



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbés Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
Département d'Ecologie et Environnement

Réf :.....

Mémoire de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique
Domaine : Science de la Nature et de la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

Caractérisation et aptitude à l'irrigation des
eaux usées de quelques agglomérations de la
willaya de Khenchela

Présenté par : Guessoum Ala Eddine.

Soutenu publiquement le : /06/2018

Devant le jury :

Président : Mme. Mezhoud A (MAA)

Encadreur : Mme. Dib D (MAA)

Examineur : Mme. Bensouici K (MAA)

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Promotion : 2018/2019

Remerciement

Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir accordé volonté et patience dans l'accomplissement de ce travail. Après : Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier : Mme Dib . D, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous diriger, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude. A Mme. Mezhoud. A pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury de notre mémoire

A Mme bensouici.k. Pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.
Merci à tous et à toutes.



Dédicace

Après cette réussite que fait la joie

*A tous qui m'aime. Je dédie ce modeste travail avec vif
plaisir à ceux qui*

*Sont les plus proches à mon cœur, qui mon toujours
aimer et qui ont fait*

Toute leurs force pour que je sois toujours heureux.

*Mes très chers parents. Qui mon se tenus durant toute
ma vie, et Qui m'a éduqué et m'a parrainé sans eux je*

Serai rien.

A mes frères : Amin et Sofiane et Abdeslam

À ma sœur : Iman

À toute ma grande famille

À mes amis : Tous sans exceptions

À mon oncle Abdelmalek

ALA EDDINE

Tableau des figures

Figures	Titres des figures	Les pages
Fig.01	Volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jimenez et Asano, 2007).	17
Fig.02	Aspects de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde (Bixio et al, 2005).	18
Fig.03	Rejets des Eaux Usées épurées (HM3/An) par milieu récepteur (Tecsult, 2007).	23
Fig.04	localisation des trois effluents des eaux usées brutes des communes Chechar et Nsigha et el Hamma (Khenchela).	26
Fig.05	Variations du pH, Conductivité électrique et Oxygène dissous des eaux usées brutes des trois points.	39
Fig.06	Variations de la DBO ₅ , DCO, MES en(a) ; DCO/DBO ₅ en (b) et DBO ₅ /DCO en (c) des effluents des trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	41
Fig.07	Variation spatiale des teneurs en formes d'azote et de phosphore.	43
Fig.08	Variation spatiale des ETM	47
Fig.09	Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	48
Fig.10	Diagramme de Wilcox des eaux usées brutes des trois communes.	50
Fig.11	Diagramme du SAR des eaux usées brutes des trois points	50

Tableau des figures

Figures	Titres des figures	Les pages
Fig.01	Volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jimenez et Asano, 2007).	17
Fig.02	Aspects de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde (Bixio et al, 2005).	18
Fig.03	Rejets des Eaux Usées épurées (HM3/An) par milieu récepteur (Tecsult, 2007).	23
Fig.04	localisation des trois effluents des eaux usées brutes des communes Chechar et Nsigha et el Hamma (Khenchela).	26
Fig.05	Variations du pH, Conductivité électrique et Oxygène dissous des eaux usées brutes des trois points.	39
Fig.06	Variations de la DBO ₅ , DCO, MES en(a) ; DCO/DBO ₅ en (b) et DBO ₅ /DCO en (c) des effluents des trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	41
Fig.07	Variation spatiale des teneurs en formes d'azote et de phosphore.	43
Fig.08	Variation spatiale des ETM	47
Fig.09	Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	48
Fig.10	Diagramme de Wilcox des eaux usées brutes des trois communes.	50
Fig.11	Diagramme du SAR des eaux usées brutes des trois points	50

Tableau des figures

Figures	Titres des figures	Les pages
Fig.01	Volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée (données pour les années 2000-2003, adaptées de Jimenez et Asano, 2007).	17
Fig.02	Aspects de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde (Bixio et al, 2005).	18
Fig.03	Rejets des Eaux Usées épurées (HM3/An) par milieu récepteur (Tecsult, 2007).	23
Fig.04	localisation des trois effluents des eaux usées brutes des communes Chechar et Nsigha et el Hamma (Khenchela).	26
Fig.05	Variations du pH, Conductivité électrique et Oxygène dissous des eaux usées brutes des trois points.	39
Fig.06	Variations de la DBO ₅ , DCO, MES en(a) ; DCO/DBO ₅ en (b) et DBO ₅ /DCO en (c) des effluents des trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	41
Fig.07	Variation spatiale des teneurs en formes d'azote et de phosphore.	43
Fig.08	Variation spatiale des ETM	47
Fig.09	Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.	48
Fig.10	Diagramme de Wilcox des eaux usées brutes des trois communes.	50
Fig.11	Diagramme du SAR des eaux usées brutes des trois points	50

Annexe

ANNEXE 01 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO (AYERS et WESTCOT, 1994).

		Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR)				
SAR = 0-3 et CEi =		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR = 3-6 et CEi =		>1.2	1.3-0.3	<0.3
SAR = 6-12 et CEi =		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR = 12-20 et CEi =		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR = 20-40 et CEi =		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)				
Sodium :				
Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	□
Chlore :				
Irrigation de surface	méq/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	
Bore	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO ₃ -II)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃) (pour aspersion sur frondaison)	méq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Zone normale : 6.5-8.4		

ANNEXE 02 : des valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Température	°C	30
Ph	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993

ANNEXE 03 : Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Problème potentiel en irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à Modéré	Sévère
Salinité Conductivité électrique ou TDS	dS/m	< 0,7 < 450	0,7-3,0 450-2 000	> 3,0 > 2 000
Infiltration SAR=0-3 et CE = 3 - 6 = 6 - 12 = 12 - 20 = 20 - 40	dS/m	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Toxicité spécifique des ions Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Bore (B)	SAR méq/L méq/L méq/L mg/L méq/L	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,7	3-9 > 3 4-10 > 3 0,7-3,0	> 9 > 10 >3,0
Effets divers Azote (NO ₃ -N) Bicarbonate (HCO ₃)	mg/L méq/L	< 5 < 1,5	5-30 1,5-8,5	> 30 > 8,5
pH	Gamme normale 6,5 - 8,4			

- (a) Sur moyenne de 24 heures.
(b) Sauf dérogation particulière.

ANNEXE 04 : des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

Paramètres	Normes
pH	6.5 à 8.5
Conductivité électrique (ms/cm)	<3*
MES (mg/l)	<70*
DCO (mg/l)	<40*
DBO ₅	<30*
NO ₃ ⁻ (mg/l)	<50*
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<1*
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	< 0.94*
HCO ₃ (mg/l)	500**
SO ₄ ²⁺ (mg/l)	400**
CL" (mg/l)	1065**
Ca ²⁺ (mg/l)	400**
Na ⁺ (mg/l)	920**
Mg ²⁺ (mg/l)	60.75**
Cd ²⁺ (mg/l)	0.01*
Pb ²⁺ (mg/l)	0.05*
Zn ²⁺ (mg/l)	2*
Cr ⁶⁺	0.1*
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<2*

Source : *OMS (1989), ** FAO (2003)

ANNEXE 05 : les normes de rejets des effluents liquides selon l'OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6,5-8,5
DBO₅	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH₄⁺	< 0,5 mg/l
NO₂	1 mg/l
NO₃	< 1 mg/l
P₂O₅	< 2 mg/l
Température	< 30°C

ANNEXE 06 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Paramètre	Long terme ^a (mg/l)	Court terme ^b (mg/L)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.005	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

a : pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols. b : pour l'eau utilisé pendant une période de 20ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcali.

ANNEXE 07 : Classification des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité (d'après Richards, 1969)

CE de l'eau ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Classe de qualité de l'eau	Risque encourus par les plantes
0-250	I : excellente	Très faible
250-750	II : faible salinité	Moyen
750-2250	III : forte salinité	Elevé
2250-5000	IV : très forte salinité	Très élevé

ANNEXE08 : les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	30
DCO	mg/l	120
MES	mg/l	35
Azote total	mg/l	30
Phosphor total	mg/l	10
Furfural	mg/l	50
Hydrocarbures	mg/l	10
Plomb	mg/l	0.5
Fer	mg/l	3
Mercure	mg/l	0.01
Cuivre	mg/l	0.5
Plomb	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3

ANNEXE09 : Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usés autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station dépuraton

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0.1
Arsenic	0.1
Béryllium	0.05
Cadmium	0.1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexa valent	0.1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0.1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0.1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0.01
Nickel	2
Nitrites	0.1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0.5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2
Température	inférieure ou égale 30 °C
PH	compris entre 5,5 et 8,5

*JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE 2009

ANNEXE 10 : Résultats d'analyse physico-chimique

Paramètres	Normes	Résultats d'analyse des 03 prélèvements		
		Chechar	Nsigha	El Hamma
pH	NFT90-008 Février 01	7.997	7.811	7.940
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	NF EN 27888	1377	986	1759
Température en $^{\circ}\text{C}$	-	20.4	20.1	20.3
Oxygène dissous en mg/l d'O ₂	ISO 5813 : 1983	1.16	1.05	1.21
Demande biochimique en oxygène en mg/l d'O ₂	NF EN 1899-1 Mai 98	345	288	382
Demande chimique en oxygène en mg/l d'O ₂	NF T90-101 Février 01	668	571	673
Matières en suspension (M.E.S) en mg/l	NF EN 872 Juin 05	450.6	333.8	401.7
Nitrates N-NO ₃ ⁻ en mg/l	ISO7890-3:Décembre88	11.18	13.30	9.26
Nitrites N-NO ₂ ⁻ en mg/l	ISO 6777 : Août 84	0.954	0.744	0.991
Azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺ en mg/l	NF T90-015-2Janvier 00	33.16	29.71	38.27
Phosphore total P.T en mg/l	NF EN ISO 6878 Avril 05	16.36	14.33	19.91
Calcium en mg/l	Complexometrie	109.66	98.33	118.65
Magnésium en mg/l	Complexometrie	13.68	11.00	16.77
Sodium en mg/l	Photomètre a flamme	77.1	68.9	80.2
Potassium en mg/l	Photomètre a flamme	6.9	5.8	7.6
Sulfates en mg/l	turbidimétrie	256.15	198.64	261.76
Chlorures en mg/l	Charpentier vaulart	168.99	104.87	177.90
Bicarbonates en mg/l	Dosage acidimétrique	304.63	206.67	353.76
Zn en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	120	117	109
Pb en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	96	78	83
Cd en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	7	6	7
Cr total en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	88	74	91
Cu en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	81	77	87
Ni en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	46	38	41

