

UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Biologiques



Mémoire de Master Académique

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Ecologie

Spécialité : Ecologie et Environnement

Thème

**Etat des lieux sur la réutilisation des eaux usées urbaines traitées de la station
d'épuration de Touggourt**

Présenté par : **ARBAOUI Soumia et OUAGGAD Nadjat**

Soutenu publiquement le :

01/10/2020

Devant le jury :

SAGGAI Mohamed Mounir	MCB	Président (e)	U.K.M.Ouargla
IDDER Tahar	Professeur	Promoteur	U.K.M.Ouargla
IDDER Abdelhak	MAA	Co-Promoteur	U.K.M.Ouargla
MANAMANI Radia	MAA	Examinatrice	U.K.M.Ouargla

Année universitaire: 2019/2020



Dédicace

Je dédie ce travail à :

*Mes parents Et à toutes mes
sœurs et à tous mes frères et à
tous les membres de la famille
Arbaoui et enfin à mes amis ;
Amoula, Ouroura, Wahiba et
el-mokhe*

Soumia



Dédicace

JE TIENS À DÉDIER CE MODESTE TRAVAIL :

**À MES CHERS PARENTS POUR LA
COMPRÉHENSION, LA PATIENCE ET LE
SOUTIEN MORAL ET FINANCIER.**

À MA SŒUR ET MON FRÈRE.

À MES ONCLES ET MES TANTES.

À TOUTE LA FAMILLE OUAGGAD

À TOUS MES AMIS

**À TOUS LES ÉTUDIANTS DU MASTER
« ÉCOLOGIE VÉGÉTALE ET
ENVIRONNEMENT »**

Nadjat

Remerciements

Nous remercions Dieu, le tout puissant, pour nous avoir donné, le courage, la patience, la volonté et la force nécessaires, pour affronter toutes les difficultés et les obstacles qui se sont hissés au travers de notre chemin, durant toutes nos années d'études.

*Nous remercions chaleureusement notre promoteur
Monsieur*

Tahar IDDER, professeur à l'université d'Ouargla pour avoir proposé le thème de recherche et pour ses aides durant la réutilisation de notre travail.

Nous adressons nos remerciements à monsieur Mohamed Mounir SAGGAI, Maître de conférences à l'Université d'Ouargla, pour nous avoir fait l'honneur de présider le jury de notre soutenance.

Nous remercions vivement aussi Madame Radia MANAMANI, Maître Assistante à l'Université d'Ouargla, D'avoir bien voulu accepter d'examiner notre travail.

Nos remerciements sincères s'adressent aussi à tous les membres de la SETP de Touggourt pour leur accueil chaleureux et leurs aides très précieuses. Nous remercions en particulier le Chef de station Monsieur BEN HNYA et les ingénieurs du laboratoire Mesdames Radia et Amina.

Nos remerciements les plus sincères sont adressés également à nos enseignants qui ont contribué à notre formation durant nos études à l'Université d'Ouargla. Nous remercions aussi la grande famille de la Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et en particulier les enseignants du Département des Sciences Biologiques.

Merci, enfin, à tous ceux, qui de loin ou de près, ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Liste des figures

01 : Etapes d'une filière de traitement des eaux	11
02 : Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau	18
03 : Situation géographique de la région de Touggourt	39
04 :Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt	44
05 : Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'EMBERGER	45
06 : Vue satellitaire de la station d'épuration de Touggourt	47
07 : Variations du pH de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	56
08 : Variations de la T de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	57
09 : Variations de la CE de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	58
10 : Variations de l'O2 dissous de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	59
8	60
12 : Variations de la DCO de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	61
13 : Variations des MES de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration	62
14 : Le Dégrillage	48
15 : Dessaleur-déshuileur	48
16 : Le bassin d'aération	48
17 : Décanteur secondaire	49
18 : Bassin de chloration	49
19 : L'épaississeur	50
20 : Vue d'un lit de séchage rempli de boue	50

Liste des tableaux

Tableau n°1: Normes bactériologiques appliquées dans certains pays et préconisées par des organisations internationales	30
Tableau n°2: Limites recommandées en éléments traces (mg/l-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation	31
Tableau n°3: Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité microbiologique des eaux usées épurées)	33
Tableau n°4: Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité physico-chimique des eaux usées épurées)	35
Tableau n°5 : Tableau 05 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	36
Tableau n°6 : Découpage administratif de la région de Touggourt	40
Tableau n°7 : Indicateurs de volume d'échantillon obtenu après la D.C.O.....53	54
Tableau n°8 : Synthèse des résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la STEP de Touggourt du mois de mars 2020 et leur comparaison avec les normes Algériennes de 2012	63

La liste des abréviations :

CTO : Composés-Traces Organiques

CE : Conductivité électrique

CI : Continental Intercalaire

CT : Complexe Terminal

DBO₅ : Demande biologique en oxygène

DCO : Demande chimique en oxygène

EUE : Epuration des eaux usées

ETM : Élément trace métallique

FAO : Food and agriculture organisation

MES : Matière en suspension

MO : Matière organique

OMS : Organisation mondiale de la santé

pH : Potentiel d'hydrogène

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

S.T.E.P : Station d'épuration des eaux usées

Table des matières

Dédicace	
Remerciements	
Liste des tableaux	
Liste des Figures	
Liste des Photos	
Liste des annexes	
Table des matières	
Résumés	
Introduction générale	2
PREMIERE PARTIE : Synthèse bibliographique	
CHAPITRE I: Généralités sur les eaux usées	
1. Définition	4
2. Origine des eaux entrant de la station d'épuration	4
2. 1 Les effluents domestiques	4
2. 2 Les effluents industriels	4
2. 3 Les eaux pluviales et de ruissellement	4
3. Composition des eaux usées	5
3. 1 micro-organisme	5
3. 1. 1 les bactéries	5
3. 1. 2 les virus	5
3. 1. 3 Les protozoaires	5
3. 1. 4 Les helminthes	6
3. 2 Matière en suspension et Matière organique	6
3. 3 substances nutritives	6
3. 4 Eléments traces métalliques et non métalliques	6
3. 4 . 1 Eléments trace Métalliques (Métaux lourds)	7
3. 4 . 2 Eléments trace non Métalliques (organiques)	7
3. 5 Salinité	7
CHAPITRE II : Traitement des eaux usées et des boues	
1. Traitement des eaux usées	10
1. 1 Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration	10
1. 1 . 1 Les grandes étapes du traitement des eaux usée	10
1. 1 . 1. 1 Prétraitement	12
1. 1 . 1. 2 Traitement primaire : physico-chimique	12
1. 1 . 1. 3 Traitement secondaire : traitement biologique	13
2. Traitement des boues	14

2. 1 Principales étapes de traitements des boues	14
2. 1. 1 Procédés de réduction de la teneur en eau	15
2. 1. 1. 1 Lit de séchage	15
2. 1. 1. 2 L'épaississement	15
2. 1. 1. 3 Déshydratation	15
2. 1. 2 Stabilisation des boues	17
Chapitre III : réutilisation des eaux épurées et des boues	
1. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde	18
1. 1 Bilan mondial	19
1. 2 Cas de l'Algérie	19
1. 3 domaines de la réutilisation des eaux usées	20
1. 3. 1 Agriculture	20
1. 3. 2 Utilisations en zone urbaine et récréative	20
1. 3. 3 Réutilisation industrielle	20
1. 3. 4 Production d'eau potable	21
1. 3. 5 Recharge de nappe	21
1. 3. 6 Restauration de milieux humides	22
1. 3. 7 Aquaculture	22
1. 4. Domaines de la réutilisation des boues d'épuration	22
2. Risques de la réutilisation des eaux épurées et des boues	22
2. 1 Notion de risque	22
2. 2 Types des risques	22
2.2.1 Risque sanitaire	22
2. 2. 2 Risques chimique	23
2. 1. 3 Risque Environnemental	24
Chapitre IV : Réglementation concernant la réutilisation des eaux usées et des boues	
1. Réglementations de la réutilisation des eaux usées	27
1. 1 Différente réglementation internationale	27
1. 1. 1 Recommandations de l'OMS	27
1. 1.2 Recommandations d'US EPA	28
1. 1.3 Comparaison entre les points de vu des l'OMS et US EPA	28

1.1.4 Recommandations de l'Union Européenne	29
1. 2 Différentes réglementations de la réutilisation des eaux usées en Algérie	32
ChapitreV: Matériel et méthodes	
Objectifs et approches de travail	38
1. présentation de la région d'étude	39
1. 1 Localisation géographique	39
1. 2 Situation administrative de la région de Touggourt	40
1.3 Climatologie	40
1.3. 1 Température	40
1.3. 2 précipitations	41
1.3.3 Vent	41
1 . 3. 4 Insolation	42
1 . 3. 5-Humidité	43
1 . 3. 6 Evaporation	43
1. 3. 7 Synthèses climatiques	44
1. 3. 8 Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN	44
1.3. 9 Climagramme d'Emberger	45
1. 4 Géomorphologie	46
1. 5 Hydrogéologie	46
1. 6 Topographie	46
2. Présentation du site d'étude : la station d'épuration	46
2. 1 Historique de la station	46
2. 2 Caractéristiques techniques	46
2. 3 Etapes du traitement	48
2. 3 .1 traitement des eaux	48
2. 3 .1.1 Traitement primaire	48
2.3.1.2 Traitement secondaire (tacitement biologique)	48
2.3. 3 Traitement des boues	50
2. 4 Analyses physico-chimiques des eaux usées	51
2. 4.1 Echantillonnage	51
2. 4.2 Analyses physico-chimiques	51
2.4.2.1 Détermination du Ph	51
2.4.2.2 Détermination de l'O ₂ dissous	51

2.4.2.3 Détermination de la conductivité électrique, de salinité et de la température	52
2.4.2.4 Mesure de la quantité de substances en suspension dans l'eau (MES)	52
2. 4.2.5 Mesure de la demande chimique d'oxygène (DCO)	53
2. 4.2.6 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	53
Chapitre VI : résultats et discussion	
1. Résultats des analyses physico-chimiques	56
1.1 Ph	56
1.2 Température	57
1.3 Conductivité électrique	57
1.4 Oxygène dissous	58
1.5 DBO	59
1.6 DCO	60
1.7 MES	61
2. Synthèse des résultats	62
Conclusion	65
Références bibliographiques	68
Annex	73

Résumé :

L'objectif de notre travail consiste à évaluer la qualité des eaux usées de la ville de Touggourt, épurées par le procédé de boues activées dans le but de déterminer, globalement, les possibilités de leur réutilisation dans le domaine agricole, en s'appuyant sur la réglementation algérienne appliquée en matière de réutilisation des effluents urbains.

Les résultats que nous avons obtenus montrent que ces effluents répondent assez largement aux normes de qualité exigées en ce qui concerne les principaux paramètres de pollution, notamment en ce qui concerne la DBO_5 , la DCO et les MES, mais ils présentent cependant une conductivité électrique, égale à 6 dS/m, qui est bien supérieure à la valeur tolérée par cette norme qui est de 3 dS/m. Il est par conséquent nécessaire de réfléchir à des solutions techniques qui permettraient d'améliorer la qualité du traitement afin que les possibilités de valorisation des eaux soit envisagées sans restrictions et sans risques. Il est également impératif de prendre en considération l'aspect microbiologique de ces ressources, comme l'exige la norme nationale.

Mots clés : eaux usées, épuration, réutilisation, normes, Touggourt, Algérie.

الملخص

يهدف عملنا إلى تقييم جودة مياه الصرف الصحي لمدينة تقرت والتي تعتمد أساساً على تقنية الحمأة المنشطة، و من أجل تحديد إمكانيات إعادة استخدامها بشكل عام في المجال الزراعي و اعتماداً على تطبيع اللوائح الجزائرية في إعادة استخدام مياه الصرف الحضرية.

تظهر النتائج التي تحصلنا عليها إن هذه النفايات السائلة تلبى على نطاق واسع معايير الجودة المطلوبة فيما يتعلق بمعايير التلوث الرئيسية لاسيما فيما يتعلق بمعايير التلوث الرئيسية، DBO_5 ، DCO، و MES، لكنها مع ذلك تتعلق بتوصيل كهربائي يساوي 6 dS/m، وهي أعلى بكثير من القيمة التي يتحملها هذا المعيار وهي 3 dS/m، لذلك من الضروري التفكير في الحلول التقنية التي من شأنها تحسين جودة المعالجة بحيث يتم النظر في إمكانيات استعادة المياه دون قيود وبدن مخاطر من الضروري أيضاً مراعاة الجانب الميكروبيولوجي لهذه الموارد على النحو المطلوب في المعيار الوطني.

الكلمات المفتاحية : مياه مسعّمة، معالجة، إعادة استعمال، معيار، تقرت، الجزائر.

Abstract :

The objective of our Works consists in evaluating the quality of the wastewater of the town of Touggourt , purified by the activated sludge process in order to determine , overall the possibilities of its reuse in the agricultural field ,by relying on the algerian regulations applied to the reuse of urban effluent

The results that we have obtained show that these effluents meet fairly broadly the quality standards required with regard to the main ,pollution parameters , in particular with regard to the DBO5 ,DCO and the MES , but they nevertheless present an electrical conductivity , equal 6 dS/m , which is much higher than the value tolerated by this standards which is 3 dS/m .. it is therefore necessary to reflect on technical solutions that would improve the quality of treatment so that the possibilities of water recovery are considered without restrictions and without risk . it is also imperative to take into account the microbiological aspect of the resources ,as required by the national standards .

Keywords : wastewater, Processing, reuse, standard, Touggourt, Algeria

Introduction générale

Introduction générale

Introduction :

Le développement durable est celui qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins, et, comme nous le savons, parmi les besoins quotidiens humains c'est l'eau, qui est l'une des ressources naturelles menacées par la pénurie.

La concurrence grandissante entre les usages agricoles et urbains des approvisionnements en eau douce de haute qualité, notamment dans les régions arides ou semi-arides à forte densité de population, accroît la pression sur cette ressource toujours plus rare (OMS, 2012). En tant que substitut de l'eau douce pour l'irrigation et l'aquaculture, les eaux usées ont un rôle important à jouer dans la gestion des ressources en eau (IDDER *et al.*, 2013). En laissant l'eau naturelle pour l'alimentation en eau potable et pour d'autres usages prioritaires, la réutilisation des eaux usées contribue à la conservation de l'eau (OMS, 1989).

Tous ces défis ont amené l'Algérie à adopter une législation pour réutiliser les eaux usées dans de nombreux domaines et à s'efforcer de soutenir cette idée.

L'étude que nous présentons a pour objectif principal de contribuer à l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées par la station d'épuration de Touggourt dans le but de déterminer, globalement, les possibilités de leur réutilisation dans le domaine agricole, en s'appuyant sur la réglementation algérienne en vigueur en matière de réutilisation des effluents urbains épurés.

Nous souhaiterions souligner, cependant, que les eaux épurées sont déjà réutilisées depuis plusieurs années au sein de l'espace agricole entourant la station d'épuration pour l'arrosage de plusieurs types de cultures (arbres fruitiers et non fruitiers, plantes ornementales, etc.) et pour l'élevage piscicole.

L'objectif de départ que nous nous étions fixé était en fait beaucoup plus ambitieux. Nous avons en effet souhaité déterminer si la qualité de ces eaux était bien conforme à la qualité exigée pour l'usage piscicole et pour chaque type de plante irriguée dans la station, considérée à part, et à formuler ensuite des propositions qui pourraient contribuer à améliorer cette pratique de réutilisation, tout en écartant les risques sanitaires potentiels qui pourraient en découler.

Ce travail comporte deux parties. La première, qui constitue une synthèse bibliographique, est consacrée à la présentation de quelques concepts liés aux eaux usées, leur traitement et leur réutilisation. La seconde partie définit la méthodologie de travail que nous avons adoptée et présente les résultats obtenus et leur discussion.

**PREMIERE PARTIE :
Synthèse bibliographique**

**Chapitre I :
Généralité sur eaux usées**

1. Définition

Lorsque l'homme utilise l'eau, il ne fait pas que la consommer, mais il en rejette une partie dans l'environnement : C'est ce que l'on appelle l'eau usée. Cette eau usée peut contenir différents polluants (MOULIN *et al*, 2013).

L'aspect des eaux résiduaires fraîches est celui d'un liquide brun gris avec une odeur typique, mais faible. Durant leur transport, ces eaux se modifient d'autant plus vite que la température est élevée ; elles deviennent noires et dégagent une odeur d'œufs pourris, signe de la présence d'hydrogène sulfuré H₂S, dangereux pour les égoutiers et corrosif pour le béton et aciers des égouts (MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOY, 2005).

2. Origines des eaux entrant en station d'épuration

L'effluent entrant en station d'épuration est dénommé "eau usée", il peut se composer généralement des types d'effluents différents tels que :

- Les effluents domestiques ;
- Les effluents industriels ;
- Les eaux pluviales et de ruissellement.

2.1 Les effluents domestiques

Les eaux usées d'origine domestique sont issues de l'utilisation ménagère (eaux de bain et lessive) et les eaux vannes (urines et fèces). L'ensemble est collecté dans le système d'égout (BAUMONT *et al*, 2004).

2.2 Les effluents industriels

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejets industriels. Ils concernent les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisseries, restaurants, laboratoires d'analyses médicales, etc. (BAUMONT *et al*, 2004).

2.3 Les eaux pluviales et de ruissellement

Les eaux de pluie ne sont pas exemptes de pollution : au contact de l'air, elles se chargent d'impuretés (fumées industrielles, résidus de pesticides, etc.), puis en ruisselant, elles se mêlent aux résidus déposés sur les toits et les chaussées de villes (huiles de vidange, carburants, résidus de pneus, métaux lourds, etc.).

Les eaux pluviales peuvent être collectées en même temps que les eaux usées domestiques ou bien séparément ; on parle alors de réseau unitaire ou séparatif (Rèf.Eléc 01).

3. Composition des eaux usées

Les eaux usées est un réservoir de polluants, la composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine (industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes (**BAUMOT et al, 2005**).

3. 1 micro-organisme

Les eaux usées contiennent tous les micro-organismes excrétés avec les matières fécales. Cette flore entérique normale est accompagnée d'organismes pathogènes. L'ensemble de ces organismes peut être classé en quatre grands groupes : les bactéries, les virus, les protozoaires et les helminthes (**BELAID, 2010**).

3. 1. 1 les bactéries

Les bactéries sont des organismes unicellulaires simples et sans noyau. Leur taille est comprise entre 0,1 et 10µm. Le taux moyen de bactéries dans les fèces est d'environ 10^{12} bactéries/g (**ASANO, 1998**). Les bactéries sont les micro-organismes les plus communément rencontrés dans les eaux usées (**TOZE, 1999**).

3. 1. 2 les virus

Les virus sont des parasites intracellulaires obligés qui ne peuvent se multiplier que dans une cellule hôte. On estime leur concentration dans les eaux usées urbaines entre 10^3 et 10^4 particules par litre. Leur isolement et leur dénombrement dans les eaux usées sont difficiles, ce qui conduit vraisemblablement à une sous-estimation de leur nombre réel. Les virus entériques sont ceux qui se multiplient dans le trajet intestinal ; parmi les virus entériques humains les plus importants, il faut citer les entérovirus (exemple : polio), les rotavirus, les retrovirus, les adénovirus et le virus de l'Hépatite A. Il semble que les virus soient plus résistants dans l'environnement que les bactéries et que leurs faibles dimensions soient à l'origine de leurs possibilité de dissémination (**FABY, BRISSAUD, 1998**).

