la surface d'une planète, il se forme en deux facteurs par la température et la pression. Le record de la plus violente rafale de vent (vitesse instantanée) est atteint à **408 km/h**. Les vents sont

globalement provoqués par un réchauffement inégalement réparti à la surface de la planète, et par la rotation. Il constitue un facteur exerçant une grande influence sur les cultures et les systèmes d'irrigation, il est caractérisé par sa vitesse et sa direction.

Figure 4: Moyenne mensuelle de la vitesse des vents (m/s)

Module	Jan	Fev	Ma	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
V(m/s)	2,9	2,7	3,1	4,3	3,8	3,5	3,6	3,8	2,9	2,7	1,4	3	3,1

Source : Office National de la Météorologie (2018)

D'après l'analyse du tableau les vitesses moyennes des vents sont considérées comme « modérées » et homogènes durant toute l'année avec une moyenne annuelle de **(3,1m/s)**.

11.8. La Pluviométrie

C'est la mesure de la quantité de pluie tombée, en un temps et un lieu déterminés, études de leurs caractéristiques, de leurs répartitions. Les précipitations sont un peu plus fortes dans les régions de forêts. La pluviométrie est un facteur écologique essentiel. Avec la température, elle conditionne les climats terrestres, la nature et le fonctionnement des écosystèmes est leur productivité primaire, etc.

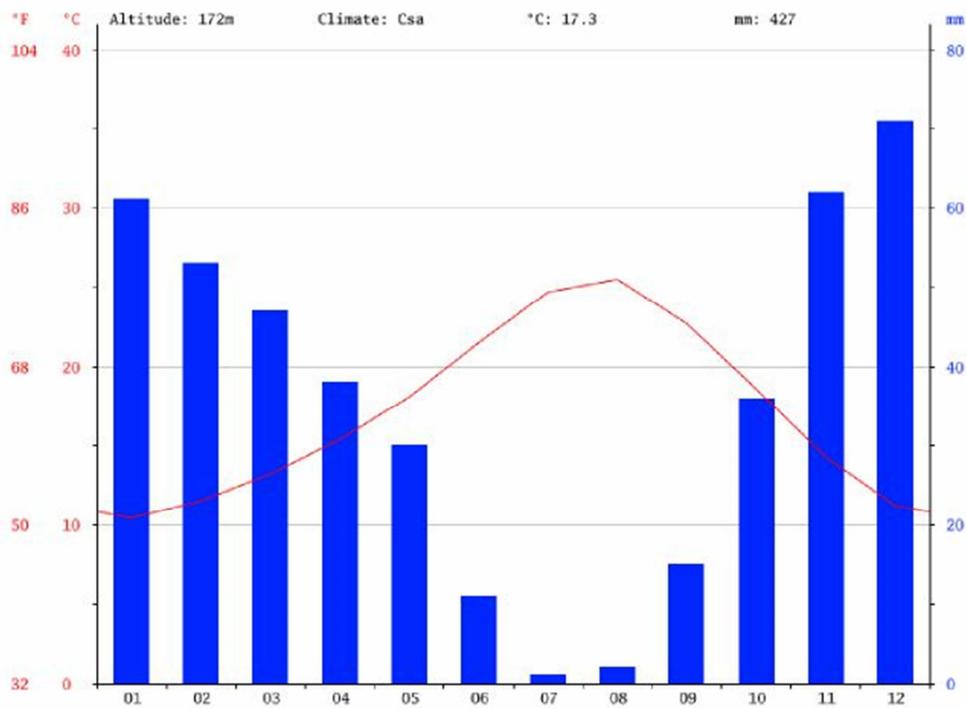
Source : (Thermométrie, 1946; Pluviométrie, 1948) (MAURAIN, Météore., 1950, p.228).

Figure 5 : La Pluviométrie moyenne mensuelle

Module	Jan	Fév	Ma	Av	Mai	Jui	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Année
Pluviométrie (mm)	61	53	47	38	30	11	1	2	15	36	62	71	35,6

Source : Point de mesure d'Oran es-Sénia (Météorologique-2019)

Figure 6: Diagramme climatique de la précipitation moyenne pour Tafraoui (Mléta)



Source : <https://fr.climate-data.org/afrique/algerie/oran/tafraoui> (16/09/2019)

✓ De 17.3 °C ; Sur l'année, la précipitation moyenne est de 427 mm.

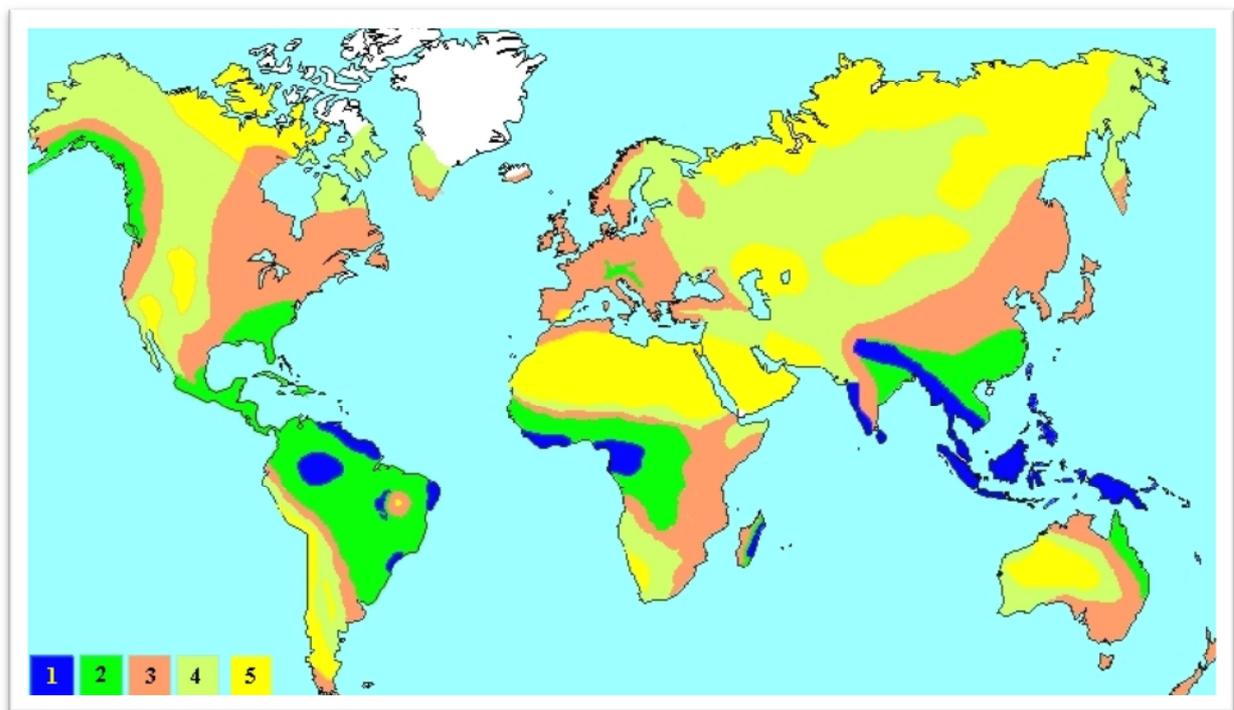


Figure 7: Répartition des pluies à la surface du globe.

- 1 : > 200 cm/an.
- 2 : de 100 à 200 cm/an.
- 3 : de 50 à 100 cm/an.

- 4 : de 25 à 50 cm/an / 5 : < 25 cm/an.

Source : Sommaire de la page (Articles, Dossiers, Études...) :Bulletin de situation hydrologique Loire-Bretagne.

11.9. Classification de climat selon le diagramme d'EMBERGER

Le climagramme d'EMBERGER permet de déterminer l'étage bioclimatique d'une station donnée, spécifique au climat méditerranéen, classe la région de Mléta dans l'étage bioclimatique semi-aride à hiver doux (voir le graphique).

En appliquant la formule suivante élaborée par STEWART pour l'Algérie et le Maroc, soit:

$$Q2 = 3.43 (P/M-m) \text{ (STEWART, 1968).}$$

Le coefficient Q3(STEWART,1969), pour la station d'Oran (Sénia) est égal a **43,1**.

Ce coefficient est calculé comme suite : $Q3=3,43P/(M-m)$

- **Q**: le quotient pluviométrique d'EMBRGER.
- **P**: Pluviométrie annuelle moyenne en mm.
- **M**: Moyenne maximale du mois le plus chaud en (C⁰).
- **m**: Moyenne minimale du mois le plus froid en (C⁰).

Le mois le plus chaud est le mois d'Aout avec **M=32 C⁰**.

Le mois le plus froid est le mois de Janvier avec **m=5,6 C⁰**.

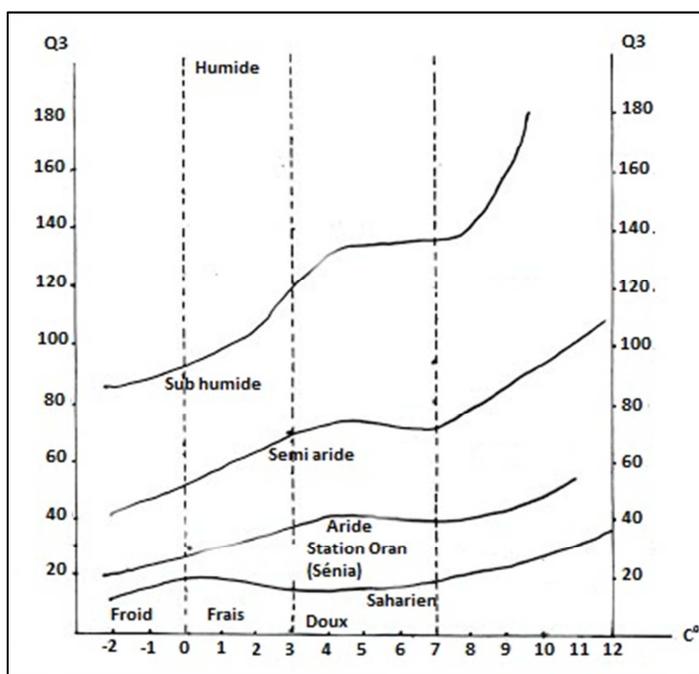


Figure 8: Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.

Conclusion

En résumé, du point de vue topographique le périmètre possède une topographie relativement plaine, la pente ne dépasse pas les **(0,7%)** pour **(90%)** des terres.

D'après le diagramme climatique de la température moyenne de la plaine de Mléta (Tafraoui), nous a permis de déterminé la distinction de deux saisons : la saison humide et la saison sèche, qui est la période d'irrigation.

La pluviométrie atteint au moyenne **(88%)** des précipitations totales annuelles, elle est pluvieuse a partir du mois de Septembre est se terminera au mois du Mai.

Chapitre 2 : Etude bibliographique sur la réutilisation des eaux usées épurées

Introduction

On appelle réutilisation des eaux usées l'emploi nouveau des eaux de deuxième main pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires. La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte: La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration : sans passage, ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel. La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées. après leur rejet et dilution dans le milieu naturel. La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage , Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale, elle est pour des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

1. Objectif de la réutilisation des eaux usées

L'objectif principal de la réutilisation des eaux usées est non seulement de fournir des quantités supplémentaires d'eau de bonne qualité en accélérant le cycle d'épuration naturelle de l'eau, mais également d'assurer l'équilibre de ce cycle et la protection du milieu environnant. Par définition, cette réutilisation est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler des déficits hydriques, En fonction des exigences de qualité des consommateurs, deux grandes classes de

Réutilisation peuvent être définies: Les usages potables qui peuvent être directs, après un traitement poussé, ou indirects, après passage dans le milieu naturel.

Les usages non potables dans les secteurs agricoles (irrigation), industriel et urbain au plan mondial, l'utilisation de cette technique par l'agriculture, l'industrie et les usages domestiques couvre respectivement 70 %, 20 % 10% de leur demande en eau. La figure suivante résume les principales voies de réutilisation dans les pays ayant une expérience significative dans ce domaine, Il apparaît que la réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen, le Sud des Etats-Unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats-Unis,

l'espace méditerranéen, Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud a de l'Asie du Sud.

La réutilisation des eaux usées

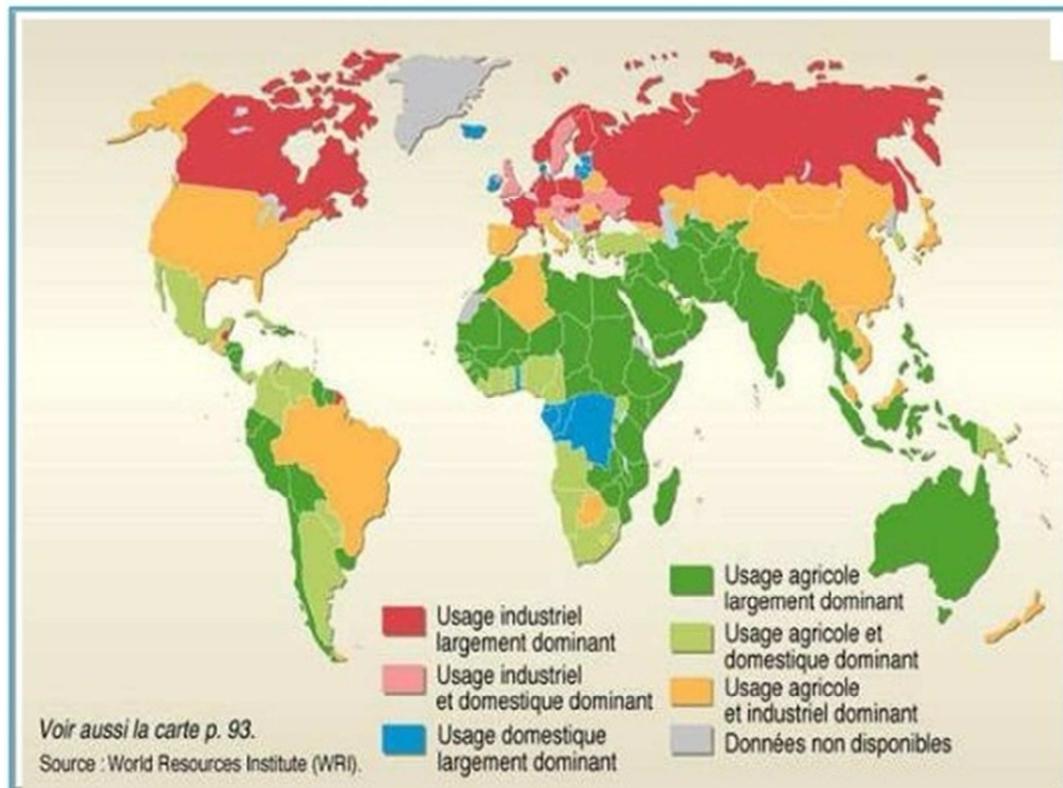


Figure 9: La réutilisation des eaux usées épurée dans le monde.

Tableau 7: formes de réutilisation des eaux usées.

Formes de réutilisation	Application
Production d'eau potable	-Production indirecte d'eau potable - Production directe d'eau potable
Irrigation en agriculture	-Culture maraîchère ou fourragère -Arbres fruitiers -Culture industrielle -Aquaculture
Activité récréative	-Augmentation des cours d'eau pour La Pêche, natation
Utilisation industrielle	-Eau de refroidissement -Construction -Papeterie -Industries textiles
L'utilisation urbaine	-Irrigation des parcs, écoles -Golfs, résidences -Protection incendie

	-Recyclage en immeuble -Lavage de voirie
--	---

2. Historique de la réutilisation des eaux usées

Les effluents urbains, ont été depuis longtemps, utilisés pour la production agricole (champ d'épandage du 19e siècle, en Angleterre, Allemagne, les régions parisiennes).

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises. Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière Organique, a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs. Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique, c'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique. Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). Californie, à environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975, des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne. Chypre, Grèce. Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis).

3. La réutilisation des eaux usées en agriculture

3.2. Exemple de réutilisation des eaux épurées en agriculture dans le monde

Les projets se concentrent autour de bassin méditerranéen et en Europe, aux États-Unis ou encore en Australie. Certains pays comme la Tunisie ont une véritable politique nationale de réutilisation des eaux usées épurées.

- **La Tunisie** a développé un programme de réutilisation des eaux usées épurées dès les années soixante. La première utilisation d'eaux épurées a eu lieu aux alentours de Tunis, pour irriguer 600 ha de citronniers. La nappe qui alimentait autrefois les circuits d'irrigation avait été surexploitée et commençait à être envahie par l'eau de

mer. Il a donc fallu trouver une solution alternative. A partir des années quatre-vingt, une politique de réutilisation a été mise en place. En 1993, 6.400 ha de terres agricoles étaient irrigués avec des eaux épurées, et ce chiffre devait atteindre 20 à 30.000 ha dans les années suivantes. Le traitement préconisé est le bassin de maturation, le plus adapté aux conditions techniques et économiques locales, les restrictions d'utilisation ne concernent que les légumes destinés à être consommés crus ou cuits, selon la réglementation tunisienne établie en 1989.

- **Etats-Unis, 34** états disposent de réglementations concernant l'usage agricole des eaux usées. La Californie fait office de précurseur, sa réglementation sur la qualité des eaux et leur utilisation, dénommée «Titre 22 » est une référence au niveau international. Respectivement 63 % (570.000 m³/j) et 34 % (340.000 m³/j) des eaux usées épurées des états de Californie et de Floride sont réutilisées pour l'agriculture. 70 % des effluents sont réutilisés pour l'irrigation agricole après un traitement type Titre 22 (filtration tertiaire et désinfection).
- **Mexique**, en 1996, les eaux usées brutes (non traitées) de Mexico étaient utilisées pour irriguer 85 000 hectares de maïs, d'orge et de tomates, dans ce qui constituait le plus grand plan d'irrigation au monde. Les critères sanitaires de la réglementation ont depuis changé, ce qui est heureux au vu de l'étude épidémiologique réalisée dans cette région mettant en évidence une augmentation des maladies intestinales liées à l'irrigation par ces eaux brutes (Puil, 1998). Des pays comme la Grèce, le Portugal, l'Italie, l'Espagne ont des programmes plus ou moins avancés de REUE pour l'agriculture. En Europe du nord, l'Allemagne et la Hongrie utilisent les eaux épurées pour irriguer des céréales, des pommes de terre, etc., mais à moindre échelle. Notons que, mis à part le cas exceptionnel de Mexico, aucun des rapports concernant ces différents cas de réutilisation ne fait état de problèmes sanitaires.

3.3. L'expérience Algérienne dans le domaine de réutilisation des eaux usées :

Le degré de vulnérabilité d'un pays pour l'eau dépend de la quantité d'eau, de sa répartition dans le temps, de sa qualité, et du niveau de la consommation et de la demande. Alors que le climat est le facteur principal déterminant la quantité d'eau et sa répartition dans le temps, la population et le développement économique sont les influences prépondérantes pour la qualité et la demande. Quand les ressources internes renouvelables en eau sont

inférieures à 1000 m³ par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. D'après les statistiques de disponibilité en eau de quelques pays (année 2000), établis par la FAO sur la base de données de la banque mondiale et d'autres organismes, l'Algérie était sous la barre des 1000 m³ par an et par habitant, avec des ressources internes renouvelables estimées à 570 m³ /an/habitant.

3.4. Statistiques sur la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie

Étant donné que les ressources en eau prélevées en 2000 sont estimées à 6,074 milliards de m³ dont 3,938 milliards destinées à l'irrigation (65%) (FAO.1999). Et pour mieux analyser la situation, on citera les statistiques suivantes présentées par le Directeur de l'Hydraulique Agricole au Ministère des Ressources en Eau, dans le cadre d'une communication présentée à Rabat, du 09 au 12 juillet 2007, sous le titre « la réutilisation des eaux usées épurées en Algérie.