ANNEXE

**CHAPITRE I : GENERALITES
SUR LES EAUX USEES**

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Les caractéristiques globales des eaux usées brutes

I.1. Les caractéristiques organoleptiques

I.1.1. Couleur

La couleur des eaux usées brutes des trois communes Nsigha et el Hamma et Chechar montre qu'elles sont moins claires et plus turbides ce qui montre que La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. **(Rodier et al, 2005).**

I.1.2. L'odeur

L'odeur des échantillons des eaux des trois prélèvements des communes Nsigha, El Hamma et Chechar est mauvaise. Elle est due à l'existence soit des produits chimiques ou des matières organique en décomposition, ou des bactéries clostridium qui dégagent le H₂S. **(Rodier 1996).**

I.2. Les caractéristiques physico-chimiques

I.2.1. La Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraine d'importantes répercutions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans L'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et Biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et Particulièrement les Microorganismes **(Makhoukh, Sbaa, Berrahou et Van, 2011).** Les valeurs de la température des rejets des trois communes respectent les normes préconisés pour les rejets directes et indirectes (<30°C). **(Normes OMS et JORAD, Annexe 05 et Annexe 07).**

I.2.2. Le pH

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de multiples facteurs, dont l'origine de l'eau, les apports agricoles, les rejets des agglomérations et des industries. La Figure 13 montre que le pH des eaux usées brute prélevées est relativement neutre. Les valeurs 7,9 ; 7,8 et 7,9 ont été enregistrées pour les rejets des villes de Chechar, Nsigha et El

Hamma respectivement. Ces valeurs sont conformes avec les normes de rejet Algériennes ($6,5 < \text{pH} < 8,5$). (**Annexe 02 et Annexe 03**).

I.2.3. La Conductivité électrique

Les valeurs observées de la conductivité électrique (**Fig.05**), des différents sites de prélèvement varient entre $986 \mu\text{S}/\text{cm}$ au sein de site de Nsigha, $1759 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour la ville d'El Hamma et $1377 \mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au niveau du site de Chechar. Ces valeurs sont situées dans la plage des valeurs limites recommandées par **Ayers et Westcot (1997) et la FAO (2003)**.

La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. En générale, jusqu'à $750 \mu\text{S}/\text{cm}$, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. Au-delà $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation. Les eaux dont la CE 25°C dépassent $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ sont inutilisable pour l'irrigation, (**Rodier et al, 2005**).

D'après la classification des eaux d'irrigation rapportée par Richards (1969), les effluents des sites des communes Chechar, Nsigha et el Hamma appartiennent aux classes III et IV. Cette classe se caractérise par une très forte salinité et un risque élevé, en cas d'exploitation en agriculture, exploitation qui reste toujours possible sous certaines conditions. (**Annexe 07**).

I.2.4. Oxygène dissous

La présence de l'oxygène dissous dans l'eau usée est déterminée principalement par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air - eau. A partir de **la figure 05**, les valeurs de l'oxygène dissous montrent que la valeur minimale a été enregistrée pour l'échantillon de la commune d'Ensigha à $1.05 \text{ mg}/\text{l}$ suivie par $1.16 \text{ mg}/\text{l}$ pour la commune d'El Hamma Jusqu'à la valeur maximale ($1.21 \text{ mg}/\text{l}$) pour la commune de Chechar.

Ces résultats expriment une forte pollution organique des eaux usées prélevées. L'augmentation de l'oxygénation de l'eau usée se produit progressivement, essentiellement par les échanges avec l'air au contact de l'eau.

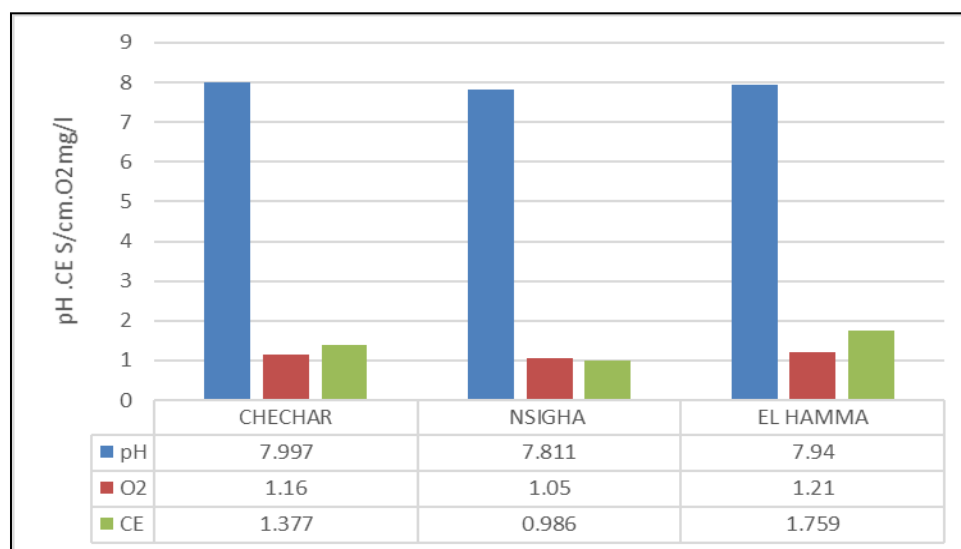


Figure 05 : Variations du pH, Conductivité électrique et Oxygène dissous des eaux usées brutes des trois points.

I.3. Biodégradabilité et origine des eaux prélevées

La figure 06 montre que les valeurs de DBO₅ et DCO enregistrées oscillent entre 288 - 382 mg/l et 571-673 mg/l respectivement.

D'après ces résultats on peut constater que ces effluents proviennent des usages domestiques de l'eau. Elles se caractérisent par leur richesse en matière organique.

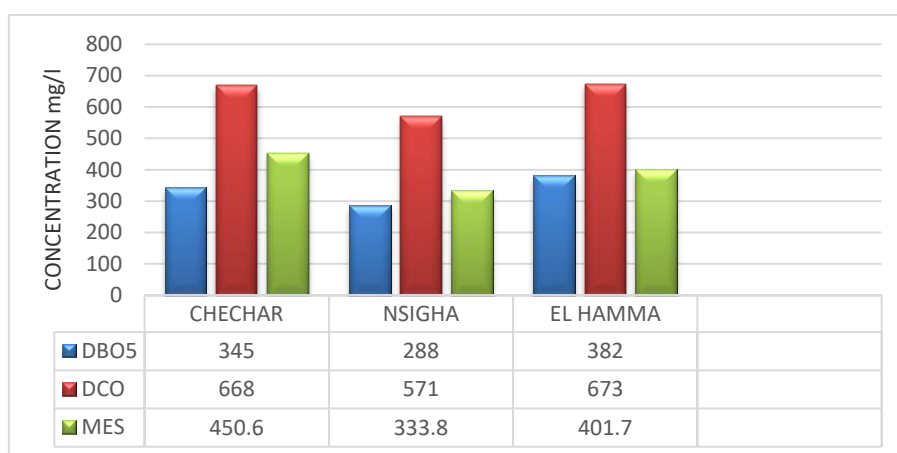
En général, ces valeurs sont très élevées et non compatibles avec les limites de rejet dans un milieu récepteur. (**Journal Officiel de la République Algérienne, 2006**).

Le rapport entre DBO₅ et DCO constitue une mesure indicative de la « Dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau. Si le rapport DCO / DBO₅ est inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement Biodégradable, un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution. Le rapport DCO/DBO₅ des échantillons des trois sites des communes de Chechar et Nsigha et el Hamma compris entre 1,65 et 1,98 ce qui est inférieur à 3 ce qui permet de dire que l'effluent est facilement biodégradable. Ce rapport renseigne également sur l'origine domestique de l'effluent rapport compris entre 1,65 et 2 (**Fig.06.b**). Le rapport inverse (DBO₅/DCO) est utilisé **pour** caractériser une pollution industrielle, ce qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Pour le cas de notre étude, ce rapport est relativement élevé de l'ordre de 0,5 à 0,56. C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique.

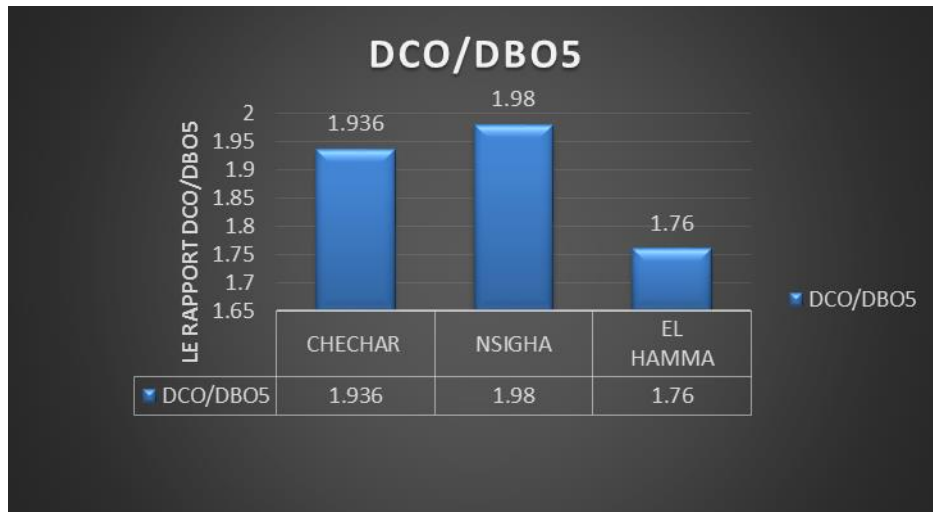
Cette charge organique rend ces eaux usées assez instables, c'est à dire qu'elles évolueront vite vers des formes assimilées «avec le risque de dégagement d'odeurs. En effet, les eaux usées de ces collecteurs sont à dominante organique. **La figure 06.c** montre que les valeurs de rapport DBO5/DCO inférieur à 0,83 ce qui indique que les effluents des eaux usées brute des trois communes est d'origine domestiques chargées en matières organiques.