3. 1. 3 Les protozoaires

Les protozoaires sont des organismes unicellulaires, munis d'un noyau, plus complexes et plus gros que les bactéries ; la plupart des protozoaires pathogènes sont des organismes parasites (**BAUMOT et al, 2005**). Parmi les protozoaires les plus importants du point de vue sanitaire, il faut citer *Entamoeba histolytica*, responsable de la dysenterie amibienne et *Giardia lamblia*. Au cours de leur cycle vital, les protozoaires passent par une forme de résistance, les kystes, qui peuvent être véhiculés par les eaux résiduaires (**FABY, BRISSAUD, 1998**).

3. 1. 4 Les helminthes

Les helminthes sont des vers multicellulaires. Tout comme les protozoaires, leur nombre d'œuf peut être évalué entre 10 et 10^3 germes/l. Il faut citer notamment, *Ascaris lumbricades*, *Oxyuris vermiculaires*, *Trichuris trichuria*, *Taenia saginata*. Beaucoup de ces helminthes ont des cycles de vie complexes comprenant un passage obligé par un hôte intermédiaire. Le stade infectieux de certains helminthes est l'organisme adulte ou larve, alors que pour d'autres (FABY et BRISSAUD, 1998).

3. 2 Matière en suspension et Matière organique

Les matières en suspensions sont en majeure partie de nature biodégradable. La majorité des microorganismes pathogènes des eaux usées sont transportés par les MES. Les particules en suspension, plus lourdes que l'eau alors sont éliminées par décantation pour réduire la charge organique de ces eaux et la teneur en germes pathogènes (FABY et BRISSAUD, 1998). La teneur des eaux usées en matière en suspension s'analyse par le biais de diverses mesures chimiques et biologiques. Les analyses les plus fréquentes sont la demande biochimique en oxygène (DBO_5) et la demande chimique en oxygène (DCO) (BELAMADI, 2011).

3. 3 Éléments nutritifs

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usée et constituent un paramètre de qualité important pour la valorisation de ces eaux en agriculture et en gestion des paysages (HAMOUDA, 2004). Les éléments les plus fréquents dans les eaux usées sont l'azote, le phosphore et parfois le potassium, le zinc, le bore et le soufre. Ces éléments se trouvent en quantités appréciables, mais en proportions très variables que ce soit dans les eaux usées épurées ou dans les eaux brutes. En outre, la présence de la matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, éléments colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structure du sol (FAO, 2003).

3. 4 Éléments traces métalliques et non métalliques

Les micropolluants organiques et non organiques résultent d'une pollution multiple et complexe. Les micropolluants sont des éléments présents en quantité infinitésimale dans les eaux usées. La voie de contamination principale, dans le cas d'une réutilisation des eaux usées épurées, est l'ingestion. C'est la contamination par voie indirecte qui est généralement préoccupante. Ainsi, certains micropolluants, comme les métaux lourds ou les pesticides, peuvent s'accumuler dans les tissus des êtres vivants, et notamment dans les plantes cultivées. Il peut donc y avoir une contamination de la chaîne alimentaire et une concentration de ces

polluants dans les organismes. La crispation de l'opinion publique à leur sujet, et le manque de connaissances sur leurs effets à long terme, incite à analyser avec soin la nature et la présence de ces micropolluants dans les eaux usées (BAUMOT *et al*, 2005).

3. 3. 1 Eléments trace Métalliques (Métaux lourds)

C'est le problème principal avec la réutilisation des eaux usées traitées dans les pays ayant une industrie lourde. Les métaux qui peuvent être présents dans les eaux résiduaires comme le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo), le nickel (Ni) et le zinc (Zn) peuvent constituer un risque sanitaire significatif pour les humains et les animaux et peuvent généralement affecter les cultures irriguées. Ces métaux, dans la plupart des cas, s'accumulent dans la plante et peuvent affecter de façon défavorable les humains ou les animaux domestiques se nourrissant de ces plantes (FAO, 2003).

3. 3. 2 Eléments trace non Métalliques (organiques)

Une grande variété de composés organiques de synthèse peut se retrouver dans les effluents en provenance d'eaux de lessivage ou rejets industriels. Certains se forment aussi lors du traitement de désinfection des effluents par le chlore (haloformes). Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées : hydrocarbures polycycliques aromatiques, chlorophénols, phtalates, etc. avec une concentration de l'ordre de 1 à 10µg / l dans les effluents. Dans le sol, ces micropolluants restent liés à la matière organique ou adsorbés sur les particules du sol. Cependant, quelques composés ioniques (pesticides organochlorés, solvants chlorés) peuvent être entraînés en profondeur. Il semble que les plantes soient susceptibles d'absorber certains composés organiques, mais il existe peu de données disponibles à ce sujet. Les PCB, quant à eux, restent fixés dans les racines. En raison de la faible solubilité de ces éléments organiques, on les retrouvera concentrés dans les boues et c'est surtout lors de l'épandage de ces dernières que leurs teneurs devront être contrôlées (FABY et BRISSAUD, 1998).

3. 5 Salinité

Dans la plupart des pays, l'eau utilisée pour l'approvisionnement municipal est l'eau ayant la meilleure qualité disponible et elle est habituellement de faible salinité. Cependant, en conditions de pénurie en eau, la salinité peut être un problème (AYERS et WESTCOT, 1985 ; IDDER, 1998 ; FAO, 2003). On estime que la concentration en sels de l'eau usée

Généralité sur des eaux usées

excède celle de l'eau du réseau d'alimentation en eau potable de quelques 200 mg /l, sauf dans le cas de pénétration d'eau saumâtre dans les réseaux d'assainissement ou lors de collecte d'eaux industrielles (**FABY et BRISSAUD, 1998**). La quantité et le type de sels présents sont importants pour évaluer si l'eau usée traitée convient pour l'irrigation. Des problèmes potentiels sont liés à la teneur en sels totaux, au type de sels ou à la concentration excessive d'un ou plusieurs éléments (**AYERS et WESTCOT, 1985 ; IDDER, 1998 ; FAO, 2003**).

Traitement des eaux usées

1. Traitement des eaux usées

Les eaux usées, qu'elles soient d'origine domestique ou industrielle, sont collectées par un réseau d'assainissement complexe pour être traitées dans une station d'épuration avant d'être rejetées dans le milieu naturel. En station, les traitements varient en fonction de la nature de ces eaux usées et de la sensibilité à la pollution du milieu récepteur (**Rèf. Eléc 02**).

1. 1 Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration

Une station d'épuration est installée généralement à l'extrémité d'un réseau de collecte, sur l'émissaire principal, juste en amont de la sortie des eaux usées. Chaque dispositif est conçu pour extraire au fur et à mesure les différents polluants contenus dans les eaux. La succession des dispositifs est bien entendu calculé en fonction de la nature des eaux usées recueillies sur le réseau et des types de pollutions à traiter (**ADEME, 2003**).

1. 1 . 1 Les grandes étapes de traitement des eaux usées

Les quatre étapes principales du traitement sont détaillées sur la figure 1 et décrites dans les paragraphes suivants.

Généralité : Traitement des eaux usées

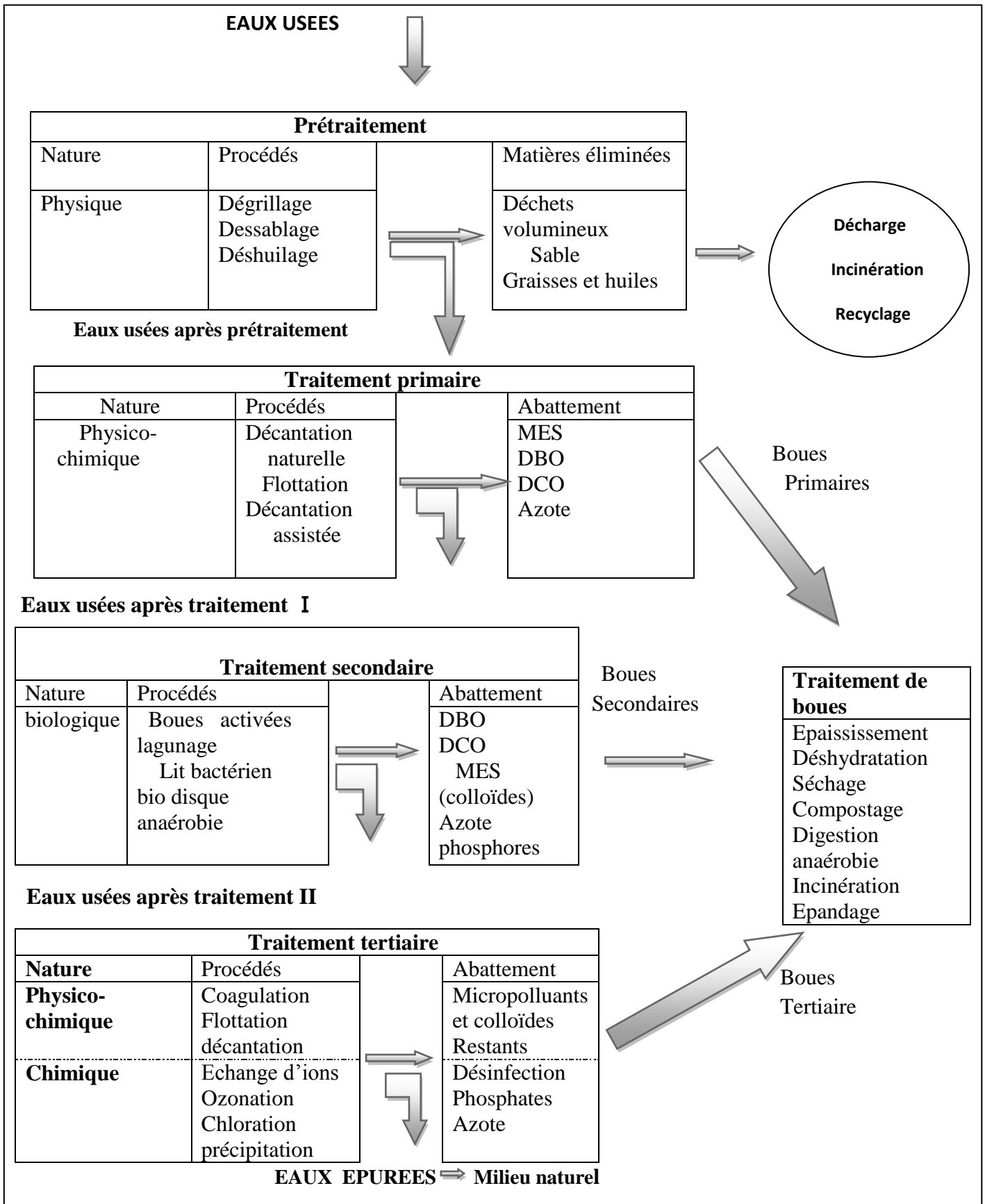


Figure 1 : Etapes d'une filière de traitement des eaux (HADJ-SADOK, 1999)

1. 1 . 1. 1 prétraitement

Le prétraitement a pour objectif l'extraction des matières les plus grossières (brindilles, feuilles, tissus, ...) et des éléments susceptibles de gêner les étapes ultérieures du traitement. Il comprend :

- **Le dégrillage** : pour retenir les déchets volumineux à l'aide d'une succession grilles (2 à 4) de plus en plus fines. Les résidus recueillis sont déposés en décharge ;
- **Le dessablage** : pour prévenir les dépôts dans les canalisations, protéger les organes électromécaniques (pompes) contre l'abrasion et éviter de perturber les autres étapes de traitement. Les sables, recueillis généralement par raclage en fond de bassin, sont recyclés ;
- **Le dégraissage-déshuilage** : Il évite l'encrassement de la station par les corps gras. Elle est effectuée dans le même bassin que le dessablage. La récupération des graisses et huiles se fait en surface. Les composés collectés seront alors incinérés (cas du traitement d'un effluent urbain) ou recyclés pour la fabrication de savons ou détergents (cas de certains effluents industriels) en fonction de leur qualité. (BASSOMPIERRE, 2007).

1. 1 . 1. 2 Traitement primaire : physico-chimique

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique avec pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles :

- **la décantation** (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation ;
- **la flottation** (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient ;
- **la décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant** (voie physico-chimique) : le principe ici est de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros.

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des Matières En Suspension pouvant atteindre 90 % et de la Demande Biochimique en Oxygène de l'ordre de 35 % (CARDOT, 1999). La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Les matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires (BASSOMPIERRE, 2007).

1. 1 . 1. 3 Traitement secondaire : traitement biologique

Ces traitements sont indispensables pour extraire des eaux usées les polluants dissous, essentiellement les matières organiques. Ils utilisent l'action de micro-organismes capables d'absorber ces matières. La sélection naturelle des espèces et leur concentration dans un bassin permet d'accélérer et de contrôler un phénomène qui se produit communément en milieu naturel (ADEME, 2003).

On en distingue différents types :

- Procédés biologiques extensifs : le lagunage naturel

Les lagunes sont constituées de plans d'eau peu profonds, en général au nombre de trois. L'apport d'oxygène naturel, par échange avec l'atmosphère ou par photosynthèse des algues de surface, peut être complété exceptionnellement par des aérateurs pour stimuler l'activité biologique et diminuer les surfaces.

Les bassins de traitement des eaux brutes éliminent les polluants carbonés, azotés et phosphorés. Sous l'action du rayonnement solaire, les effluents subissent une réduction de la charge microbiologique (IDDER, 1998 ; IDDER *et al.*, 2011).

- Procédés biologiques à culture libre : les "boues activées"

Dans ces procédés, les bactéries se développent dans des bassins alimentés d'une part en eaux usées à traiter et d'autre part en oxygène par des apports d'air. Les bactéries, en suspension dans l'eau des bassins, sont donc en contact permanent avec les matières polluantes dont elles se nourrissent et avec l'oxygène nécessaire à leur assimilation.

Les principes de fonctionnement diffèrent suivant que l'objectif est de traiter le carbone ou le carbone et l'azote et/ou le phosphore : en pratique, il s'agit de permettre la sélection des espèces de bactéries capables soit de transformer le carbone en CO₂, soit de transformer l'azote en nitrates puis les en azote gazeux (N₂), soit de stocker le phosphore. Dans tous les cas, la séparation de l'eau traitée et de la masse des bactéries (que l'on appelle « boues ») se fait dans un ouvrage spécifique appelé "clarificateur" (IDDER *et al.*, 2012)

- Les procédés biologiques à cultures fixées : les biofiltres et les lits bactériens

Le principe de ces procédés consiste à faire percoler l'eau à traiter à travers un matériau sur lequel se développent les bactéries qui constituent alors un biofilm sur ce support. Le type de matériau varie suivant les procédés :

- les lits bactériens utilisent des supports minéraux (cailloux, pouzzolanes, galets...) ou des supports alvéolaires,
- les biofiltres utilisent des matériaux de plus petite taille : des argiles cuites, des schistes, du polystyrène, des graviers ou des sables. Les biofiltres permettent généralement des traitements plus intensifs et plus poussés que les lits bactériens classiques, plus rustiques dans leur conception et dans leur exploitation. (ADEME, 2003).

2. Traitement des boues

Boue de station d'épuration désigne l'ensemble des résidus de l'activité biologique des micro-organismes vivant dans les stations d'épuration, qui transforment les matières transportées par les eaux usées pour qu'elles puissent en être extraites. Elles sont constituées essentiellement d'eau, de sels minéraux et de matière organique (IDDER *et al*, 2012 ; LADJEL *et* ABBOU, 2014).

On peut distinguer plusieurs types différents des boues :

- **Les boues primaires** : Ceux sont des dépôts qui proviennent du traitement primaire des eaux usées, par décantation.
- **Les boues physico-chimiques** : Proviennent de la décantation après traitement avec des réactifs chimiques (agents flocculants).
- **Les boues biologiques** : Proviennent d'une épuration biologique des eaux usées, composées d'agrégats de micro floccs bactériens. (LADJEL *et* ABBOU, 2014).

2. 1 Principales étapes de traitements des boues

Quel que soit le mode d'épuration des eaux, les boues sont initialement constituées d'eau (99%), de matière organique fraîche très fermentescible, et des matières minérales dissoutes ou insolubles. La matière organique qui représente 35 à 85 % de la matière sèche est constituée essentiellement de cadavres de bactéries et leurs substances toxiques (GAMBIER, 1994 cité par ATI, 2009).

Selon le but de leur utilisation, des traitements complémentaires leur sont appliqués pour :

- Réduire leur teneur en eau et ceci dans le but de réduire leur volume et d'éviter la putréfaction de la matière organique facilement décomposable (**Lefevre, 1977 cité par ATI, 2009**).

- Stabiliser la matière organique en diminuant sa fermentescibilité pour réduire au moins et supprimer les mauvaises odeurs ;
- Pour les hygiéniser si nécessaire en détruisent les micros organismes pathogènes.

2. 1. 1 Procédés de réduction de la teneur en eau

2. 1. 1. 1 Lit de séchage.

Pour des raisons d'hygiène et afin de ne pas créer des odeurs désagréables, on utilise des lits de séchage ; on élimine en grande partie ou, en totalité l'eau par évaporation : Soit par voie naturelle (lits de séchage) soit par voie thermique. La technique des lits de séchage se pratique à l'air libre sur des boues liquides et combine l'évaporation naturelle et le drainage de l'eau libre à travers une couche filtrante de sable ou de graviers ; l'emprise au sol est de 1m^2 pour 4 à 5 habitants raccordés. Ce système extensif donne des boues solides à 35 – 40 % de siccité mais reste fort dépendant des conditions météorologiques.

Le séchage thermique permet une élimination quasi-totale de l'eau (siccité – 95 %) les boues obtenues sont pulvérulentes ou en granulés, mais en raison du coût énergétique, ce procédé reste peu utilisé (**VISILIND, 1974 cité par ATI, 2009**).

2. 1. 1. 2 L'épaississement

Il vise l'augmentation de la siccité (teneur en matière sèche) des boues sans pour autant modifier le caractère liquide de la boue, ce procédé peut se faire par voie gravitaire dans un concentrateur ou par des moyens mécaniques (égouttage – flottation – centrifugation) ; La siccité des boues ne dépasse pas 7(**ATI, 2009**).

2. 1. 1. 3 Déshydratation

Elle correspond en fait à une forte augmentation de la siccité, et modifier l'état physique des boues, celles ci passent de l'état liquide à l'état pâteux ou solide. Les filtres à bandes et les centrifugeuses donnent des boues plutôt pâteuses en raison de la performance de déshydratation qui plafonnent de 18 à 20 % de siccité pour la première famille de matériels, et de 20 à 25 % pour la seconde. Les filtres presses produisent par contre des boues de structures solides 30- 35 % de siccité, en

conjuguant un conditionnement au lait de chaux et des pressions élevées (**Ademe, 2001 cité par ATI Sabrina, 2009**).