Situation de la réutilisation des EE en Algérie :

- ✓ Surface Agricole Utile (SAU): 8,5 millions ha soit 3.3 % de la superficie géographique.
- ✓ Potentiel de croissance à moyen terme : 01 million d'hectares.
- ✓ Superficie Irriguée (2006): 900.000 ha soit 10,5% de la SAU.
- Irriguées principalement à partir des eaux souterraines soit 78%
 - 674.000 ha irrigués à partir de partir des EUE.
 - 42.400 forages.
 - 132.000 puits.
 - 5.300 sources.
- Eaux superficielles (13%) :
 - 109.000 ha irrigués à partir de :
 - 59 barrages totalisant une capacité de 440 hm³.
 - 318 retenues collinaires totalisant une capacité de 33.4 m³.
 - 9.500 prises au fil d'eau.
 - 77.000 ha irrigués à partir de 1.120 points d'eau (Epanchages de crues, foggaras, etc.)
- Irrigation avec les eaux épurées :
 - Superficie irriguée en 2006 : 410 ha.

- Superficie en projet : 12.000 ha.
- Superficie à irriguer à terme : 60.000 ha.

Situation des stations d'épurations

Au cours de ces dernières années, le Ministère des Ressources en Eau a entrepris la mise en œuvre d'un important programme d'investissement concernant la réalisation et la réhabilitation de STEP. Les STEP conçues, répondent aux critères imposés par le Ministère des Ressources en Eau et qui consistent à :

- Protéger les eaux des retenues existantes contre la pollution et l'eutrophisation
- Protéger le littoral et les zones de baignades.
- Eaux usées produites
 - volume annuel : 730 hm³ /an
 - volume annuel à l'horizon 2020 : 01 milliard de m³/an.
- Eaux usées épurées
 - Capacité installée actuelle : 270 hm³.
 - Volume actuel épuré : 150 hm³.
 - Capacité installée à l'horizon 2020: 972 hm³.
 - Capacité installée à l'horizon 2030:1.271 hm³.
- STEP à boues activées

Cent une (101) STEP sont en service. Les capacités installées pour le traitement des eaux usées varient de 200 m³/j pour l'agglomération de H'Nancha (Souk-Ahras) à 750000 m³/j pour la STEP de Baraki (Alger) .

➤ Lagunage

Quatre-vingt-treize (93) STEP de type lagunage dont 20 de type aéré sont en service. Les capacités installées varient de 320 mal pour l'agglomération de l'Émir Abdel Kader (Ain Ti mouchent) à 42 000 mal pour la STEP de Ouargla.

Tableau 8: Nombre de STEP à l'échelle nationale

Procédé de traitement	Etat	Nombre
	En exploitation dans six travaux de réhabilitation et une en étude de réhabilitation.	41
Boue activée et lagunage	En travaux	51
	En voie de lancement	33
	En travaux de réhabilitation (hors service)	7
	En étude de réhabilitation (hors service)	6
	En cours d'études	56
TOTAL		194

Source : [Ministère des Ressources en Eaux]

3.5. Perspectives de réutilisation des EUE en agriculture

Travaux : Quatre projets totalisant une superficie de 3.000 ha

- Périmètre de Hennaya à partir de la STEP de Tlemcen (wilaya de Tlemcen) sur une superficie de 912 ha.
- Périmètre de Dahmouni (wilaya de Tiaret) sur une superficie 1214 ha.
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la ville de Bordj Bou Arreridj sur une superficie de 350 ha
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de Hamma Bouziane à Constantine sur me superficie de 327 ha.

Etude: Trois projets totalisant une superficie de 9.000 ha.

- Périmètre d'irrigation de Mléta à partir de la STEP d'Oran sur une superficie de 8100 ha.
- Aire d'irrigation à l'aval de la STEP de la ville de Médéa a sur une superficie de 255ha
- Périmètre d'irrigation à partir de la STEP de la vallée d'oued Saida sur une superficie 330 ha.

4. Cadre réglementaire d'usage des eaux usées épurées

La loi n° 05 - 12 du 04 août 2005, relative à l'eau, a institué, à travers ses articles 76 et 78, la concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (10 n°60 - année 2005).

Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007 fixe que le concessionnaire (personne physique ou morale) qui se propose de distribuer, à des usagers, des eaux usées épurées à des fins d'irrigation) et les différents intervenants (direction de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce) sont tenus de procéder à un contrôle régulier de la qualité des eaux distribuées afin de s'assurer en permanence, que la qualité de eaux épurées est conforme aux normes fixées par à réglementation en vigueur (normes Organisation Mondial de la Santé (OMS) et Organisation de l'Alimentation FAO).

Tableau 9: Perspective de traitement et de réutilisation des EE en irrigation

	2010	2015	2020	2025	2030
Volume d'eau usée intercepté (Hm ³ /an)	501	708	972	1.208	1.271
Volume d'eau usée épurée (Hm ³ /an)	257	399	561	705	762
Surface a irriguer par les EUR sans stockage (ha)	21.773	34.485	48.279	59.876	64.431
Surface a irriguer par les EUE avec 100% de stockage	36.288	57.476	80.466	80.466	107.385

Source : [Ministère des Ressources en Eaux]

4.2. 5.1. Normes actuellement en usage

➤ Normes et critères OMS et FAO

Les paramètres minimaux de qualité bactériologique des EE à la sortie de la STEP permettant d'assurer la protection sanitaire des agriculteurs et des consommateurs, sont ceux de l'OMS (1989, 2000 et 2006). Les paramètres de qualité physico-chimique des EE admissibles pour un usage agricole adéquat sont ceux de la FAO (1985).

Tableau 10: Normes de réutilisation des eaux usées épurées

Paramètre	Unité	Normes
		FAO * OMS ** (1985) (1989)
pH		6,5-8,4 *
Turbidité	NTU	/
CE	ds/m	< 0,7 * aucune restriction 0,7 _ 3 * restriction légère a modérée > 3 * forte restriction
MES	mg/l	< 70 **
DCO	mg O2/l	< 40 **
DBO ₅	mg O2/l	< 10 **
NO ₃ ⁻	mg/l	50 **
NO ₂ ⁻	mg/l	< 1 **
NH ₄ ⁺	mg/l	< 2 **
PO ₄ ⁻³	mg/l	< 0,94 **
HCO ₃ ⁻	mg/l	500*
Cl ⁻	mg/l	1065*
Ca ²⁺	mg/l	400*
Mg ²⁺	mg/l	60,75*
K ⁺	mg/l	50*
Na ⁺	mg/l	920*
SAR	meq/l	< 3* aucune restriction 3-9* restriction légère a modéré > 9* forte restriction
Coliformes totaux	UFC/100ml	< 1000CF/100ml
Streptocoque fécaux	UFC/100ml	1000 **
Salmonelles	UFC/1L	Absence**

Source : [Ministère des Ressources en Eaux]

Tableau 11: Les normes microbiologique révisées de l'OMS (2000 et 2006) pour le traitement des eaux usée avant utilisation en agriculture

Catégorie s	Condition de réutilisation	Groupe s exposés	Némato des Intestina ux	Coliformes fécaux	Traitement recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation sans restriction A1 pour les cultures publics. Maraichères Consommées Crues, les sports, les parcs publics.	Travailleurs Les consommateurs	$\leq 0,1$	≤ 10	Série de bassin de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement équivalent (ex : traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire. Soit d'une filtration et d'une désinfection).
B	Irrigation restreinte. Céréales , cultures Industrielles, Fourragères, Pâturage et forêt.	B1 : Travailleurs (mais pas les enfant < 15ans) Population alentou r.	≤ 1	$\leq 10^5$	Série de bassin de rétention dont un bassin de saturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (ex : traitement secondaire conventionnel suivi soit par des lagunage tertiaire, soit une filtration).
		B2 : Comme B1	≤ 1	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A
		B3 : Travailleurs dont les enfants < 15ans. Population.	$\leq 0,1$	$\leq 10^3$	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée sur des cultures de la catégorie B s'il n'y à pas	Aucun	Pas de norme	Pas de norme	Prés traitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une

	d'exposition des travailleurs ou du public.				sédimentation primaire
--	---	--	--	--	------------------------

Source : [Ministère des Ressources en Eaux]

4.3. Les risques liés à la réutilisation agricole des eaux usées épurées

Risque microbiologique

Dans le cas de l'agriculture, il est prouvé depuis longtemps que les microorganismes pathogènes des animaux ne peuvent ni pénétrer ni survivre à l'intérieur des plantes. Les micro-organismes 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 trois voies de contamination que l'on retrouve classiquement sont :

- La contamination par ingestion

C'est la plus commune. D'une part, il y a l'ingestion directe, lorsqu'il y a consommation d'eau. Celle-ci peut être volontaire lors de la consommation d'eau potable, ou involontaire, par exemple boire la tasse en natation. D'autre part, il y a l'ingestion indirecte, par exemple quand les eaux épurées sont utilisées pour irriguer des cultures dont les produits sont ensuite consommés.

- La contamination par inhalation

Elle est moins importante et n'est pas possible pour tous les polluants. Elle se produit lors de la formation d'aérosols, dans le cas de l'irrigation par aspersion ou de l'utilisation d'un karcher. La contamination par voie cutanée. Un simple contact peut entraîner une contamination. Souvent grâce à des microcoupures sur la peau. Seule la bactérie le *Legionella* est vraiment concernée par ce mode de transmission.

Tableau 12: Les virus dans les eaux usées épurées

Agent pathogène	Symptômes/ maladie	Nbre pour 1L d'eau usée	Voie de contamination principale
Virus de l'hépatite A	Hépatite A		ingestion
Virus de l'hépatite E	Hépatite E		ingestion
Rotavirus	Vomissement, diarrhée	400 à 85	ingestion

		000	
Virus de Norwalk	Vomissement, diarrhée		ingestion
Adénovirus	Maladie respiratoire, conjonctivite, Vomissement, diarrhée		ingestion
Astrovirus	Vomissement, diarrhée		ingestion
Calicivirus	Vomissement, diarrhée		ingestion
Coronavirus	Vomissement, diarrhée		Ingestion/inhalation
Réovirus	Affection respiratoire bénigne et diarrhée		ingestion
Entérovirus :			
Poliovirus	Paralyse, méningite, fièvre	182 à 492 000	ingestion
Coxsackie A	myocardite, anomalie congénitale du cœur si la contamination au moment de grossesse, éruption cutanée, méningite, fièvre, maladie respiratoire		ingestion
Coxsackie B	Maladie respiratoire		Cutanée/inhalation/ingestion
Echovirus	Encéphalite, méningite, rash, fièvre et diarrhée		inhalation
Entérovirus 68-71	méningite, Encéphalite, maladie respiratoire, hémorragique aigue, fièvre		inhalation

Source : Asano (1998)

Tableau 13: Les bactéries pathogènes dans les eaux usées

Agent pathogène	Symptômes, Maladie	Nombre pour 1L d'eau usée	Voies de contamination principales
Salmonella	Typhoïde, Paratyphoïde, Salmonellose	23 à 80 000	Ingestion
Organisme	Dysenterie Bacillaire	10 à 10 000	Ingestion
E. coli	Gastro-entérite		Ingestion
Yersinia	Gastro-entérite		Ingestion
Amylobacter	Gastro-entérite	37 000	Ingestion
Vibrion	Choléra	100 à 100 000	Ingestion
Leptospire	Leptospirose		Cutanée/Inhalation/Ingestion
Lésionnelle	Légionellose		Inhalation
Mycobactérie	Tuberculose		Inhalation

Source : Asano (1998)

Tableau 14: Facteur environnementaux modifiant la survie des micro-organismes

Facteur	Diminution de la survie
Température	Quand elle augmente
Eau	Quand l'humidité diminue
pH	Aux pH extrêmes (> 12 ou < 3)
Ensoleillement	Quand la luminosité augmente
Oxygène	Effet variable selon le type respiratoire des bactéries ; effet négatif sur les virus
Matière organique (nutriments)	Quand la quantité de nutriments diminue
Organismes vivants	Quand l'activité biologique augmente. L'activité biologique du milieu (présence d'organismes saprophytes tels que certains champignons) diminue la résistance des organismes par compétition pour les nutriments et sans doute par prédation.

Source : Office International de l'Eau (1997)

Tableau 15: Concentrations maximales d'éléments à l'état de trace recommandée pour les eaux d'irrigation

Élément	Concentration maximale recommandée (mg/l)	Observations
A1 (aluminium)	5,0	Peut provoquer la stérilité des sols acides (Ph < 5,5), mais les sols sodiques précipiteront l'ion et élimineront la toxicité à Ph > 7,0.
As (arsenic)	0,10	La toxicité à l'égard des plantes varie fortement, moins de 0,05 mg/l pour le riz
Be (beryllium)	0,10	La toxicité vis-à-vis des cultures varie fortement de 5mg/l pour le chou à 0,5 mg/l pour les haricots blancs.
Cd (cadmium)	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à faible concentrations (0,1 mg/l dans la solution nutritive).Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilité de former des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'homme.
Co (cobalt)	0,05	Toxique pour la tomate à 0,1 mg/l dans la solution nutritive. A tendance à être neutralisé par les sols à Ph > 7.
Cr (chrome)	0,,10	N'est en général pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxique, on recommande des limites prudentes.
Cu (cuivre)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentration comprises entre 0,1 et 1,0 mg/l , dans la solution nutritive.
F (fluor)	1,0	Neutralisé par les sols à pH > 7.
Fe (fer)	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiels. Peut provoquer, en aspersion "Haute ", des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Li (lithium)	2,5	Toléré par la plupart des cultures jusqu'à 5mg/l mobile dans le sol. Toxique pour les agrumes à des concentrations faibles (< 0,075 mg/l).Agit comme le bore.
Mn (manganèse)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelque dixième de mg/l à quelque mg/l, mais en général seulement dans les sols acides.
Mo (molybdène)	0,01	Non toxique pour les cultures à des concentrations

)		normales dans le sol et l'eau. Peut être toxique bétail lorsque le fourrage pousse sur des sols à forte concentration en molybdène disponible.
Ni (nickel)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentration variant de 0,5mg/l à 1,0 mg/l, toxicité réduite avec un pH neutre ou alcalin.
Pb (plomb)	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées.
Se (sélénium)	0,02	Toxique pour les cultures à des concentrations aussi faible que 0,025 mg/l et toxique pour le bétail si le fourrage et cultivé sur des sols avec un niveau relativement élevé de sélénium apporté. Essentiel aux animaux mais à des concentrations très basses.
Sn (étain)	---	Exclu efficacement par les plantes ; tolérance spécifique inconnue.
V (vanadium)	0,10	Toxique vis-à-vis de nombreux végétaux à des concentrations relativement faibles.
Zn (znic)	2,0	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables, toxicité réduite à Ph > 6,0 et dans les sols à texture fine ou organiques.

Source : OIE (1997)

Substances nutritives

Ces impacts sont d'importance particulière puisqu'ils peuvent réduire la productivité, la fertilité du rendement des terres.

- L'azote
 - En quantité excessive peut :
 - ✓ Perturber certaines productions,
 - ✓ Retarder la maturation de certaines cultures, abricots, agrumes;
 - ✓ Altérer leur qualité, comme par exemple réduire la teneur en sucres des fruits
 - ✓ Accentuer la sensibilité des cultures aux maladies, la tendance à la verse pour les céréales.
 - ✓ Limiter le développement des jeunes racines.

- Les nitrates

L'origine des nitrates dans l'eau souterraine est principalement due aux engrais et les eaux députation. L'azote n'est pas absorbé par les plantes, volatilisé, ou emporté par le nettoyage des surfaces dans les eaux souterraines sous forme de nitrate. Ceci rend l'azote non disponible pour les plantes, et peut également augmenter la concentration dans les eaux

souterraines au-dessus des niveaux admissibles pour la qualité de l'eau potable. Les systèmes septiques éliminent seulement la moitié de l'azote des eaux usées, laissant l'autre moitié dans les eaux souterraines, ceci conduit à une augmentation des concentrations en nitrate.

✓ Méthémoglobinémie : une maladie causée par un excès en nitrate

La condition clinique se produisant à partir de la conversion de l'hémoglobine en méthémoglobine, qui est incapable de relier ou de transporter l'oxygène. La méthémoglobine est formée lorsque le fer de la molécule d'hémoglobine est oxydé de FE_{2+} en FE_{3+} .

- Le potassium

La concentration en potassium dans les effluents secondaires varie de 10 à 30 mg/l. Un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium et une augmentation des pertes par drainage en sols légers.

- Le phosphore

Le principal problème causé par le phosphore est l'eutrophisation des milieux aquatiques notamment des lacs. L'eutrophisation est "l'asphyxie des eaux d'un lac ou d'une rivière" due à un apport exagéré de substances nutritives - notamment le phosphore - qui augmente la production d'algues et de plantes aquatiques. La décomposition et la minéralisation de ces algues, lorsqu'elles meurent, consomment de l'oxygène dissous. Autrement dit, plus il y a d'algues, moins il y a d'oxygène, particulièrement dans les eaux du fond. En dessous d'un certain seuil, on parle généralement de 4 mg d'oxygène par litre, les conditions de vie deviennent difficiles pour la faune et la flore.

La concentration saline des eaux

Au cours des irrigations successives, la plante prélève l'eau qui lui est nécessaire et abandonne dans le sol une large fraction des sels apportés. Ces résidus s'accumuleront et la salinité propre du sol s'élèvera en même temps que les volumes d'eau appliqués. Les eaux d'irrigation doivent, donc renfermer des quantités de sel notable inférieures au niveau de salinité de la solution de sol considéré comme dangereux. Dans le cas contraire, il faut pratiquer des irrigations supérieures aux besoins de la culture de manière que l'eau en excès entraîne en profondeur hors de portée des racines les éléments solubles. Les risques de salinisation peuvent être minorés de 10 à 30% si la fraction de lessivage correspond à celle d'une irrigation bien réalisée (10 à 20% de lessivage). Les principaux sels responsables de la

salinité de l'eau sont les sels de calcium (Ca_{2+}), de magnésium (Mg_{2+}), de sodium (Na_+), les chlorures (Cl_-), les sulfates (SO_{42-}) et les bicarbonates (HCO_3^-).

- Le Sodium

Le sodium est l'un des éléments les plus indésirables dans l'eau d'irrigation : le problème principal avec une grande quantité de sodium est son effet sur la perméabilité du sol et sur l'infiltration de l'eau. Le sodium remplace le calcium et le magnésium adsorbés sur les particules d'argile et provoque la dispersion des particules du sol. Il y a donc éclatement des agrégats du sol ce qui conduit à une structure compacte lorsque cette dernière est sec et excessivement imperméable à l'eau. La concentration de sodium dans l'eau d'irrigation est estimée par le ratio d'adsorption du sodium (SAR). Le SAR décrit la quantité de sodium en excès par rapport aux cations calcium et magnésium, qui eux, peuvent être tolérés en relativement grande quantité dans l'eau d'irrigation.

Les eaux souterraines (nappes)

- Les nappes libres (nappes qui ne possèdent pas de couche imperméable au-dessus permettant leur protection) sont les plus exposées à la contamination par l'infiltration des eaux usées épurées après irrigation, non seulement parce qu'elles ne bénéficient pas d'une protection, mais encore parce qu'elles sont en général peu profondes.
- Les nappes captives (nappes qui ont une couche imperméable au-dessus qui empêche l'eau et donc les polluants de s'infiltrer) sont plus protégées mais peuvent être éventuellement contaminées par des forages ou une autre mise en communication avec la surface ou un autre aquifère pollué.