I.4. Les Matières en suspension

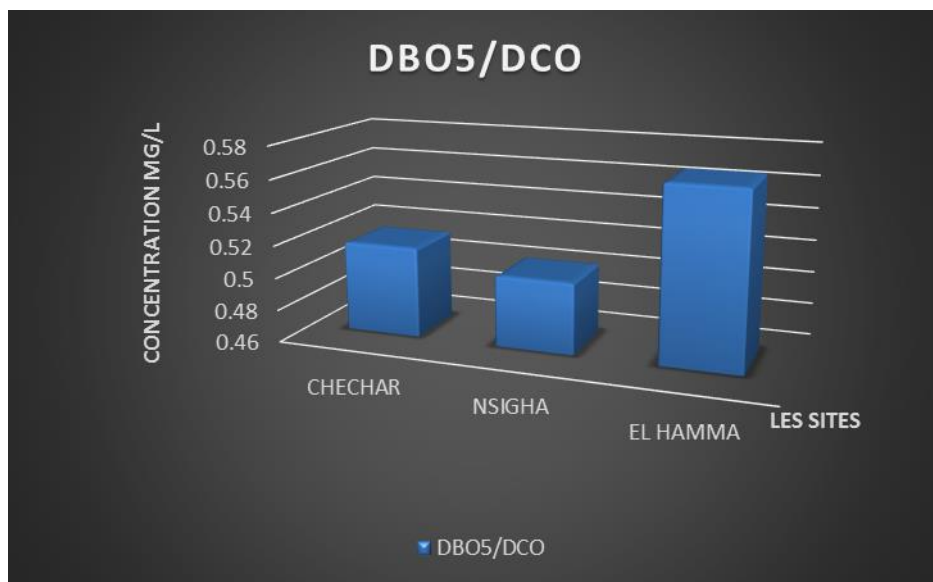
Les valeurs de MES varient entre 333.8 et 450.6 mg/l. Ces matières interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. D'après les résultats de (**Fig. 06**), on remarque L'existence des matières en suspension dans les effluents des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar et Nsigha et el Hamma en quantité dépassant largement la norme de 30.0 mg/l, recommandée par le JORADP (1993) et l'OMS (1989) pour les eaux de surface, n'entrave pas leur utilisation dans l'irrigation des cultures. Selon Ayers et Westcot (1997), la valeur maximale permmissible peut atteindre 2000 mg/l. L'utilisation des eaux avec une telle charge, doit être faite avec précaution pour éviter le colmatage de la porosité du sol aux conséquences néfastes sur la perméabilité (**Landreau, 1987 ; Ratel et al. 1986 ; Ayers et Westcot, 1997 ; Faby, 2003 ; FAO, 2003**).



(a)



(b)



(c)

Figure 06 : Variations de la DBO₅, DCO, MES en(a) ; DCO/DBO₅ en (b) et DBO₅/DCO en (c) des effluents des trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

I.5. L'azote

L'azote des eaux usées se trouve sous formes organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante tandis que les formes organiques doivent être minéralisées par les microorganismes. Il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

-azote ammoniacal ou $N-NH_4^+$,

-azote nitreux ou $N-NO_2^-$,

-azote nitrique ou $N-NO_3^-$,

L'azote global(ou total) est alors défini par :

$NGL = N_{totale} = N_{organique} + N_{minéral} = N_{organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$
(Rodier ,2009).

I.5.1. L'Azote ammoniacal

La figure 07 montre qu'au niveau de site de la commune de el Hamma la teneur de l'azote ammoniacal est la plus élevée (38.27 mg/l) suivie par 33,16 mg/l pour l'effluent de la commune de Chechar et baisse jusqu'à une valeur minimale de 29.71 mg/l pour la commune de Nsigha. . Les teneurs en ammonium sont fortement élevées, elles représentent ainsi un indice de pollution fort (Dussart, 1992 ; Peirce, 1997).

Les teneurs en ammonium dépassent les normes de l'OMS (<2 mg/l), cela peut être expliqué par une décomposition aérobie de la matière organique par des bactéries et oxydation de l'azote .Nisbet et Vernaux (1970) rapportent que l'azote ammoniacal existe dans les eaux riches en matière organique en décomposition lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa minéralisation.

I.5.2. Nitrate

La figure 07 montre que la valeur maximale a été enregistrée au niveau de l'effluent de la commune d'Ensigha (13.3 mg/l). Ces teneurs peuvent provenir des effluents riches en nitrates et en éléments fertilisants issues d'épandage agricole. La comparaison des concentrations moyenne en nitrate dans les eaux usées brutes avec la norme de la qualité des eaux destinée à

l'irrigation montre que ces concentrations sont inférieures à 30 mg/l et respectent les normes décrites par JORADP et FAO. (Annexe 01, Annexe 03)

I.5.3. Nitrite

Les concentrations des nitrites au niveau des sites étudiés des trois communes oscillent entre 0.74 et 0.95 mg/l. Ces faibles teneurs en nitrites pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium.

Les teneurs des nitrites dans les trois points étudiés des communes Chechar et Nsigha et el Hamma n'ont pas dépassé les normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation fixées à 1mg/l par l'OMS. (Annexe04).

I.6. Phosphore total

Le phosphore est un élément essentiel à la vie aquatique et les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans les eaux témoignant d'enrichissement d'origine domestique et agricole ou de l'activité industrielle. L'excès en phosphate entraîne l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. **La figure 07** montre que la concentration du phosphore atteint sa valeur maximale au niveau de site de la commune d'El Hamma à 19,91 mg/l suivie par la valeur de 16,36 mg/l enregistrée pour le site de la commune de Chechar jusqu'à la valeur minimale de 14,33 mg/l. En général, les teneurs en phosphore des trois effluents dépassent le seuil de 0.94 mg/l préconisé selon les normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

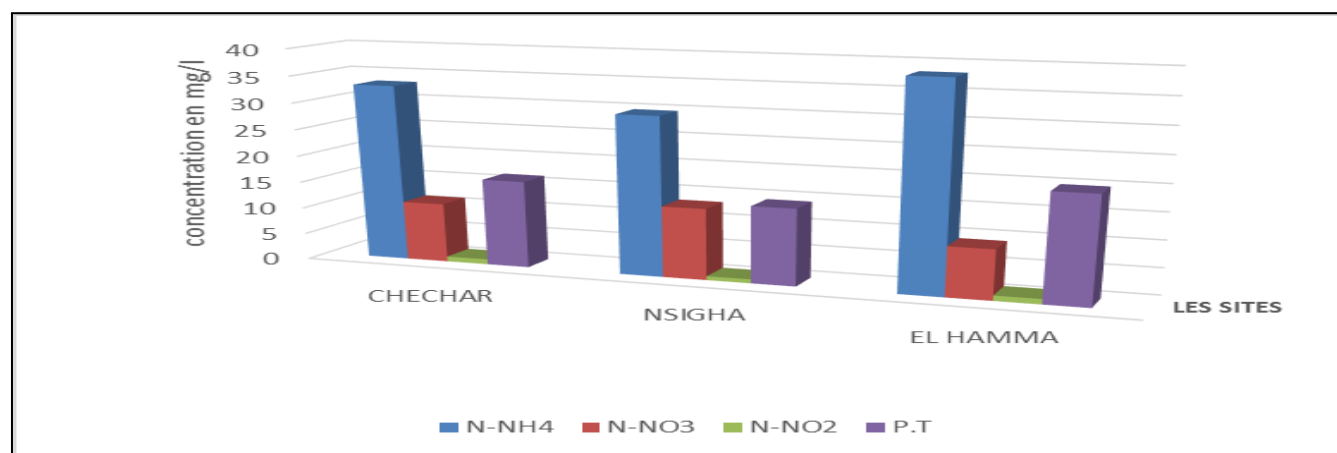


Figure 07 : Variation spatiale des teneurs en formes d'azote et de phosphore.

I.7. Eléments traces métalliques

I.7.1. Le Zinc :

Est un élément chimique de symbole Zn et numéro 30 et le Zn est un métal moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autres non métaux, et qui réagit avec les acides dilués en dégageant hydrogène (**Mahan 1987**).

La figure(08) montre que les concentrations de Zn de valeur maximale 120 mg/l au niveau de site de la commune de Chechar puis vient la valeur 117 mg/l au niveau de site de la commune de Nsigha et valeur minimale 109 mg/l au niveau du site de la commune de el Hamma.

Ces résultats montrent que le teneur de Zn dans les effluents des eaux usées brutes dans les trois sites des communes Chechar et Nsigha et el Hamma. La source principale du Zn dans les eaux usées brute des trois communes provient principalement de l'utilisation de produits ménagers ; cette étude consistait à quantifier les ETM provenant de sources domestiques.

Les résultats montre que Les teneurs de zinc ont dépassent les normes des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**JORADP ANNEXE 02 et OMS ANNEXE 04**).

I.7.2. Le plomb :

-Cet élément peut être associé aux sulfates et aux carbonates mais aussi aux argiles.

-Cet élément a beaucoup d'affinités avec le cadmium Cd et le zinc Zn. Lors de l'altération de minéraux primaires, le Pb peut être fixé par des argiles comme la kaolinite.

La figure(08) montre que la teneur de Pb de valeur maximale 96 mg/l enregistré au niveau de point de la commune de Chechar puis vient la valeur 83 mg/l au niveau de point de la commune de el Hamma jusqu'à la valeur minimale 78 mg/l au niveau de point de la commune de Nsigha.

On note que les valeurs de plomb très élevées dans les effluents des eaux usées brutes des trois communes et ont dépassé les normes des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 02 ET ANNEXE 08, ANNEXE04**).

I.7.3. Le cadmium :

Le cadmium est un élément qui est peu présent dans la nature ; il est principalement un sous-produit des procédés métallurgiques du zinc, de cuivre et du plomb. Le cadmium peut se retrouver dans l'environnement sous deux formes, soit le cadmium métallique et les sels de cadmium.

La figure(08) montre que la teneur de cadmium dans les trois points des communes presque proche les valeurs sont situées dans un intervalle de valeur minimale 6 mg/l et valeur maximale 7 mg/l et la teneur très faible comparable à l'autre élément trace métallique.

Malgré tous la teneur de cadmium très faible mais elle dépasse la norme algérienne selon L'ANNEXE 08.