2. 1. 2 Stabilisation des boues:

Dans la stabilisation biologique, les boues primaires et les boues activées en excès sont souvent mélangées, elles présentent une tendance à la fermentation, on aère ce mélange avec l'air ou de l'oxygène, on assiste alors à une minéralisation de la matière organique en CO₂. Ce procédé permet l'élimination de certains parasites (**BOVIJIN, 1970 cité par ATI , 2009**) ; cette technique résume la digestion aérobie, tandis que pour la digestion anaérobie, et qui a bénéficié d'une grande publicité, permet une production des gaz combustibles (**MAES, 1977 cité par ATI Sabrina, 2009**), elle consiste à favoriser le développement des bactéries méthanifères qui agissent en anaérobie sur la matière organique en la décomposant en produisant le méthane, ce procédé peut être important pour certaines cultures lorsqu'on prévoit l'utilisation agricole.

La stabilisation non biologique ou chimique comporte la pasteurisation, et le traitement à la chaux. La pasteurisation consiste à l'injection de vapeur à une température de 80 ° durant 30 mn ; Les boues sont désinfectées mais non stérilisées (**HESSE, in GAMRASNI, 1981 cité par ATI Sabrina, 2009**).

Réutilisation des eaux épurées

1. Réutilisation des eaux usées épurées dans le monde

La REUE recouvre deux notions complémentaires : le traitement puis la réutilisation proprement dite d'eaux usées. Elle propose de les traiter éventuellement une nouvelle fois et de s'en servir pour toutes sortes d'usages. On constate (figure 2) que la REUE agit à deux niveaux : premièrement, elle évite les rejets d'eaux issues de stations d'épuration dans le milieu naturel, et deuxièmement, elle constitue un approvisionnement supplémentaire en eau (NEGAIS, 2014).

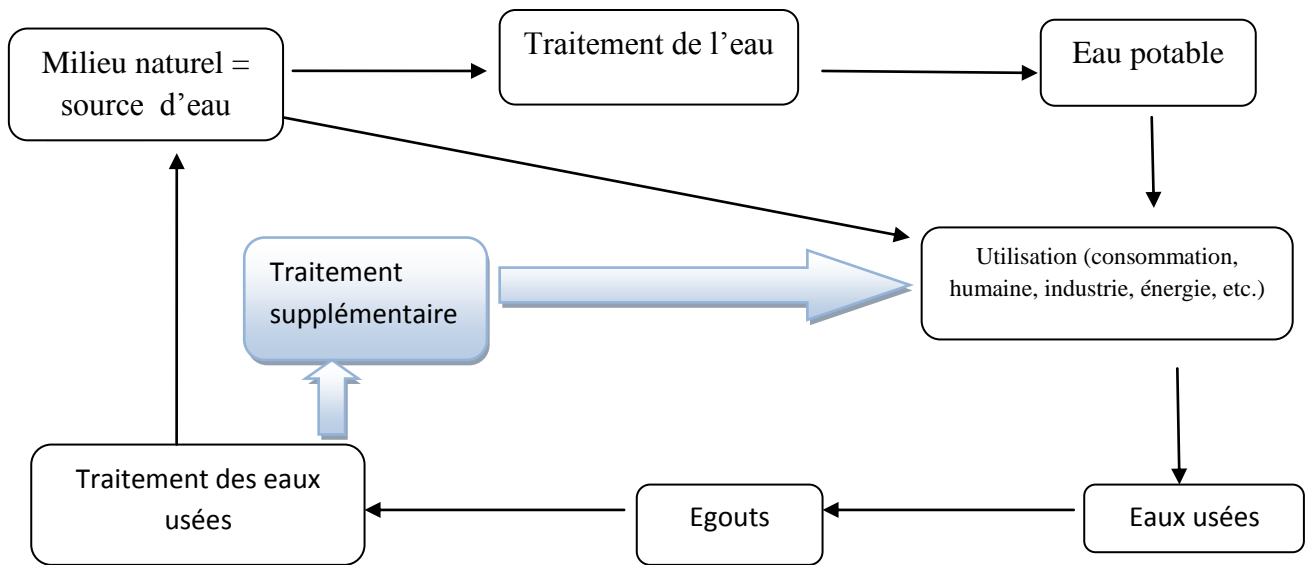


Figure 2 : Intégration des eaux usées traitées dans le cycle général des ressources en eau (BAUMONT et al, 2005 cité par NEGAIS, 2014)

1. 1 Bilan mondial

Certains pays développés soumis à une sécheresse intense se sont tournés depuis quelques dizaines d'années vers la réutilisation des eaux usées : le sud des États-Unis (Californie, Floride, Texas, Arizona, par exemple), l'Australie, Singapour, Israël et les pays du golfe persique. L'État de Californie, pionnier en matière de réutilisation des eaux usées, a instauré au début du vingtième siècle la première réglementation en ce sens. Depuis, cette réglementation a évolué avec des traitements toujours plus poussés pour garantir une eau de très bonne qualité dont de nombreux pays se sont inspirés. En Europe, les besoins en eaux différents entre Nord et Sud : les pratiques de réutilisation des eaux usées sont ainsi plus répandues dans les pays du Sud. Dans certains cas cependant, comme en Grèce et en Italie, une réglementation trop stricte freine cet usage, car elle entraîne des coûts trop élevés pour le suivi de la qualité de l'eau (74 paramètres à suivre selon la réglementation grecque). En Espagne, pays européen le plus actif dans ce domaine, plus de 150 projets de réutilisation ont été implantés ces dernières années (**Réf.Eléc 03**).

1. 2 Cas de l'Algérie

En Algérie, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées soit loin des périmètres d'irrigation et des barrages soit en mer, ce qui rend leur réutilisation en irrigation peu rentable. Ainsi, seulement 240 millions de m³ sont potentiellement utilisables en irrigation en raison de la localisation des points de rejet (**HARTANI, 2004 cité par ATTAB, 2011**).

Mais actuellement Sur les 130 stations d'épuration exploitées par l'ONA à travers les 44 wilayas, 17 sont concernées par la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture.

Le volume réutilisé à fin aout 2016 est estimé à 14,6 Millions de m³, pour ces 17 STEP concernées par la REUE ; afin d'irriguer plus de 11 076 ha de superficies agricoles, il s'agit de : Kouinine (El Oued) et Ouargla, Guelma, Souk Ahras, Tlemcen, mascara et les lagunes de : Ghriss, Bouhanifia, Hacine, Oued Taria, Froha, Khalouia, Tizi et Mohamadia, Boumerdes (**Réf.Eléc 04**).

1. 3 Domaines de la réutilisation des eaux usées

1. 3. 1 Agriculture

Une des applications les plus communes est l'irrigation de cultures agricoles ou sylvicoles à l'aide d'eaux usées traitées, surtout dans les régions méditerranéenne, subsahariennes et du Moyen-Orient (**IDDER et al, 2005**). En effet, cette pratique est largement utilisée dans les pays et régions où l'agriculture rencontre des problèmes quantitatifs ou qualitatifs d'eau. L'irrigation ou l'arrosage peut se faire autant sur des cultures destinées à la consommation humaine que sur des cultures assignées à la transformation ou à des usages autres (**IDDER et al, 2005**). Cependant, l'application est surtout pratiquée sur des cultures qui ne sont pas destinées à la consommation humaine, ou du moins à la consommation sans cuisson. Dans tous les cas, il faut faire concorder les propriétés des effluents et les besoins de la culture irriguée. L'irrigation à l'aide d'eaux usées traitées est un moyen économique de réduire les rejets dans l'environnement et de bénéficier d'un apport en eau même en cas de sécheresse. Néanmoins, des actions sont nécessaires afin d'assurer le succès de l'opération : le système d'arrosage doit être spécifique afin d'éviter le ruissellement abondant et les aérosols ou de s'assurer que les portions consommables de la plante ne soient pas touchées par les eaux usées (**Rèf. Eléc 05**)

1. 3. 2 Utilisations en zone urbaine et récréative

En zone urbaine, les utilisations peuvent être très variées : irrigation, réservoirs anti-incendie, climatisation d'immeubles, chasses d'eau, lavage des rues et approvisionnement de fontaines décoratives. Cependant, l'irrigation d'aménagements Paysagers urbains reste l'usage le plus commun. La réutilisation urbaine est divisée selon si les applications permettent un accès ouvert au public ou ont un accès limité ou restreint. Cette restriction ne signifie pas nécessairement l'impossibilité pour le public d'y accéder, mais plutôt un achalandage moindre de ces lieux grâce à des barrières physiques (clôtures) ou institutionnelles (accès temporellement restreint) (**IDDER et al, 2005 ; Rèf. Eléc 05**).

1. 3. 3 Réutilisation industrielle

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage interne sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays, l'eau recyclée fournit 85 % des besoins globaux en eau pour l'industrie (**OMS, 1989 cité par ATTAB, 2011**). D'après **ASANO (1998)**, un des premiers cas dans le monde est une papeterie au Japon qui est fournie en eaux

épurées depuis 1951. La REUE industrielle peut donc être intéressante dans le secteur de l'énergie, dans les circuits de refroidissement fermés ou ouverts. Les autres applications possibles concernent les laveries industrielles, les stations de lavage de voiture, l'industrie du papier, la production d'acier, de textiles, les industries d'électroniques et de semi-conducteurs, etc. (ASANO, 1998 cité par ATTAB, 2011).

3. 3. 4 Production d'eau potable

Les eaux usées traitées peuvent être utilisées directement comme eau potable. Ainsi, à la suite de leur traitement, elles sont acheminées à des populations afin d'être consommées. Il existe aussi un usage indirect des eaux usées traitées pour la consommation humaine : l'augmentation des ressources en eau potable à l'aide d'eaux usées traitées de qualité supérieures, par exemple, en rechangeant les aquifères. Cela peut aussi être réalisé en rejetant ces eaux usées traitées dans un cours d'eau qui alimente en eau potable des populations en aval. Ces dernières réutilisent donc indirectement des eaux usées traitées. Cette pratique indirecte permet donc d'augmenter la disponibilité des ressources en eau pour la production d'eau potable. Il est à noter que beaucoup de municipalités du monde, sauf celles situées sur les côtes océaniques, pratiquent une forme de réutilisation, puisque les eaux usées traitées sont rejetées dans un cours d'eau qui alimente les stations d'eau potable des populations en aval. Cette situation est inévitable en milieu urbain très développé. Cependant, elle est non planifiée comparativement à la pratique discutée dans le paragraphe précédent. L'intention est donc bien différente. Il s'agit alors de ce que l'on nomme la réutilisation de facto : un usage non planifié, où les eaux usées traitées sont rejetées dans un milieu récepteur en amont, alors qu'il y a un pompage d'eau à des fins de potabilisation en aval. Ainsi, la réutilisation indirecte des eaux usées traitées comme eau potable est donc considérée comme une réelle réutilisation que si elle est planifiée et intentionnelle (Rèf. Eléc 05).

1. 3. 5 Recharge de nappe

Ce mode de réutilisation a lieu essentiellement dans des zones arides qui doivent faire face à des problèmes d'assèchement de nappes, ou dans des zones côtières où les nappes sont envahies par l'eau de mer (IDDER, 1998). La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau.

1. 3. 6 Restauration de milieux humides

Les eaux usées traitées peuvent être utilisées pour la restauration de milieux humides affectés par le pompage d'eau excessif. En effet, la préservation des zones humides constitue un domaine non négligeable de réutilisation. Comme pour l'utilisation pour le maintien des niveaux d'eau de surface, ce sont principalement les enjeux fauniques et floristiques qui sont visés. Les impacts anthropiques sur les milieux humides pourraient donc être atténués par l'application d'eaux usées traitées afin de les restaurer et /ou d'augmenter leur surface ((**Rèf. Eléc 05**).

1. 3. 7 Aquaculture

Les eaux usées peuvent aussi servir à l'élevage de poissons et à la culture de plantes aquatiques destinées à la consommation humaine ou animale. Des eaux usées sont alors ajoutées dans les bassins comme fertilisant. Dans le monde, cette pratique est encore relativement jeune, mais elle est déjà utilisée en Inde et dans certains pays de l'Aise (**Rèf. Eléc 05**).

2. Risques de la réutilisation des eaux épurées

2. 1 Notion de risque

Trop souvent, l'isolement des agents pathogènes à partir des cultures, du sol ou de l'eau d'irrigation est considéré comme indicateur d'un risque potentiel pour la santé de ceux qui entreraient en contact avec l'élément contaminé. Parfois, l'isolement même d'un germe non (ou exceptionnellement) pathogène, mais utilisé comme marqueur usuel exemple : *Escherichia coli*), suffit pour considérer que le risque est réel (**Prost et Boutin, 1989**), Selon **Prost et Boutin (1989)**.

2. 2 Types des risques :

2. 2. 1 Risques sanitaires

Le risque majeur pour la santé publique associé à l'irrigation avec les eaux recyclées est la contamination par des microorganismes pathogènes ; notamment des virus, des bactéries, des helminthes et des protozoaires.

Un risque de transmission d'infections existe lorsque les conditions suivantes sont remplies (**Rèf. Eléc 06**)

Généralité : Réutilisation des eaux épurées

-la population, les ouvriers agricoles ou les animaux sont exposés à des agents pathogènes dans l'eau recyclée par contact direct ou indirect dans les zones irriguées ou en consommant des cultures contaminées.

-le nombre d'agent pathogène ingéré est plus élevé que la dose infectieuse.

-l'hôte devient infectée.

-l'infection résulte dans un déclenchement de maladies et /ou d'une transmission de pathogène à d'autre personnes ou des animaux.

2. 2. 2 Risques chimiques

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

- **Eléments en Trace**

Ils ne sont pas tous toxiques, beaucoup sont essentiels en petites quantités pour la croissance des plantes (Fe, Mn, Mo, Zn). Cependant, en quantités excessives ils peuvent causer des accumulations indésirables dans les tissus des plantes et une réduction de leur croissance. Enfin, remarquons que le risque posé par les métaux lourds dépend de leur toxicité potentielle et du niveau d'exposition (concentration, durée). Par ailleurs, certains sont bons pour la croissance des végétaux, ils s'éliminent facilement par des traitements physiques (décantation) et se retrouvent généralement dans les boues (**TAMRABET ,2011**).

- ✓ **salinité**

La salinité excessive du sol affecte la transpiration et la croissance de la culture sensible.

- ✓ **Excès de sodium**

- L'excès de sodium qui dégrade la structure des sols argileux et qui peut provoquer une diminution de sa perméabilité.

- ✓ **métaux lourds**

Généralité : Réutilisation des eaux épurées

- toxicité pour les cultures liée surtout aux concentrations élevées de bore, de sodium et de chlorure, ainsi que parfois de certains éléments trace c'est connu apportés le plus souvent par des effluents industriels.

✓ **Excès d'azote**

- L'excès d'azote peut affecter l'équilibre de nutriment pour les cultures et les qualités des eaux de surface ou souterraines.

✓ **chlore**

La plupart des cultures d'arbres et autres plantes ligneuses pérennes sont sensibles au chlore à faibles doses, alors que la plupart des cultures annuelles ne le sont pas. Le chlorure (Cl) et le sodium (Na) sont moins toxiques que le bore. Dans les régions arides et semi-arides l'eau usée traitée peut avoir une concentration élevée en Cl et Na à cause du contenu relativement élevé de ces éléments dans les eaux domestiques (**IDDER, 2013**).

✓ **bore**

Le bore est un des éléments essentiels à la croissance végétale, mais il n'est nécessaire qu'à des doses relativement faibles. En quantité excessive, il devient toxique.

2. 1. 3 Risque Environnemental

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

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

A. Effets sur le Sol :

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

- La salinisation,

Généralité : Réutilisation des eaux épurées

- L'alcalinité et la réduction de la perméabilité du sol,
- L'accumulation d'éléments potentiellement toxiques,
- L'accumulation de nutriments (**FAO, 2003**). Le principal risque encouru par le sol lors de l'irrigation des cultures par des eaux d'effluents moyennant les différentes techniques existantes est celui du colmatage. En règle générale, ce colmatage n'affecte que la partie superficielle du sol.

B. Effets sur les eaux souterraines

Dans certaines conditions, les effets sur les eaux souterraines sont plus importants que les effets sur le sol. La pollution des eaux souterraines avec des constituants de l'eau usée est possible (FAO, 2003). La contamination des eaux souterraines dépend de trois paramètres : Le sol, les roches sous-jacentes et la nappe. Deux caractéristiques sont essentielles pour les sols : la capacité de rétention et la capacité d'épuration. Les sols qui ont une bonne capacité de rétention sont les sols argilo sableux, ceux ayant une mauvaise qualité sont les roches fissurées. Une bonne capacité de rétention assure une bonne assimilation par les plantes et un étalement de la pollution dans le temps. La capacité d'épuration est assurée par la fixation des substances polluantes (adsorption, précipitation), la transformation des molécules organiques par des micro-organismes et l'exportation par les végétaux (**ASANO, 1998**).

C. Effet sur les eaux superficielles

Les rejets directs d'eaux épurées posent des problèmes d'eutrophisation des cours d'eau, de qualité de l'eau destinée à la production d'eau potable (norme d'un maximum de 50 mg/l pour les nitrates) et de contamination microbiologique des zones de conchyliculture (**FAO, 2003**).

**Réglementation concernant la réutilisation
des eaux usées**

1. Réglementations de la réutilisation des eaux usées

1. 1 Différente réglementation internationale

La qualité d'une eau qui se prête à diverses applications de réutilisation est définie selon des critères de qualité et des règlements (CCME, 2002 cité par NEGAIS, 2014).

1. 1. 1 Recommandations de l'OMS

Les recommandations de l'OMS sont les seules à l'échelle internationale. Elles sont source d'inspiration pour de nombreux pays à travers le monde, et notamment la France (BAUMONT, 2004).

L'OMS a demandé en 1982 à trois équipes indépendantes de chercheurs de fournir une base scientifique pour établir ces recommandations. Cela a abouti en 1989 au Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture” ou “Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture”. Elles ont été révisées en 2000 par Blumenthal et coll. en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques. Pour établir les nouvelles normes, Blumenthal a utilisé deux approches : d'une part, des études épidémiologiques empiriques complétées par des études microbiologiques concernant la transmission des germes pathogènes et, d'autre part, une évaluation quantitative du risque basée sur un modèle applicable aux germes pathogènes choisis. Cette approche combinée a permis d'obtenir un outil puissant pour établir des recommandations, avec un rapport coût/efficacité avantageux et une garantie de protection de la santé publique. Cette révision a affiné les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme “ œufs d'helminthes ” qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 œuf/l (BAUMONT, 2004).

Ces recommandations ne concernent que l'usage agricole, et il y a donc un “vide juridique” pour les autres usages. Les normes concernent uniquement les quantités de micro-organismes. Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine. Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée (BAUMONT, 2004).

1. 1.2 Recommandations d'US EPA

L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) a publié en 1992, en collaboration avec l'USAID (United States Agency of International Development), ses propres recommandations sur la REUE, intitulées "Guidelines for Water Reuse". Contrairement à l'OMS, ces normes ne sont pas basées sur des études épidémiologiques et une estimation du risque, mais sur un objectif de zéro pathogène dans les eaux réutilisées. Les normes microbiologiques sont donc beaucoup plus strictes (**BAUMONT, 2004**).