4.4. Stockage des eaux épurées

Recharge de nappes aquifères

Il y a deux possibilités de recharger des nappes aquifères:

- Déversement direct des eaux épurées après un haut degré de traitement par un forage.
- l'infiltration-percolation : cette technique utilise les capacités épuratrices des sols en combinant l'épuration complémentaire et recharge de nappes.

4.5. Réservoirs de stabilisation

Ce sont des réservoirs de profondeur variable de 5,5 à 15 mètres, le stockage des eaux épurées dans ces réservoirs sur de longues durées (de quelques jours à quelques semaines voir des mois) constitue un véritable traitement complémentaire : il permet la diminution des matières en suspension, l'azote (nitrates) et les micro-organismes. Ces diminutions sont très variables selon la qualité de l'eau d'entrée et la conception du réservoir (en particulier sa profondeur).

4.6. Les bénéfices et les contraintes de la réutilisation des eaux usées :

La Réutilisation des eaux usées peut être un outil important dans la politique d'aménagement du territoire des collectivités locales. Les avantages et les bénéfices les plus importants de la réutilisation de ces eaux, ainsi que les défis et les contraintes les plus fréquemment rencontrés dans l'exécution et l'exploitation de tels projets, sont les suivants :

Bénéfices et avantages de la réutilisation des eaux usées :

Ressource alternative :

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

Conservation et préservation des ressources

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

4.7. 5.6. Valeur économique ajoutée :

Éviter les coûts du développement, du transfert et de pompage de nouvelles ressources en eau fraîche :

- Dans certains cas, éviter les coûts de l'élimination des nutriments des eaux usées.
- Réduire ou éliminer l'utilisation des engrais chimiques en irrigation.
- Assurer des revenus complémentaires grâce à la vente de l'eau recyclée et des produits dérivés.
- Assurer des bénéfices économiques pour les usagers grâce à la disponibilité de l'eau recyclée en cas de sécheresse.
- Favoriser le tourisme dans les régions arides.
- Augmenter la valeur foncière des terrains irrigués.

4.8. Valeur environnementale :

- Réduire les rejets de nutriments et de polluants dans le milieu récepteur.
- Améliorer et maintenir les plans d'eau en cas de sécheresse.
- Eviter les impacts négatifs liés à la construction de nouveaux barrages, réservoirs, etc.
- Améliorer le cadre de vie et l'environnement (espaces verts, etc.).
- Proposer une alternative fiable aux rejets d'eaux usées dans les milieux sensibles (zones de baignade ou conchylicoles, réserves naturelles, etc.).
- Profiter des nutriments apportés par l'eau d'irrigation pour augmenter la productivité des cultures agricoles et la qualité des espaces verts.

4.9. Développement durable :

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

4.10. Défis et contraintes de la réutilisation des eaux usées :

Aspects législatifs et sanitaires :

- Problèmes de santé publique liés aux pathogènes éventuels dans les eaux usées non traitées.
- Absences de réglementation et des incitations à la réutilisation :

- Droit sur l'eau : qui possède l'eau recyclée et qui récupère les revenus,
- Exploitation inappropriée et/ou qualité non-conforme.

Aspects sociaux :

- Malgré les réticences psychologiques à utiliser les EUE, la rareté de l'eau et les réalités économiques poussent les agriculteurs de certaines régions à la REU;
- Il faut établir un système de surveillance de la qualité des EUE pour instaurer une confiance entre le distributeur et l'utilisateur ;
- En vertu de l'incertitude des risques liés à la REU, des stratégies nationales de réutilisation des eaux usées pourraient s'orienter uniquement vers les espaces verts et l'agroforesterie (ex: Egypte).

Aspects économiques :

- Considérer la REUE comme faisant partie de la trilogie : assainissement, épuration et réutilisation. Cette trilogie devrait s'insérer dans des stratégies nationales.
- Le coût de la réutilisation doit être comparé au coût de l'inaction qui a des impacts environnementaux, sanitaires et qui augmente le coût de traitement de l'eau potable.
- Le coût de la réutilisation doit aussi être comparé à d'autres alternatives comme le dessalement.
- La réutilisation est devenue une nécessité et peut contribuer au développement de certains secteurs économiques (tourisme et loisirs).
- Le coût de la réutilisation varie d'un bassin hydrologique à un autre et en fonction de l'usage final souhaité.

Aspects environnementaux et agronomiques :

La présence de beaucoup de sels, bore, sodium et autres micropolluants peut avoir des effets négatifs sur certaines cultures et les sols.

Aspects technologiques :

- Une grande fiabilité d'exploitation est requise.
- Importance du choix de la filière de traitement.

5. Eaux usées épurées en Algérie

- Le rejet des eaux usées, à l'échelle nationale , est estimé ,actuellement ,à 925 millions de M³ et atteindra le volume de 1,5 milliards de M³ à l'horizon 2020 .
- Le secteur des ressources en eau, pour la prise en charge de ce potentiel hydrique en matière d'épuration, a engagé un programme prometteur dans la réalisation des installations d'épuration.

Tableau 16: Potentialités de la ressource en eau (en Hm³/an) :

Ressource	Nord	Sahara	Total
Superficielles	10 000	200	10 200
Souterraine	2 000	5000	7000
Total	12 000	5200	17 200

Source : ONID (mai 2015).

Tableau 17: Mobilisation :

Origine	Origine des ressources		Total
Conventionnelle	66 barrages	7100 Hm ³	9700 Hm ³
	121 000 forages	2 600 Hm ³	
Non Conventionnelle	25 SDEM	236 Hm ³	236 Hm ³
	225 STEP	698 Hm ³	698 Hm ³

Source : ONID (mai 2015).

- L'irrigation dans la consommation d'eau, occupe: 62 %.
- La demande en eau potable occupe : 38%.
- Le secteur industriel : 3%.

6. Méthodologie d'utilisation des eaux usées épurées dans l'hydro agricole

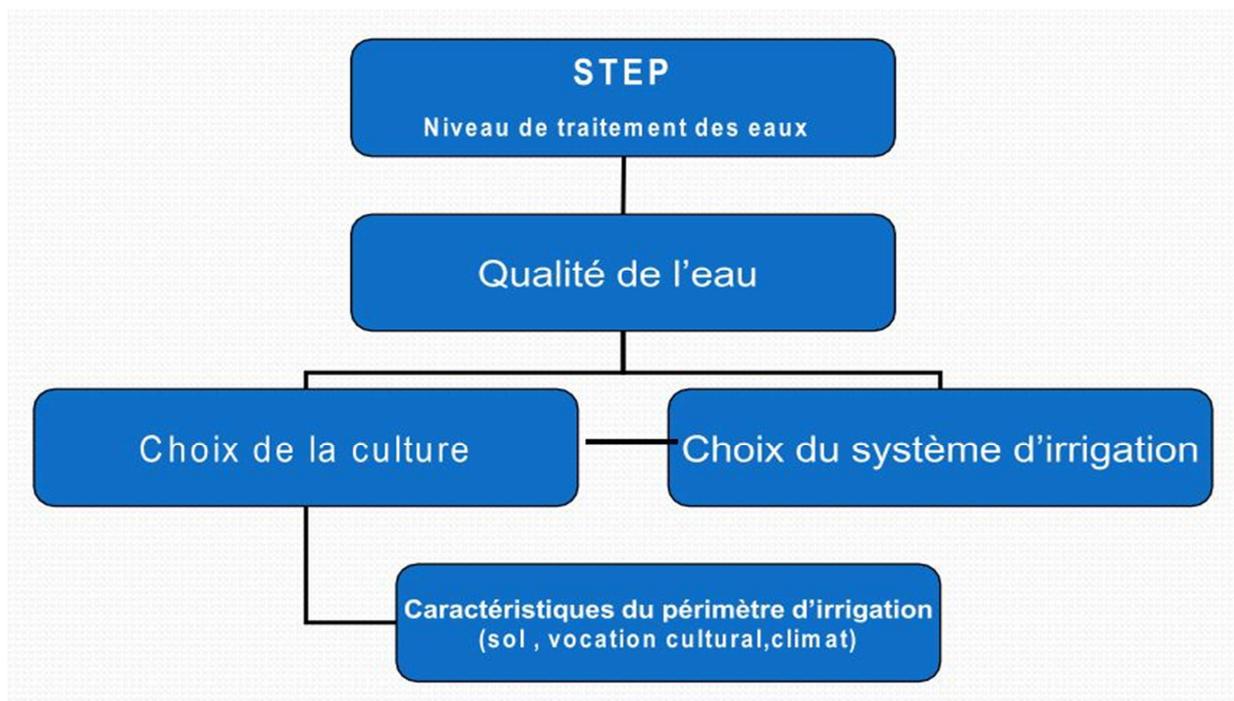
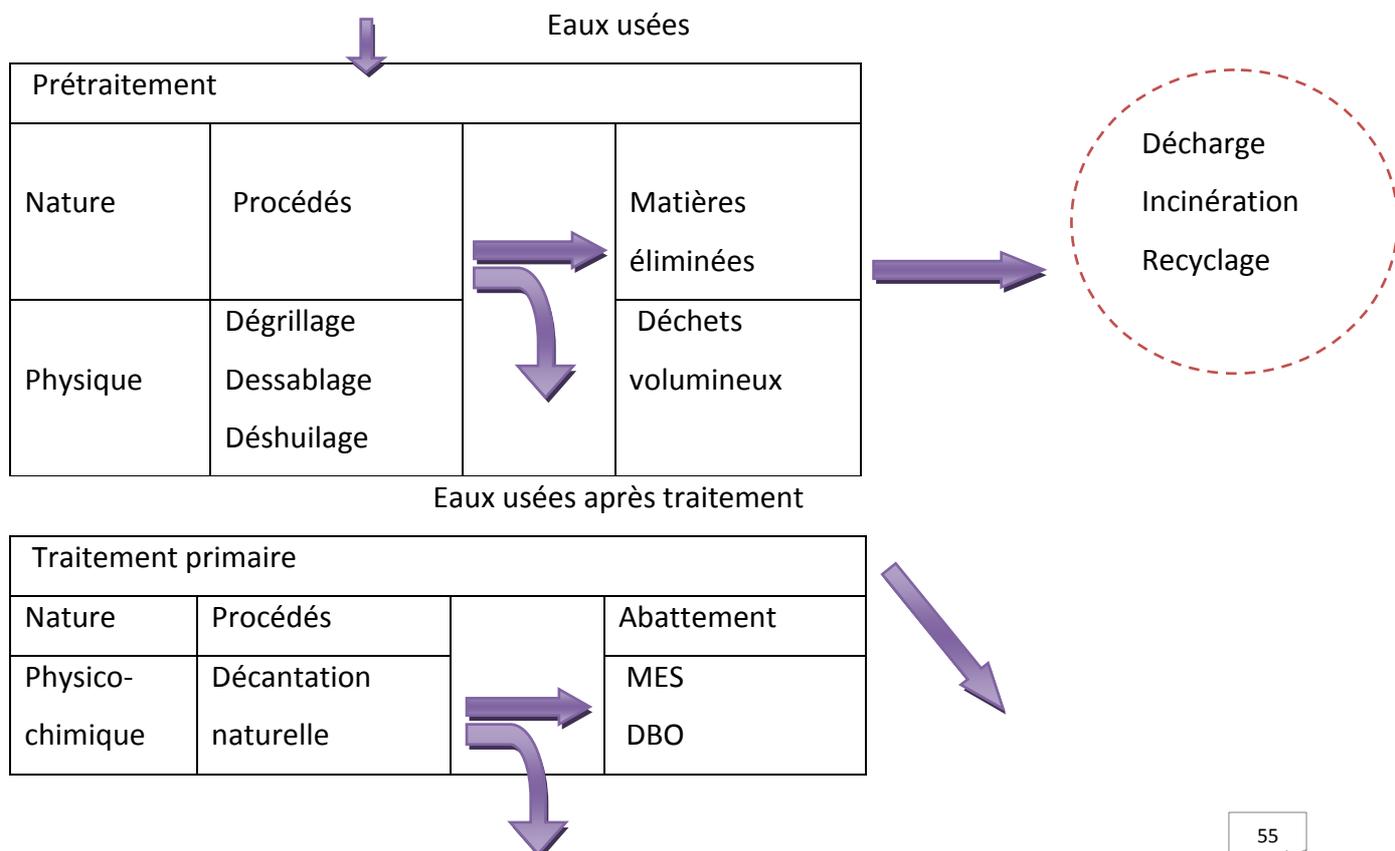


Figure 10; Source : ONID (mai 2015).

7. Étapes d'une filière de traitement des eaux. (SADOK, 1999)



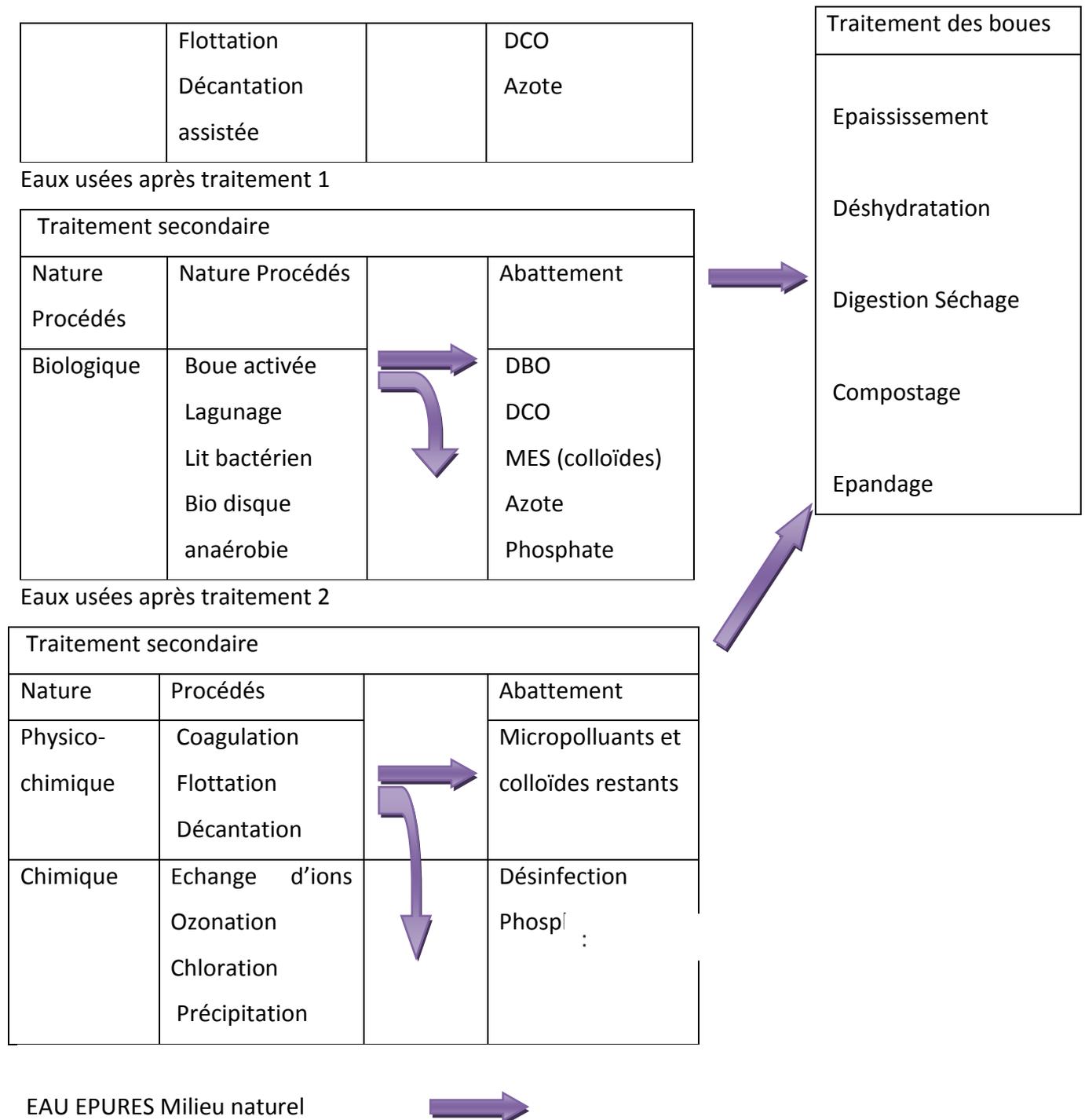


Figure 11: Filière de traitement des eaux.

Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les

pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

Chapitre 3 : Présentation de la station d'épuration d'El Kerma

Introduction

L'eau collectée par les égouts est conduite à une usine de traitement appelée couramment Station d'épuration. Les plus efficaces emploient des techniques nombreuses et parfois coûteuses. L'eau est d'abord filtrée par des grilles de plus en plus fines, qui retiennent tous les déchets solides. Les déchets en suspension (petites particules dans l'eau) ou solubles (produits entièrement mélangés à l'eau) doivent être séparés par d'autres méthodes : décantation, floculation, traitement par des bactéries. Le choix d'un éventuel site pour l'implantation d'une station d'épuration doit tenir compte de divers critères parmi lesquels les plus importants sont :

- Réseau de la collecte existant (il est important d'éviter le relevage des eaux usées);
- Caractéristique du site (nature du sol, hauteur de la nappe phréatique, pente);
- Protection du site contre les inondations (digue protectrice);
- Choix d'un milieu récepteur pour les eaux épurées en excédent;
- La disponibilité du terrain (paramètre plus important où le procédé est de type extensif).

1. Situation de la station d'épuration d'el kerma

La station d'épuration d'el-kerma érigée à proximité de l'actuelle décharge publique prendra en charge toutes les eaux usées du groupement urbain d'Oran, et qui comprend les communes d'Oran, ES-SENIA, BIR EL-DJR, SIDI CHAHMI et El-Kerma. Au total, ce sont près de 274.000 m³ d'eaux usées déversées par une population de l'ordre de 1.526 million d'habitants qui seront traitées. Cette station conçue sur la base des données dans le plan directeur d'aménagement urbaine (PDAU) et ce à l'horizon 2020, elle est gérée durant les deux premières années par le partenaire autrichien chargé des équipements. Cette clause est clairement stipulée dans le marché afin d'éviter toute surprise comme cela se faisait auparavant avec les usines clés en main. Ensuite, ce sera au tour de l'office national de l'assainissement (ONA) de prendre la relève. Quant à l'utilisation des eaux traitées, elles seront destinées exclusivement à l'irrigation de la plaine de la MLÉTA, située à l'ouest d'Oran et sur les territoires des wilayas de SIDI BEL-ABBES et AIN TEMOUCHENT et s'étendant sur une superficie de 8.600ha. Il est à signaler également que ce projet d'envergure a été précédé par d'autres actions comme la réalisation de la galerie à l'est de la ville et la station de pompage sur le 3ème périphérique à proximité de la sebkhah qui aura à canaliser toutes

les eaux usées en direction de la station d'épuration. En plus de la récupération d'importantes quantités d'eau pour les besoins de l'agriculture, cela permettra d'éviter leur déversement dans les zones du littoral et de récupérer une zone humide à savoir l'actuel site de petit lac pour en faire une véritable aire de détente.