I.7.4. Le chrome :

Il provient généralement des résidus de galvanoplastie, des tanneries, des raffineries et de l'industrie de textile. (Kemmer N, 1984)

Il est toxique surtout sous forme de Cr VI (chromate), il passe sous forme de Cr III (sels chromiques) en milieu naturel. Le Cr VI est mutagène et cancérigène (Gaujous, D, 1995).

La figure(08) montre que la teneur de Chrome de valeur maximale 91 mg/l au niveau de site de la commune de el Hamma suivi par la valeur 88 mg/l au niveau de site de la commune de Chechar jusqu'à la valeur minimale 74 mg/l au niveau de site de la commune de Nsigha.

Les résultats de la figure montrent que les fortes concentrations remarquées dans le point de la commune de el Hamma est cette étude nous fait penser aux rejets du laboratoire de l'université de Khenchela.

Aussi bien que les valeurs de chrome dans les eaux usées brutes des trois communes dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (ANNEXE 08 et ANNEXE 04).

I.7.5. Le cuivre :

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température

ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent (Hurlbut Jr, 1982).

La figure(08) montre que la teneur de cuivre enregistrées oscille entre 77 mg/l et 87 mg/l dans les trois sites étudiant des trois communes Chechar, Nsigha, el Hamma.

La source principale de contamination en cuivre provenant d'une source domestique. Aussi bien que les valeurs de cuivre présente dans les eaux usées brutes dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 08 et ANNEXE 04**).

I.7.6. Nickel :

Métal d'un blanc qui tient le milieu entre la couleur de l'argent et celle de l'étain, et qui a Il se trouve assez souvent dans les mines de cobalt un minéral qui ne ressemble à aucun autre, et qui n'a été reconnu que dans ces derniers temps.

La Figure (08) montre que la teneur plus élevée de Nickel de valeur maximale 46 mg/l enregistré au niveau de site de la commune de Chechar, puis vient la valeur 41 mg/l au niveau de site de la commune de el Hamma et baisse jusqu'à la valeur minimale 38 mg/l au niveau de site de la commune Nsigha.

A partir de l'annexe 08 les valeurs de nickel elles dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 08 et ANNEXE 04**).

Les valeurs des éléments traces métalliques dans les eaux usées brutes des trois points d'études dépassent les limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation. (**Journal Officiel De La République Algérienne, 2012**).

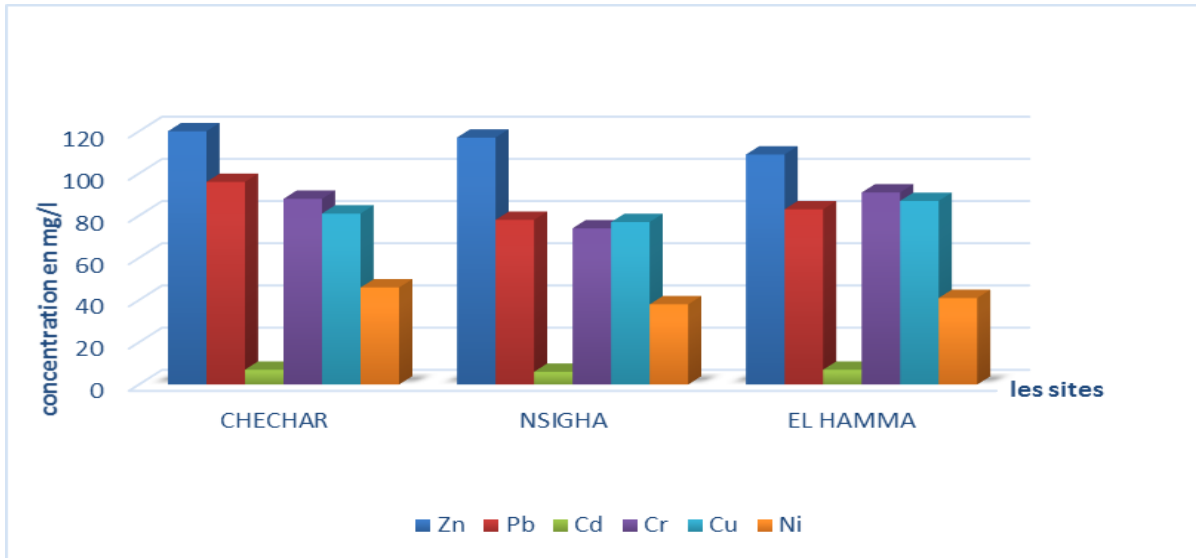


Figure 08 : Variation spatiale des ETM.

II. Identification des faciès chimiques des eaux usées brutes

La représentation Schoeller est reprise par Berkallof, consiste à reporter sur les axes logarithmiques les éléments chimiques (anions et cations), les valeurs des concentrations des éléments chimiques en mg/l pour chaque point de prélèvement.

Le Diagramme de Schoeller Berkallof révèle le faciès sulfaté calcique des trois échantillons (**Fig.09**).

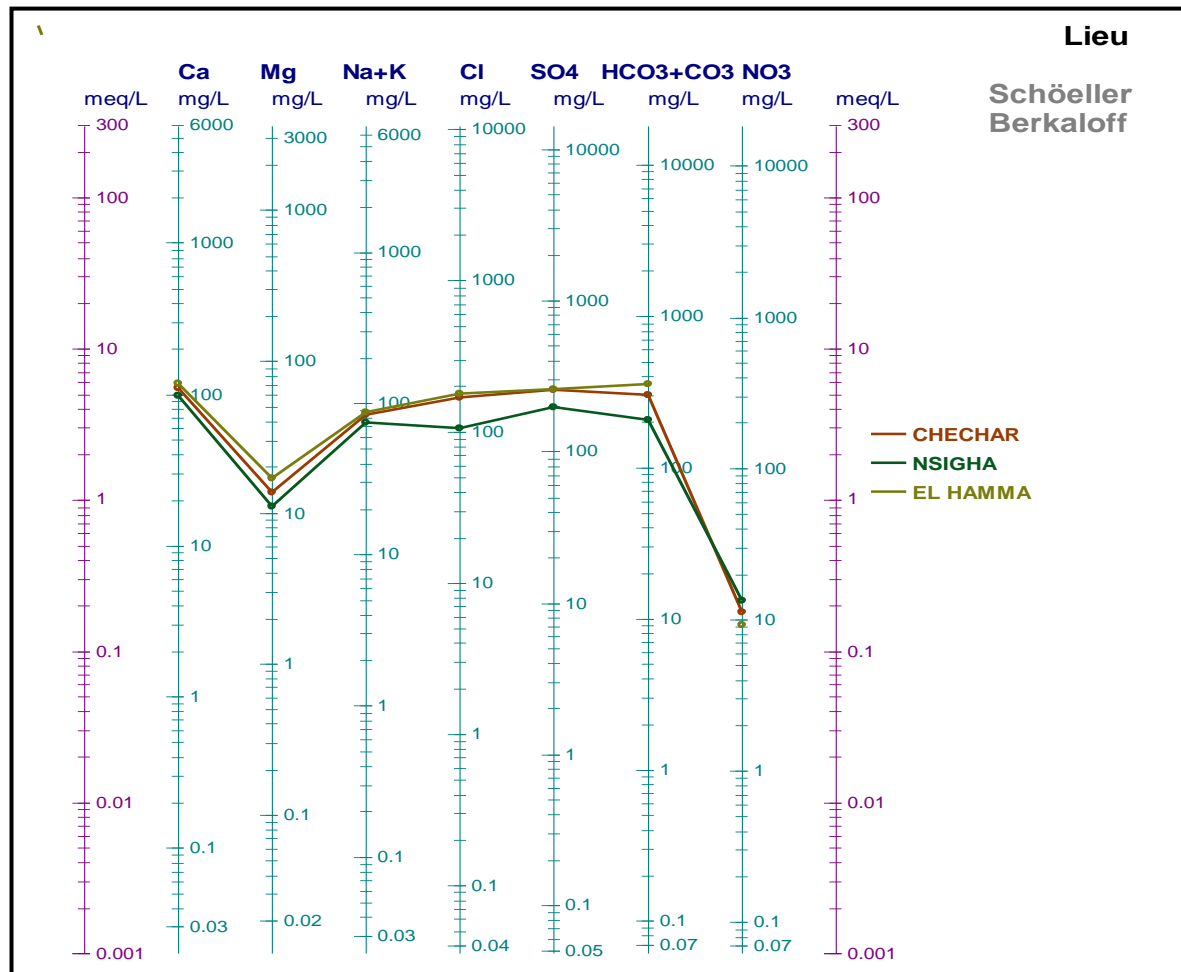


Figure 09 : Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

III. Aptitude des eaux usées brutes à l'irrigation

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux pour l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous exprimée par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. (Zeghdani et al, 2016).

Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques. (Zeghdani. Z, et al. 2016).

Pour le sodium, il a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des sols. La présence de Na^+ a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Cet effet est interprété par différents auteurs en calculant plusieurs paramètres tels que le SAR déjà signalé :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Le pourcentage en sodium est donné par

$$\%Na = \frac{(Na^+ + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \times 100$$

Le calcul du pourcentage de sodium et la conductivité électrique, (**fig.10**) montre que les trois échantillons d'eaux usées brutes tombent dans la catégorie de la bonne qualité des eaux pour l'irrigation. **La figure 11**, montre les classes d'eau selon le procédé de Riverside. Les eaux ont été trouvés principalement dans la classe de type de l'eau : C3S1 (salinité élevée et faible pouvoir alcalinisant). Cette classe est considérée comme appropriée à des fins agricoles mais avec conditions : La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés (**Tableau.03**).