Les normes de l'USEPA concernent tous les usages envisageables pour des eaux usées épurées (usage urbain, agricole, industriel, recharge de nappe, etc.) ce qui en fait un outil puissant. Précisons que chaque État américain peut lui-même fixer ses propres recommandations, en s'inspirant plus ou moins de celles de l'USEPA. Ainsi, nous parlerons un peu plus bas des normes californiennes "Title 22" qui sont extrêmement sévères, et qui ont inspiré de nombreuses réglementations dans le monde (**BAUMONT, 2004**).

Le pH est toujours fixé entre 6 et 9. La turbidité ne doit pas dépasser en général 2 NTU. La DBO maximale est fixée soit à 10 mg/l, soit à 30 mg/l, selon les usages. Les coliformes fécaux doivent être soit en concentration inférieure à 200 CF/100 ml (pour l'irrigation avec restriction, les usages paysagers, industriels et environnementaux), soit à un niveau de non-délectabilité (pour l'irrigation sans restriction, la baignade et la réutilisation indirecte pour l'eau potable). Enfin, ce qui est un des aspects les plus drastiques des normes de l'USEPA, dans la plupart des cas il est imposé une norme en chlore résiduel de 1 mg/l (**BAUMONT, 2004**).

Retenons enfin que les recommandations concernant l'industrie et la réutilisation indirecte pour l'eau potable ne font pas état de normes précises, mais expliquent que les niveaux de qualité exigés doivent être fixés au cas par cas (**BAUMONT, 2004**).

1. 1.3 Comparaison entre les points de vu des l'OMS et US EPA

Les deux normes que nous venons de décrire s'opposent à plusieurs points de vue, et depuis quelques années, la polémique bat son plein entre les "pro-OMS" et les "pro-USEPA" (**BAUMONT, 2004**).

Une des différences entre OMS et USEPA concerne le traitement recommandé. Il est dit dans le document de l'OMS qu'un traitement extrêmement efficace peut être atteint par des

bassins de stabilisation, alors que l'USEPA n'évoque que des traitements de désinfection tertiaire type chloration, ozonation, etc. Les modes de contrôles varient aussi : l'OMS préconise de contrôler le nombre de nématodes, alors que l'USEPA recommande de contrôler les systèmes de traitement et le comptage des coliformes totaux sert à lui seul à contrôler la qualité microbiologique. **(BAUMONT, 2004).**

En général, l'OMS est taxée d'être trop laxiste, et l'USEPA de préconiser des traitements trop chers et trop technologiques, inaccessibles aux pays en voie de développement. Les normes de l'OMS sont-elles suffisantes ? Cette question est au cœur du débat actuel sur la réglementation. Dans tous les cas de figure, la sévérité des normes imposées par l'USEPA est une barrière pour leur développement à travers le monde. Il faut noter que pour beaucoup de pays en voie de développement, où l'irrigation avec des eaux usées non traitées se pratique régulièrement, l'application des normes de l'OMS, qui autorisent un traitement extensif type lagunage et qui n'exigent pas une trop grande qualité, serait déjà un progrès considérable **(BAUMONT, 2004).**

Une étude extrêmement intéressante a été réalisée par Shuval et coll. (1997) Les auteurs ont comparé le coût et l'efficacité des recommandations des deux institutions dans le cas de l'irrigation de légumes consommés crus et irrigués par des eaux épurées. Dans ce cas de figure, les normes sont :

- OMS : moyenne de 1000 CF/100 ml et <1 œuf d'helminthes/l
- USEPA : taux de coliformes fécaux non détectable, DBO \leq 10 mg/l, turbidité \leq 2 NTU, chlore résiduel de 1 mg/l.

L'expérience consistait à calculer le risque de contracter l'hépatite A ou le choléra en consommant des légumes arrosés par de l'eau traitée selon les normes de l'OMS **(BAUMONT, 2004).**

1.1.4 Recommandations de l'Union Européenne

Pour l'heure, il n'existe aucune réglementation sur la réutilisation de l'eau au niveau européen. La seule référence dans ce domaine est l'article 12 de la directive européenne sur les eaux usées **(91/271/CEE, UE, 1991 cité par NEGAIS, 2014)** qui stipule que "les eaux traitées doivent être utilisées chaque fois qu'il y a lieu" **(OMS & PNUE, 2005 cité par NEGAIS, 2014).** Cette lacune n'a pas empêché les pays membres d'adopter leur propre

Généralité : Réglementation concernant la réutilisation des eaux usées

réglementation, sans homogénéisation à l'échelle européenne. En effet, aujourd'hui, certains pays comme l'Italie s'inspirent des normes américaines, et d'autres, comme la France, des normes de l'OMS. Les normes bactériologiques appliquées dans certains pays sont cités dans (tableau 1).

D'autres organismes ont établi des recommandations complémentaires pour quelques paramètres chimiques. Ainsi, la **FAO (2003)** a fixé, selon la durée de réutilisation, des limites concernant les éléments traces dans les eaux usées traitées destinées à l'irrigation (tableau 2) (**NEGAIS, 2014**).

Tableau n°1: Normes bactériologiques appliquées dans certains pays et préconisées par des organisations internationale (LAVISON et MOULIN, 2007 in BELAID, 2010 cité par NEGAIS, 2014).

Pays/Organisation	Recommandations
OMS (niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/ 100 ml 1+1 œuf d'helminthe /l
USEPA	<1 ou 200 coliformes thermotolérants/ 100 ml selon culture
Title 22 (Californie)	2,2 ou 2, 3 coliformes totaux/100 ml (selon culture + filière de traitement agréée)
France (CSHPPF, niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/ 100ml+1œuf d'helminthe/l +contrainte techniques particulières
Afrique de Sud	1 ou 1000 coliformes thermotolérants/ 100 ml (selon culture +filière imposés)
Japon	1 E. coli/100 ml + résiduel de chlore total > 0,4 mg/l
Koweït	100 ou 10000 coliformes totaux /100 ml (selon culture + effluent oxyde + filtré et désinfecté)
Israël	2,2 ou 500 coliformes thermotolérants/ 100 ml (selon culture)
Arabie Saoudite	2,2 coliformes totaux /100 ml (culture à accès restreint)
Tunisie	<1 nématode intestinal/l

Tableau n°2: Limites recommandées en éléments traces (mg/l-1) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003 in BELAID, 2010 cité par NEGAIS, 2014).

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

1. 2 Différentes réglementations de la réutilisation des eaux usées en Algérie

- **La loi n° 05-12 du 04 aout 2005**, relative à l'eau, qui a institué la concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation (JO n° 60-année 2005).
- **Le décret n° 07-149 du 20 mai 2007** qui fixe les modalités de concession de l'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges- type y afférent .
- **Les arrêtés interministériels du 02 janvier 2012** qui prennent en application les dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149, publiés en janvier 2012 par le ministère des ressources en eau (tableaux 3 et 4) (JO n° 41) ces arrêtes fixent :
 - les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation et notamment en ce qui concerne les paramètres microbiologiques et physico-chimiques.
 - la liste des cultures pouvant être irriguée avec des eaux usées épurées (tableau 5).

Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Le ministre des ressources en eau,

Le ministre de l'agriculture et du développement rural,

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,

Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Jomada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;

Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;

Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;

Arrêtent :

Article 1er. — En application des dispositions de l'article 2 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation conformément à l'annexe jointe.

Art. 2. — le présent arrêté sera publié au *Journal officiel* de la République algérienne démocratique et populaire.

Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.

Le ministre des ressources en eau Le ministre de l'agriculture et du développement rural

Abdelmalek SELLAL Rachid BENAÏSSA

Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière

Djamel OULD ABBES

Tableau 03 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité microbiologique des eaux usées épurées).

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		19
ANNEXE			
SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION			
1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES			
GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES		
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)	
Irrigation non restrictive. Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence	
Légumes qui ne sont consommés que cuits. Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1	
Arbres fruitiers (1). Cultures et arbustes fourragers (2). Cultures céréalières. Cultures industrielles (3). Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1	
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée	
<p>(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.</p> <p>(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.</p> <p>(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.</p> <p>(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.</p> <p>(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.</p> <p>(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.</p>			

Tableau 04 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité physico-chimique des eaux usées épurées).

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41		25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES				
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	
Physiques	pH	—	6.5 ≤ pH ≤ 8.5	
	MES	mg/l	30	
	CE	ds/m	3	
	Infiltration le SAR = $\sigma - 3$ CE		0.2	
	3 - 6		0.3	
	6 - 12	ds/m	0.5	
	12 - 20		1.3	
	20 - 40		3	
Chimiques	DBO5	mg/l	30	
	DCO	mg/l	90	
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10	
	AZOTE (NO3 - N)	mg/l	30	
	Bicarbonate (HCO3)	meq/l	8.5	
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0	
	Arsenic	mg/l	2.0	
	Béryllium	mg/l	0.5	
	Bore	mg/l	2.0	
	Cadmium	mg/l	0.05	
	Chrome	mg/l	1.0	
	Cobalt	mg/l	5.0	
	Cuivre	mg/l	5.0	
	Cyanures	mg/l	0.5	
	Fluor	mg/l	15.0	
	Fer	mg/l	20.0	
	Phénols	mg/l	0.002	
	Plomb	mg/l	10.0	
	Lithium	mg/l	2.5	
	Manganèse	mg/l	10.0	
	Mercuré	mg/l	0.01	
	Molybdène	mg/l	0.05	
	Nickel	mg/l	2.0	
	Sélénium	mg/l	0.02	
	Vanadium	mg/l	1.0	
Zinc	mg/l	10.0		

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

Tableau 05 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	21
<p>Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.</p> <p align="center">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau, Le ministre de l'agriculture et du développement rural, Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;</p>	<p align="center">Arrêtent :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.</p> <p>Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.</p> <p style="text-align: center;"> Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA </p> <p style="text-align: center;"> Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES </p>	
ANNEXE		
LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES		
Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures	
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.	
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.	
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.	
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.	
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.	
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.	
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.	
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.	
<p>(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.</p> <p>(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.</p>		

Matériel et méthodes

Introduction

L'objectif de notre travail consiste d'une part à étudier les performances épuratoires de la station d'épuration des eaux usées urbaines de la ville de Touggourt et à faire, d'autre part, un état des lieux sur les possibilités de valorisation des eaux épurées, en tenant compte de leur qualité à la sortie de la station de traitement et des normes nationales existantes en matière de réutilisation des eaux usées urbaines traitées.

Afin d'aboutir à nos objectifs, nous avons fait un suivi de la qualité des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration, en tenant compte du temps de séjour des eaux dans cette station. Cela nous a permis d'apprécier la qualité du traitement obtenu et de déterminer les différentes caractéristiques des effluents après leur traitement. Nous avons ensuite confronté les valeurs des différents paramètres de pollution trouvées dans l'effluent traité aux valeurs indiquées dans l'Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 qui précise les spécifications des eaux usées épurées lorsque l'on souhaite les utiliser à des fins d'irrigation (tableaux 3 et 4 ; chapitre 4).

Notre travail expérimental a été réalisé durant le mois de mars 2020.

Notons, cependant, que les eaux épurées par la station d'épuration de Touggourt sont déjà réutilisées depuis plusieurs années, au sein même de cette station, pour l'arrosage de plusieurs types de cultures (arbres fruitiers et non fruitiers, plantes ornementales, etc.) et pour l'élevage piscicole.

L'objectif initial que nous nous étions fixé au départ était beaucoup plus ambitieux dans la mesure où nous avons souhaité examiner si la qualité physico-chimique et microbiologique de ces eaux réutilisées était bien conforme à la qualité exigée pour l'usage piscicole et pour chaque type de plante irriguée dans la station. Nous avons également prévu d'émettre des propositions qui seraient de nature à contribuer à l'amélioration de cette pratique de réutilisation conçue à petite échelle. La conjoncture sanitaire difficile que nous traversons actuellement nous a malheureusement interdit d'atteindre notre objectif initial.

1. présentation de la région d'étude

1. 1 Localisation géographique

La région de Touggourt se situe dans le Sud -Est de l'Algérie à 160 km d'Ouargla et à 620 km d'Alger (fig.1) Elle est bordée au sud et à l'est par le Grand Erg Oriental, au nord par les palmeraies de Megarine et l'Ouest par des dunes de sable (**DUBOST, 2002**). La région de Touggourt couvre une superficie de 1498,75 km² (**BENABDELKADER, 1991**). Elle se trouve à une altitude de 69 mètres, et ses coordonnées géographiques sont : longitude de 6° 4' Est ; Latitude de 33° 7' Nord (**RAGHDA, 1994**).

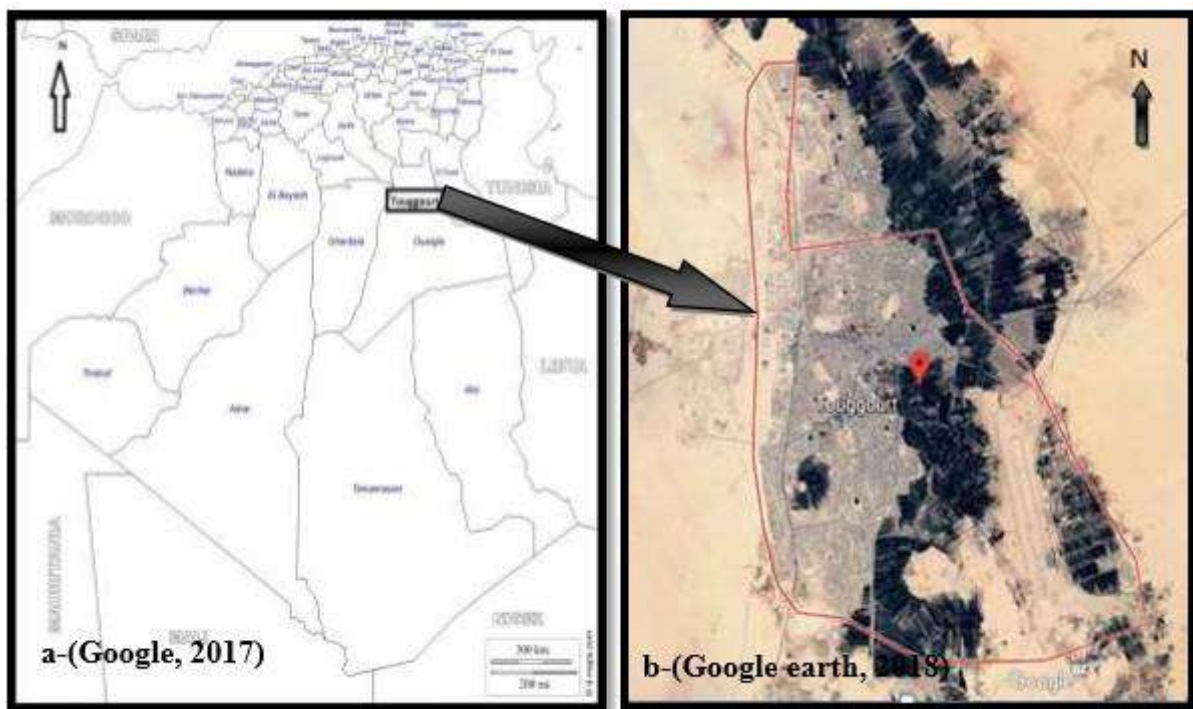


Figure 3 : Situation géographique de la région de Touggourt

Matériel et méthodes

1. 2 Situation administrative de la région de Touggourt

La région de Touggourt, qui appartient à la wilaya d'Ouargla, contient environ 252812 habitants. Elle est divisée en 3 daïras et 5 communes, comme indiqué dans le tableau n°5

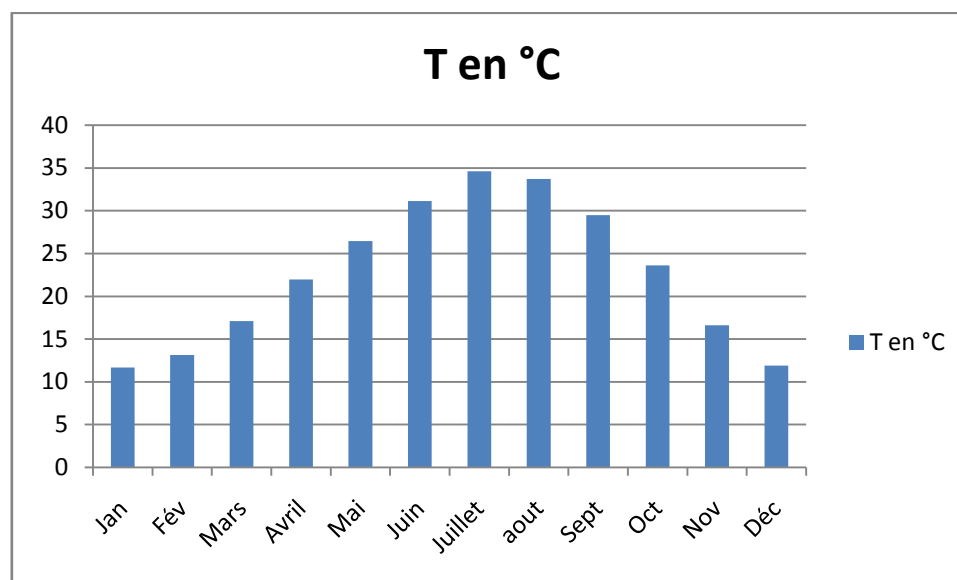
Tableau n°6 : Découpage administratif de la région de Touggourt

Daïra	Commune
Touggourt	Zaouïa Sidi el Abed, El Nezla, Tebesbest
El Mggarine	Sidi Slimane
Temacine	Belidat Amor

1. 3 Climatologie

1. 3. 1 Température

La température moyenne mensuelle la plus élevée est enregistrée au mois de juillet, avec, 34.6°C et la température minimale de l'année, 11.66 °C, est enregistrée pendant le mois de janvier. Les températures de la région de Touggourt sont indiquées dans L'histogramme n° 01.

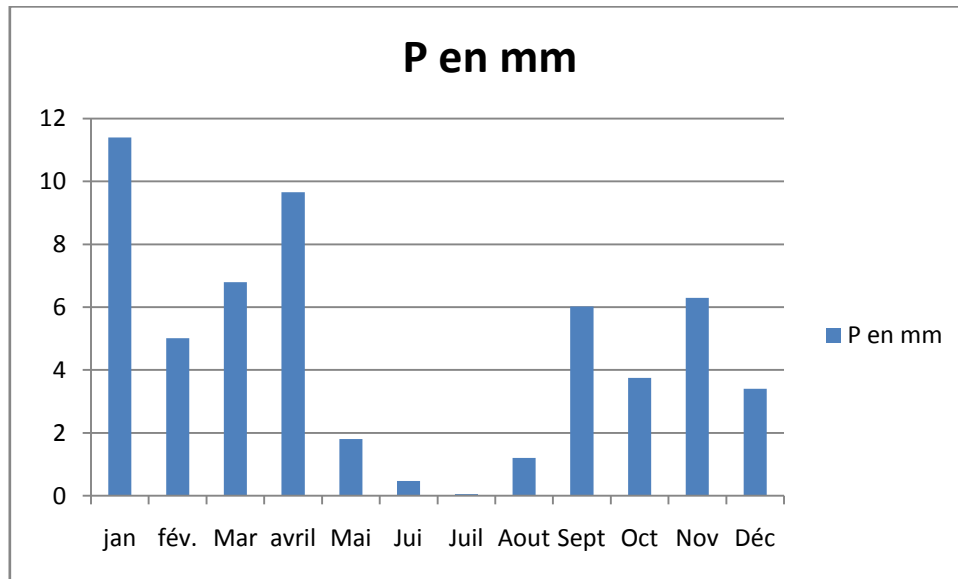


Histogramme n° 01 : Températures moyennes mensuelles (°C) pour la station de Touggourt, période (2008 – 2017)

1. 3. 2 précipitations

Les précipitations sont très rares et irrégulières (irrégularité mensuelle et annuelle), leur répartition est marquée par une sécheresse quasi absolue au mois de juillet et un maximum au mois de janvier, avec 11.4 mm .