Les ouvrages ont été dimensionnés pour le débit et charge polluante estimée à l'horizon 2015 soit un débit de 240 000 m³/j et 1.526 Eq/hab. l'entreprise réalisatrice est un groupement autrichien chinois (VATECH WABAG-CGC), le lancement des travaux a eu le 1er mars 2006. Le suivi de projet est assuré par groupement des bureaux d'études helvétique français/ SGI-CABINET MERLIN Les débits, les charges polluantes (tableau) et les objectifs de traitement qui a été prévu de réaliser une station d'épuration biologique dont le système utilise les bassins à boues activées à moyenne charge avec une stabilisation des boues.



Figure 12: Vue aérienne de la STEP d'El Kerma (source google earth).

Définition de l'eau à traiter :

Tableau 18: L'eau à traiter a les caractéristiques suivantes :

Paramètre	Unité	Valeurs
Equivalent Habitant	EH	1.665.000
Débit moyen journalier	M ³ /j	270096
Débit moyen horaire-temps sec	M ³ /h	11254
Débit de pointe horaire nocturne	M ³ /h	3751
Débit de pointe horaire-temps sec	M ³ /h	16200
DBO5 journalières	Kg/j	91560
MES journalières	Kg/j	96860
DCO journalières	Kg/j	229910

2. Les installations de la station d'El kerma

La station d'épuration est prévue pour les eaux usées du groupement urbain d'Oran qui sont prépondérance domestique. Le système de traitement retenu pour l'épuration des eaux usées Oran est l'action a moyenne charge. La chaine de traitement est composée de deux lignes une ligne d'eau et une ligne de boue. Le débit est divis parallèlement sur certains ouvrages afin améliorer la fiabilité du traitement. Les opérations de maintenance et la souplesse de fonctionnement de la station. La filière de traitement de la ligne d'eau comprend ainsi en totalité et successivement.

3. Les différentes étapes de traitement

3.2. Principe de traitement d'eau :

- Arrivée des eaux, by passe et bassin d'orage
- Dégrillage
- Dessablage et dégraissage
- Aération biologique
- Décantation de l'eau traitée

a- Arrivée des eaux et bassin d'orage

Une partie des effluents sont envoyées par pompage directement dans le canal d'alimentation du prétraitement d'une part et par gravité dans la bêche de relèvement, ceci par deux conduites de diamètre de 600 mm.

Ce poste de prélèvement permet:

- L'alimentation du prélèvement en aval.
- Le by-pass total des installations par manœuvre d'un batardeau contrôlant l'entrée générale de la station.
- Un déversoir alimente un bassin d'orage de total débit supérieur au débit accepté par l'installation suivant le nombre de bassins d'aération en service. Deux pompes submersibles permettent de relever ces eaux vers le prétraitement sur la base de la vidange du bassin plein, laissant ainsi rapidement le volume disponible pour réguler.
- Le débit entrant, sans toutefois surcharger le traitement ultérieur.



Figure 13: Poste de déversoir d'orage

b-Dégrillage

Le dégrillage est composé de 04 chenaux de dégrillage équipés des dégrilleurs fins (espacement entre les batardeaux =10mm) les grilles mécaniques sont inclinées de 75° offrant une grande surface de passage ; leur nettoyage s'effectue d'une manière très simple par racle rigide qui épouse la forme des barreaux de la grille. Les grilles sont disposées sur un même axe perpendiculaire à l'axe du chenal d'amenée. Pour l'isolement des grilles en cas de panne et/ou d'entretien il est prévu d'installer des batardeaux à l'aval des appareils. Le dimensionnement des canaux de dégrillage est tel que le débit de la pointe du temps de pluie peut passer à travers trois grilles au cas où une des quatre 4 grilles est en panne.

L'opération automatique des dégrilleurs est contrôlée par une mesure différentielle du niveau D'eau en amont et en aval du dégrilleur. Les refus des dégrilleurs seront déchargés sur une bande transporteuse commun qui les transporte vers une presse laveuse. Les refus de dégrillage seront lavés, ensachés et déchargés dans une benne. Quand a l'air pollue sera traité par bio filtre.



- Les Grilles



Figure 14: Dégrilleur de la STEP d'el Kerma

c. Dessablage-déshuilage

Un chenal de sortie fait suite au poste de dégrillage en amenant les eaux degrillées vers quatre chenaux de dessablage-déshuilage. C'est la lame de débordement, a la sortie des dessableurs, qui impose la cote du plan d'eau vers l'amont, notamment dans le chenal

d'amenée assurant une equi- répartition du débit entre les ouvrages lorsqu'ils sont en parallèle. L'entrée des dessableurs- déshuileurs est équipée de batardeaux. Chaque dessableurs déshuileurs aura une longueur de 50m, exécuté en béton arme de section trapezoidale avec un baffle ajoure, commun aux deux ouvrages et un autre étant pentu de la cote extérieure. Dans chaque chenal, un baffle à claire voie installe parallèlement à l'axe principal délimite deux zones distinctes du point de vue fonctionnel. Zone turbulente de dessablage d'une largeur de 4,8 m (via l'action de bulles d'air). Zone calme pour le déshuilage d'une largeur de 2 m. Cet apport d'air a pour effet d'empêcher la sédimentation des matières plus légères lavées (matières organiques et autres en suspension) et assure une vitesse d'écoulement constante. Les sables décantent et se retrouvent au fond de l'ouvrage dans une partie approfondie les grains de sables ainsi décantés dans la fosse sont extraits par le système air lift.L'autre zone située à l'axe d'installation des rampes d'aire est séparée de la zone de dessablage par un baffle ajoure installe sur toute la longueur de l'ouvrage. Ce dernier est équipé de pont racleurs suceurs jumelés animes d'un mouvement de (va et vient) RCS a extraire les sables déposés au fond de l'ouvrage : qui seront transporte par la suite dans une rigole centrale qui débouche vers une fosse collectrice : [26]. Le mélange eau et sable sera transporté vers un calibreur de sable situe à cote du dessableur. Le sable est asséché puis déchargé dans une benne.

Un dessableur se compose de 04 lignes est réalisé. Les dimensions d'une ligne sont :

- Longueur = 50m
- Largeur dessablage = 4,8m
- Largeur déshuilage = 2 m
- Profondeur utile dessablage = 4,6m.

Le temps de séjour dans le dessablage-déshuilages correspondant au débit hydraulique maximal

est environ 15 min. le taux de séparation des granules de 150 micromètre sera donc de lords de 95%.



Figure 15: Dessableur déshuileur STEP d'El Kerma

Les matières flottantes et les graisses s'accumuleront à la surface de déshuilage et seront raclées jusqu'à l'entrée d'un puits à graisse. Ces matières peuvent au besoin avec un clapet être entreposées dans le puits les matières peuvent être régulièrement retirées de ce puits dans un réservoir mobil (tonne à lisier) et transportées vers les digesteurs. Cette boue grasse est transportée à l'aide d'une pompe à vis excentrées vers le système d'envoi vers les digesteurs. Dans les digesteurs une grande partie organique est transformée de façon anaérobie en biogaz.

d- Décantation primaire

Les troubles provenant du traitement des boues sont envoyés après le dessablage-déshuilage. L'eau usée coule ensuite vers une décantation primaire. Une partie de mes se déposent et réduit donc la charge massique de DBO_5 et DCO. Nous avons prévu 04 décanteurs primaires, équipés de ponts racleurs. Les décanteurs primaires sont dimensionnés sur une charge hydraulique de 1.5 m/h. les dimensions de chaque décanteur primaire est récapitulée ci-après :

- Diamètre : 48.9m
- Hauteur d'eau moyenne : 2,56m

Les eaux à la sortie des décanteurs sont dirigées vers deux puisards communs ou seront également collectées les boues de retour des décanteurs secondaires. Le taux d'élimination estimatif dans la décantation primaire est :

- DBO33%.
- DCO-29%
- MES=63%



Figure 16: Décanteur primaire STEP d'el Kerma

e- Bassin à boue activées :

Afin d'assurer les objectifs de traitement, il a été prévu un traitement par boue activée à moyenne charge. Cette charge est calculée sur la masse totale de boue présente dans le bassin d'aération et permet de parvenir aux objectifs de rejet, dont la réduction de la pollution azotée en période d'été par la mise en place de la nitrification.

Le traitement à boue activée sera composé de 04 bassins en béton.

- Nombre d'ouvrage : 04
- Volume d'un bassin : 10584 m³
- Charge massique des boues : 0.35Kg DBO₅/ (Kg MES/j)
- Nombre de cascades pour ouvrage : 4

L'alimentation des bassins d'aération est réalisée par une conduite en béton débouchant dans un canal de répartition situé en amont. Dans le cas où un bassin est hors service, les eaux sont distribuées vers les trois autres bassins en service. Les bassins d'aération sont équipés d'aérateurs de surface de type à axe vertical et à vitesse de rotation lente. Chaque aérateur est monté sur une passerelle en béton armé avec garde-cord. Les passerelles reposent sur quatre poteaux en béton armé. La vidange éventuelle des bassins d'aération,

deux pompes sont prévues a la sortie des bassins. Le bassin d'aération est conçu pour assurer un brassage homogène de la boue, éviter les dépôts de matières en suspension et l'érosion du fond ou des parois de l'ouvrage. Un compartiment de dégazage est accolé a chaque bassin a boue activée, équipé d'un dispositif de rabatement des mousses. Les mousses peuvent être au besoin récupérées dans un puits de pompage d'où la mousse sera dirigé vers la déshydrations mécanique ou vers le puisard d'aspiration de la station de pompage de la boue de retour. Afin de pouvoir adapter l'apport en oxygène par aérateurs, les bassins seront munis de lames de débordement réglables. Celle-ci permettra de changer la profondeur d'immersion des aérateurs de surface. La hauteur d'eau dans un bassin, équipé des aérateurs de surface étant limitée, les dimensions des bassins a boue activées (bassin d'aération) sont récapitulées ci-après :

- Longueur =89,80m
- Largeur =22,45m
- Hauteur d'eau =5,25m

Pour que la capacité d'aération puisse être adaptée aux besoins réels, les aérateurs de surface sont équipés de variateurs de vitesse. La variation de vitesse des aérateurs sera tributaire de deux mesures d'oxygènes dissous. L'émission aérosol est réduite par des jupes souples conçues en outre pour réduire la formation de mousse flottante. Les moteurs des turbines seront capotés pour limiter la nuisance sonore.



Figure 17: Traitement à boue activée STEP d'el Kerma

f- Décantation secondaire

La clarification des effluents est une étape essentielle dans le procédé biologique d'épuration. L'efficacité de la séparation de la liqueur mixte, en boues concentrées et en eau traitée, a une influence directe sur les conditions de fonctionnement du système et sur le

rendement. Le rôle de la décantation secondaire est donc d'assurer une meilleure séparation de la biomasse de l'eau traitée et de permettre par ailleurs un premier épaissement des boues biologiques décantées. a été projeté de construire 8 décanteurs secondaires circulaires, chaque ensemble de 4 décanteurs formant un groupe fonctionnel. Entre ses deux groupes est situé l'ouvrage de répartition des décanteurs secondaire, équipé d'un canal central a déversoir bilatéral. Chaque canal débouchera dans un puits d'où partira la conduite d'alimentation du décanteur secondaire concerne. Le décanteur secondaire a les dimensions suivantes :

- Nombre d'ouvrage : 8.
- Diamètre : 56,5m.
- Hauteur utile a $2/3$ du diamètre : 3.4 m.

Les boues décantées seront pompées dans un puits a boue commune pour chaque ensemble de 04 décanteurs secondaires et acheminés vers la station de pompage des boues de retour. La boue surnageant produite est envoyée dans deux puits pour être également acheminée vers la déshydratation mécanique ou bien vers la station de pompage des boues de retour. L'eau claire décanteur secondaires s'écoule gravitairement vers le chenal de sortie de la station d'épuration.



Figure 18: Poste de décantation secondaire

g- Pompage et recirculation des boues en excès Recirculation des boues

Les boues décantées sont acheminées par une tuyauterie vers deux fosses de pompage des boues de recirculation et des boues en excès. Pour assurer un traitement biologique efficace, il faut maintenir un taux de mes stables dans le bassin d'aération. Pour cela, il est

nécessaire de faire recycler une partie des boues qui sont extraites du décanteur secondaire vers l'entrée du bassin d'aération. Ses boues sont appelées boue de retour ou de recirculation.

h- Evacuation des boues en excès

La biomasse augmente quotidiennement, avec la qualité de pollution traitée. Il est donc nécessaire d'extraire régulièrement les boues excédentaires pour maintenir un taux de mes stables dans le bassin d'aération. Le volume de boue envoyé, l'épaississement est mesuré avec un débitmètre électromagnétique sur la conduite de refoulement des boues en excès. Il sera accompagné d'un transmetteur de signaux continus avec une sortie analogique qui transmettra ce signal au système de gestion de la station ou sera enregistré également la valeur instantanée du débit et le cumul (totalisation) des volumes des boues en excès.

i- Traitement biologique de la station d'épuration

Le procédé d'épuration mis en œuvre est le traitement des eaux usées par boues activées. Il fait appel aux microorganismes dans les eaux pour la transformation et l'élimination des matières polluantes. L'élément important de l'épuration biologique est son rendement. Ce rendement fixe un certain rapport à respecter entre la pollution à éliminer et la masse des boues activées. Ce rapport est appelé « charge massique » les eaux décantées arrivent, en provenance de la décantation primaire après avoir subi un mélange avec les boues de recirculation par l'intermédiaire d'un caniveau rectangulaire, aux réacteurs biologiques après leur répartition entre les quatre bassins. Le réacteur biologique ou bassins d'aération constituent le cœur du procédé, dans lequel s'effectue le métabolisme bactérien à l'origine du phénomène aboutissant à l'épuration.

Tableau 19: dimension du bassin d'aération:

Dimensions	Valeurs
Nombres de bassins	4
La longueur au plan d'eau (m)	89,8
Largeur au plan d'eau (m)	22,5
Hauteur d'eau (m)	5,25
Volume net unitaire (m ³)	10584
Volume net total (m ³)	42336

Pour assurer les objectifs classiques appliqués à cette station d'épuration à boues activées, le dimensionnement du bassin d'aération prendra généralement en compte les conditions de fonctionnement suivantes :

- Charges massique : 0,5 Kg DBO₅/kg M.S.
- Concentration en boues activées : 4 g/l.
- Temps de séjour moyen : 2h30 min
- Age des boues : 2 à 4 jours.

La station fonctionnant donc à une moyenne charge massique suivant le processus d'une aération conventionnée permettant une bonne efficacité d'élimination de la DBO₅. Le temps de séjour des eaux usées dans le bassin d'aération, sur la base d'un taux de recyclage de boue de 50%.

Tableau 20: Temps de séjours et la charge hydraulique.

	Débit/charge hydraulique (m ³ /h)	Temps de séjours (h)
Débit moyen horaire-temps sec	16881	2,5h
Débit moyen horaire nocturne	5627	7,5h
Débit de point horaire-temps sec	24300	1,74h

À fin d'assurer le métabolisme microbien et le besoin énergétique pour la biodégradation des matières organiques, un apport d'oxygène est donc indispensable pour le traitement biologique, une teneur d'oxygène dissous de l'ordre de 1 à 3 mg/l devrait être maintenue dans le système d'aération. Pour ce fait, on a prévu les équipements suivants.



Figure 19: Épaississement final

3.3. 3.2. Appareils et instruments de mesure au niveau de la STEP d'El Kerma

La STEP dispose un laboratoire d'analyse de la qualité de l'eau à l'entrée et à la sortie, l'aide de plusieurs appareils comme :

Mesure électrométrie du pH

Détermination des matières en suspension (MES)

Détermination des matières volatiles en suspension (MVS)

Détermination de l'azote totale (NTK)

Détermination de l'azote ammoniacal (NH_4^+)

Détermination des nitrates (NO_3^-)

Détermination des nitrites (NO_2^-)

Détermination des phosphates (PO_4^{-3})

Détermination de la demande chimique en oxygène(DCO)

✓ Guide de l'U.S Salinité Laboratoire

L'eau utilisée pour irriguer contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui, selon une terminologie collectivement admise sont appelés sels, on y trouve en quantités relativement faibles mais ayant des effets importants. Une eau convient ou non à l'irrigation selon la quantité et le type de sels qu'elle contient Avec une eau de qualité médiocre on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques, il faut alors

mettre en œuvre des méthodes d'aménagement spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole. Les problèmes qu'entraîne l'utilisation d'une eau de médiocre qualité varient tant en nature qu'en gravité, les plus communes sont les suivantes : Salinité : perméabilité: toxicité. Un guide pour l'évaluation de la qualité de l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les intoxiciques.

✓ Contraintes chimiques

Selon les recommandations du Conseil Supérieure de l'Hygiène Publique de France la qualité chimique à laquelle doivent répondre ces eaux est la suivante :

Les effluents à dominante domestique [(le rapport DCO/DBO₅<2,5, DCO < 75mg/tet NTK (Azote total Kjeldhal<100 mg/)] Peuvent être utilisés, après épuration, pour l'irrigation des cultures et l'arrosage des espaces verts. L'utilisation d'effluents à caractère non domestique, du fait de la présence possible (en quantité excessive) de micropolluants chimiques minéraux ou organiques, reste assujettie à un examen particulier de leur qualité chimique : dans certains cas, elle pourra être interdite.

✓ Classification des eaux d'irrigation:

Parmi les différents paramètres physico-chimiques d'une eau d'irrigation la salinité en constitue l'aspect le plus important. L'irrigation conduite avec des eaux chargées en sels entraîne une accumulation de ces sels dans le sol susceptible de ralentir la croissance des végétaux avec baisse des rendements pouvant aller jusqu'au dépérissement, parallèlement un excès de sodium peut engendrer l'alcalinisation et la dégradation de la structure du sol. Deux paramètres permettent d'apprécier, pour une étude sommaire les risques dus à la salinité :

-Conductivité électrique exprimée en CE (mmhos/cm).

✓ Définition de la salinité d'une eau :

La salinité d'une eau est un terme utilisé pour faire référence à la concentration totale d'ions inorganiques majeurs (Na, Ca, Mg, K, HCO₃, SO₄, Cl) dissous dans cette eau. Elle exprime la concentration totale des cations ou anions en solution et non la somme des concentrations de ces cations et anions. Pour des raisons de commodité analytique, un indice pratique de salinité électrique s'exprime en décisiemens par mètre (ds/m) ou en mmhos/cm. La mesure de la salinité d'une eau se fait comme celle d'un extrait saturé à l'aide d'un conductimètre à une température standard de 25°C. Les eaux d'irrigations, en fonction des dangers que

peuvent entraîner leur utilisation, sont réparties en plusieurs classes. Plusieurs auteurs s'étant intéressés de très près à la qualité des eaux d'irrigations ont proposé différentes classes d'eau salée comme nous allons voir.

3.3. Classification mondiale de la FAO (g/l)

Pour CE égal ou compris entre :

1g/l ----> bonne pour l'irrigation

1-3g/l ----> faiblement salée

3-5g/l ---- > moyennement salée

5-10g/l ----> fortement salée

>10 g/l ----> extrêmement salée

Si le sol et l'eau d'irrigation sont pauvres en calcium (Ca), une alcalinisation du sol peut se produire du fait de l'adsorption de Na⁺ par le complexe adsorbant du sol surtout dans les proportions dépassant 3-1 g/l. Généralement au-delà de 1 l il est nécessaire d'avoir un bon drainage du sol, un régime de lessivage et une technique élevée des travaux agro-techniques du sol.