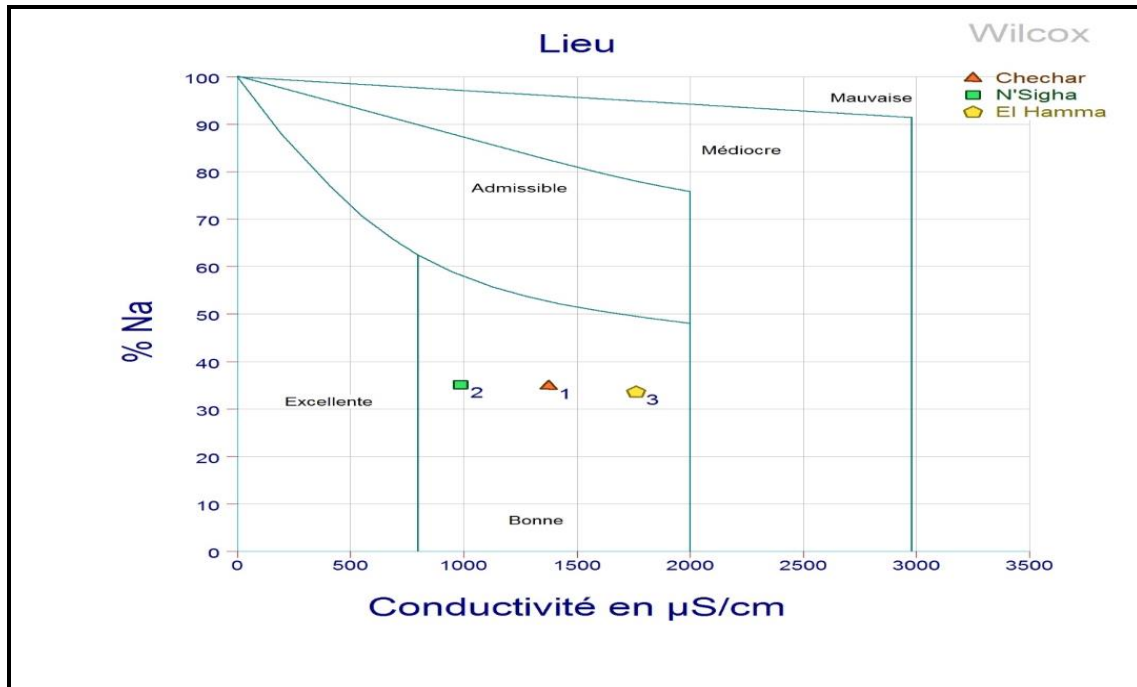


Figure 10 : Diagramme de Wilcox des eaux usées brutes des trois communes

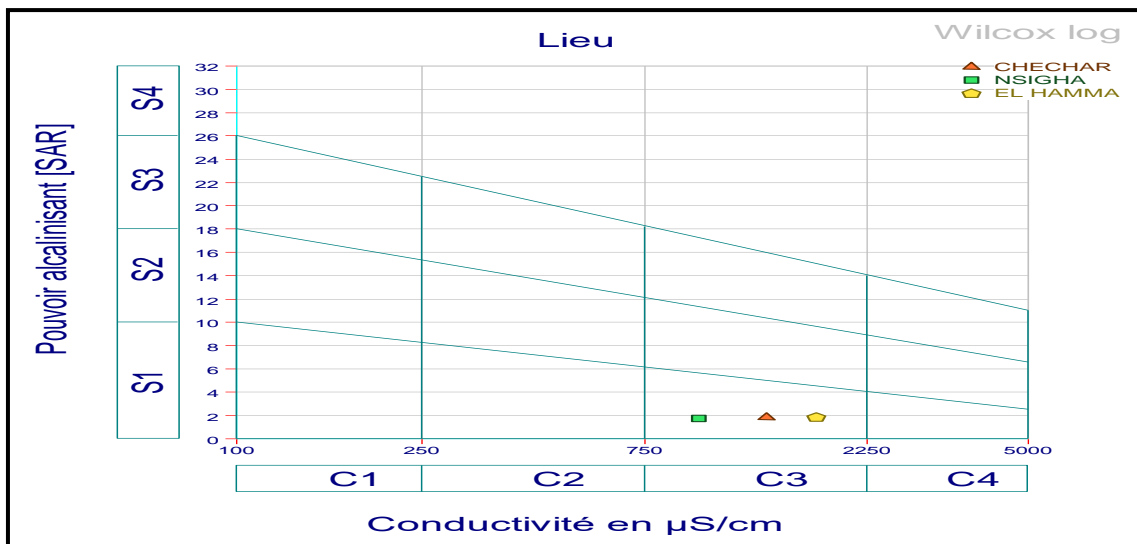


Figure 11 : Diagramme du SAR des eaux usées brutes des trois points étudiant.

Tableau03 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR)
(OMS, 2009).

Degrés	Qualité	Classes	Etat d'utilisation
1	Excellente	C1 – S1, C1 – S2	Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols
2	Bonne	C2 – S1, C2 – S2	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
3	Admissible	C3 – S1, C2 – S3, C3 – S2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	C4 – S1, C2 – S1, C3 – S3	Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
5	Mauvaise	C3 – S4, C4 – S3, C4 – S4	Inutilisable

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX USEES

1. Définition de la pollution de l'eau

« La pollution de l'eau se définit comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale ».

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (**Dugniolle, 1980 ; Glanic et Benetton, 1989**).

2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout -à- l'égout » (**Baumont et al. 2004**). Elles contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène), mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, le phosphore, le fer, etc.), (**Vaillant, 1974**).

2.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées de différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissages) ;
- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitement de surface, métallurgies) ;

- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations. **(Metahri, 2012)**

2.3. Les eaux usées agricoles

Regroupent les eaux provenant de drainage ou d'animaux élevés entraînant une charge polluante. Parmi ces eaux, il faut distinguer :

- ❖ **Les eaux brunes** : eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.
- ❖ **Les eaux de cours** : eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors de leur passage et par les engins agricoles lors de leur manœuvre, à l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite.
- ❖ **Les eaux vertes** : eaux de lavage des sols de salles de traitement.
- ❖ **Les eaux blanches** : eaux usées issues de lavage des installations de traitement.

Ces eaux font l'objet d'un traitement particulier, et ne peuvent en aucun cas se retrouver à l'égout. Une exception existe toutefois pour les eaux blanches qui peuvent, exceptionnellement agréées. **(Des jardins, 1997)**.

2.4. Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulées polluant atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejeté par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminée vers la station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. **(Metahri, 2012)**.

3. Les paramètres indicateurs de la qualité des eaux usées

3.1. Les propriétés organoleptiques

a) la couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (Mizi A, 2006).

b) Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur intense. Toute odeur est liée à une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (Mizi A, 2006).

3.2. Les propriétés électrochimiques

3.2.1. Le pH

Il indique la concentration en ions H^+ présentés dans l'eau. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois :

- Dans les propriétés physico-chimique (acidité, agressivité).
- Dans les processus biologique dont certains exige des limites très étroites de pH. L'épuration biologique, est le résultat d'une activité microbienne aérobie et anaérobie qui demande une ambiance équilibrée chimiquement. Les bactéries tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 6 avec un optimum de 6 à 8.
- Dans l'efficacité de certains procédés de traitement (tel que la précipitation et autres).

Le pH peut être directement relié à la nature des substrats traversés, inférieur à 7 dans les régions granitiques, il dépasse cette valeur dans les régions calcaires.

Une activité d'une photosynthèse intense peut se traduire passagèrement par une élévation de pH jusqu'à 9 ou 10. C'est fréquemment le cas dans les eaux closes ou très lentes (étangs, canaux), au

niveau des quelles se développent un abondant phytoplancton et d'important herbiers (**Rodier, 1996**).

3.2.2. La Température

La température des eaux usées est généralement supérieure à celle des eaux d'alimentation, du fait de l'apport de chaleur par les utilisations domestique et industrielles. la chaleur spécifique de l'eau étant bien plus élevée que celle de l'air. Les températures des eaux usées sont, la majeure partie de l'année, supérieures à celle de l'air, sauf pendant les moins chauds de l'été. Selon la localisation géographique, les températures moyennes annuelles des eaux usées peuvent varier entre 10 à 20 °C environ (**Behra, 2013**).

3.2.3. La Conductivité

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. elle s'exprime en siemens par mètre (S/m), ou plus souvent en micro siemens par centimètre (µS/cm). C'est un paramètre global mesuré simplement avec une sonde conductimétrique. il fournit une indication sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable. il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels ou de l'eau de pluie, ont lieu dans le réseau d'assainissement (**Philippe Behra, 2013**).

3.2.4. La Salinité

Le taux de salinité des eaux usées domestiques est lié essentiellement à la minéralisation de l'eau du réseau ; l'activité industrielle provoque au contraire très souvent une forte teneur en sels dissous des eaux du réseau.

La minéralisation de l'eau entraîne selon les cas (variable selon la nature des sels présent) une accélération de la corrosion. Comme elle encourage des espèces et élimine d'autres. (**Potelon, 1998**).

3.2.5. La Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles,

organismes microscopiques ...). Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. Ce paramètre se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre (**Bontoux, 1993**).

3.2.6. Le Potentiel d'oxydo-réduction

Le potentiel d'oxydoréduction, appelé également potentiel « redox », peut renseigner sur l'Etat des eaux usées par rapport à la présence d'oxygène (aérobie, anoxie, anaérobie) et leur degré de septicité. Ce potentiel est mesuré par un couple d'électrodes constitué d'une électrode inattaquable (platine, or) et d'une électrode de référence, généralement une électrode au calomel saturé de KCl. Le potentiel mesuré par rapport à l'électrode au calomel doit ensuite être rapporté à celui de l'électrode à hydrogène. Les eaux usées fraîches ont un potentiel d'oxydoréduction de l'ordre de 100 à 150 mV. Un potentiel inférieur ou négatif caractérise un milieu réducteur (eaux septiques, fermentations putrides, présence de réducteur chimiques). Un potentiel supérieur à 300 Mv révèle un milieu oxydant anormal. La septicité de l'effluent conduit à la formation de sulfures (S^{2-}) et provoque le dégagement d'hydrogène sulfuré (H_2S). (**Behra, 2013**).

4. Les paramètres physico-chimiques

4.1. La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5 (**Ferreira, 1986**).

4.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau est la quantité d'oxygène dans des conditions opératoires bien définies (**Rodier, 1996**). Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en $mg\ d'O_2/l$. (**Taradat, 1992**).

✓ $DCO = 1.5\ à\ 2\ fois\ DBO$ pour les eaux usées urbaines ;

- ✓ DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaires ;
- ✓ DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles, **(Ferreira, 1986)**.