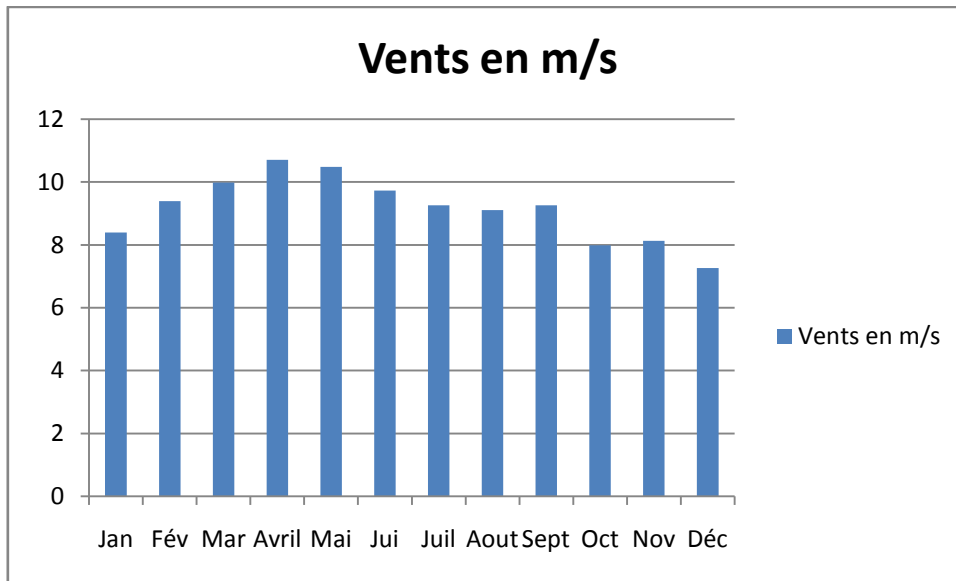
Les précipitations sont indiquées dans L’histogramme n° 02 :



Histogramme n°2: Précipitation moyennes mensuelles (mm) pour la station de Touggourt, période (2008 – 2017).

1. 3. 3 Vent

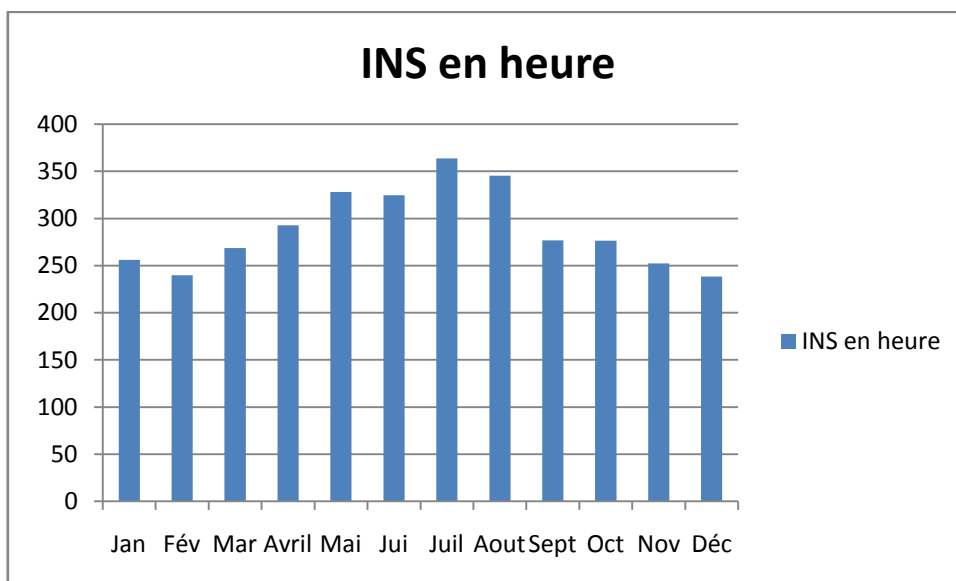
Le vent constitue l’un des facteurs importants du climat (**RAMADE, 1984**). Dans les régions désertiques, dont la zone d’étude en fait partie, le vent peut souffler toute l’année (**OZENDA, 1958**). Le vent à une action indirecte sur les êtres vivants et joue le rôle de facteur de mortalité vis à vis des oiseaux et des insectes (**DAJOZ, 1982**). Dans la région de Touggourt, les vents d’ouest sont relativement fréquents en hiver alors qu’au printemps, ils soufflent surtout du côté nord-est. Par contre, en été ils viennent notamment du sud-ouest (**HAFODA, 2005 ; SOGETHA-SOGREAH, 1970**). Les vitesses mensuelles moyennes du vent dans la région de Touggourt sont indiquées dans l’histogramme n° 03.



Histogramme n°03 : Vitesses mensuelles moyennes du vent pour la station de Touggourt, période (2008 – 2017).

1.3.4 Insolation :

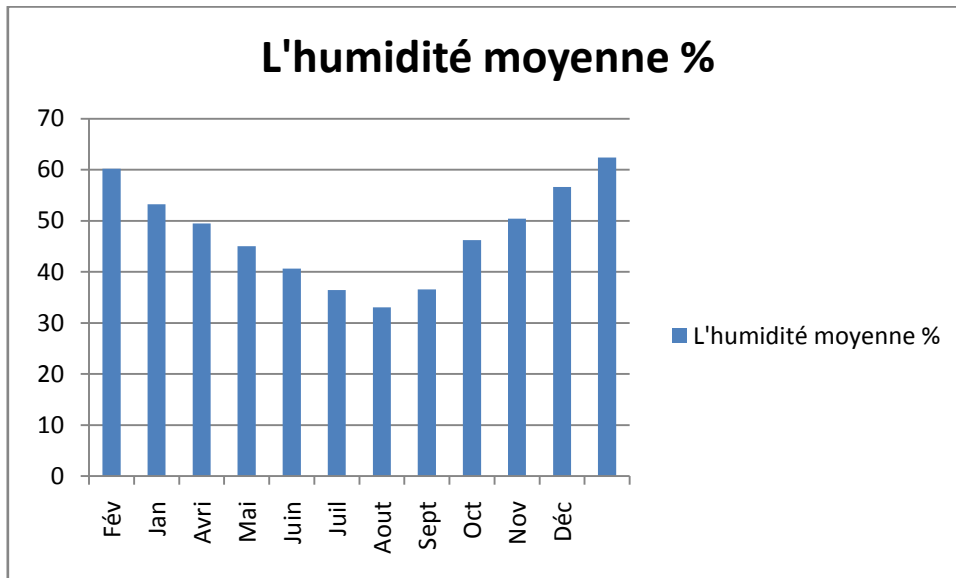
L'insolation est considérable à Touggourt. Il est de l'ordre de 275,8 h/mois, avec un maximum de 354 heures en juillet et un minimum de 238,5 heures en décembre. La durée d'insolation moyenne annuelle est de 275,8 h/mois, soit environ 9,19 h/jour (histogramme n° 04)



Histogramme 04 : Durée d'insolation – données de la station de Touggourt période (2008 – 2017)

1.3.5-Humidité :

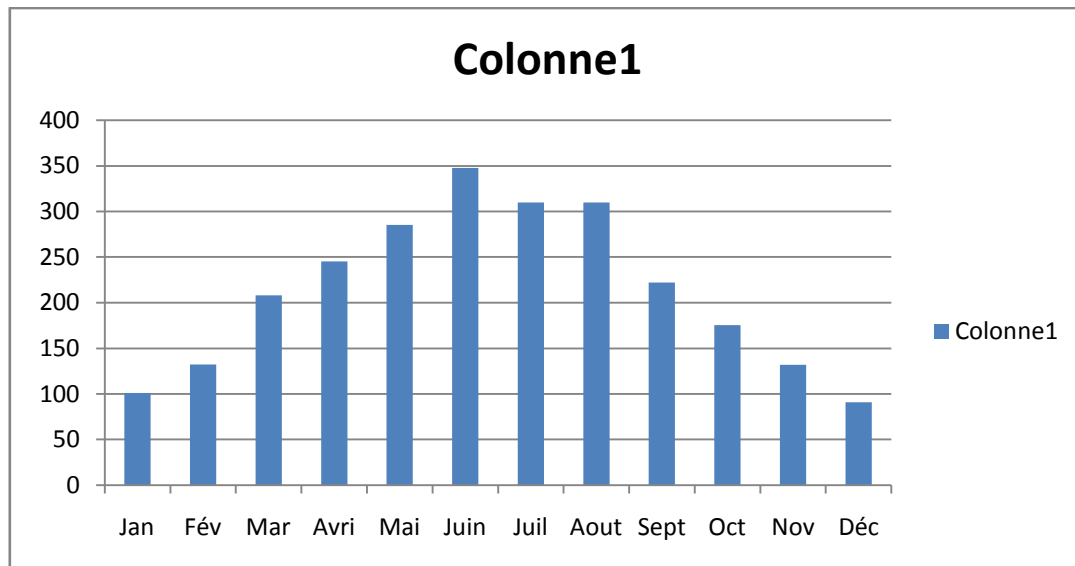
Dans la région de Touggourt, le degré d'hygrométrie est faible le long de l'année. Il est presque constant. Le maximum est observé en décembre avec 62.385% et le minimum en juillet avec 33.056% (Histogramme 05).



Histogramme 05 : Humidité de l'air – données de la station de Touggourt période (2008 – 2017)

1.3.6 Evaporation

C'est un facteur important surtout par rapport aux précipitations, le tableau n° 12 montre le taux d'évaporation très élevé au mois de juillet (347.69 mm), tandis que le mois de décembre présente la plus faible valeur de l'évaporation (90.48 mm).



Histogramme 06 :L'évaporation mensuelle de la station de Touggourt période (2008 – 2017)

1. 3. 7 Synthèses climatiques :

Les différents facteurs climatiques n'agissent pas indépendamment les uns des autres (**DAJOZ, 1985**). Cependant, il est par conséquent important d'étudier l'impact de la combinaison de ces facteurs sur le milieu. Pour caractériser le climat de la région de Touggourt, le diagramme ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN (1953)** et le climagramme pluviothermique d'EMBERGER sont utilisés.

1. 3. 8 Diagramme ombrothermique de **BAGNOULS** et **GAUSSEN** :

Ce diagramme permet de définir les périodes sèches durant les années prises en considération. La sécheresse s'établit lorsque la pluviosité mensuelle exprimée en millimètres est inférieure au double de la température moyenne exprimée en degrés Celsius (**BAGNOULS** et **GAUSSEN, 1953**). Les diagrammes ombrothermique de la région de Touggourt de l'année 2019 ainsi que de la période (2008-2019) ont été établis à partir des données climatiques du tableau 1 et 2. Ces diagrammes ombrothermique montrent l'existence d'une période sèche qui s'étale sur tous les mois de l'année 2019, où elle est entrecoupée par une petite période humide durant le mois de novembre (fig. 2 c) avec 41 mm. Pour la période de 10 ans (2007-2019), on note l'existence d'une période sèche s'étale sur toute l'année, car la courbe des précipitations est inférieure à celle des températures.

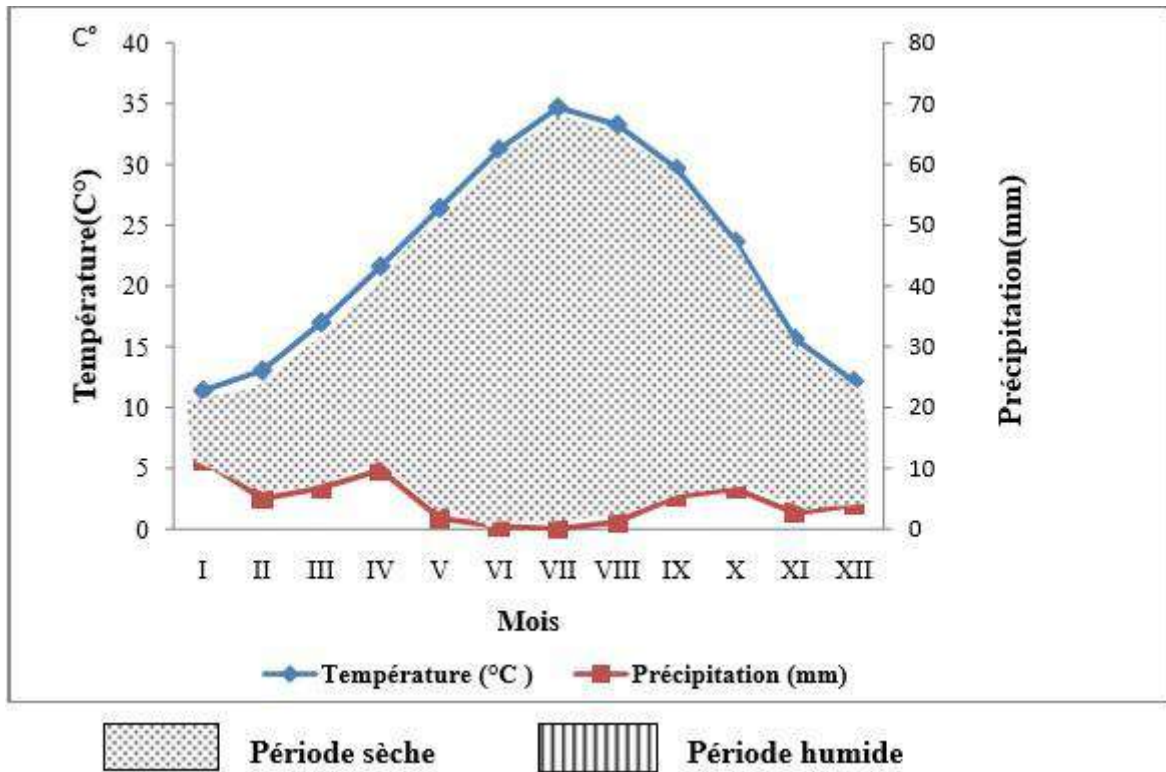


Figure 4: Diagramme ombrothermique de BAGNOULS et GAUSSEN de la région de Touggourt

1. 3.9 Climagramme d’Emberger :

Il permet de situer la région d’étude dans l’étage bioclimatique qui lui correspond (DAJOZ, 1971). Le quotient pluviothermique d’Emberger est déterminé selon la formule suivante de Stewart(1969).

$$Q3 = 3,43 \times P / (M - m)$$

Q3: Quotient pluviothermique;

P: Moyenne des précipitations annuelles exprimées en mm calculé pour les 10 ans (54,83mm) ;

M: Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud (M =42,2 °C.); m: Moyenne des températures minima du mois le plus froid (m = 4,59C.).

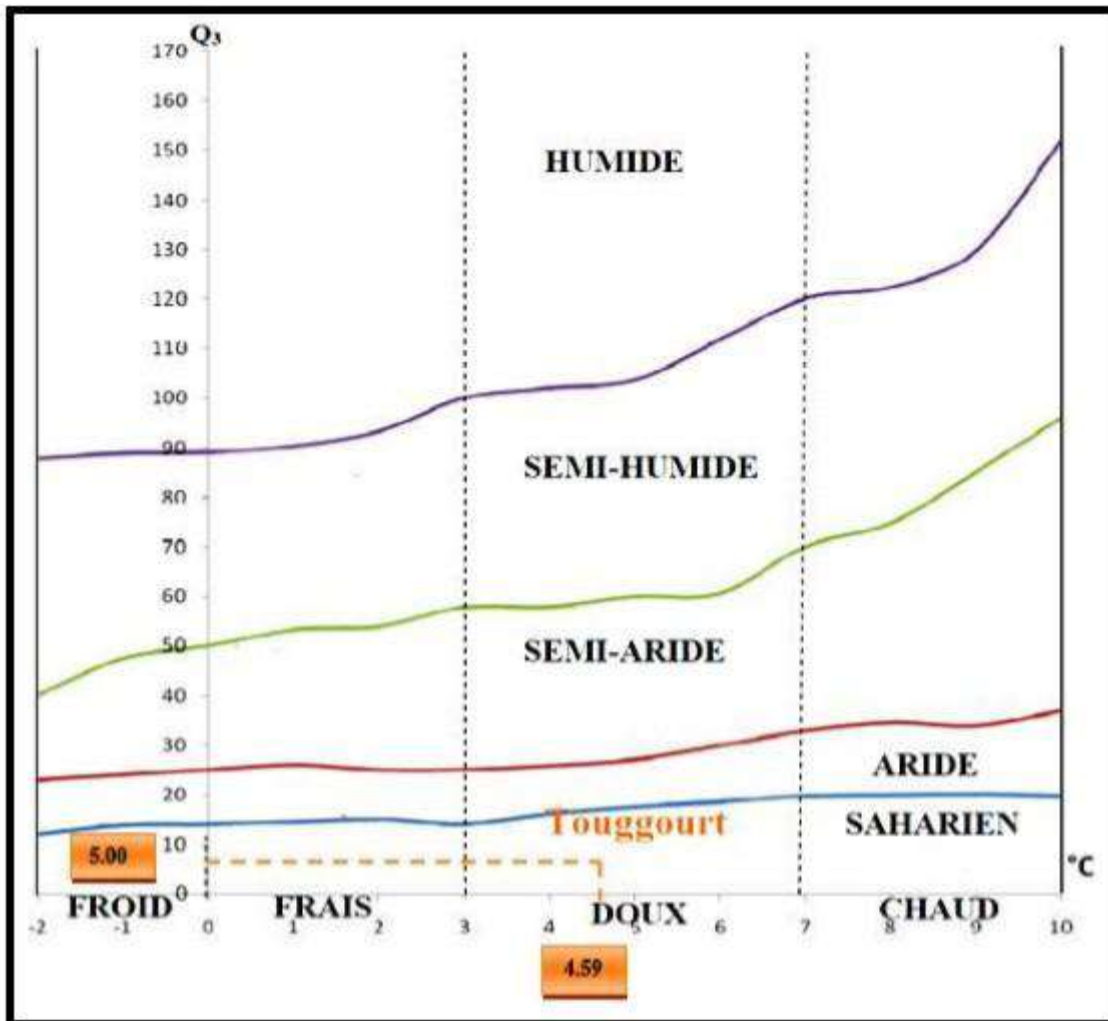


Figure 5 : Position de la région de Touggourt dans le climagramme d'EMBERGER (2008 - 2017).

1. 4 Géomorphologie :

La vallée d'El Oued Righ est un large fossé de direction Sud Nord, prenant son origine au Sud de la palmeraie d'El Goug et débouchant sur le chott Merouane.