4. Évaluation de la qualité de l'eau usée épurée de la STEP d'El Kerma

4.2. Normes de rejets

Pour une meilleure protection de l'environnement, aquatique, l'eau traitée doit satisfaire certaines normes de rejet : qui sont données dans le tableau suivant :

Tableau 21: Normes de rejets pour l'irrigation (Normes Algériennes)

Paramètre	Unité	Valeur seuil
Temperature	°C	30
PH	-	6.5 à 8.5
Oxygene dissout (*)	Mg O2/l	5
MES	Mg/l	30
DBO ₅	Mg/l	40
DCO	Mg/l	90
Azote total	Mg/l	50
Phosphore (PO ₄)	Mg/l	02
Huile et graisse	Mg/l	20
Coliforme fécaux (*)	Nombre de CF/100ml	1000 CF/100ml
Zinc	Mg/l	10
Plomb	Mg/l	10

Crome	Mg/l	1
Cuivre	Mg/l	5
Nickel	Mg/l	2

4.3. Résultats d'analyses et interprétation

Les analyses ont porté sur les paramètres physico-chimiques suivant : Température, Conductivité, pH, DCO, DBO₅, MES, NO₃⁻, NH₄⁺, NO₂⁻, et PO₃⁴⁻. Pour la température et le pH, la mesure a été réalisée in-situ par contre les autres paramètres tels que DCO, DBO₅... etc. la mesure a été effectuée au laboratoire tout en tenant compte du mode de conservation de l'échantillon, afin d'éviter l'évolution de l'effluent entre le moment de prélèvement et celui de l'analyse. Les résultats obtenus sont regroupés dans les tableaux suivants :

Tableau 22: Les résultats des analyses obtenus à l'entrée et à la sortie de la STEP

Paramètre physico- chimique	Eau brute	Eau épurée
Température	25.44 C ⁰	24.13 C ⁰
PH	7.35	7.33
MES	313 mg/l	12 mg/l
DBO ₅	311 mg/l	9 mg/l
DCO	534 mg/l	37 mg/l
Azote total NTK	62 mg/l	28 mg/l
Ammonium (NH ₄)	30.95 mg/l	8.83 mg/l
Nitrates (NO ₃ -)	8.21 mg/l	1.56 mg/l
PO ₄ ³⁻	5 mg/l	1 mg/l
NO ₂ ⁻	3.2 mg/l	10.47 mg/l
CE	15.69 uS/cm	14.32 uS/ cm

Source : SEOR (unité d'Oran avril 2013).

Tableau 23: Les résultats des analyses obtenus à la sortie de la STEP

Minéralisation global	Unité	Valeurs obtenues
Calcium	mg/l	104
Magnésium	mg/l	33
Sodium	mg/l	135
Potassium	mg/l	16
Chlorure	mg/l	125
Sulfate	mg/l	186
Bicarbonate	mg/l	305
Carbonate	mg/l	0

Source : SEOR (Oran).

Tableau 24: Les résultats les analyses des métaux lourds à l'entrée et la sortie de la STEP

Métaux lourds	Entrée	Sortie
Zinc (mg/l)	0.27	0.1
Plomb (mg/l)	0.12	0.05
Chrome (mg/l)	0.27	0.05
Cuivre (mg/l)	1.59	0.26
Nikel (mg/l)	0.6	0.23

Source : SEOR (Oran avril 2013).

✓ Interprétation :

D'après les résultats du tableau 3-3 on constate que :

- La température et le pH de l'eau épurée correspondent aux normes de rejet : L influence de pH est indiscutable sur le rendement d'élimination de la pollution organique Et tous les travaux effectués montrent que l'activité optimale du nitrobacter a lieu pour une plage de pH (6.5 -8.4). Pour le processus de précipitation du phosphore, c'est plutôt d'un Ph acide qui donne un meilleur rendement d'élimination. Pour la température l'élévation de celle-ci dans les rejets non contrôlés a pour effet d'accélérer les réactions biologiques et par conséquent l'épuisement de l'oxygène qui a pour cause la perturbation de la vie aquatique.
- Les valeurs de DCO et DBO₅ répondent aux normes de rejets : Le rendement d'élimination de la DCO est efficace (plus de 93%) et pour la DBO₅ il est de T'ordre de plus de 97%. La bonne élimination de la DBO₅ s'explique par le fait du bon ajustement de pH du milieu ambiant, ainsi l'absence des matières inhibitrice, la présence des nutriments (phosphore, azote), bonne aération de l'ouvrage qui a pour conséquent la reproduction du floc bactérien. Le rapport DCO/DBO₅ donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées. Ce rapport est égal à 1.72(534/311), signifie que l'effluent de la station est biodégradable.
- La valeur de MES est dans la norme, donc on n'a pas des problèmes du colmatage des distributeurs du système d'irrigation localisée. Pour des précautions, une filtration efficace préalable et adaptation des distributeurs sont recommandées.
- Le phosphore est présent dans les eaux sous forme de phosphates. Selon la FAO, la valeur admissible en phosphates pour une eau d'irrigation se situe entre 1 et 5mg/l. L'évaluation du phosphate devrait être réalisée avec les analyses du sol pour bien quantifier la valeur

exacte qui se trouve dans l'eau et le sol si cette quantité est insuffisante pour les besoins des cultures, on devra effectuer des amendements complémentaires. La teneur moyenne en phosphates dans l'eau de la STEP d'El Kerma est de **1,31 mg/l**. C'est une eau conforme aux normes, donc il est admissible pour l'irrigation.

- Le potentiel de fertilisation potassique des eaux usées est de **50mg/l**, selon la norme de la FAO. La teneur moyenne en cet élément dans les eaux épurées de la STE d'El Kerma est de **16 mg/l** donc elle est dans les normes d'irrigation.
- On note essentiellement la présence du sodium et du chlore, en quantité dans les normes (FAO 1985), Donc nous n'avons pas le risque des brûlures des feuilles. Les effets toxiques apparaissent beaucoup plus facilement quand les sels sont apportés directement sur les feuilles lors des irrigations par aspersion (données de Mass). L'apport des eaux sera mieux adapté par l'irrigation localisée ou de surface. La teneur des bicarbonates (5 meq/l) fait que le degré de restriction à l'usage est léger à modéré (FAO 1985).
- Le caractère le plus important est la salinité de l'eau, on enregistre une valeur forte de l'ordre de 1.253mmhos/cm (Richards, 1969 in PERIGAUD J., 1977), inutilisable pour les sols à drainage restreint, et pour la (FAO 1985) cette eau a restriction légère à modérée.
- Selon office internationale de l'eau (OIE) les Concentrations d'éléments à l'état de trace Sont dans les normes.

Conclusion :

Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré que les eaux usées épurées répondent pratiquement à toutes les normes de la FAO et OMS, ce qui encouragea réutilisation dans les domaines cités auparavant.

Chapitre 3 : projet d'aménagement et d'irrigation pour Tafraoui Mléta

1. Site du projet

Le projet d'aménagement hydro-agricole de la plaine de M'léta dans la wilaya d'Oran, qui s'articule autour de la création d'un périmètre irrigué à partir des eaux usées traitées de la STEP d'El Kerma de la wilaya d'Oran. La zone d'étude couvre une superficie brute d'environ **(10 000 ha)**, elle est située à l'Est de la sebkha d'Oran, à une vingtaine de Km au Sud de la ville d'Oran et à **7 Km** du site de la station d'épuration de la STEP d'El Kerma. Elle est aisément accessible par la RN4 qui traverse la zone d'Ouest en Est. De même, la RN13 passe par la zone en direction Nord-Sud. Par ailleurs, plusieurs chemins de la wilaya bordent ou traverse la zone. Sur le plan administratif, la zone d'étude est rattachée aux communes de Taфраoui et Oued- Tlélat de la wilaya d'Oran (figure n°17).

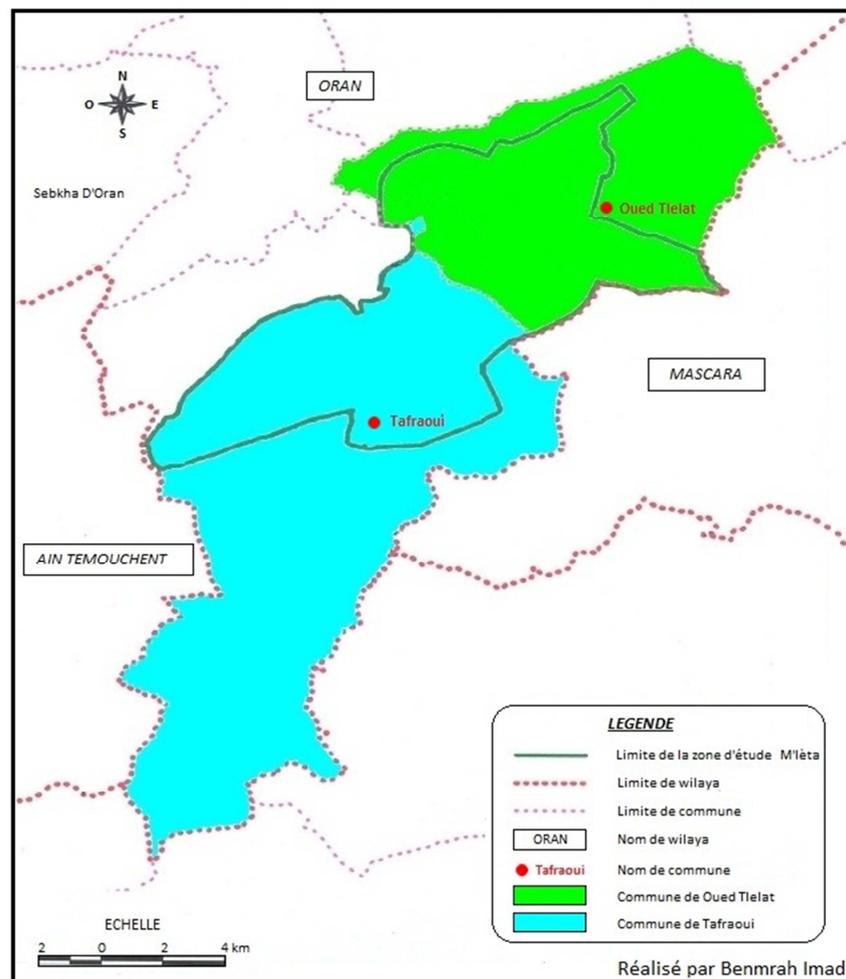


Figure 20: situation administrative de la zone d'étude

1.2. Présentation ONA/ONID

Office National de l'Assainissement

L'ONA, assure également pour le compte de l'État, la maîtrise d'ouvrage et d'œuvre déléguée concernant les projets d'études, de diagnostics, de réalisation et de réhabilitation des systèmes d'assainissement est chargé de l'exploitation et de la maintenance des ouvrages et infrastructures de l'assainissement et a pour missions : Protection et sauvegarde des ressources en eau et de l'environnement, lutte contre toutes les sources de pollution hydrique, réservation de la santé publique.

OFFICE NATIONAL DE L'IRRIGATION ET DU DRAINAGE

L'ONID, structure chargée de l'ensemble de l'activité Hydraulique Agricole dans les grands périmètres d'Irrigations, est réaménagement du statut de l'Agence Nationale de Réalisation et de Gestion des Infrastructures pour l'Irrigation et le Drainage, à travers ses vingtaines d'unités opérationnelles. Elle s'est lancée dans un vaste programme qui consiste à réutiliser les eaux usées épurées en aménageant des périmètres d'irrigation à l'aval de chaque station d'épuration et chaque lagune.

A ce titre l'ONID a entamé les travaux d'aménagement du périmètre de Mléta (**5.160 ha**) en phase de réalisation qui consiste à gérer, exploiter et entretenir les réseaux d'irrigation et les réseaux connexes et conseils au usage de l'eau agricole.

Tableau 25: Réutilisation des eaux usées épurées à l'échelle nationale

Utilisation	Planification
-Utilisation agricole (Irrigation la plus répandue)	-Plan d'action ONA/ONID en cours d'étude pour définir les possibilités réelles d'une éventuelle réutilisation des eaux usées épurées exploitées par l'ONA pour l'irrigation des grands périmètres irrigués (GPI) au niveau des 05 bassins hydrographiques à l'échelle nationale
-Utilisation municipale (Arrosage des espaces verts, lavage des rues ,lutte contre les incendies)	
-Utilisation industrielle (refroidissement)	
-Amélioration des ressources en eau (recharge des nappes)	

2. La présentation du schéma d'aménagement hydraulique

La tranche 1

Après des concertations internes au sein de l'ONID et discussions entre Bureau d'études et ONID, il a été convenu que l'étude portera sur l'aménagement de 8.100 ha, conformément aux termes de référence, tout en prévoyant deux tranches d'aménagement complémentaires :

- Une 1ère tranche s'étalant sur environ 4862 ha
- Une 2ème tranche comportant les 2832 ha restants.

Le principe du schéma retenu est de disposer de deux sources d'alimentation interconnectées, dominant la totalité du périmètre :

- Le bloc dénommé « Bas B » d'une superficie de 2872 ha équipés, soit 37% de l'ensemble du périmètre, desservi par pompage du site 1 au réservoir d'extrémité RB, calé à la cote 170 m NGA, à travers une conduite adduction-distribution.
- Le bloc dénommé « Moyen 1ère tranche M » d'une superficie équipée de 1990 ha, desservi par une station de surpression (SMH) de HMT 60 m elle-même alimentée à partir du réservoir RB, refoulant vers le réservoir moyen RM1, calé à la cote 200, à travers le réseau de distribution du bloc. Le réservoir RM1 est dimensionné pour subvenir aux besoins de compensation de ce bloc.

L'ensemble de ces deux blocs constituera la première tranche de 4862 ha équipés, qui sera desservie par le site de stockage-lagunage (site 1).

La tranche 2 sera composée des blocs suivants :

- Le bloc dénommé « Moyen 2ème tranche M' » d'une superficie équipée de 1615 ha, desservi gravitairement à partir du brise charge moyen RM2 calé à la cote 195 m NGA. Le brise charge sera alimenté à partir d'un réservoir RH2 destiné également à alimenter une partie de l'étage « Haut H ».
- Le bloc dénommé « Haut H » d'une superficie équipée de 1217 ha, lui-même scindé géographiquement en deux sous-blocs distincts : le sous-bloc « Haut Nord-est » et le sous-bloc « Haut Sud-ouest ». Le sous-bloc « Haut Nord-est » est desservi gravitairement à partir du réservoir RH1 (calé à la cote 260 m NGA), lui-même alimenté gravitairement à partir du barrage Tlélat (plan d'eau variant de 276 à 300 mNGA). Le réservoir RH1 jouera un rôle de compensation (conduite gravitaire provenant du barrage fonctionnant 24h par jour par rapport à un besoin en irrigation du sous-bloc « Nord-est », selon une courbe de modulation journalière variable), ainsi qu'un rôle de limitation de pression.

Quant au sous-bloc « Haut Sud-ouest », il sera alimenté gravitairement à partir du réservoir RH2 (calé à la cote 240 m NGA), lui-même alimenté gravitairement à partir du réservoir RH1. Le réservoir RH2 jouera également un rôle de compensation (conduite gravitaire provenant du réservoir RH1 fonctionnant 24h par rapport à un besoin en irrigation du sous-bloc « Haut Sud-ouest » et du bloc « Moyen 2ème tranche » selon une courbe de modulation journalière variable). Dans cette variante, l'étage haut n'est pas défini seulement par la situation topographique des quartiers hydrauliques, mais aussi par la capacité du barrage à alimenter une superficie d'environ 2400 ha en saison sèche (la production de la station n'est pas capable d'irriguer ces 2400 ha pendant la période sèche).

L'ensemble de la tranche 2 concerne une superficie totale équipée de 2.832 ha.

La superficie totale équipée des 2 tranches est ainsi de 7694 ha dont 63% en première tranche.

Par ailleurs, la station de surpression SMH est scindée en deux compartiments :

- le compartiment de la 1ère tranche sert à alimenter le bloc « Moyen 1ère tranche » ainsi. Les pompes sont dimensionnées pour satisfaire la totalité des besoins de ce bloc. La HMT est calée sur la cote du réservoir RM1.
- Le compartiment de la 2ème tranche sert à remplir le barrage Tlélat en saison creuse (en hiver). En période intermédiaire (mois d'avril, mai), ce compartiment refoulera également directement vers le bloc « Haut ». l'excès de débit sera acheminé vers le barrage Tlélat. Le dimensionnement de ce compartiment est basé sur les besoins de pointe du bloc « Haut » auxquelles sont retirés les apports naturels du barrage Tlélat. La HMT de ce compartiment est calculée pour alimenter le barrage.

2.2. Le Schéma hydraulique

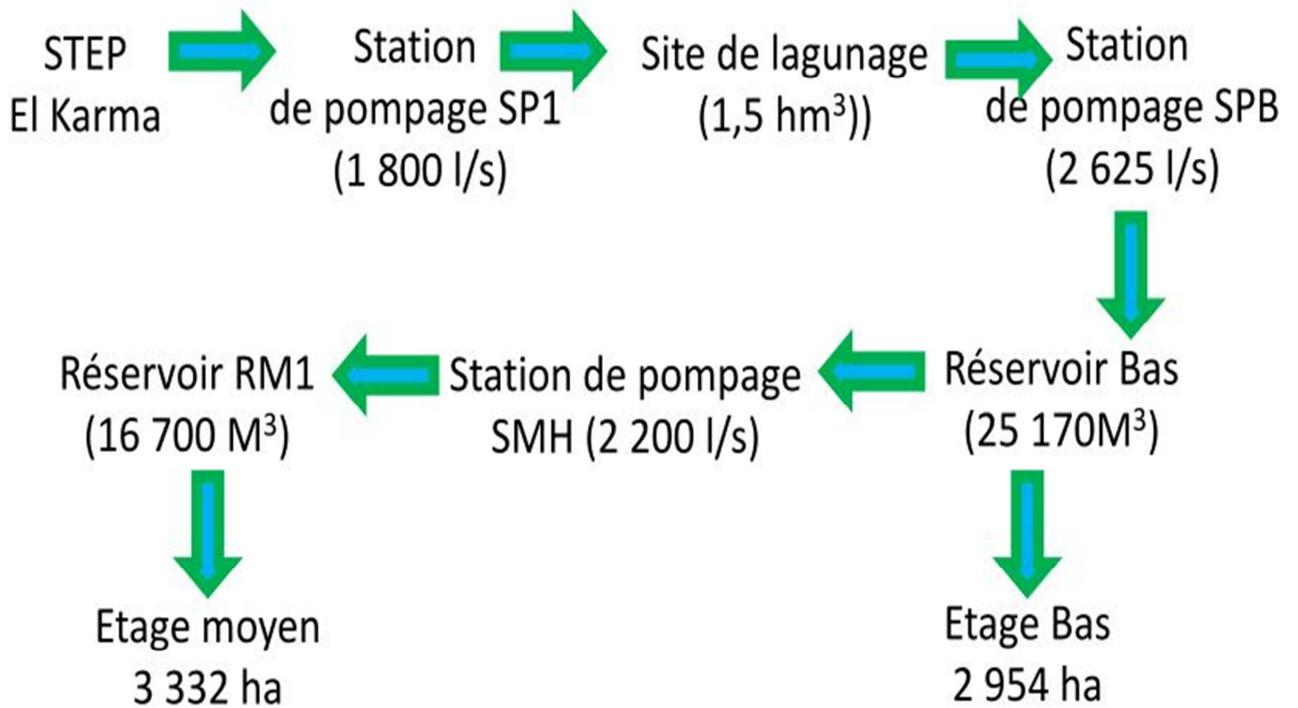


Figure 21: Le Schéma hydraulique.