4.3. L'oxygène dissout

L'oxygène dissout est important pour la respiration des micro-organismes aérobies ainsi que pour toute autre espèce vivante aérobique. La quantité capable d'être dissoute est fonction de la solubilité du gaz, de la pression partielle du gaz dans l'atmosphère, de la température et de la pureté de l'eau, c'est-à-dire la concentration des solides suspendus, la salinité, etc. **(Metcalf et Eddy, 1979)**.

4.4. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organique ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. **(Metahri, 2012)**.

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

4.5. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation. Séchées à 105 °C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g/l). Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l). **(Rodert et Thomazeau, 1981)**.

4.6. Eléments traces métalliques (ETM)

On parle d'éléments traces lorsque la teneur d'un élément dans la croûte terrestre est inférieure à un pour mille. Cette notion est à distinguer de celle de micro-élément qui caractérise un élément dont la concentration moyenne dans les organismes vivants est inférieure à 100 mg/kg de matière sèche. Ainsi, certains éléments majeurs vis-à-vis de la croûte terrestre se comportent comme des microéléments vis-à-vis des êtres vivants (ex : fer, manganèse) **(Ademe, 1995)**.

Les ETM (également dénommés éléments traces minéraux) regroupent donc :

-des oligoéléments (métaux ou non) indispensable à faible doses aux organismes vivants : cuivre (Cu), zinc (Zn), bore (B), manganèse (Mn), fer (Fe), Nickel (Ni), vanadium(V), molybdène(Mo), chrome (Cr), étain (Sn), arsenic (As)...

-des métaux lourds pour lequel n'a pas été identifié de rôle positif pour l'activité biologique : le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd).

Beaucoup des métaux comme le cadmium, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le mercure, le Nickel et le zinc sont présents naturellement à l'état de traces dans les eaux. La plupart de ces éléments (cadmium, plomb, mercure, Nickel) sont classés comme substance polluantes prioritaires dans la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000. Mais la majorité d'entre eux constitue également des éléments essentiels pour la croissance biologique et l'absence de quantité suffisante peut limiter la croissance de certains organismes, comme les algues. A l'inverse en quantité excessive et selon, les formes chimiques sous lesquelles ils se trouvent, leur toxicité peut poser des problèmes sanitaires et limiter les usages de la ressource en eau. Il est donc nécessaire de mesurer et contrôler les concentrations de ces substances.

Les eaux usées urbaine contiennent des micropolluants métalliques dans les concentrations très supérieures à celles habituellement rencontrées dans les eaux claires (eau potable, eaux souterraines, de surface). Ils proviennent à la fois d'une utilisation domestique et d'un apport du au lessivage de surfaces imperméabilisées, exposées à la pollution atmosphérique, par les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux de lavage) (**Ademe, 1995 ; Karvelas et al. 2003**).

4.7. Les micropolluants organiques et inorganiques

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.

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de

détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont dans les égouts même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (halo formes) (**Xanthoulis, 1993, in Djeddi 2006**).

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées par : les HAP, chlorophénols, phtalates... 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.

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. (**Baumont et al., 2004**).

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, 1997**).

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines.

Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexe qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants (**Baumont et al, 2004**).

4.8. Les substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usées, et constitué 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 quantité appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. En outre, la présence de la matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, élément colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (Fao, 2003).

A- Azote

Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et pour suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

-azote ammoniacal ou $N-NH_4^+$,

-azote nitreux ou $N-NO_2^-$,

-azote nitrique ou $N-NO_3^-$,

Et organique ou N_{org} .

L'azote global(ou total) est alors défini par :

$$NGL = N_{totale} = N_{organique} + N_{minéral} = N_{organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$$

Les méthodes développées à ce jour ne permettent pas de déterminer directement et spécifiquement l'azote organique présent dans les eaux.

Ainsi, le dosage de l'azote Kjeldahl (NK), qui fait appel à une minéralisation de l'échantillon en présence d'un catalyseur au sélénium, permet de déterminer les composés non oxydés de l'azote :

$$NK = N_{organique} + N-NH_4^+ = \text{azote réduit}$$

Mais la méthode Kjeldahl ne permet pas d'accéder à la totalité de l'azote organique et de nombreux composés organiques ne sont pas dosés ou sont partiellement dosés (composés nitrés, nitrosés, oximes hydrazine et dérivés, hétérocycles azotés...)

La teneur en azote total (NT ou NGL) d'une eau peut encore être approchée par une méthode mettant en œuvre une minéralisation oxydante par le peroxosulfate. Mais dans ce cas encore, tous les composés organiques azotés ne sont pas convertis en nitrates lors de l'oxydation.

Une troisième méthode fait appel à une oxydation en oxyde d'azote par combustion catalytique. Avec cette méthode, l'oxydation des composés organiques est globalement plus importante, sans toutefois être quantitative. . (Rodier ,2009).

Dans tous les cas, si l'on souhaite accéder à la teneur en azote organique, il sera nécessaire de quantifier séparément l'azote ammoniacal (pour le NK), ainsi que l'azote de nitrites et des nitrates (pour les 2 autres méthodes).

A.1- Azote Kjeldahl

Cette méthode permet la transformation en ammonium des composés d'origine biologique (protéines, peptides, acides aminés) mais non celle des composés azotés d'origine industrielle (oximes, hydrazine et dérivés, semi-carbazone, etc.). Il en est de même pour l'azote des nitrites et des nitrates. L'azote Kjeldahl correspond à la somme des composés organiques aminés et de l'ammonium, l'azote organique s'obtient par différence.

Effectuer le dosage le plus tôt possible après le prélèvement ou conserver celui-ci à 4 °C après addition d'acide sulfurique (quantité suffisante pour $\text{pH} < 2$). . (Rodier ,2009)

A.2- Azote minéral ou inorganique

Se reporter aux méthodes décrites pour les eaux naturelles, tout en tenant compte que dans les eaux résiduaires la présence de substances interférentes à des teneurs élevées peut gêner les dosages d'une façon générale, étant donné l'intense activité biologique qui peut exister dans les échantillons, il ya lieu de pratiquer les mesures le plus rapidement possible. Cependant, il est possible d'assurer une certaine conservation des prélèvements après acidification à $\text{pH} 2-3$ par de l'acide sulfurique, à la température de 4 °C. (Rodier ,2009)

A.3 Azote total et organique

Pour évaluer l'azote total et organique deux méthodes sont possible :

-azote par minéralisation au peroxosulfate ;

-azote après oxydation en oxydes d'azote ; **(Rodier ,2009)**

B. Phosphore :

Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différents composés sont soit solubilisés, soit fixés sur les matières en suspension. Ils pourront donc être dosés sur l'échantillon total et sur la phase soluble après séparation du phosphore insoluble par filtration sur membrane 0,45µm.

D'une façon générale, l'analyse est à pratiquer de référence le jour même du prélèvement. si une différenciation des formes du phosphore est envisagée, effectuer la filtration immédiatement après avoir prélevé l'échantillon. Toutefois, l'échantillon peut être conservé à 4 °C après addition d'acide sulfurique (la quantité suffisante pour le $\text{pH} < 2$).

Les orthophosphates sont dosés directement sur l'échantillon ou sur la phase soluble par l'une des méthodes indiquées pour les eaux naturelles. Les polyphosphates sont dosés après hydrolyse en milieu acide soit sur l'échantillon total, soit sur la phase soluble. Cependant, quelques composés organiques susceptibles d'être décomposés au cours de l'hydrolyse acide peuvent être dosés avec les polyphosphates.

Les composés phosphorés d'origine organique dans l'échantillon total et dans la phase soluble sont obtenus par différence entre le phosphore total et la somme du phosphore des orthophosphates et des polyphosphates. Le phosphore total est dosé après minéralisation du prélèvement obtenue selon le mode opératoire ci-après. **(Rodier ,2009)**.

C. Le potassium (K^+)

Le potassium est présente dans les effluents secondaires à hauteur 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de k_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. **(Faby, 1997)**.

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes **(Fao, 2002)**.

D. Chlorure et sodium

Leur origine est :

- Naturelle (mer 27g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (**Gaujous, 1995**).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres. (**Faby, 1997**).

5. La réutilisation des eaux usées

5.1. La réutilisation des eaux usées dans le monde

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux Etats Unis et en chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5 – 1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en chine (**Lazarova et Brissaud, 2007**).

La figure 1 illustre l'ampleur de la valorisation des eaux usées dans différents pays du monde.



Figure 01 : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée (Données pour les années 2000-2003, adaptées de Jimenez et Asano, 2007).

D'une manière générale, pratiquement tous les autres pays du pourtour de la méditerranéenne, de l'Espagne à la Syrie, réutilisent des eaux usées (traitées et non traitées) pour divers applications (**Bixio et al, 2005**). En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée. Dans certains pays, cette réutilisation est devenue l'objet d'une politique nationale comme en Tunisie, en Grèce et en Jordanie (**Attab Sarah, 2011**).

5.2. Les modes de réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées (fig.2) est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées (**Bixio et al, 2008**).

On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchers, céréales, prairies, etc. ;
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ;
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc. ;
- La production d'eau potable ;
- La recharge de la nappe phréatique (**Degremont, 2005**).

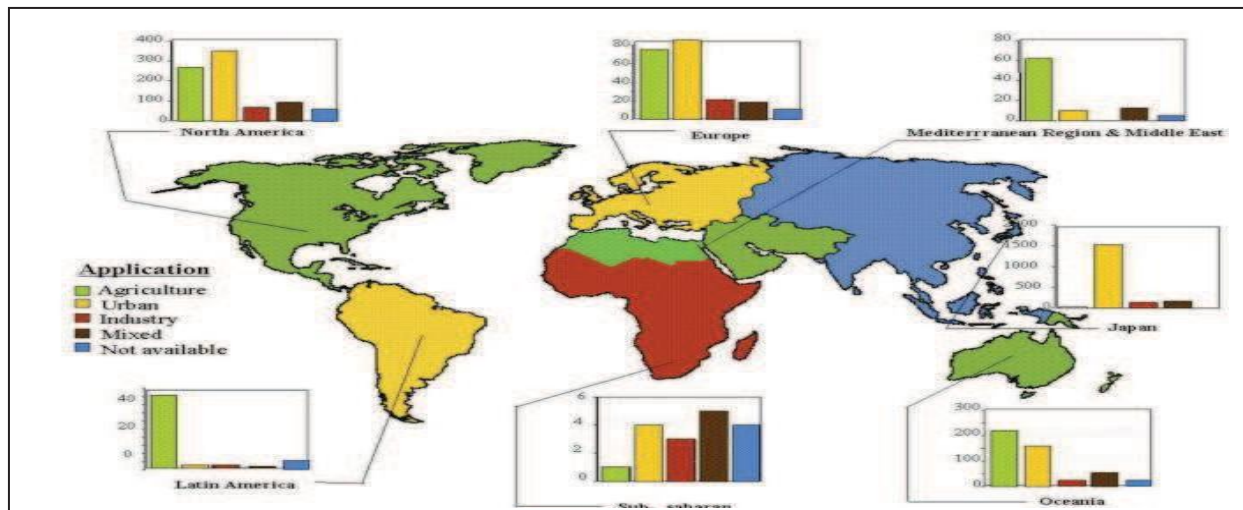


Figure 02 : Aspects de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde (Bixio et al, 2005).

a) Réutilisation agricole

La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource a donc été une première voie de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées (**REUE**) (**Baumont et al, 2005**). La réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le sud des états unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Lazarova, 1998**).