La pente générale est de l'ordre de 1%. La dénivellation entre le haut et le bas du paysage est de quelques mètres seulement, les pentes sont faibles et le relief est peu marqué reposant sur les formations mio-pliocènes et éocènes qui s'infiltrent progressivement vers le nord (Helal et al, 2004 in Labeled et Meftah, 2007).

1. 5 Hydrogéologie :

Matériel et méthodes

Les ressources en eau souterraines du Sahara septentrional sont contenues dans deux grands aquifères qui s'étendent au delà des frontières algériennes : le Continental Intercalaire (CI) et le Complexes Terminal (CT) (A.N.R.H, 2006).

Les formations sont constituées par une série de dépôts alternativement marins et continentaux dans un vaste bassin sédimentaire (A.N.R.H, 2006).

Dans la région de Oued Righ, il existe plusieurs niveaux aquifères dont : la nappe phréatique au Nord et le complexe terminale d'âge du sénomo-éocène carbonaté est d'âge de mio-pliocène sablo-argileux, et continental intercalaire d'âge du crétacé inférieur (A.N.R.H 2006 in Lebed et Meftah, 2007).

1. 6 Topographie :

Le lieu de résidence de l'agglomération de Touggourt présente une dépression par rapport à toute la région. Elle est caractérisée par une altitude moyenne de 60 à 80 m, et une déclivité de 0 à 2 %.(S.T.E.P Touggourt, 2008).

2. Présentation du site d'étude : la station d'épuration

2. 1 Historique de la station :

La station d'épuration des eaux usées de Touggourt est située à Ben YassOued, dans APC Tebesbest, sur la route d'El-Oued elle s'étend sur une superficie de 5 Hectares. Elle a été mise en service le 20/11/1991, réhabilitée en 2003 et traite aujourd'hui une partie des rejets des eaux usées déversées par la ville de Touggourt. L'étude a été élaborée par le B.N.E.H (Bureau National Des Etudes Hydrauliques) et par S.E.E de Belgique (Société D'épuration Des Eaux) en 1982.



Figure 6 : Vue satellitaire de la station d'épuration de Touggourt

2. 2 Caractéristiques techniques

- Procédé de traitement : biologique du type boues activées
- Nature des eaux usées brutes : domestique
- Type de réseaux : unitaire
- Capacité de traitement de la station : 62 .500 équivalent habitants
- Débit moyen journalier : 9.360 m³ /j
- Réseau d'assainissement : 296052.28ml
- Taux de branchement au réseau: 98.15%
- Demande Biochimique en oxygène (DBO₅) ; charge journalière à traiter : 3.375kg /j.
- DBO₅ par Eq .hab. : 70g/hab.j

2.3 Etapes du traitement

2.3.1 traitement des eaux

2.3.1.1 Le prétraitement

A. Dégrillage



Photo 14 : Le Dégrillage

B. Dessablage

C. Dégraissage-déshuilage



Photo 15 : Dessaleur-déshuileur

2.3.1.2 Traitement secondaire (traitement biologique)

A- Le bassin d'aération



Photo 16 : Le bassin d'aération

B- Décanteur secondaire



Photo 17 : Décanteur secondaire

C -Bassin de chloration



Photo 18 : Bassin de chloration

2.3.2 Traitement des boues

Après traitement biologique, la boue constitue le résidu principal de la station d'épuration de Touggourt. Elle est tout d'abord dirigée vers l'épaississeur.

➤ Etapes de traitement

A-L'épaississeur (boues en excès):



Photo 19: L'épaississeur

B -lit de séchage



Photo 20: Vue d'un lit de séchage rempli de boue

2. 4 Analyses physico-chimiques des eaux usées

2. 4.1 Echantillonnage

L'objectif de l'échantillonnage est d'obtenir les informations nécessaires en fonction des différentes unités de traitement et pour connaître les spécifications des eaux usées utilisées dans la station où des échantillons sont prélevés à différents endroits. L'échantillon prélevé doit être homogène et représentatif de l'effluent, il convient donc que la qualité prélevée soit proportionnelle au débit d'eau usée. Par ailleurs, l'échantillon prélevé doit être conservé dans de bonnes conditions, à défaut ses caractéristiques subiront une transformation entre le moment du prélèvement et celui de l'analyse, ce qui fausse les résultats d'analyse.

Les échantillons analysés ont été prélevés à l'entrée de la station d'épuration et à et à la sortie de celle-ci au niveau du bassin de chloration.

2. 4.2 Analyses physico-chimiques

L'analyse des échantillons a été effectuée le jour même du prélèvement au niveau du laboratoire de la station d'épuration de Touggourt. Les analyses physico-chimiques suivantes ont été réalisées.

2.4.2.1 Détermination du pH

Le but de cette analyse est la détermination de l'acidité, la neutralité ou la basicité de l'eau. L'appareil utilisé est le pH-mètre. La solution étalon 4 et 7 et 10. On utilise une pissette d'eau déminéralisé.

Procédure : Vérifier le calibrage de l'appareil suivant la procédure ci jointe et puis plonger l'électrode dans la solution a analysé, Lire le pH à température stable, Bien rincer l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans une solution électrolyte.

2.4.2.2 Détermination de l'O₂ dissous

La concentration réelle en oxygène dépend en outre de la température, de la pression de l'air, de la consommation d'oxygène due à des processus microbiologiques de décomposition ou une production d'oxygène, par les algues. Actuellement, la mesure électrochimique est la méthode reconnue par les différentes normes pour déterminer la concentration en oxygène des eaux à l'aide du oxymètre de poche Oxi 340 i. Le matériel utilisé est un oxymètre et une solution alcaline électrolyte pour calibrage, une pissette d'eau déminéralisé.

2.4.2.3 Détermination de la conductivité électrique, de la salinité et la température

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée. Plus une solution contient de sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. L'unité de conductivité est $\mu\text{S}/\text{cm}$, Pour sa mesure, nous avons eu recours à la méthode électrochimique de résistance à l'aide du conductimètre de poche Cond 340 i. L'appareil utilisé est un conductimètre de poche Cond 340 i et une pissette eau déminéralisé. Solution KCl (3 mol/L) pour calibrage.

Procédure : on vérifie le calibrage de l'appareil suivant la procédure, puis on prolonge l'électrode dans la solution a analysé. On peut lire les résultats de l'analyse de la conductivité et la salinité et la température. On rince bien l'électrode après chaque usage et conserve l'électrode toujours dans l'eau déminéralisée.

2. 4.2.4 Détermination de MES dans le milieu

Il s'agit de matières non solubilisées qui comportent des matières organiques et des matières minérales. Il y a les méthodes de mesure.

- ✓ La mesure de substances en suspension par centrifugation.
- ✓ La mesure de substances en suspension dans l'eau s'effectue en utilisant un appareil de séchage (Etuve $105\text{ }^{\circ}\text{C}$), dessiccateur, balance, centrifuge universel, et deux capsules. Nous utilisons la méthode de centrifugation lorsque la quantité de substances en suspension dans l'eau est élevée, selon les étapes suivantes :

On prélève 100 ml d'échantillon (bassin 1) et 100 ml de bassin 2. Puis on divise les échantillons sur les tubes de centrifugeuse puis on remplit 4 tubes de 50 ml (2 tubes de bassin 1 et de tubes de bassin 2), on les met dans la centrifugeuse de vitesse 2000 tour/10 min, pour la séparation entre la boue et l'eau. Nous versons l'eau et ne conservons le précipité, nous pesons la capsule et enregistrons son poids (P°). Puis on verse le précipité dans la capsule et on le met dans l'étuve pour le séchage à $105\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ensuite, nous sortons la capsule et laissons refroidir à l'intérieur du dessiccateur pour absorber l'humidité et diminue sa température.

Puis nous la pesons et enregistrons son poids (P^1).

Nous calculons le résultat en remplaçant les valeurs dans l'équation suivante :

Matériel et méthodes

$C_{Mes} = (P^1 - P^0) * 10$ Où : C_{Mes} : concentration de matières en suspension mg/l.

P^0 : Poids d'une capsule vide en mg.

P^1 : Poids d'une capsule après séchage en mg. Après le calcul de MES on peut encore trouver la valeur des autres paramètres comme MVS et MM et MO en mettant les capsules du MES dans le four pendant 1 heure ce qui brûlent les matières organiques (MO), et reste les matières minérales MM, on met la capsule dans le dessiccateur pour diminuer sa température et après on mesure sa masse.

MVS : Taux de matières en suspension.

MM : Taux de matières minérales.

MO : Taux de matières organiques.

La mesure de substances en suspension par filtration.

2. 4.2.5 Mesure de la demande chimique d'oxygène (DCO)

Le pourcentage d'oxygène consommé par les réactions chimiques dans les eaux usées est mesuré afin de démontrer les matières organiques qui s'y trouvent. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. Pour mesurer la DCO on a deux gammes (gamme d'entrée et gamme de sortie), la gamme d'entrée est comprise entre 100 et 2000 mg/l; la gamme de sortie est comprise entre 15 et 150 mg/l. Le matériel utilisé est : le spectrophotomètre DR 3900, le réacteur HACH, la pipette et le bécher.

Étapes de travail : Nous prenons l'échantillon et le plaçons dans le bécher, puis nous apportons le tube de DCO et nous agitions bien. Puis on ajoute 2 ml d'échantillon dans le tube de réactif DCO. On agite bien le tube et on le laisse pendant 15 minutes sur le porte-tube, puis on laisse le tube fermé dans le réacteur DCO pour qu'il chauffe pendant deux heures à 148 C°. Puis on le laisse refroidir légèrement, et à la fin on mesure directement la concentration de la DCO par spectrophotomètre.

2. 4.2.6 Mesure de la demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/l consommée dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 C° et à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présentes dans l'eau usée. On

Matériel et méthodes

utilise les résultats de DCO pour choisir le volume d'échantillon pour la mesure de DBO_5 comme le montre le tableau13:

Tableau n°13 : Indicateurs de volume d'échantillon obtenu après la D.C.O.

La charge	DCO (mg/l)	Prise Assai (mg)	Facteur
Très faible	0-40	432	1
Faible	0-80	365	2
Moyenne	0-200	250	5
Plus que moyenne	0-400	164	10
Un peu chargée	0-800	97	20
Chargée	0-2000	43.5	50
Très chargée	0-4000	22.7	100

Les outils utilisés pour cette analyse sont : Thermostat pour DBO_5 , DBO Mètre. Deux bouteilles marron foncé, deux ballons à fond plat tailles différentes et un entonnoir. Cuillère et deux aimants. Deux bouchon en caoutchouc perforé, deux bouchons oxitop pour rappeler le résultat DBO_5 inhibiteur et capsule absorbant le CO_2 .

Résultats et discussion

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la station d'épuration sont présentés dans les paragraphes suivants.

1.1 pH

Selon la figure 7, nous observons que le pH des eaux usées passe de 7,72 à l'entrée de la station à 7,71 à la sortie de la station. Les deux valeurs sont proches de la neutralité, ce qui favorise l'action bactérienne (CHEKIREB et KORICHE, 2019).

D'autre part, nous remarquons que la valeur du pH obtenue pour les eaux épurées est conforme à la valeur indiquée dans l'arrêté du 2 janvier 2012 relatif à la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles (6,5 – 8,5).

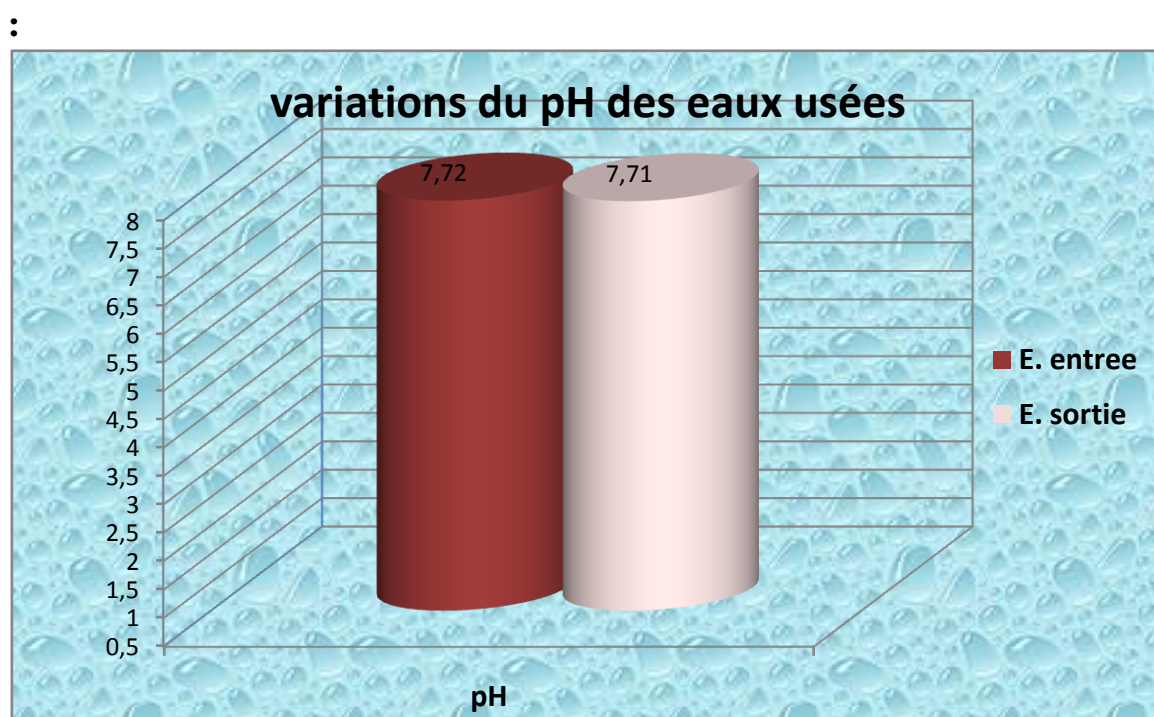


Figure 7: Variations du pH de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration

1.2 Température

La figure 8 montre que la température des eaux usées brutes passe de 25,6°C à 21,3°C après le traitement. Le fait que la température des eaux à l'entrée de la station d'épuration soit supérieure à la valeur de la sortie pourrait être expliqué par la nature du système de transport des eaux usées qui renferme des canalisations où le développement des organismes anaérobies est favorable, et c'est leur activité fermentescible qui est à l'origine du dégagement d'énergie, donc d'élévation de la température.

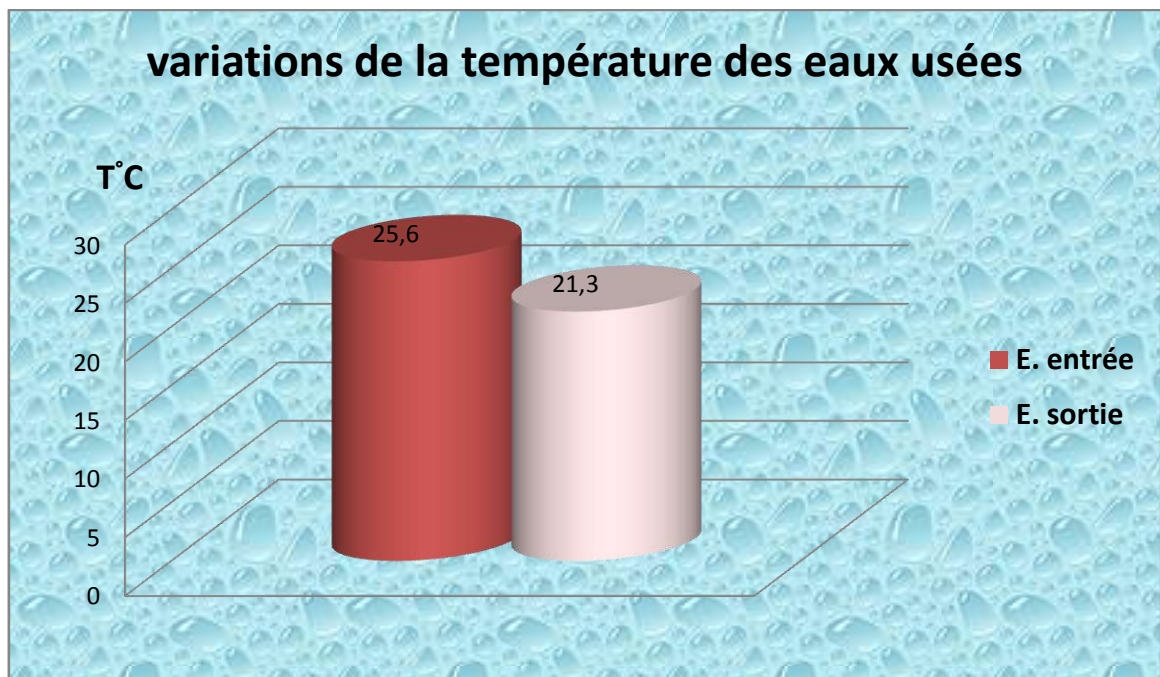


Figure 8 : Variations de la T de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration.

1.3 Conductivité électrique

La conductivité électrique des eaux usées connaît une légère augmentation au cours du processus de traitement. Elle passe en effet de 6,22 dS/m dans les eaux brutes à 6,37 dS/m dans les eaux traitées (figure 9). Cette différence pourrait être due à l'effet de l'évaporation dans les bassins d'épuration ou éventuellement à l'action des sels ajoutés au cours du traitement.

Du point de vue conformité avec l'arrêté du 2 janvier 2012, la valeur de la conductivité électrique que nous avons obtenue est bien supérieure à la limite tolérée par cette norme qui est de 3 dS/m. Elle représente pratiquement le double de la valeur indiquée dans la norme algérienne.

Résultats et discussion

Le problème de la subsistance d'un niveau élevé de salinité dans les eaux épurées est essentiellement dû à la nature déjà très salée des eaux naturelles dans la plupart des oasis du Sahara algérien, en particulier dans les oasis du bas Sahara (IDDER et al. 2011 ; 2013).

Par ailleurs, nous remarquons que la valeur de la conductivité électrique des eaux épurées par le procédé de boues activées à Touggourt est tout de même inférieure à la valeur de la conductivité obtenue dans les eaux épurées par lagunage dans la ville d'Ouargla qui est égale à 16,01024 dS/m (CHEKIREB et KORICHE, 2019).