Tableau 26: Tableau de consistance de l'aménagement

Désignation	Unité	Quantité
Stations de pompage	U	3
Réseau d'adduction	MI	30 376
Réseau de distribution linéaire	MI	66 994
Réseau d'assainissement	MI	96 000
Réseau de drainage	MI	90 000
Réseau de pistes d'exploitation	MI	236 000
Lagunes (0,4 hm ³)	U	8
Réservoir de stockage (1,5 hm ³)	U	1

Source : Office National de l'irrigation et du Drainage

2.3. LES SYSTÈME LAGUNAIRE

Une Lagune est une étendue d'eau généralement peu profonde séparée de la mer par un cordon. Souvent constitué de sable fin, ce cordon se modifie naturellement, il est vulnérable

aux assauts de la mer (tempête, tsunami) et à diverses formes d'artificialisation. Les lagunes sont parfois appelées étangs littoraux (ou barachois en acadien).

D'un point de vue scientifique, les lagunes constituent un modèle d'écosystème paralique.

Lorsque l'étendue d'eau est séparée de la mer par un récif plutôt qu'un cordon littoral.

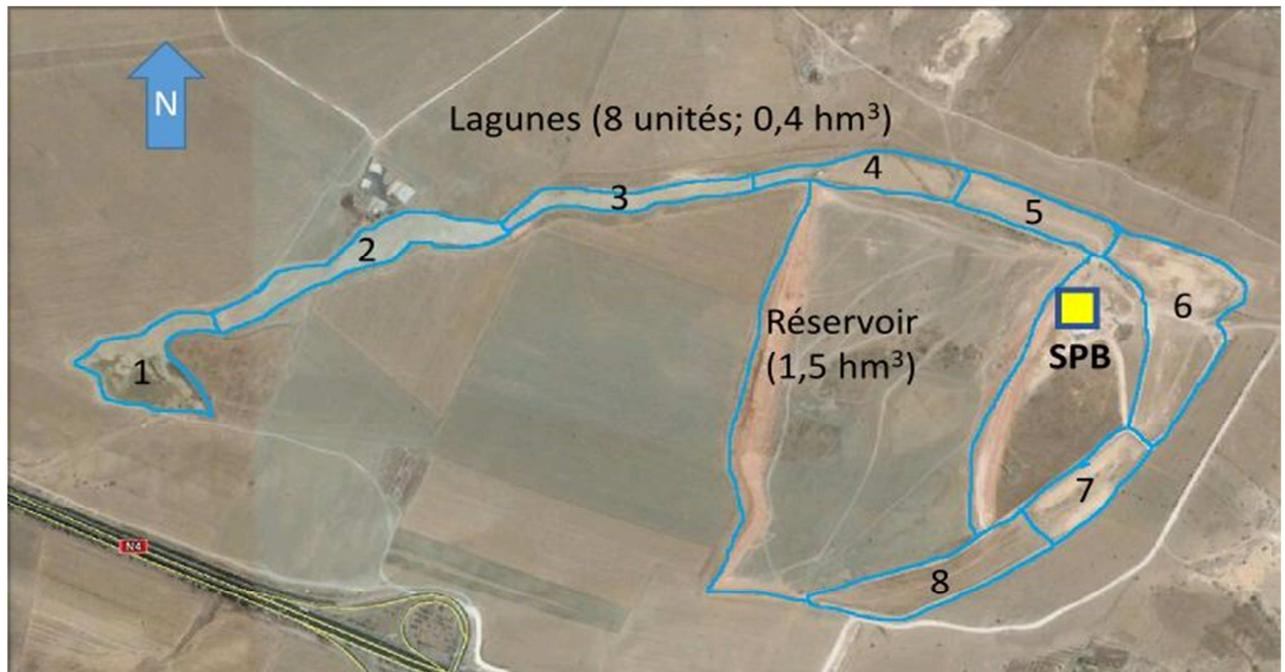


Figure 22: Prise aérienne du système lagunaire (Miéta)

Source : Office National de l'Irrigation et du Drainage

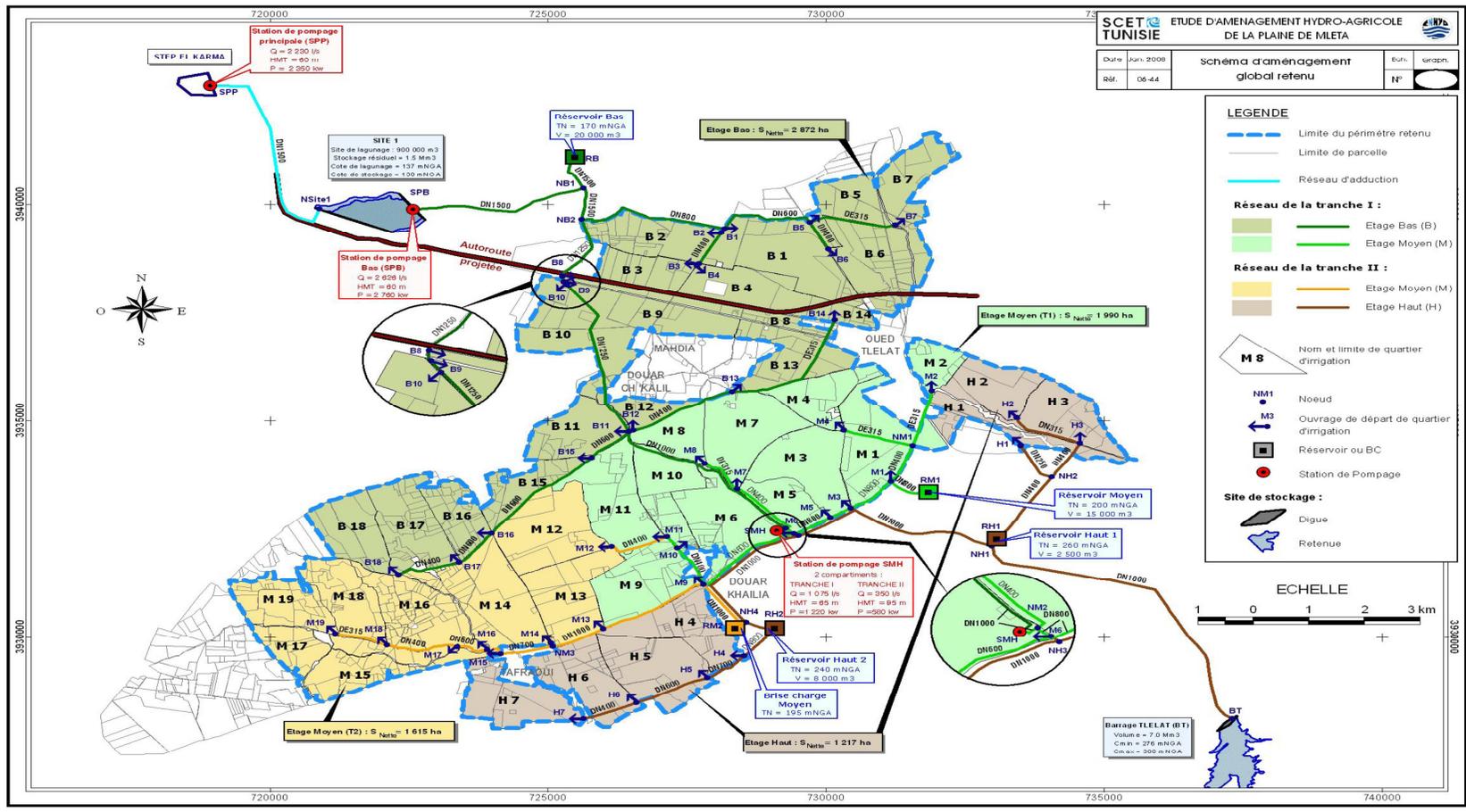


Figure 23: Etude d'aménagement hydro-agricole de la plaine de M'leta

3. Assolement du périmètre de MLÉTA

la SAU du futur périmètre irrigué serait d'environ 8 048 Ha, sur une surface totale aménagée de 8 937 Ha compte tenu des aires d'exclusion réservées aux infrastructures qui seront mise en place (pistes, ouvrages de génie civil, etc.,).

Tableau 27: Surface brute et nette du périmètre à aménager par commune

Commune	Surface (Ha)	
	Brute	Nette
Oued Tlelat	4 047	3 644
Tafraoui	4 890	4 404
Total	8 937	8 048

Source : Étude agro-socio-économique de la situation projetée

Ce projet accorde une place privilégiée pour les plantations arboricoles (26 % des surfaces cultivées, soit 35 % de la SAU du périmètre) suivi de très près par les céréales. Les cultures destinées à l'alimentation animale (fourrages d'hiver et d'été et légumineuses fourragères) occupent 30 % des surfaces cultivées.

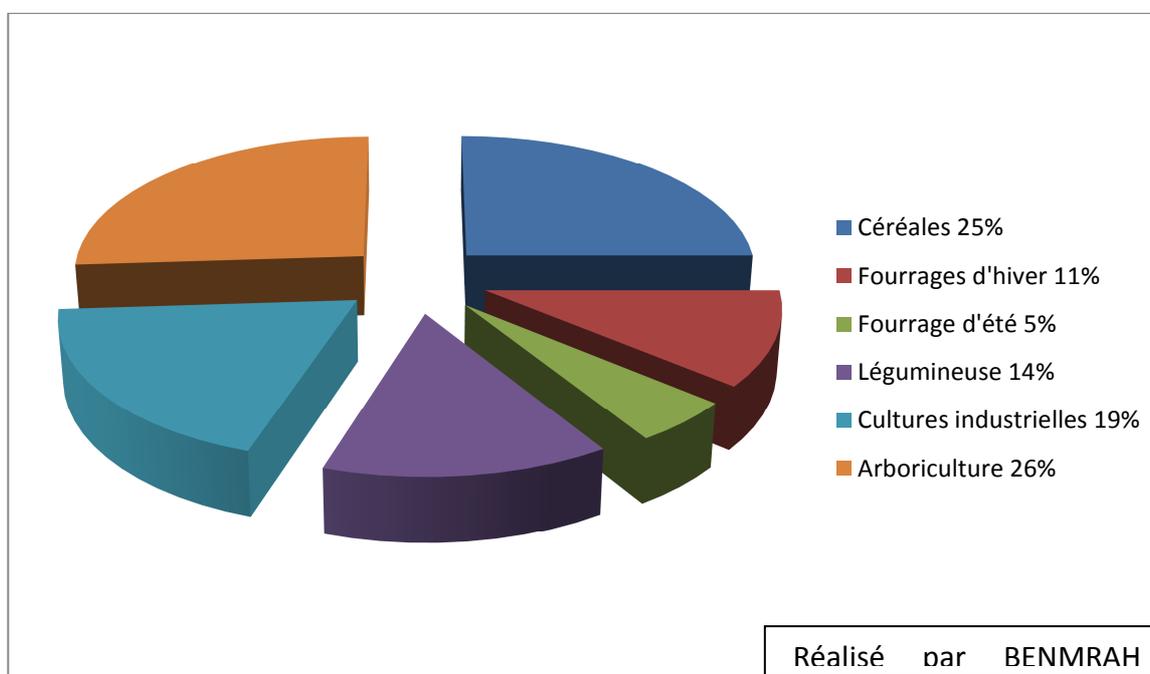


Figure 24: Occupation des sols du périmètre en (%).

Tableau 28: Occupation des sols au 31.12.2018

SUBDIVISIONS	CEREALES	LEGUMES SECS	FOURRAGES (*)	AGRUMES	C.MARAICHERES
ES SENIA	7334,5	17,5	545,5	41,18	1236,55
O/TLELAT	17690	212	1011	-	502
TOTAL WILAYA	25024,5	229,5	1556,5	41,18	1738,55

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

4. Lancement prochain d'un programme de plantation arboricole dans le périmètre de Mléta



Figure 25: Système de plantation arboricole

Un programme de plantation arboricole de 800 hectares dont 380 ha en agrumes sera lancé prochainement dans le périmètre de Mléta (Tafraoui), selon les services agricoles de la wilaya d'Oran.

Le responsable à la direction des services agricoles a indiqué que l'étalé dans le temps conformément à un planning, ce programme prévoit la plantation de 800 hectares dont 380 ha en agrumes au niveau d'une ferme pilote équipée entièrement en réseau d'irrigation, occupant 1.400 ha dans le périmètre de M'léta (Tafraoui). Il a aussi ajouté que reste du programme de plantation sera constitué des noyaux et autres variétés. Les superficies restantes seront réservées à la pomme de terre de semences, les céréales ainsi 20 ha en

serres multi-chapelles, soulignant que ce projet sera desservi par 42 bornes d'irrigation (une borne peut assurer jusqu'à 130 ha).

Tableau 29: Arboriculture au 31.12.2018

ESPECES	SUPERFICIES REALISEES EN (Ha)	PRODUCTION EN (QX)	RENDEMENT MOYEN EN (QX/Ha)
Agrumes	284,03	28565	100,57
Arbres à Pépins	2783,23	71061,25	25,54
Arbres Rustiques	344,67	10025,25	29,09
Vignes	645,5	41400,26	64,14
Oliviers*	7386,70	169075,43	22,89
TOTAL	11444,13	320127,19	242,23

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

Tableau 30: Répartitions générales des terres agricoles arrêtées au 31/12/2018:

COMMUNES	S.A.U TOTAL EN Ha	DONT		S.A.T	FORETS	PARCOURS	TERRE IMPRODUCTIVE
		S.A.U EN IRRIGUEES	S.A.U EN SEC				
ES-SENIA	2258,3	667	1591,	2866	1397,98	-	607,7
EL KARMA	4697	204	4493	4988	96,3151	19	272
OUED	6722	1171	5551	7120	-	143	255
TAFRAOUI	7927	365	7562	9160	3636,5	1107	126
T.region	21	2 407	19	24	5 131	1 269	1 260,7

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

Tableau 31: Matériels agricoles au 31.12.2018

COMMUNES	TRACTEURS	MOSSONNEUSES BATEUSES*
ES SENIA	32	1
EL KERMA	73	7
OUED TLELAT	71	11
TAFRAOUI	73	17
TOTAL region	249	36

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

5. Les productions animales

Les espèces et l'importance des animaux de rente varient selon les régions et les types d'éleveurs. L'éleveur doit adopter de bonnes pratiques de gestion, en apportant notamment une alimentation et des soins appropriés à ses animaux. Il doit également suivre des méthodes de sélection efficaces pour obtenir des races bien adaptées à leur environnement de production spécifique. La présence d'une forte proportion (47 %) de terres aptes aux cultures assolées au niveau du futur périmètre de Mléta. En effet, le développement de l'irrigation permettra de produire des fourrages verts particulièrement en été, à l'instar du maïs et sorgho fourragers.

Ci-dessous une forte concentration des effectifs bovins (67 %), ovins (61 %) et caprins (82 %) au niveau des grandes exploitations.

Tableau 32: Effectif actuel du cheptel par espèce et taille d'exploitation (en Unités femelles)

Paramètre	Exploitation			Total
	Petite	Moyenne	Grande	
Bovins- vaches*		90	181	271
Ovins-moutons*	2 414	264	4 172	6 850
Caprins- chèvres*	12	132	647	791

Source : ONID - Groupement SCET-Tunisie / ENHYD

L'élevage est pratiqué aussi bien par les exploitations pluviales, que celles conduites en irrigué ou mixtes. Ces dernières concentrent à elles seuls 89 % des Uf bovines, 81 % des caprins et 60 % des ovins.

Tableau 33: Effectif actuel du cheptel par espèce et mode de conduite des exploitations (en Uf)

	Exploitation			Total
	Pluviales	Irriguées	Mixtes	
Bovins	26	3	242	271
Ovins	2 616	114	4 120	6 850
Caprins	132	21	638	791

Source : ONID - Groupement SCET-Tunisie / ENHYD

Tableau 34: Production par espèces

COMMUNES	L A I T E N L I T R E 10 ³				Œufs 10 ³ Unités	Miel (Kg)	Laine (Kgs)	Peaux Et Cuir (QX)
	De Vache	De Chèvre	De Brebis	Total				
ES-SENIA	5068,05	80,73		5148,78	669	2088,76	6580	25,96
EL KARMA	3209,78	-		3209,78	-	370,16	7700	23
OUED TLELAT	1420	-		1420	-	3569,4	17000	-
TAFRAOUI	10234,99	124,09		10359,08	63040	46613,78	20000	-
T.region	19932,82	204,82		20137,64	63709	52642	51280	48,96

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

6. L'irrigation

L'irrigation dans la zone d'étude se fait à partir de la mobilisation des ressources souterraines par le biais des puits et forages, La zone d'étude possède 83 puits et 13 forages.

Figure 26: Répartition des points d'eau par commune (en Nombre)

Source d'irrigation	communes		Zone du projet
	Oued Tlelat	Tafraoui	
Puits	62	21	83
Forages	4	9	13
Total	66	30	96

Source: Enquêtes foncières – périmètre de la plaine de Mléta

L'eau d'irrigation des puits et forages est conduite vers des bassins d'accumulation pour être desservie aux parcelles.

La plupart des agriculteurs ont recours à ces bassins d'accumulation, ce mode de desserte est dû au faible débit et au mode d'irrigation pratiqué.

Les modes d'irrigation pratiquées par les agriculteurs est le goûte à goûte (utilisé surtout pour les cultures arboricoles telles que les jeunes plantations d'olivier) ou l'irrigation par rigole.

➤ Pérennité et durabilité de l'activité irrigation

Dans le contexte de climat aride qui caractérise notre pays, le secteur des ressources en liaison avec le secteur de l'agriculture interviendra et orientera ses efforts en priorité vers :

- La reconversion du caractère classique de l'irrigation (qui incite au gaspillage de la ressource en eau, à la déperdition des investissements et aux difficultés d'organisation) vers un système moderne économiseur d'eau qui permettrait de dégager des ressources en eau excédentaires. Le système actuel est à 53% traditionnel gravitaire (80% en 2000).
- L'organisation de l'activité « agriculture irriguée » notamment la petite et moyenne irrigation en favorisant le mode collectif. Elle est actuellement à 83% en individuelle.
- La maximisation d'exploitation des aménagements existants: grands périmètres d'irrigation – petits barrages – retenues collinaires – périmètres de mise en valeur.
- La valorisation et la généralisation de l'utilisation des eaux non conventionnelles (eaux usées épurées) par une prise en charge effective de l'aval des STEP (80.000 ha peuvent être développés à moyen terme).

7. Développement de l'irrigation par les eaux usées épurées

Pour faire face au déficit chronique de la ressource en eau, en coordination avec le MADR, une nouvelle politique de l'eau a été mise en place par le MRE, basée sur des principes nouveaux de gestion intégrée, participative, économique et écologique.

Pour atteindre les l'objectif d'intensification de l'agriculture irriguée à travers deux grands axes :

- **AXE 1 :** La réduction du déficit hydrique enregistré au niveau des grands périmètres
 - L'action sur l'économie de l'eau.
 - L'usage des eaux non conventionnelles.
 - La réaffectation des grands barrages au profit de l'irrigation.
 - L'extension des superficies irriguées.
- **AXE 2 :** La modernisation de la gestion et de l'exploitation de l'irrigation
 - L'Amélioration de l'efficacité des réseaux.
 - L'Amélioration de la conduite des irrigations.
 - L'Introduction de techniques appropriées appelant à l'économie de l'eau.
 - La Vulgarisation et formations pratiques.

8. Définition d'un régime d'irrigation

L'irrigation est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production et permettre leur développement normal, en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de nappe, en particulier dans les zones arides.