❖ Les risques liés à la réutilisation agricole

D'après **Cauchi (1996)**, les populations humaines exposés à une pathologie, associée de manière certaine à une réutilisation agricole d'effluents bruts ou traités sont de quatre ordres :

- Les consommateurs des légumes crus : le risque est statistiquement plus élevé pour les helminthes (par rapport à la population générale), par contre il ne l'est pas pour le risque bactériologique ;

- Les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite : par la contamination par le ver solitaire (*tænia*) est possible car les bovins sont des hôtes intermédiaires de cet helminthe ;
- Les travailleurs agricoles : le risque est plus élevé pour les helminthes. En laboratoire, il a été mis en évidence que l'exposition aux entérovirus est plus élevée, même si sur le terrain il n'y pas eu d'augmentation de cas cliniques. Des études listées par **Devaux (1999)** montrent que les travailleurs agricoles sont légèrement plus exposés que la population normale ou que les personnels de station d'épuration et les égoutiers.
- Les populations avoisinantes, surtout dans le cas d'irrigation par aspersion qui forme des aérosols. Le risque est légèrement plus élevé pour les helminthes et *Shigella* (**Cauchi 1996**).

b) Secteur industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage inerte sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85% des besoins globaux en eau.

Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaire réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68% pour le refroidissement (**Lazarova et al, 1998**).

❖ Les risques liés à la réutilisation industrielle

La qualité requise est spécifique à chaque industrie parce que sa composition chimique peut avoir des répercussions sur les processus industriels. Les préoccupations concernent principalement les phénomènes d'entartage, de corrosion, de développement de bactéries, d'encrassement, de formation de mousse, et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs. Il n'y a

pas de problème sanitaire spécifique à l'industrie et on retrouve les mêmes contaminants que pour les autres usages (**Asano, 1998**).

c) Le secteur urbain et périurbain

c.1) réutilisation pour usage non-alimentaire

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrer de l'eau dans les grandes agglomérations (**Renaud et al, 1997**). Plusieurs municipalités du Japon (pionnier des pays en voie de développement : 8% du volume total des eaux usées réutilisés soit environ 8 millions de m³ par an) et des villes des Etats-Unis ont déjà construit des systèmes de distribution double : eau potable et eaux usées à réutiliser.

Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espace verts (**Wright, 1995**). Missimer, les usages les plus courants sont l'irrigation d'espace verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie.

Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

Pour les usages urbains, l'Afrique du sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères. Ils exigent respectivement une qualité d'eau potable et élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables (**Lazarova et al, 1998**).

c.2) Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable)

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables.

Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologique et culturelles associées à la perception de l'eau usée comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel. En fonction de la destination de réutilisée, ce type de réutilisation peut être classé soit dans la catégories de réutilisation de l'eau potable, soit pour des usages non potables, dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destiné à la réutilisation de perdre son identité d'eau usée. **(Lazarova et al,1998).**

c.3) La recharge des nappes

Ce mode de réutilisation a lieu essentielle 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. La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Il existe de moyens de recharger une nappe phréatique :

- par percolation : c'est le cas à Los Angeles, où 160 000 m³ par jour d'effluents traitées sont déversés dans des bassins gravitaires **(Asano, 1998)** ;
- par recharge directe : c'est le cas dans le comté d'Orange, en Californie. L'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits, disposés en ligne face à la nappe d'eau salée, et formant une véritable barrière. **(Asano, 1998).**

6. Les eaux usées en Algérie

En Algérie, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées 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 rejets **(Hartani, 2004).**

Un programme de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation est actuellement mis en œuvre **(Mre, 2003).**

Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13,37 % dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21,4 % dans la région hydrographique Constantine-Seybousse-mellegue, et de 34,92 % dans la région hydrographique Oranie Chott Chergui. Cette dernière est nettement déficitaire en pluviométrie par rapport aux autres régions du Nord algérien (400mm/an environ). La composante réutilisation des eaux usées en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région de l'Oranie de l'Ouest algérien (**Hartani, 2004**).

6.1. Situation actuelle des ressources en eau

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare (**Tamrabet et al, 2002**).

6.2. Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées

Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. En Algérie, leur volume annuel estimé à 600 millions de m³, dont quelque 550 millions de m³ correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 50 000 habitants (**Mre, 2003**). La capacité totale de traitement est de 4 millions de m³ équivalent-habitants pour une population de 2,5 millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20% de la population raccordé à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux (**Medkour, 2003**). Selon **Tecsult, 2007** les rejets à l'amont des barrages contribuent indirectement au remplissage des retenus et à la recharge des nappes, les EUE rejetées dans les chotts et la mer représentaient 77% du volume total des EUE en 2004, cette est considérée comme perdue et sa valorisation devra être priorisée (**Fig. 3**).

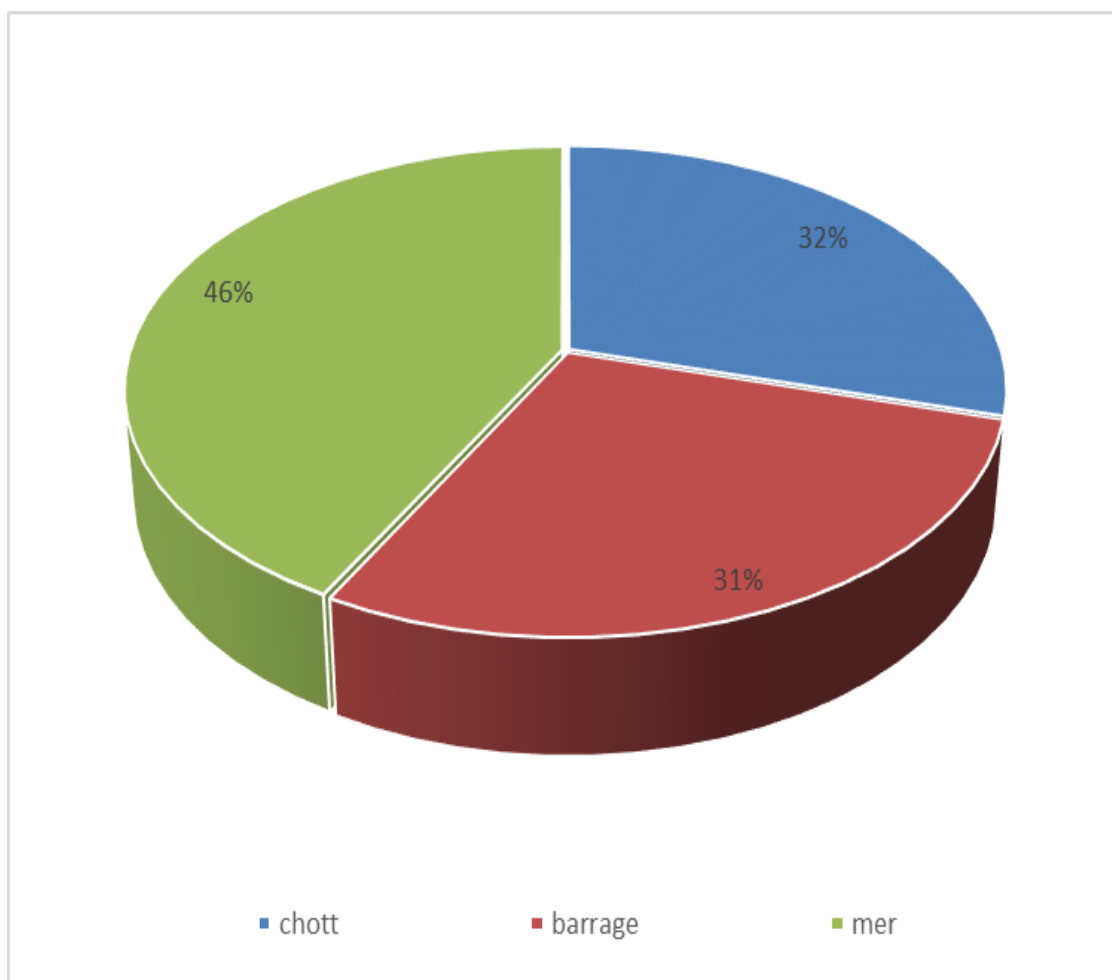


Figure 03 : Rejets des Eaux Usée épurées (HM3/An) par milieu récepteur (Tecsult, 2007).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

I. Cadre général

Les effluents des eaux usées brutes sont relatifs aux trois communes Chechar, El Hamma et Nsigha de la wilaya de Khenchela (fig.4). La wilaya de khenchela est située au Nord-Est Algérien dans la région des Aurès, elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien. Elle est entourée par les wilayas d'Oum el bouaghi au Nord, Batna et Biskra à l'Ouest, El Oued au Sud et Tébessa à l'Est, elle occupe une superficie estimée à 9715 Km².

La région se caractérise par trois climats

- Un climat très rude en hiver, modéré en été dans les régions montagneuses centrales.
- Un climat modéré en hiver, chaud et sec en été dans les steppes sahraouies du sud.
- Un climat très frais en hiver, sec en été dans les hautes steppes au nord.

Cette diversité climatique a donné à la wilaya un penchant naturel multiple conférant des spécificités touristiques non négligeables. (Annuaire, 2016).