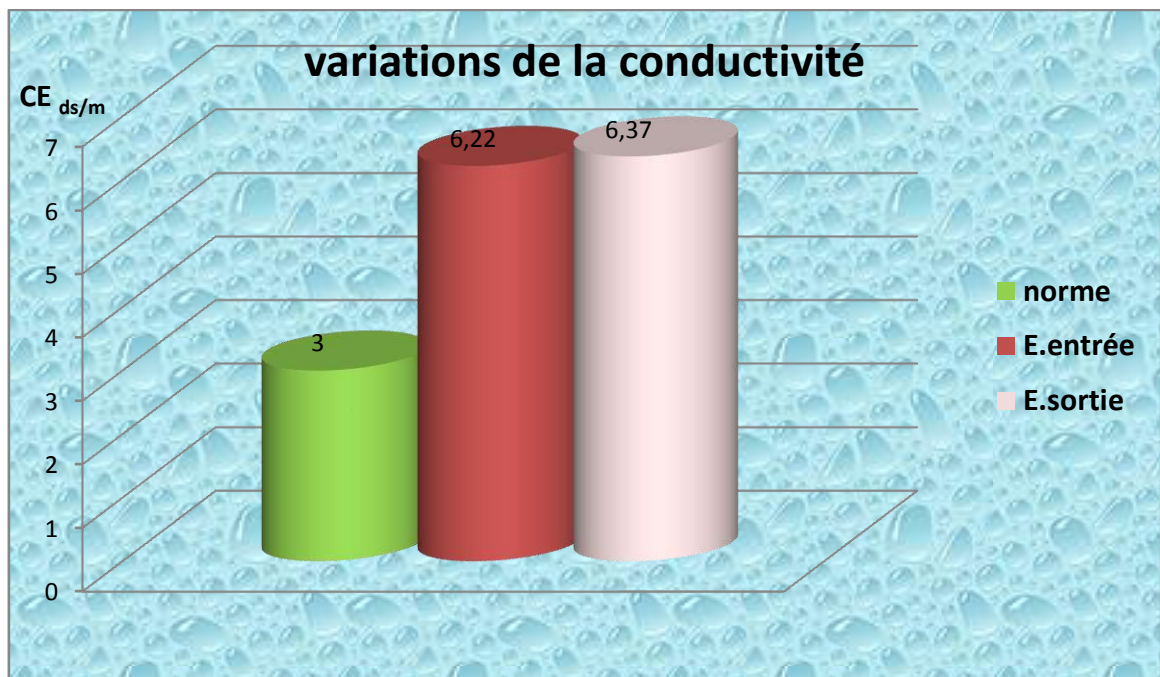


Figure 9 : Variations de la CE de l'eau usée avant et après le traitement

1.4 Oxygène dissous

La présence de l'oxygène dans l'eau est indispensable à la respiration des êtres vivants aérobies aquatiques. L'oxygène de l'eau permet également le processus d'oxydation des matières organiques (autoépuration), mais cette décomposition appauvrit le milieu aquatique en oxygène (Réf. Eél 07).

On observe une grande variation entre les résultats de l'oxygène dissous allant de 0,16 mg/l pour l'eau brute à 4,25 mg/l pour l'eau traitée (figure 10). Cette variation de la concentration en oxygène constitue un élément très positif par rapport à la qualité de l'eau épurée qui s'est enrichi en oxygène (NEGAIS, 2015).

Résultats et discussion

Par ailleurs, la valeur de l'oxygène dissous obtenue dans les eaux épurées par lagunage à Ouargla (CHEKIREB et KORICHE, 2019), égale 1,26 mg/l, est bien supérieure à la valeur que nous avons obtenue dans la station de traitement par boues activée de Touggourt.

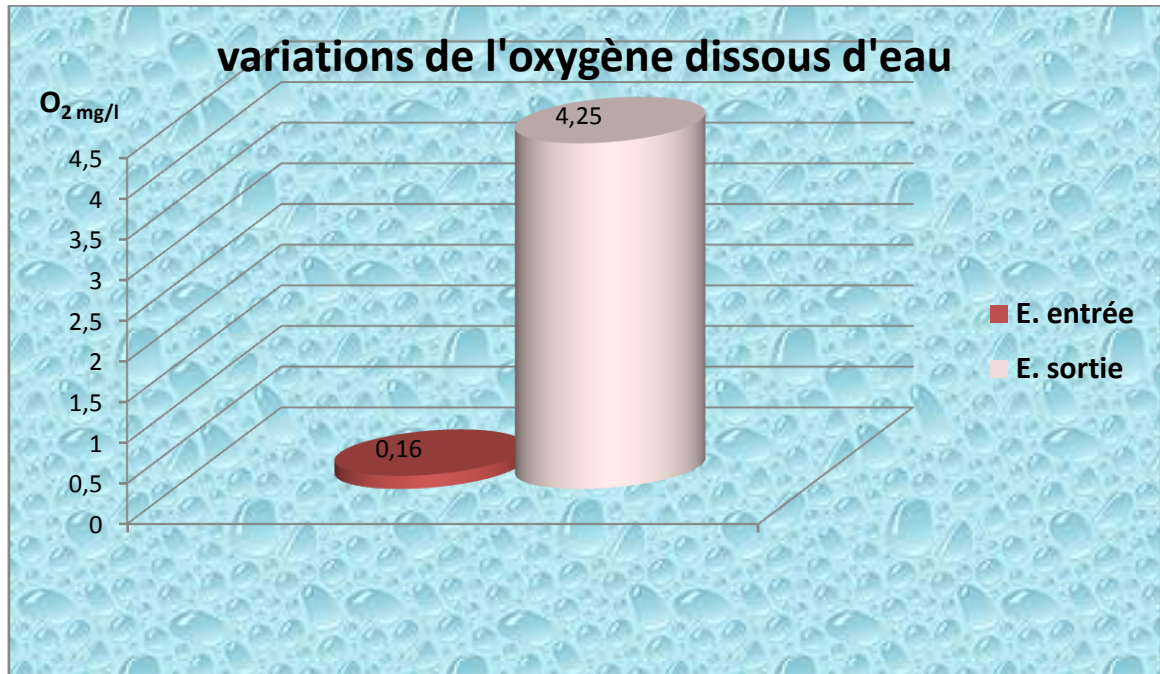


Figure 10 : Variations de l'O₂ dissous de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration.

1.5 DBO

D'après les valeurs de la DBO₅ obtenues, nous remarquons une grande différence entre la valeur enregistrée pour les eaux à l'entrée de la station d'épuration (120 mg/l) et à la sortie (6 mg/l) (figure 11). Cette variation de la valeur de la DBO₅ témoigne de la grande efficacité de la station à éliminer la pollution biodégradable des eaux usées. Cette efficacité est d'ailleurs très visible lorsque l'on compare la valeur de 6 mg/l obtenue à la valeur indiquée dans la norme algérienne de 2012 (30 mg/). Les expériences réalisées dans la station de lagunage d'Ouargla (CHEKIREB et KORICHE, 2019) font état d'une DBO₅ de 40,2 mg/l qui est donc bien supérieure à la valeur que nous avons trouvée pour la station de boues activées de Touggourt.

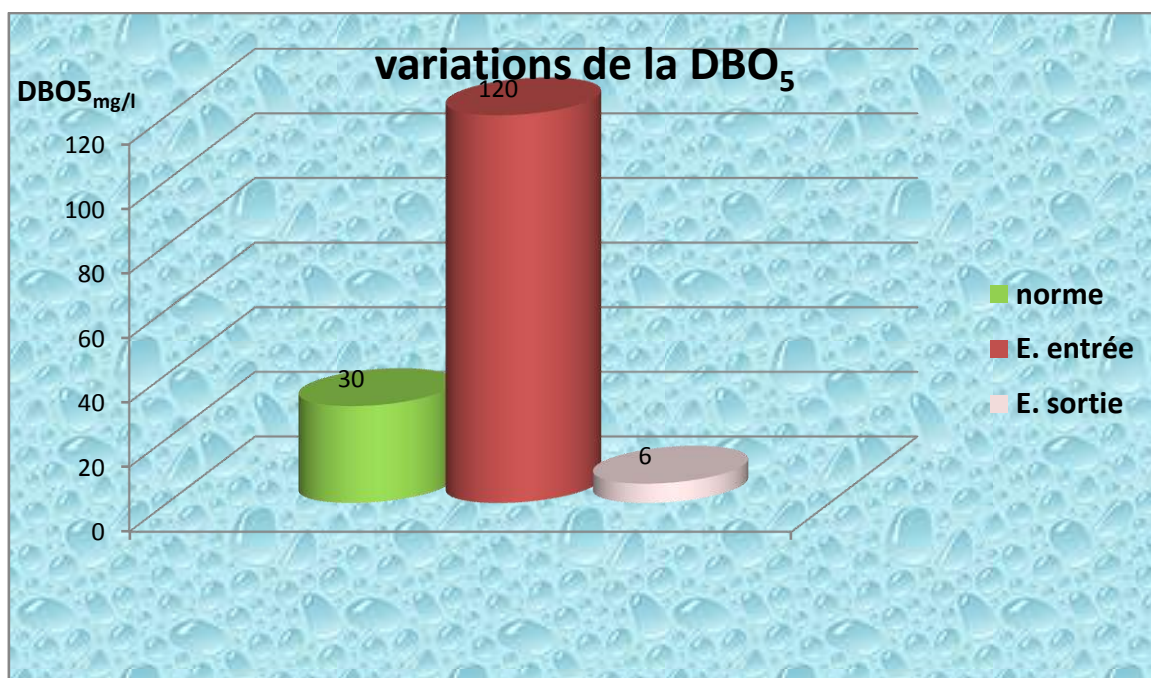


Figure 11 : Variations de la DBO₅ de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration

1.6 DCO

La valeur de la DCO enregistrée pour l'effluent brut est de 320 mg/l et pour l'effluent traité, elle est 45,2 mg/l (figure 12). La valeur de la DCO de l'effluent à l'entrée de la station d'épuration est nettement plus élevée que la valeur à la sortie parce que le taux de l'oxygène dissous à l'entrée est très faible et ne permet donc pas l'oxydation chimique des matières organiques. Au cours du traitement, les eaux s'enrichissent progressivement en oxygène, notamment grâce à l'apport des aérateurs dans les bassins d'activation. Cet enrichissement du milieu en oxygène permet la dégradation chimique de la matière organique.

La valeur obtenue pour la DCO représente pratiquement la moitié de celle indiquée dans la norme algérienne (90 mg/l). Les valeurs obtenues pour la DCO dans les eaux épurées par lagunage à Ouargla sont beaucoup plus importantes. Elles sont de l'ordre de 133 mg/l (CHEKIREB et KORICHE, 2019).

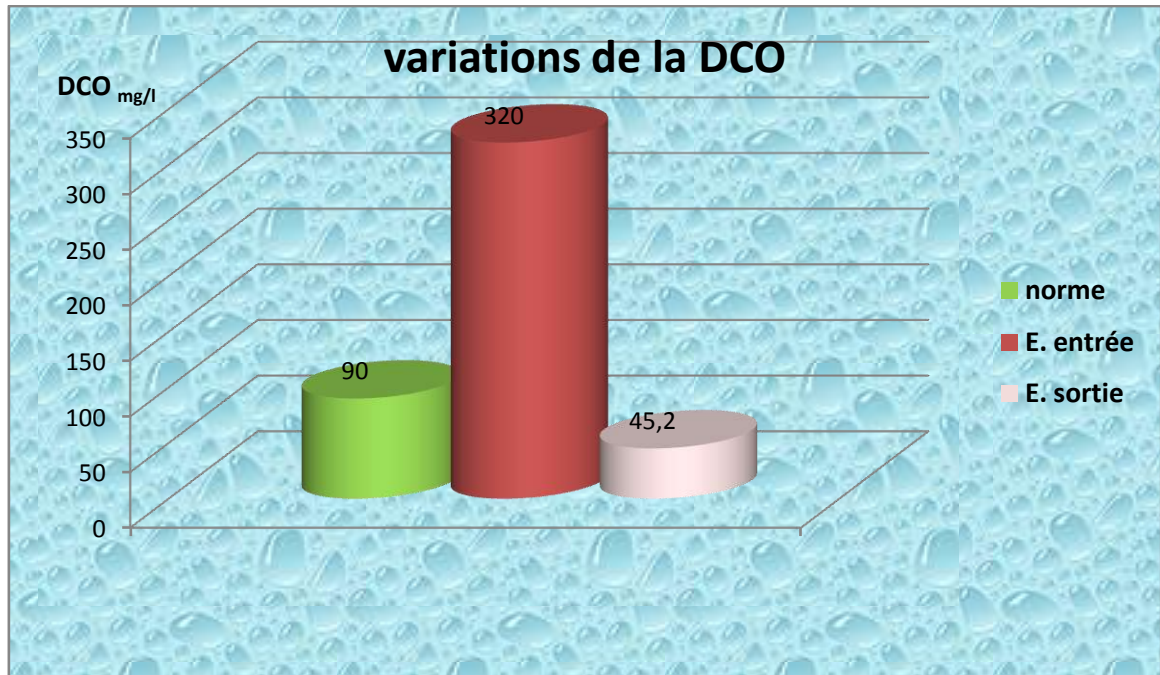


Figure 12 : Variations de la DCO de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration.

1.7 MES

Les résultats des analyses des MES montrent une diminution de la concentration allant de 88,5 mg/l à l'entrée à une valeur de 22 mg/l à la sortie de la station. Cette diminution suit celle de la DBO₅ et de la DCO et témoigne de l'importance de l'abattement de ce paramètre de pollution dans la station d'épuration de Touggourt. La concentration en MES obtenue à la sortie de la station est inférieure à celle trouvée par **CHEKIREB et KORICHE (2019)** pour les eaux épurées par lagunage à Ouargla dont la valeur moyenne était de 62,93 mg/l.

La valeur des MES des eaux épurées que nous avons obtenue est conforme à la norme algérienne de réutilisation agricole des eaux épurées pour l'irrigation (30 mg/l).

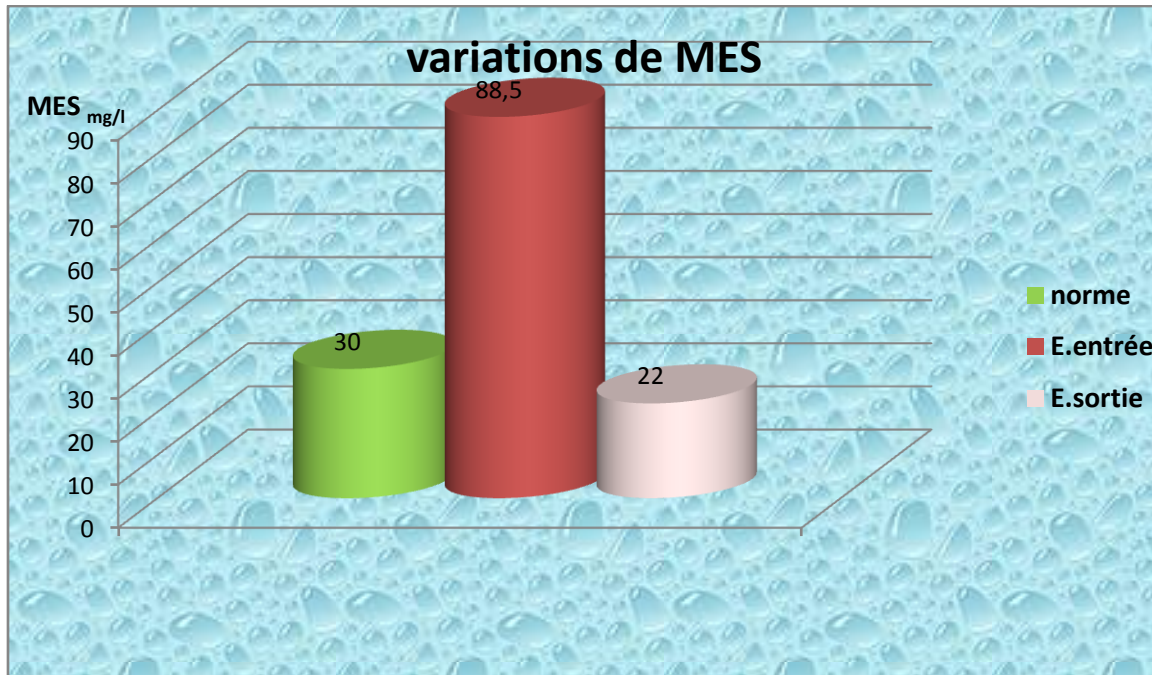


Figure 13: Variations des MES de l'eau usée entre l'entrée et la sortie de la station d'épuration

2. Synthèse des résultats

Nous avons représenté et résumé dans le tableau n°14 les résultats des analyses physico-chimiques des eaux usées de la STEP de Touggourt que nous avons obtenus durant le mois mars 2020 et nous les avons comparés à la norme algérienne en vigueur utilisée pour la réutilisation des eaux usées urbaines à des fins d'irrigation (arrêté du 2 janvier 2012). Ce tableau permet de ressortir les paramètres non conformes à la norme afin d'inciter l'exploitant à trouver des solutions, au cours ou après le traitement, qui pourraient permettre de réduire leurs concentrations dans les effluents à réutiliser.

Résultats et discussion

Tableau n°14 : Synthèse des résultats des analyses physico-chimiques des eaux de la STEP de Touggourt du mois de mars 2020 et leur comparaison avec la norme algériennes de 2012

paramètre	Norme	Eaux de l'entrée		Eaux de sortie	
		Résultats	Résultats	observations	
pH	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$	7,72	7,71	Conforme à la norme	
T (°C)	25	25,6	21,3	-	
CE (dS/m)	3	6,22	6,37	Non conforme. Valeur largement supérieure à la limite admissible	
Oxygène dissous (mg/l)	30	0,16	4,25		
DBO₅ (mg/l)	30	120	6	Largement conforme à la norme	
DCO (mg/l)	90	320	45,2	Largement conforme à la norme	
MES (mg/l)	30	88,5	22	Conforme à la norme	

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Avec quelques années de recul, la récupération et la réutilisation de l'eau usée s'est avérée être une option réaliste pour couvrir, au moins en partie, le déficit en eau et les besoins croissants en cette dernière dans notre pays, tout en se conformant aux règlements relatifs au rejet des eaux usées, en vue de la protection de l'environnement et de la santé publique. En outre, du point de vue environnemental, la récupération et la réutilisation de l'eau usée urbaine traitée pour l'irrigation constituent probablement l'approche d'élimination la plus réaliste et la plus économe, en particulier en Algérie où la plus grande partie du territoire est occupée par les zones aride et semi aride.

Ce travail avait pour objectif la contribution à l'évaluation de la qualité des eaux usées épurées par la station de boues activées de Touggourt dans le but de déterminer leur aptitude à être à être réutilisées dans le domaine agricole. Ces possibilités de valorisation ont été déterminées en s'appuyant sur la réglementation algérienne actuellement en vigueur en matière de réutilisation des effluents urbains épurés.

Les résultats obtenus à l'issue de ce travail préliminaire montrent globalement que les eaux épurées par le procédé de boues activées à Touggourt répondent, sur le plan physico-chimique, assez largement aux normes de qualité exigées en ce qui concerne les principaux paramètres de pollution, notamment en ce qui concerne la DBO₅, la DCO et les MES. Le problème majeur qui se pose actuellement est celui de la salinité des eaux qui présente une valeur bien supérieure à celle tolérée par la norme algérienne. Il donc nécessaire non seulement de réfléchir à des remèdes qui permettraient d'améliorer ce paramètre, dont l'importance est cruciale pour l'irrigation, mais il faudra également accorder une attention particulière aux analyses microbiologiques, souvent occultées, qui constituent pourtant l'aspect le plus délicat à prendre en considération pour une valorisation des eaux usées sans restrictions et sans risques pour l'environnement et la santé de l'homme.

Le travail présenté mérite largement d'être approfondi, en lui consacrant notamment une période d'étude beaucoup plus longue et des investigations sur la qualité des eaux à réutiliser beaucoup plus approfondies qui concerneraient par exemple la recherche des Eléments Trace Métalliques et des indicateurs de pollution microbiologique.