8.2. Détermination des besoins en eau d'irrigation

Les pluies, en particulier leur part efficace, fournissent une partie de l'eau requise pour satisfaire les besoins d'évapotranspiration des cultures. Il est nécessaire d'irriguer pour compenser le déficit. La consommation d'eau pour l'irrigation est définie comme étant le volume d'eau nécessaire pour compenser le déficit entre d'une part l'évaporation potentielle et d'autre part les pluies efficaces pendant la période de croissance des cultures et le changement dans la teneur en eau du sol pour un mois donné.

8.3. Modes d'irrigation à développer au périmètre de Mléta

A/ Mode Goute à goutte (Arboriculture)

Le système d'irrigation goutte-à-goutte est une technique moderne, plus sophistiquées mais plus efficace puisqu'elle permette de diminuer la consommation d'eau, aujourd'hui mis en œuvre dans les pays les plus riche.

Il consiste à apporter l'eau sous faible pression jusqu'aux racines de chacune des plantes et à la distribuer au compte goutte, en surface ou en souterraine à l'aide de petits tuyaux, posés sur le sol ou enterrée. Bien menée, cette technique permet de notablement diminuer la consommation d'eau ; elle n'humidifie que la Portion de sol située au voisinage immédiat des racines et elle limite les pertes par évaporation, ruissellement ou infiltration profonde.



Figure 27: Le système d'arrosage goutte-à-goutte

- Avantages et les inconvénients d'irrigation à la goutte à goutte

Les avantages

- ✓ Gain de temps, car l'arrosage se fait automatiquement.
- ✓ Grande économie d'eau et d'engrais.
- ✓ Coût pas excessif, il est assez facile de trouver un bon système à un tarif raisonnable.
- ✓ Toutes les plantes reçoivent exactement la même quantité d'eau et de nutriments (meilleure uniformisation globale de la culture).
- ✓ Parfait équilibre en apport d'eau, d'engrais et d'oxygène, ce qui favorise un développement plus rapide de la plante.
- ✓ Forte réduction du risque d'apparition des maladies fongiques, car seul le substrat reçoit une quantité précise de solution nutritive.
- ✓ Ce type de système peut fonctionner parfaitement sur une culture à petite échelle comme à très grande échelle (polyvalence importante).

Les inconvénients

- ✓ Il est important de prendre le temps de choisir le bon système, qu'il soit bien conçu, fiable et pourvu de bons filtres afin de ne pas obturer les goutteurs.

- ✓ L'entretien rigoureux de ce type de système est fondamental (nettoyage périodique des filtres, vérification du bon fonctionnement de chaque goutteur, du bon raccordement de chaque goutteur au réseau d'alimentation et également du nettoyage intégral du circuit du réseau en fin de cycle. Il est impératif d'éliminer tous les résidus du réseau d'arrosage (accumulation de sels minéraux, algues etc.) avant de débiter une nouvelle culture afin de repartir sur une base totalement saine.
- ✓ Il est nécessaire d'avoir une bonne maîtrise et connaissance solide du système, afin de s'assurer que les plantes reçoivent la quantité de solution nutritive nécessaire à leur bon développement selon chaque stade d'évolution.

B/ Mode Aspersion (Cultures fourragères et céréales)

Une *irrigation par aspersion* consiste en un système d'irrigation dans lequel l'eau est distribuée sous forme de pluie, simulant une précipitation, éventuellement de bruine. Action d'asperger, c'est-à-dire d'arroser légèrement et superficiellement.



Figure 28: Le système d'arrosage d'Aspersion

Les avantages

Coût d'installation plus faible.

Plus grande versatilité dans l'irrigation. Dans l'irrigation par arrosage il est très facile de changer d'une culture à l'autre; dans l'irrigation goutte à goutte ce n'est pas possible ou très difficile.

Moins d'obstacles sur le terrain, donc c'est plus facile de faire les travaux de terre.

Durée de l'installation beaucoup plus longue (un équipement d'irrigation par aspersion a une durée pratiquement illimitée). Mais pour l'irrigation goutte à goutte, la rénovation des tuyauteries est constante.

Il faut faire attention aux filtres et faire des travaux de prévention continue pour éviter l'obturation des goutteurs. Il y a des études qui ont mesuré le total de matériel suspendu avant et après le filtrage et ont démontré qu'une quantité considérable de matériel organique était passée par le filtre. Donc une bonne filtration ne garantissait pas le problème de l'obturation des goutteurs.

Facilité de transport de l'équipement d'irrigation par aspersion d'un champ à l'autre.

Les Inconvénients

Son installation s'avère complexe puisque plusieurs facteurs sont à prendre en considération.

- ✓ Sa mission consiste à venir sur place pour déterminer le système adapté.
- ✓ Il évalue l'étendue de l'espace vert et les différents types de végétaux.

Chacun d'entre eux nécessite en effet des entretiens différents, d'où l'importance de bien paramétrer le système d'arrosage.

- ✓ Le dressage d'un plan de l'emplacement des tuyaux est aussi une étape cruciale avant le début des travaux.
- ✓ Le paysagiste tient compte des pentes et des dénivellements du sol.
- ✓ Celle-ci doit être en outre réalisée par des professionnels pour que le système soit efficace.

C / Mode par Raie (Cultures maraîchères – Arboriculture)

L'irrigation à la raie traditionnelle consiste à réaliser manuellement des sillons qui transportent l'eau pour toute la culture. L'irrigation à la raie ou gravitaire, c'est une technique modernisée, qui consiste à installer un réseau d'alimentation avant la parcelle à un niveau supérieur à celui des raies qui sont installées sur la longueur de la parcelle à irriguer. Ces raies ont pour but de transporter l'eau d'alimentation jusqu'au bout de la parcelle. Un réseau de colature est installé au-delà de la parcelle est indispensable pour apporter la dose nécessaire à humidifier la profondeur exploitée par les racines, tout en évacuant les excès d'eau en bout de raie.



Figure 29: Le système d'arrosage a la Raie

Les avantages

- ✓ Applicable aux différents terrains et aux différentes cultures ;
- ✓ Technique ne nécessitant pas beaucoup de moyens et matériels
- ✓ permet, sur l'exploitation, de gérer l'eau avec plus de flexibilité
- ✓ Les raies offrent plus de possibilités à l'irrigant de gérer de façon plus efficace
- ✓ les irrigations lorsque, en cours de saison, les conditions sur la parcelle varient.
- ✓ augmentation de la biodiversité
- ✓ techniques anciennes, bien connues.
- ✓ coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur.
- ✓ Besoins en énergie faibles.

Les inconvénients

- ✓ la surface mouillée plus petite diminue les pertes par évaporation.
- ✓ un ruissellement important peut se produire si un débit d'entrée constant est maintenu pendant l'arrosage.
- ✓ Le temps d'infiltration en tête de raie est trop élevé.
- ✓ Celles-ci prennent en compte les usages illégaux de l'eau.
- ✓ nécessité un terrain plat ou un nivellement.

- ✓ faible efficience.
- ✓ estimation du volume réellement consommé difficile.
- ✓ pollution possible par déversement.
- ✓ Les systèmes d'irrigation sont chargés d'apporter, artificiellement, les volumes d'eau nécessaires pour que l'espèce végétale cultivée, dans les conditions pédologiques et climatiques existantes, par la qualité de l'eau, le type de sol et de culture, on atteignant les objectifs productifs désirés.

Tableau 35: Les cultures maraichères au 31.12.2018

ESPECES	SUPERFICIES REALISEES EN (Ha)	PRODUCTION EN (QX)	RENDEMENT MOYEN EN (QX /Ha)
Ail	6,75	298	44,15
Tomate	203,90	79630	390,54
Piment/Poivron	116,21	15249	131,22
Oignon	50,25	7920	157,62
Courgette	89,69	12935,5	144,23
Pastèque/Melon	1141,88	304084	266,31
Carotte	19	2670	140,53
Navet	10	1290	129
Fèves Vertes	842	40195	47,74
Pomme de Terre	165	52220	316,49
Divers	2216,32	101324,5	-
TOTAL	4861,53	617816	1767,83
CULTURE SOUS SERRES	41,26	36182	-
TOTAL GENERAL	4902,26	653998	1767,83

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

- La superficie affectée à chaque culture

Tableau 36: Les céréales

ESPECES	SUPERFICIES REALISEES EN (Ha)	SUPERFICIES RECOLTEES EN (Ha)	QUANTITES RECOLTEES EN (QX)	RENDEMENT MOYEN EN (QX/HA)
Blé Dur	9957	9954,5	217315,5	21,83
Blé Tendre	2723,5	2723,50	63476	23,31
Orge	40674	40663	1098344	27,01
Avoine graine	1230	1230	24950	20,29
TOTAL	54584,5	54571	1404085,50	92,44

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

Tableau 37: Les fourrages

ESPECES	SUPERFICIES REALISEES(Ha)	SUPERFICIES RECOLTEES	QUANTITES RECOLTEES (QX)	RENDEMENT MOYEN (Qx/Ha)
Avoine	6572	6572	350059	53,27
TOTAL	6572	6572	350059	53,27

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

Tableau 38: Production animale 31.12.2018

VIANDE BLANCHE QX	VIANDE ROUGE QX	LAITS EN LITRE 10 ³	ŒUFS 10 ³	MIEL EN KG	LAINES EN KG	PEAU ET CUIRS EN QX
89191.32	30577.23	62804.29	103652.55	63485.92	211512	662.67

Source : Direction des services agricoles (D.S.A)/ Annuaire statistique 2018

9. Problématique d'irrigation par les eaux usées épurées sur les récoltes

L'irrigation avec ces eaux salines est malgré tout possible en adoptant des techniques adéquates: une bonne gestion de l'eau d'irrigation, le lessivage et le drainage des sels dans la zone racinaire des plantes.

De plus le système qui va être utilisé pour l'arboriculture est le goutte à goutte. Ce système permet d'utiliser de l'eau légèrement saumâtre (de l'ordre de 1 000 à 2 000 mg/l) car elle ne rentre pas directement en contact avec le feuillage qui risque donc moins d'être grillé par le sel. De plus comme dans la zone mouillée le sol reste en permanence humide, les sels ne se concentrent pas et la salinité de la solution du sol dans la rhizosphère n'est que légèrement supérieure à celle de l'eau. Donc avec le goutte-à-goutte, le niveau admissible de salinité des cultures irriguées peut être plus élevé.

Cependant l'utilisation du système d'aspersion pour les plantes sensibles aux sels, ces dernières devraient pouvoir être aspergées durant la nuit afin d'éviter l'effet de concentration des sels à la surface des feuilles, tout en veillant à multiplier applications afin que l'absorption foliaire soit diminuée.

Concernant les effets microbiologiques de la réutilisation des eaux épurées sur les plantes, Aucun n'impact n'est recensé, car prouvé depuis longtemps, 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.

9.2. Impact de la réutilisation des eaux usées sur les systèmes d'irrigation

Une attention particulière doit être portée aux constituants de l'eau usée traitée qui peuvent s'accumuler dans les canalisations d'alimentation et les orifices de distribution provoquant une obstruction des systèmes d'irrigation.

En effet l'accumulation des matières en suspension, des bactéries (formation d'un biofilm) et des matières dissoutes peut engendrer le colmatage des asperseurs, et des goutteurs.

Les problèmes de colmatage les plus sérieux se produisent avec les systèmes goutte à goutte car ils nécessitent un matériel assez fin, qui risque de se boucher facilement. Ceci entraîne que la gestion de ces systèmes d'irrigation ont besoin plus d'assistance.

En conséquence le circuit d'irrigation doit être nettoyé régulièrement.

Le tableau ci-dessous montre la qualité de l'eau traitée et le degré de restriction de son usage pour le goutte à goutte.

9.3. Impact sur les oueds

Si le tracé du réseau d'adduction et de distribution traverse les cours d'eaux superficielles (oueds), il est possible d'avoir une perturbation temporaire de leurs régimes ; parmi les générateurs d'impacts on peut compter tous les processus de préparation du champ de construction, d'excavation de la tranchée, de pose des conduites, du ballastage et de l'aménagement des routes provisoires d'accès au chantier. Simultanément aux perturbations du régime d'écoulement, la qualité des eaux change car dans le domaine des sites traversés et en aval se produit une augmentation en saveur de la quantité des transports solides des cours d'eau.

Concernant le projet de réutilisation des eaux usées de la station d'épuration du groupement urbain d'Oran, ces risques de pollution (accidentelle ou chronique) apparaissent extrêmement réduits du fait de l'absence d'écoulement permanent au droit des travaux projetés (bassin tampon ou temporaire, bassin de stockage,...).

9.4. Impact sur la grande Sebkha d'Oran

L'exutoire final des eaux de drainage et d'assainissement se fera au niveau de la grande Sebkha d'Oran.

Impacts positifs

En effet, la mise en œuvre de la future STEP et celui du projet de réutilisation des EUT en agriculture stopperont les rejets liquides du groupement urbain d'Oran et par conséquent amélioreront certainement la qualité bactériologique des eaux de la grande sebkha.

Cependant, la reprise du développement urbain, industriel et agricole sur la plaine de M'léta incite à être plus vigilant pour assurer un contrôle continu de la qualité chimique et bactériologique des eaux.

Impacts négatifs

- réduisant l'habitat disponible pour la flore et la faune nécessitant une faible turbidité
Ceci a pour conséquence une perte importante de l'intérêt biologique de ces zones due à la régression des espèces sauvages qui y sont inféodées.
- accélérant le comblement de la zone humide,
- augmentant les risques sanitaires pour les espèces,
- provoquant la croissance abondante d'algues et de diatomées qui assure une source d'alimentation pour de nombreuses larves de chironomes,
- augmentant les formes de nuisances (dégagement d'odeur, développement de moustiques).

9.5. Impact sur la nappe phréatique

Impacts positifs

Sans le projet, une grande partie de ces eaux usées sont soit déversés dans les nappes phréatiques par le biais des puits perdus, soit déversés dans les rigoles en terre qui sont collectées par le réseau hydrographique qui aboutit directement dans la grande Sebkha d'Oran par l'intermédiaires de plusieurs oueds.

Ce projet de réutilisation des eaux usées épurées constitue d'une part une éventuelle source de recharge de la nappe quaternaire et offre l'opportunité de réduire les pompages en nappe captive (nappe quaternaire réalimenteront les nappes pliocènes). D'autre part, La plupart des producteurs ne prennent pas en compte les concentrations nutritives de l'eau d'irrigation dans leur programme de fertilisation. Cette source d'aliments est importante et peut économiser l'argent des producteurs et empêcher la toxicité due à une quantité élevée de ces éléments dans les domaines. Par conséquent, la concentration de ces nutriments dans l'eau d'irrigation devrait être examinée et prise en considération afin d'en tenir compte lors du calcul des besoins en fertilisants des cultures irriguées.

Impacts négatifs

La nappe qui sera touchée est la nappe quaternaire de la M'léta proche du sol.

Les conditions d'infiltration sont telles qu'il est très peu probable que la nappe quaternaire soit affectée par la pollution bactérienne et par la pollution des métaux lourds ; Il faut toutefois garder en mémoire que, sauf exception (établissements industriels très polluants raccordés directement au réseau d'assainissement).

Les concentrations en métaux lourds dans les eaux résiduaires sont faibles et ne constituent pas un facteur limitant la réutilisation des eaux usées en irrigation.

L'usage d'eaux usées traitées en irrigation peut faire craindre un excès d'apports azotés par rapport aux besoins des cultures, ce qui peut provoquer dans un sol très perméable la contamination des eaux souterraines.

Les risques potentiels, en cas d'ingestion prolongée de nitrates ou de nitrites contenus dans l'eau, sont la formation de méthémoglobine dans le sang ainsi que celle de dérivés de type nitrosamines, ces derniers ayant un potentiel cancérigène reconnu, ce dernier représente un risque pour la santé chez les consommateurs d'eau de puits

Impacts psychosociaux

Le projet de réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation de la plaine de M'léta a généralement des impacts sociaux bénéfiques parce qu'elle permet de réduire la pollution de l'eau. L'esthétisme ainsi que la qualité des cours d'eau sont améliorés, ce qui permet notamment aux citoyens de bénéficier d'une utilisation récréative et de réduire la difficulté de produire de l'eau potable en aval.

9.6. Impact de la réutilisation des eaux usées sur les systèmes d'irrigation

Une attention particulière doit être portée aux constituants de l'eau usée traitée qui peuvent s'accumuler dans les canalisations d'alimentation et les orifices de distribution provoquant une obstruction des systèmes d'irrigation. En effet l'accumulation des matières en suspension, des bactéries (formation d'un biofilm) et des matières dissoutes peut engendrer le colmatage des asperseurs, et des goutteurs. Les problèmes de colmatage les plus sérieux se produisent avec les systèmes goutte à goutte car ils nécessitent un matériel assez fin, qui risque de se boucher facilement. Ceci entraîne que la gestion de ces systèmes d'irrigation ont besoin plus d'assistance.

En conséquence le circuit d'irrigation doit être nettoyé régulièrement.

10. Les mesures d'adaptation au niveau du périmètre de Mléta

L'objectif du projet est de proposer un schéma de développement agricole stable en harmonie avec la protection et la régénération de l'environnement dans la zone d'étude.

Sur la base des études préliminaires réalisées à l'aide de méthodes modernes et en fonction des caractéristiques du climat, du sol, des techniques agricoles, des lois, des conditions économiques et de l'environnement de la zone d'étude, ont été choisies:

- Les terrains à irriguer
- Les dimensions et les limites des parcelles
- Le régime et le matériel d'irrigation
- Le schéma d'économie des eaux

Tableau 39: Impacts potentiels de la phase chantier et actions d'atténuation

Impacts	Mesure d'atténuation	Responsable
visuels et paysagers	Circonscrire les chantiers par des barrières hautes	Entreprise
le bruit et les vibrations des Engins	Utiliser des engins insonorisés Limiter les activités pendant la journée	Entreprise
émissions de poussières	Arrosages fréquents	Entreprise
eaux usées du chantier	Disposer de toilettes dans le chantier	Entreprise
des rebuts de chantier	Organiser la mise en décharge des rebuts de chantier	Entreprise
sur la sécurité humaine	Respect des règles relatives à la limitation de l'accès du public au chantier Balisage des fouilles Balisage des zones de circulation des engins	Entreprise
sur l'environnement naturel Approvisionnement en fuel	Entreposage fuel	Entreprise

11. Mesures d'atténuation des impacts en phase d'exploitation

Les mesures d'atténuation en phase d'exploitation ont été classées en trois groupes :

- Mesures de protection des sols irrigués, des eaux souterraines, des eaux de surface et de la grande sebkha d'Oran.
- Recommandations sanitaires.
- Formation des exploitants agricoles.

Mesures de protection des sols irrigués

- Mesures de protection contre la salinisation des sols irrigués :

Meilleure utilisation de l'eau d'irrigation : L'irrigation par aspersion est efficace, mais elle peut aussi déposer des sels directement sur la plante car la salinité de l'eau d'irrigation est modérée à moyenne. Par contre l'irrigation au goutte-à-goutte ne pose pas de problème de salinité car elle mesure la quantité d'eau distribuée à la surface autour de la plante.

Mesures de protection contre les éléments traces des sols irrigués :

Les concentrations en métaux lourds dans les eaux résiduaires sont faibles et ne constituent pas un facteur limitant la réutilisation des eaux usées en irrigation. L'essentiel de ces métaux est retenu dans les boues des stations d'épuration. Il reste cependant prudent, afin d'éviter tout risque, de suivre la qualité des eaux recyclées.

➤ **Mesures de protection de la grande sebkha d'Oran**

Les berges de la Sebkha doivent être préservées de tous dépôts et la végétation protégée. Tout trop-plein dans la Sebkha doit également être évité. Un groupe électrogène de secours et des pompes de secours doivent être mis en place dans toutes les stations de pompage, pour pallier aux éventualités de coupures de courant ou de pannes sur les pompes de la STEP.