Conclusion

Sur le plan réglementaire enfin, le développement de la recherche sur ce thème devrait se concentrer sur certains aspects législatifs comme :

- ✓ La possibilité de création de nouvelles institutions qui s'occuperaient de la réutilisation des eaux usées traitées.
- ✓ La définition du rôle de l'administration centrale et sa relation avec l'administration locale et avec les différents acteurs concernés par le secteur de la réutilisation des eaux usées.
- ✓ La législation en matière d'agriculture et de santé publique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

Liste des références :

Liste Bibliographie

ATTAB S, (2011), Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration HAOUD BERKAOUI par l'utilisation d'un filtre a sable local.

ATI S, (2009), Etude de l'effet des boues résiduaires sur sol cultivé: Dynamique du phosphore et son utilisation en zone Semi-aride. Thèse, Magister, Batna. P37

ASANO T, (1998), Wastewater Reclamation and Reuse, water Quality Management Library volume 10, Technomic publishing Co., Inc., Lancaster, PA, 1475p.

BAGNOULS et GAUSSEN, (1953): Saison sèche et indice xéothermique. Bull. soc. Hist. nat., Toulouse : 193 - 239.

BENABDELKADER F., 1991: Contribution à l'étude de la fertilisation quatre phosphatée sur le processus de la fixation biologique de l'azote moléculaire par variétés locales de luzerne à la station INRAA de Touggourt. Mémoire d'Ing.agr., ITAS d'Ouargla, 106 p.

BAUMONT S, CAMARD J-P, LEFRANC A, FRANCONI A. (2005), Réutilisation des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Observatoire régional de la santé Île-de-France, Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France, 222p

BASSOMPIERRE Cindy, (2007), procédé à boues activées pour le traitement d'effluents papetiers : de la concentration d'un pilote a la validation de modèles. Thèse Doctorat Institut National Polytechnique De Grenoble, pp 25-42

ADEME, (2003), Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration.

BAUMONT, CAMARD J-P, Lefranc A, FRANCONI A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Rapport ORS, 220p.

BAUMONT, CAMARD J-P, Lefranc A, FRANCONI A, (2004), Réutilisation des eaux usées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut d'aménagement et d'urbanisme de la région Île-de-France.

BELAHMADI M. S. O., (2011), Etude de la biodégradation du 2,4- dichlorophénol par le micro-biote des effluents d'entrée et de sortie de la station d'épuration des eaux usées d'Ibn Ziad. Mémoire magister de l'université Mentouri-Constantine, 83p.

BELAID N, (2010), Evaluation des impacts de l'irrigation par les eaux usées traitées sur les plantes et les sols du périmètre irrigué d'El Hajeb-Sfax : salinisation, accumulation et phytoabsorption des éléments métalliques. Thèse doctorat de l'université de Sfax.

Annex

CARDOT C. (1999)-Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques. Ellipses, Paris : pp 247

CHEKIREB I, KORICHE A, (2019), Contribution à l'étude des paramètres physicochimiques et bactériologique des eaux usées traitées de la STEP Ouargla mémoire de master , université kasdi mebah ouargla.

DAJOZ, (1971) : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 434 p.

DAJOZ, (1982) : Précis d'écologie. Ed. Gauthier-Villars, Paris, 503 p.

DAJOZ, (1985) : Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 505 p.

DERMONT J, 1978. Mémenton technique de l'eau. Tec. et doc. Edition Lavoisier, 8eme édition.230p.

DUBOST D., 2002– Ecologie, Aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Ed. Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides, 423 p.

FABY J.A, BRISSAUD F, (1998), L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation, Etude financée par le F.N.D.A.E., Office international de l'Eau, Université de Montpellier.

FAO, (2003), L'irrigation avec des eaux usées traitées : Manuel d'utilisation, Bureau régional pour le proche-orient et Bureau sous-régional pour l'Afrique du Nord, 73p.

HADJ-SADOK M, (1999)-Modélisation et estimation dans les bioréacteurs ; prise en compte des incertitudes : application au traitement de l'eau. Science de l'ingénieur, Nice-Sophia Antipolis. pp 267.

HAMOUDA M.F, (2004), Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination, volume 165. PP 31-41.

HAFODA, (2005) : Caractérisation et quantification de la salinité du sol et de la nappe dans la vallée de l'Oued Righ. Thèse Magister, Inst. nati. agro., ElHarrach, 78 p.

HANNACHI et al, (2014), Gestion et valorisation des eaux usées en Algérie.

IDDER T., (1998), La dégradation de l'environnement urbain liée aux excédents hydriques au Sahara algérien : Impact des rejets d'origine agricole et urbain et techniques de remédiations proposées, L'exemple de Ouargla. Thèse de doctorat, Université d'Angers (France), 178p. 284p.

IDDER T, LAOUALI MS, YANSAMBOU B, KWA R, ABBA M, YAYE A (2005). Étude préliminaire de l'utilisation des sous produits du lagunage pour l'arrosage au Niger. *La tribune de l'eau*, 2005 ; 58 (635) :3-9.

IDDER T, LAOUALI MS, M SEIDL, IDDER A, MENSOUR M (2011). Etude de deux systèmes de traitement d'eaux usées urbaines par lagunage. Cas de la station pilote de l'Université de Niamey (Niger) et de la station de lagunage aère de l'oasis de Ouargla. 1er

Annex

Séminaire International sur la Ressource en eau au Sahara : Evaluation, Economie et Protection, le 19 et 20 janvier 2011(Ouargla).

IDDER A, CHELOUFI H, IDDER T, MAHMA SA (2012). Action des boues résiduaire de la station d'épuration des eaux usées de Touggourt (Algérie) sur un sol Sableux cultivé. *Algerian journal of arid environment* vol. 2, n°1, Juin 2012:77-81.

IDDER T, IDDER A, CHELOUFI H, BENZIDA A, KHEMIS R, MOGUEDET G (2013). La surexploitation des ressources hydriques au Sahara algérien et ses conséquences sur l'environnement-Un cas typique: l'oasis de Ouargla (Sahara septentrional). *Techniques Sciences Méthodes* (5), 31-39.

LADJEL, F. 2006. Exploitation d'une station d'épuration à boue activée niveau 02.

Centre de formation au métier de l'assainissement. CFMA- Boumerdes. 80p.

LABED, F. et MEFTAHA, S. 2007. Contribution à la caractérisation et l'effet de

l'écosystème sur l'agrosystème dans la Daïra de Touggourt. *Mém. Ing. Eco et Env. Écosystème steppique et saharien.* Uni d'Ouargla.130p.

LADJEL F ABBOU S, (2014), Perspectives de valorisation agricole et énergétique des boues issues des STEP en Algérie, O N A.

MOHMMDE OULI S. 2001. Procédés unitaires biologiques et traitement des eaux, Ed OPU, Alger. 70p.

MOUSSA MOUMOUNI DJERMAKOYE H, (2005), Les eaux résiduaire des tanneries et des teintureries. Caractérisation physico-chimiques, bactériologiques et impact sur les eaux de surfaces et les souterraines. Thèse Doctorat. Université de Bamako, pp 27

MOULIN S, ROZEN-RECHEL S, STANKOVIC M, (2013), Traitement des eaux usées, Atelier de l'eau qualité vs quantité 1^{er} semestre 2012-2013, CERES-ERTI, Paris, 12p.

NEGAIS H (2015), La réutilisation des effluents urbains traités par lagunage dans la cuvette de Ouargla. Etats des lieux, enjeux et perspectives, université kasdi merbah ouargla

OZENDA, (1958) : Flore du Sahara septentrional et central. Ed. Centre nati. rech. sci., Paris, 486 p.

OMS. (1989), L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à visées sanitaires. Genève, Série de rapports techniques n° 778. 81p

RAMADE, (1984) : Eléments d'écologie – Ecologie fondamentale. Ed. Mc GrawHill Inc., Paris, 397 p.

. RAGHDA A., 1994: Contribution à l'étude de la croissance végétative de la fructification et de la relation entre les deux paramètres chez le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*). L) à l'INRAA de Sidi-Mehdi Touggourt. Mémoire d'ing.agr., INESA, Batna, 46 p.

Annex

RNDE., (2003), Réseau National des Données sur l'Eau, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Institut Français de l'Environnement (IFEN), Office International de l'eau (OIE), Agences de l'eau, version 3, 56 p.

Stewart, (1969) : Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique. Quelques réflexions. Bull. Doc. hist. natu. agro., El Harrach : 24-25 pp.

SOGETHA-SOGREAH, (1970) : Participation à la mise en valeur de l'Oued-Righ Rapport : Etude agro-pédologique. Ed. Ministère travaux publics construction, serv. ét. sci., Algérie, 201 p.

TOZE S, (1999)-PCR and the detection of microbial pathogens in water and wastewaters. Wat Res. Vol 33, pp 3545-3456.

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

Liste web graphie

(Rèf. Eléc 01)	<u>http:// www. afcdud. com/</u>	13/03/2020
(Rèf. Eléc 02)	<u>http:// www.esst-inrs.fr/</u>	06/04/2020
(Rèf. Eléc 03)	<u>http:// www.jforum.com/</u>	18/09/2020
(Rèf. Eléc 04)	<u>http:// www.ona.dz/</u>	18/09/2020
(Rèf. Eléc 05)	<u>http:// www.usherbook.ca/</u>	15/08/2020
(Rèf . Eléc 06)	<u>http://www.snez water hand book . fr /</u>	16/07/2020
(Rèf. Eléc 07)	<u>http:// www.cpepesc.org/</u>	20/08/2020



Annex

Annex

Annex 01

Normes bactériologiques appliquées dans certains pays et préconisées par des organisations internationale (LAVISON et MOULIN, 2007 in BELAID, 2010 cité par NEGAIS, 2014)

Pays/Organisation	Recommandations
OMS (niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/ 100 ml 1+1 œuf d'helminthe /l
USEPA	<1 ou 200 coliformes thermotolérants/ 100 ml selon culture
Title 22 (Californie)	2,2 ou 2, 3 coliformes totaux/100 ml (selon culture + filière de traitement agréée)
France (CSHPF, niveau A)	1000 coliformes thermotolérants/ 100ml+1 œuf d'helminthe/l +contrainte techniques particulières
Afrique de Sud	1 ou 1000 coliformes thermotolérants/ 100 ml (selon culture +filière imposés)
Japon	1 E. coli/100 ml + résiduel de chlore total > 0,4 mg/l
Koweït	100 ou 10000 coliformes totaux /100 ml (selon culture + effluent oxyde + filtré et désinfecté)
Israël	2,2 ou 500 coliformes thermotolérants/ 100 ml (selon culture)
Arabie Saoudite	2,2 coliformes totaux /100 ml (culture à accès restreint)
Tunisie	<1 nématode intestinal/l

Annex

Annex 02

Tableau n°2: Limites recommandées en éléments traces (mg/l) dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO, 2003 in BELAID, 2010 cité par NEGAIS, 2014).

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

Annex 03

Tableau 03 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité microbiologique des eaux usées épurées).

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	19
<p>ANNEXE</p> <p>SPECIFICATIONS DES EAUX USEES EPUREES</p> <p>UTILISEES A DES FINS D'IRRIGATION</p>		
1. PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES		
GROUPES DE CULTURES	PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES	
	Coliformes fécaux (CFU/100ml) (moyenne géométrique)	Nématodes intestinaux (œufs/l) (moyenne arithmétique)
Irrigation non restrictive.		
Culture de produits pouvant être consommés crus.	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits.		
Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1).		
Cultures et arbustes fourragers (2).		
Cultures céréalières.		
Cultures industrielles (3).		
Arbres forestiers.		
Plantes florales et ornementales (4).		
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation localisée (5) (6).	pas de norme recommandée	pas de norme recommandée
<p>(1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.</p> <p>(2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.</p> <p>(3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.</p> <p>(4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.</p> <p>(5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.</p> <p>(6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.</p>		

Annex

Tableau 04 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012 (qualité physico-chimique des eaux usées épurées).

20		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012
2. PARAMETRES PHYSICO - CHIMIQUES			
PARAMETRES		UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	—	$6.5 \leq \text{pH} \leq 8.5$
	MES	mg/l	30
	CE	ds/m	3
	Infiltration le SAR = $\alpha - 3$ CE		0.2
	3 - 6		0.3
	6 - 12	ds/m	0.5
	12 - 20		1.3
	20 - 40		3
Chimiques	DBO5	mg/l	30
	DCO	mg/l	90
	CHLORURE (Cl)	meq/l	10
	AZOTE (NO ₃ - N)	mg/l	30
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l	8.5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20.0
	Arsenic	mg/l	2.0
	Béryllium	mg/l	0.5
	Bore	mg/l	2.0
	Cadmium	mg/l	0.05
	Chrome	mg/l	1.0
	Cobalt	mg/l	5.0
	Cuivre	mg/l	5.0
	Cyanures	mg/l	0.5
	Fluor	mg/l	15.0
	Fer	mg/l	20.0
	Phénols	mg/l	0.002
	Plomb	mg/l	10.0
	Lithium	mg/l	2.5
	Manganèse	mg/l	10.0
	Mercur	mg/l	0.01
	Molybdène	mg/l	0.05
	Nickel	mg/l	2.0
	Sélénium	mg/l	0.02
	Vanadium	mg/l	1.0
Zinc	mg/l	10.0	

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

Annex 05

Tableau 05 : Arrêté interministériel du 2 janvier 2012, fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

25 Chaâbane 1433 15 juillet 2012	JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 41	21				
<p>Arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.</p> <p align="center">-----</p> <p>Le ministre des ressources en eau, Le ministre de l'agriculture et du développement rural, Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière,</p> <p>Vu le décret présidentiel n° 10-149 du 14 Joumada Ethania 1431 correspondant au 28 mai 2010 portant nomination des membres du Gouvernement ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 05-464 du 4 Dhou El Kaada 1426 correspondant au 6 décembre 2005 relatif à l'organisation et au fonctionnement de la normalisation ;</p> <p>Vu le décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation ainsi que le cahier des charges-type y afférent ;</p>	<p align="center">Arrêtent :</p> <p>Article 1er. — En application des dispositions de l'article 15 du décret exécutif n° 07-149 du 3 Joumada El Oula 1428 correspondant au 20 mai 2007, susvisé, le présent arrêté a pour objet de fixer la liste des cultures autorisées pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées conformément à l'annexe jointe.</p> <p>Art. 2. — Le présent arrêté sera publié au <i>Journal officiel</i> de la République algérienne démocratique et populaire.</p> <p>Fait à Alger, le 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012.</p> <p align="center"> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES</td> </tr> </table> </p>	Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL	Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA	Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES		
Le ministre des ressources en eau Abdelmalek SELLAL	Le ministre de l'agriculture et du développement rural Rachid BENAÏSSA					
Le ministre de la santé, de la population et de la réforme hospitalière Djamel OULD ABBES						
ANNEXE						
LISTE DES CULTURES POUVANT ETRE IRRIGUEES AVEC DES EAUX USEES EPUREES						
Groupes de cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées	Liste des cultures					
Arbres fruitiers (1)	Dattiers, vigne, pomme, pêche, poire, abricot, nêfle, cerise, prune, nectarine, grenade, figue, rhubarbe, arachides, noix, olive.					
Agrumes	Pamplemousse, citron, orange, mandarine, tangerine, lime, clémentine.					
Cultures fourragères (2)	Bersim, maïs, sorgho fourragers, vesce et luzerne.					
Culture industrielles	Tomate industrielle, haricot à rames, petit pois à rames, betterave sucrière, coton, tabac, lin.					
Cultures céréalières	Blé, orge, triticale et avoine.					
Cultures de production de semences	Pomme de terre, haricot et petit pois.					
Arbustes fourragers	Acacia et atriplex.					
Plantes florales à sécher ou à usage industriel	Rosier, iris, jasmin, marjolaine et romarin.					
<p>(1) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.</p> <p>(2) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.</p>						

annex 06

II -2-6.1. Le prétraitement :

A. Le dégrillage :

Le dégrillage a pour objectif:

- Elimination des déchets volumineux ;
- Protection de la station de traitement (Dermont, 1989).
 - ❖ Largeur du canal : 800 mm
 - ❖ Hauteur d'eau : 400 mm
 - ❖ Surface mouillée : 0.32 m²
 - ❖ Espace entre barreaux : 20 mm
 - ❖ Epaisseur des barreaux : 40 mm
 - ❖ Angle d'inclinaison : 60°

Motoréducteur : FLENDER-HIMMEL MOTOX Type CA 80 / A 9056 –

B- Décanteur secondaire :

L'eau décantée est évacuée par des lames déversantes crantées disposées réglementé sur le pourtour du bassin de décantation. L'eau se déverse dans une goulotte circulaire qui débouche dans un puisard au bassin de chloration

- ❖ Hauteur périphérique: 2.60 m
- ❖ Diam ext.: 24 m
- ❖ Surface unitaire: 452 m²
- ❖ Volume cylindrique : 1.175 m³
- ❖ Temps de passage moyen: 3.5 h

❖ C -Bassin de chloration:

- ❖ Le désinfection dans le bassin de chloration rectangulaire, il est assurée par de l'hypochlorite de sodium "NaOCl". Le passage obligé imposé par la chicane entre l'entrée et la sortie du bassin de chloration garantit le respect de ce temps de contact pour l'intégralité de l'effluent à épurer.

L'eau désinfectée est évacuée à partir d'un puisard une conduite. Elle passe ensuite dans un regard avant d'être rejetée dans l'oued righ.

- ❖ Longueur: 15.7 m
- ❖ Largeur: 6 m

Annex 07

- ❖ Profondeur utile: 2.96 m
- ❖ Profondeur totale: 3.20 m
- ❖ Volume utile: 278.8 m³
- ❖ Temps de séjour pour le débit de pointe: 27 min

II -2-8 Traitement des boues :

Après traitement biologique, la boue constitue le résidu principal de la station d'épuration de Touggourt. Elle est tout d'abord dirigée vers l'épaississeur.

Etapas de traitement

A-L'épaississeur (boues en excès):

Les boues en excès subissent l'épaississement avant d'être séchées. L'épaississement, dont l'objectif premier est d'augmenter la concentration des boues en vue de les rendre plus pelle tables.

- ❖ Débit de pompe : 20 m³/h
- ❖ Hauteur cylindrique : 4.3 m
- ❖ Hauteur d'eau en périphérie : 4 m
- ❖ Diamètre : 8 m
- ❖ Profondeur conique : 0.5 m
- ❖ Surface : 50 m²
- ❖ Volume : 208 m³
- ❖ Temps de stockage : 3.3 jour
- ❖ Vitesse de rotation : 450 T/min
- ❖ Concentration atteinte : 4 à 6 %
- ❖ Volume moyen des boues épaissies: 62.5 m³/j

B-Les lits de séchage:

Après épaississement, les boues sont transférées vers les lits de séchage par une pompe. Les boues exposées à l'air libre subissent une double déshydratation : par percolation interstitielle (drainage) et évaporation. Au bout d'un temps qui peut être plus ou moins long (en fonction de la température et de l'humidité).

- ❖ Longueur: 25 m
- ❖ Largeur: 8 m

Annex

- ❖ Surface unitaire : 200 m²
- ❖ Nombre de lits: 16
- ❖ Hauteur de remplissage: 0.4 m
- ❖ Volume total annuel vers le lit de séchage: 18.250 m³/an