Mesures de protection des eaux souterraines

- Laisser des résidus de culture sur le sol après récolte,
- Conserver une couverture végétale sur les parcelles non cultivées pour atténuer l'impact des gouttes de pluie.
- Conserver la structure du sol grâce au maintien d'un bon taux de matière organique.
- Améliorer la gestion des pâturages et des troupeaux sur les parcelles pour éviter le tassement des sols.
- Aménager des obstacles artificiels en travers de la pente ou conserver les éléments structurants du paysage.
- Rétablir des zones tampon aux abords des cours d'eau pour ralentir la coulée et augmenter le temps pendant lequel le sol peut absorber l'eau.

Pour limiter le lessivage des nitrates et phosphates, d'une très grande solubilité, il s'agit d'ajuster les apports en azote et en phosphore en fonction de la teneur naturelle du sol, des besoins de la végétation, de la teneur des boues ou du lisier épandu, des conditions météorologiques et de la teneur en nutriments des eaux usées épurées.

Les recommandations concernant les systèmes d'irrigation

Les solutions suggérées pour résoudre le problème de colmatage du système d'irrigation prévu pour le projet sont :

- Pour éviter les problèmes dus aux algues en suspension qui s'accumulent à la surface de l'eau et aux problèmes dus à l'accumulation de boues au fond du réservoir, l'eau doit être pompée à une profondeur d'environ un mètre de la surface.
- Filtration. En fonction de la concentration des solides en suspension, des algues et d'autres impuretés, des filtres à gravier, à sable ou autres sont requis avec le système goûte à goûte.
- le circuit d'irrigation doit être nettoyé régulièrement.

11. Les travaux d'aménagement achevés dans le périmètre de Mléta

Depuis 2012, ce projet, qui porte sur des équipements d'irrigation pour alimenter le périmètre en eau à partir de la station d'épuration des eaux usées de la commune d'El Kerma, sera prêt dans un délai de 18 mois.

D'un coût de 5,4 milliards DA, il sera réalisé en deux tranches. La première porte sur la dotation d'une superficie de 3.024 hectares en équipements de pompage et de transfert d'eau. La deuxième concerne une superficie de 2.136 ha, selon la fiche technique du projet.

Initié par l'Office national d'irrigation et de drainage (ONID), ce projet confié à plusieurs entreprises devra être livré en 2015 et va contribuer à la création de 15.000 emplois.

Les travaux d'aménagement du projet hydro-agricole de la plaine de Mléta (Oued-Tlélat), lancés récemment, pour l'irrigation de 5.160 hectares à partir des eaux épurées de la STEP d'El Kerma, seront achevés dans 18 mois, a annoncé le directeur des ressources en eau (DRE) de la wilaya, Benaouda Abdelli.

La première tranche des travaux d'aménagement de ce projet de mise en valeur du périmètre de Mléta (Oued Tlélat) par l'utilisation des eaux épurées à partir de la STEP d'El Kerma, sera livrée dans une année, a indiqué le même responsable expliquant que les terres irriguées, une fois livrées, seront orientées vers des cultures à forte valeur ajoutée dont les céréales, pour sécuriser la production de semences, les cultures fourragères pour l'augmentation de la production laitière et l'oléiculture.

Quelque 2.000 hectares seront consacrés aux céréales, 2.000 ha aux cultures fourragères et 1.000 ha pour le développement de l'oléiculture, a précisé le responsable rappelant que ce nouveau projet répond à d'autres objectifs dont ceux de la protection de l'environnement, l'économie de l'eau par l'utilisation des eaux non conventionnelles et la création d'emplois.

Près de 15.000 emplois (directs et indirects) seront créés en 2015 à la faveur de ce projet d'irrigation agricole, a souligné M. Abdelli, assurant que les agriculteurs qui travailleront dans ce périmètre seront formés, encadrés et soutenus par l'administration agricole pour équiper leurs exploitations agricoles.

L'aménagement hydro-agricole de ce projet confié aux entreprises algériennes Cosider-canalisation et le groupement Chiali-Amenhyd et Trans-Canal sera desservi par des stations de pompage et la mobilisation des eaux traitées de la STEP d'El Kerma, des lagunes et autres adductions, a expliqué, pour sa part, le directeur des ressources en eau de la wilaya.

Les travaux de ce projet, à l'actif de l'Office national de l'irrigation et de drainage (ONID), seront entamés dans la commune d'El Kerma (Es-Sénia) par la réalisation d'un bassin de stockage des eaux épurées de 1 million de mètres cubes, a indiqué le chef de bureau hydro-agricole à la direction des services agricoles de la wilaya, Mohamed Hammadi.

Tableau 40: Ouvrages exploités en agriculture (2015)

Grands périmètres d'irrigation (GPI)	Petit et moyen hydraulique
-41 grands barrages.	-168 petits barrages
-32 périmètres.	-278 retenus colonnaire
-6.760 Km de réseaux d'irrigation.	- 73.244 forages exploités
-3.213 Km de réseaux de drainage.	-156.430 puits exploités
-2.877 Km de réseaux de pistes.	- 5.349 sources exploitées
-48 stations de pompage d'un débit de 66.102 l/s.	-11.613 prises du fil de l'eau
-63 ouvrages de stockages d'une capacité de 2.644.995 m ³ .	-22 STEP
	-1795 autres (marres, ced, foggaras).

Source : Ministère des Ressources en Eau

12. Extension des superficies irriguées

L'effort consenti par les pouvoirs publics a permis une évolution des superficies irriguées (SAU). De tels résultats, qui font que l'agriculture constitue le moyen le plus adéquat pour stabiliser la population et réduire l'exode rural, n'ont pu être obtenus qu'avec une meilleure mobilisation et utilisation rationnelle de la ressource hydrique. C'est ainsi qu'actuellement nous disposons de :

- ✓ **230.000** ha équipés sur 30 Grands Périmètres d'Irrigation (GPI) contre 156.000 ha en 1999 soit une évolution de 45%.
- ✓ **560** retenus collinaires contre 304 ouvrages en 1999 soit une évolution de 84%.
- ✓ **620.000 ha** équipés en systèmes économiseurs d'eau (49% de la superficie contre 72.000 ha en 2000 (20% de la superficie irriguée en 2000)).
- ✓ **74.000** forages exploités en agriculture contre 20.000 en 2000 soit une évolution de 250%.
- ✓ **140.000** puits exploités en agriculture contre 100.000 en 2000 soit une évolution de 40%.

Tableau 41 : l'évolution de la superficie équipée en grands périmètres d'irrigation

Années	1962	1999	2004	2009	2015	2019
Superficie Equipée (ha)	105.500	156.250	195.400	219.052	230.000	462.000
Emploie généré	315	468	585	657	690	1386

Source : Ministère des Ressources en Eau

❖ AXES DE RÉUSSITE D'UN PROJET DE REUE

Producteur de l'eau

- Assurer la qualité requise des eaux épurées.
- Contrôler la conformité des eaux usées épurées avec la législation.
- Gérer le mode d'exploitation des STEP afin de garantir la pérennité d'une épuration optimale.

Concessionnaire

- Gérer et contrôler les systèmes de mobilisation et de stockage des eaux épurées.
- Contrôler et analyser les eaux usées épurées au niveau des périmètres irrigués,
- Protéger la qualité des eaux dans les bassins de stockage contre des apports pirates et de la pollution extérieure.

L'Agriculteur

- Respecter les restrictions des cultures par rapport à la réglementation en vigueur.
- Gérer le procédé d'irrigation (choix du système, quantité d'eau nécessaires...).
- Respect des règles de sécurité et d'hygiène.

CONCLUSION

Dans ce contexte de rareté des ressources en eau, l'utilisation des eaux non conventionnelles est devenue une nécessité absolue.

La stratégie de mobilisation des ressources en eau mise en place par les secteurs des ressources en eau et celui de l'agriculture basée sur les principes de gestion intégrée, participative, économique et écologique a permis de confirmer que, avec des principes de précautions élémentaires, il est possible d'atteindre l'objectif d'intensification de l'agriculture irriguée à partir des eaux usées épurées.

13. Liste des tableaux

TABLEAU 1: FORMES D'ADAPTATIONS EST ATTÉNUATIONS FACE AU CC.....	18
TABLEAU 2: CARACTÉRISTIQUE GÉOGRAPHIQUE DE LA STATION	25
TABLEAU 3: RÉPARTITION MENSUELLE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE DE L'AIR EN C ⁰	25
TABLEAU 4: RÉPARTITION MENSUELLE DE LA TEMPÉRATURE MINIMAL-MAXIMAL DE L'AIR EN C ⁰	26
TABLEAU 5: RÉPARTITION MENSUELLE DE L'HUMIDITÉ MOYENNE DE L'AIR EN %	27
TABLEAU 6: RÉPARTITION MENSUELLE DE L'ÉVAPORATION PICHE EN (MM)	27
TABLEAU 7: FORMES DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉES.....	35
TABLEAU 8: NOMBRE DE STEP À L'ÉCHELLE NATIONALE	40
TABLEAU 9: PERSPECTIVE DE TRAITEMENT ET DE RÉUTILISATION DES EE EN IRRIGATION	41
TABLEAU 10: NORMES DE RÉUTILISATION DES EAUX USÉE ÉPURÉE	42
TABLEAU 11: LES NORMES MICROBIOLOGIQUE RÉVISÉES DE L'OMS (2000 ET 2006) POUR LE TRAITEMENT DES EAUX USÉE AVANT UTILISATION EN AGRICULTURE	43
TABLEAU 12: LES VIRUS DANS LES EAUX USÉES ÉPURÉES.....	44
TABLEAU 13: LES BACTÉRIES PATHOGÈNES DANS LES EAUX USÉES	46
TABLEAU 14: FACTEUR ENVIRONNEMENTAUX MODIFIANT LA SURVIE DES MICRO-ORGANISMES	46
TABLEAU 15: CONCENTRATIONS MAXIMALES D'ÉLÉMENTS À L'ÉTAT DE TRACE RECOMMANDÉE POUR LES EAUX D'IRRIGATION	47
TABLEAU 16: POTENTIALITÉS DE LA RESSOURCE EN EAU (EN HM ³ /AN) :.....	54
TABLEAU 17: MOBILISATION :.....	54
TABLEAU 18: L'EAU À TRAITER A LES CARACTÉRISTIQUES SUIVANTES :	61
TABLEAU 20: DIMENSION DU BASSIN D'AÉRATION:	70
TABLEAU 21: TEMPS DE SÉJOURS ET LA CHARGE HYDRAULIQUE.	70
TABLEAU 22: NORMES DE REJETS POUR L'IRRIGATION (NORMES ALGÉRIENNES).....	73
TABLEAU 23: LES RÉSULTATS DES ANALYSES OBTENUS À L'ENTRÉE ET À LA SORTIE DE LA STEP	74
TABLEAU 24: LES RÉSULTATS DES ANALYSES OBTENUS À LA SORTIE DE LA STEP	74
TABLEAU 25: LES RÉSULTATS LES ANALYSES DES MÉTAUX LOURDS À L'ENTRÉE ET LA SORTIE DE LA STEP	74
TABLEAU 26: RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉES À L'ÉCHELLE NATIONALE.....	79
TABLEAU 27: TABLEAU DE CONSISTANCE DE L'AMÉNAGEMENT.....	82
TABLEAU 28: SURFACE BRUTE ET NETTE DU PÉRIMÈTRE À AMÉNAGER PAR COMMUNE	85
TABLEAU 29: OCCUPATION DES SOLS AU 31.12.2018	86
TABLEAU 30: ARBORICULTURE AU 31.12.2018	87
TABLEAU 31: RÉPARTITIONS GÉNÉRALES DES TERRES AGRICOLES ARRÊTÉES AU 31/12/2018:	87
TABLEAU 32: MATÉRIELS AGRICOLES AU 31.12.2018.....	87
TABLEAU 33: EFFECTIF ACTUEL DU CHEPTEL PAR ESPÈCE ET TAILLE D'EXPLOITATION (EN UNITÉS FEMELLES).....	88
TABLEAU 34: EFFECTIF ACTUEL DU CHEPTEL PAR ESPÈCE ET MODE DE CONDUITE DES EXPLOITATIONS (EN UF)	88
TABLEAU 35: PRODUCTION PAR ESPÈCES	89
TABLEAU 36: LES CULTURES MARAICHÈRES AU 31.12.2018	96

TABLEAU 37: LES CÉRÉALES.....	96
TABLEAU 38: LES FOURRAGES	96
TABLEAU 39: PRODUCTION ANIMALE 31.12.2018	97
TABLEAU 40: IMPACTS POTENTIELS DE LA PHASE CHANTIER ET ACTIONS D'ATTÉNUATION.....	101
TABLEAU 41: OUVRAGES EXPLOITÉS EN AGRICULTURE (2015).....	104
TABLEAU 42 : L'ÉVOLUTION DE LA SUPERFICIE ÉQUIPÉE EN GRANDS PÉRIMÈTRES D'IRRIGATION.....	105

14. Liste des figures

FIGURE 1: LE PREMIER PLAN NATIONAL CLIMAT (PNC) POUR LA PÉRIODE 2020-2030	15
FIGURE 2 : DIAGRAMME CLIMATIQUE DE LA TEMPÉRATURE MOYENNE POUR TAFRAOUI (MLÉTA).....	26
FIGURE 3 : RÉPARTITION MENSUELLE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION MOYENNE EN (MM).....	28
FIGURE 4: MOYENNE MENSUELLE DE LA VITESSE DES VENTS (M/S).....	29
FIGURE 5 : LA PLUVIOMÉTRIE MOYENNE MENSUELLE	29
FIGURE 6: DIAGRAMME CLIMATIQUE DE LA PRÉCIPITATION MOYENNE POUR TAFRAOUI (MLÉTA).....	29
FIGURE 7: RÉPARTITION DES PLUIES À LA SURFACE DU GLOBE.	30
FIGURE 8: DIAGRAMME BIOCLIMATIQUE D'EMBERGER.....	31
FIGURE 9: LA RÉUTILISATION DES EAUX USÉES ÉPURÉE DANS LE MONDE.	35
FIGURE 10; SOURCE : ONID (MAI 2015).....	55
FIGURE 11: FILIÈRE DE TRAITEMENT DES EAUX.	56
FIGURE 12: VUE AÉRIENNE DE LA STEP D'EL KERMA (SOURCE GOOGLE EARTH).	60
FIGURE 13: POSTE DE DÉVERSOIR D'ORAGE.....	62
FIGURE 14: DÉRAILLEUR DE LA STEP D'EL KERMA.....	63
FIGURE 15: DESSABLEUR DÉSHUIEUR STEP D'EL KERMA.....	65
FIGURE 16: DÉCANTEUR PRIMAIRE STEP D'EL KERMA	66
FIGURE 17: TRAITEMENT À BOUE ACTIVÉE STEP D'EL KERMA.....	67
FIGURE 18: POSTE DE DÉCANTATION SECONDAIRE	68
FIGURE 19: ÉPAISSISSEMENT FINAL.....	71
FIGURE 20: SITUATION ADMINISTRATIVE DE LA ZONE D'ÉTUDE	78
FIGURE 21: LE SCHÉMA HYDRAULIQUE.....	82
FIGURE 22: PRISE AÉRIENNE DU SYSTÈME LAGUNAIRE (MLÉTA).....	83
FIGURE 23: ÉTUDE D'AMÉNAGEMENT HYDRO-AGRICOLE DE LA PLAINE DE M' LÉTA	84
FIGURE 24: OCCUPATION DES SOLS DU PÉRIMÈTRE EN (%).	85
FIGURE 25: SYSTÈME DE PLANTATION ARBORICOLE.....	86
FIGURE 26: RÉPARTITION DES POINTS D'EAU PAR COMMUNE (EN NOMBRE).....	89
FIGURE 27: LE SYSTÈME D'ARROSAGE GOUTTE-À-GOUTTE.....	92
FIGURE 28: LE SYSTÈME D'ARROSAGE D'ASPERSION.....	93
FIGURE 29: LE SYSTÈME D'ARROSAGE A LA RAIE.....	95

15. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Baumont S : Réutilisation des eaux usées épurées.

Boutin, B et Mercier, PN.1984 :(Traitement des eaux usées).

Dr DEHARIB médecin épidémiologiste DSP d'Oran: Eau et les risques en santé publique.

EL MOUDJAHID Installation du réseau d'irrigation du périmètre agricole El Ançor et Mléta.

Gommella, C et Guerree, H, 1983 (les eaux usées dans les agglomérations urbaines ou rurales) Ed, Ayrrolle-Paris.

Issaad , R 2003/2004 cours de 4^{ième} année d'épuration- ENSH-Blida.

J.MAILLARD (Le point sur l'irrigation et la salinité des sols en zone Sahélienne) : risques et recommandations.

KULKER, 1988 La maîtrise de l'irrigation sous pression, aspersion, raie et goutte à goutte. Edition NATHAN. Paris.

La station météorologie (Es-Sénia Oran) le climat du périmètre Taфраoui 2019.

L'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse (RMC): Adaptation des eaux au changement climatique.

Licence Créative Commons Paternité – Partage des conditions initiales à l'identique 1991-2019 Partage des eaux: L'impact du changement climatique sur les ressources en eau.

M.R.E ,2007- Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national.

Mémoire de magister thèse (Analyse et optimisation du traitement des nutriments par boues activées-cas de la STEP d'el Kerma Oran) Melle. OULHADJ DJOHAR.

Ministère des ressources en eau - Direction de Mobilisation des Ressources en Eaux :

MR KOKAI Cours de réutilisation 5^{ième} année (2010/2011).

OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU Les caractérisation des eaux usées.

OFFICE NATIONAL D'ASSAINISSEMENT (ONA) Unité d'Oran : De l'assainissement des eaux usées.

OFFICE NATIONAL DE L'IRRIGATION ET DU DRAINAGE (ONID).

Oran: Lancement prochain d'un programme de plantation arboricole dans le périmètre de Mléta.

Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

PNA 2018 : programme national pour l'alimentation: Adaptation de l'agriculture au changement climatique.

PNC PLAN NATIONAL DE CLIMAT Le_14_19 Juin 2018.

Présenté par: M me HADDADJI NASSIMA Ingénieur DMRE/MRE.

République Algérienne Démocratique et Populaire, Octobre 2011-MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU.

SEOR- : Société de l'eau et de l'Assainissement d'Oran 13-14 Mai 2015.

Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Aquitaine : L'impact du changement climatique sur les ressources en eau.

Une voix libérale par GEORGES CLEMENTZ Impact du changement climatique sur l'agriculture.

Utilisation des engrais par culture en Algérie recommandée par la FAO.

www.mre.gov.dz/leau/irrigation/?lang=fr :Ouvrages exploités en agriculture (2015)

www.revue-ein.com réutilisation des eaux usées Intérêt , Bénéfice et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France..

<http://ancc.dz/pnc.html>: 1.5.2 Le PNC a pour objectifs.

<http://tpe-climat.e-monsite.com/rechauffementclimatique>.

<http://www.aps.dz/algerie/94683-presentation-du-premier-plan-national-climat-lors-d-un-conseil-interministeriel>.

<http://www.climatechallenge.be/fr/des-infos-en-mots-et-en-images/quelles-en-sont-les-consequences.aspx>: Phénomènes du changement climatique.

<https://www.alg24.net> /oran-lancement-prochain-dun-programme-de-plantation-arboricole-dans-le-perimetre-de-Mléta