I.1.La commune d'Ensigna :

Le territoire de la commune d'Ensigna se situe au nord de la wilaya de Khenchela, au sud et à l'est de la ville de Khenchela. Sur le versant et le piémont sud-est de l'extrémité nord-est du massif de l'Aurès qui se termine par le Kef Tifekresse et le Ras Serdoun qui domine la wilaya.

I.2.La commune d'El Hamma :

Elle est située à l'Ouest de la wilaya et occupe une superficie de 168 km² avec une densité de population de 12051 habitants. Il est bordé par la municipalité de Kais et Remila à l'Ouest et au Sud par les villes d'Ensigna et Tamza. Au Nord-Est se trouve la municipalité de Baghai, et de l'Est la municipalité de Khenchela.

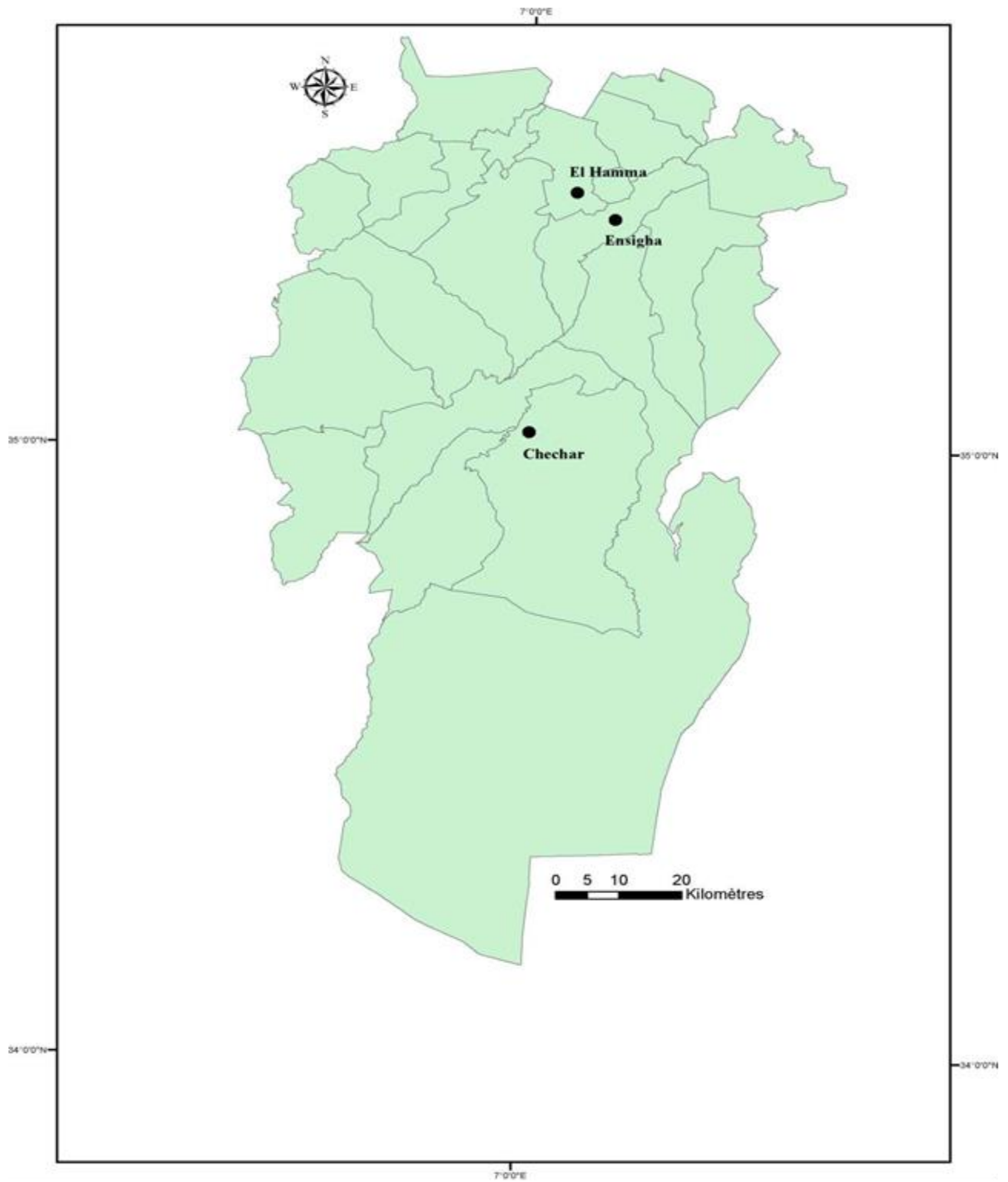


Figure 04 : Localisation des trois effluents des eaux usées brutes des communes Chechar, Nsigha et El Hamma(Khenchela).

I.3. La commune de Chechar :

La municipalité de chechar est située dans le Sud de la wilaya de Khenchela, dans les hautes terres orientales du pays, entre 6° et 7° à l'Est de la ligne Greenwich et entre 34° et 35° au Nord de l'équateur. La région de Chechar couvre une superficie de 923,00 km².

Tableau 01 : Densité de la population par commune

Communes	Surface(Km ²)	Population Totale	Densité (Hab. / Km ²)
El-Hamma	168	14 310	85,17
Ensigna	163	10 970	67,30
Chechar	922	32 650	35,41

(Annuaire statistique, 2016)

II. Prélèvements et conservation

II.1. Les points de prélèvement

A. Le Point(1)

Représente les eaux usées brutes de l'Agglomération de la commune de Nsigha aux coordonnées suivantes (fig.5) :

-Latitude : 35° 23' 54,19" Nord

-Longitude : 7° 8' 46,8" E

-Altitude : 1127m



(1)



(2)

Photo 01 : Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.

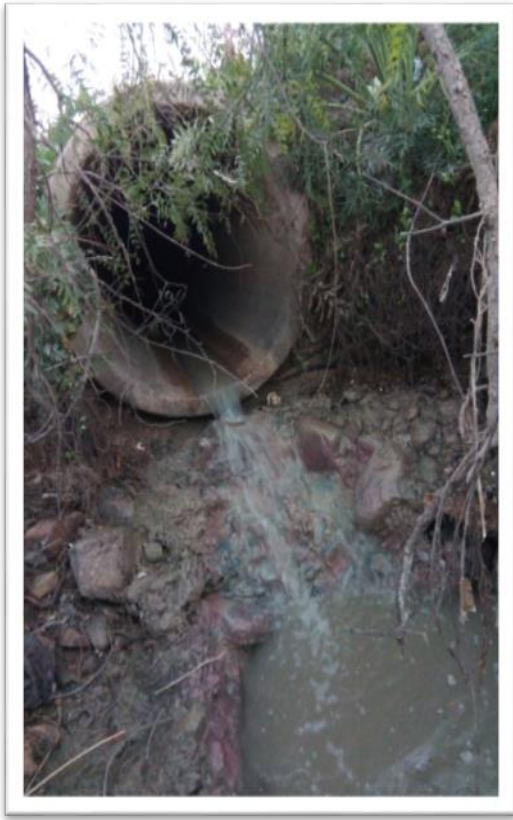
B. Le Point (2)

Prélèvement des rejets des eaux usées brutes de l'Agglomération de la commune d'El Hamma aux coordonnées suivantes :

-Latitude : 35° 28' 33,2" Nord

-Longitude : 7° 4' 42,8" Est

-Altitude : 952m



(a)



(b)

Photo 02 : Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.

C. Le Point (3)

C'est le point de prélèvement des eaux usées brutes de l'agglomération de Tajmouth de la commune de Chechar aux coordonnées suivantes :

-Latitude : $35^{\circ} 1' 52,11''$ Nord

-Longitude : $7^{\circ} 0' 13,79''$ Est

-L'altitude : 1133m



(a)



(b)

Photo 03 : Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de tajmouth dans la commune de Chechar.

II.2. Conservation

Les prélèvements des échantillons sont pris en dehors de période des précipitations. Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des teneurs. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.

III. Analyses physico-chimique

Une fois les échantillons sont ramenés au laboratoire, en général de nombreuses variables peuvent faire l'objet d'un examen. En général, les analyses portent sur les paramètres considérés comme classiques (pH, température, conductivité électrique), les solides (inorganiques et organiques), les éléments nutritifs comme les diverses formes d'azote, de phosphore et de carbone.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont la température ($T^{\circ}\text{C}$), la conductivité électrique (CE), le pH, les matières en suspension (MES), l'oxygène dissout, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO5), les nitrates et les nitrites et les orthophosphates, Les cations et les anions ont été mesurés dans le laboratoire des analyses physico-chimique des matériaux d'Ain M' Lila.

III.1. Electrochimie

Le pH, la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissout sont mesurés sur place (in situ) par un multi paramètre de type HI99300.



Photo 04 : Multi paramètre (HI99300)

III.2. Les matières en suspension (MES)

Pour la détermination des matières en suspension nous avons utilisé un filtre pré pesé de nitrocellulose de porosité $0,45\mu\text{m}$ pour la filtration d'eaux usées.

III.3. La DBO₅

Le DBO₅ est mesurée par la méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermo statée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens. La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde asymétrique. La méthode utilisée est celle de système de mesure OxiTop. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.



Photo 05 : La mesure de DBO₅ dans une armoire thermorégulatrice.

III.4. La DCO

Le principe à mesure la DCO consiste à ajouter 2 ml de l'échantillon dans un tube Lovibond qui contient du dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et du sulfate d'argent (qui joue le rôle d'un catalyseur) pour une gamme de mesure entre 0 et 1500mgO₂/L. La solution est chauffée dans un réacteur à DCO pendant 2heures à 120 C°. Après le refroidissement la DCO a été mesuré à l'aide d'un photomètre à une longueur d'onde 620 nm.



Photo 06 : Réacteur DCO mètre.

III.5. Les Nitrates

La méthode de la réduction au cadmium a été appliqué pour la gamme 0 à 30.0 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Le cadmium réduit les nitrates en nitrites. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec de l'acide sulfurique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Le sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution colorée ambre. L'absorbance est mesurée à 500nm. (Méthode colorimétrique n° 355 HACH).

III.6. Les nitrites

Ils sont mesurés pour la gamme 0 à 0.3 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les nitrites présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo tropique. (La méthode colorimétrique n°375 HACH). L'absorbance est mesurée à 507nm et la couleur résultante est rose.

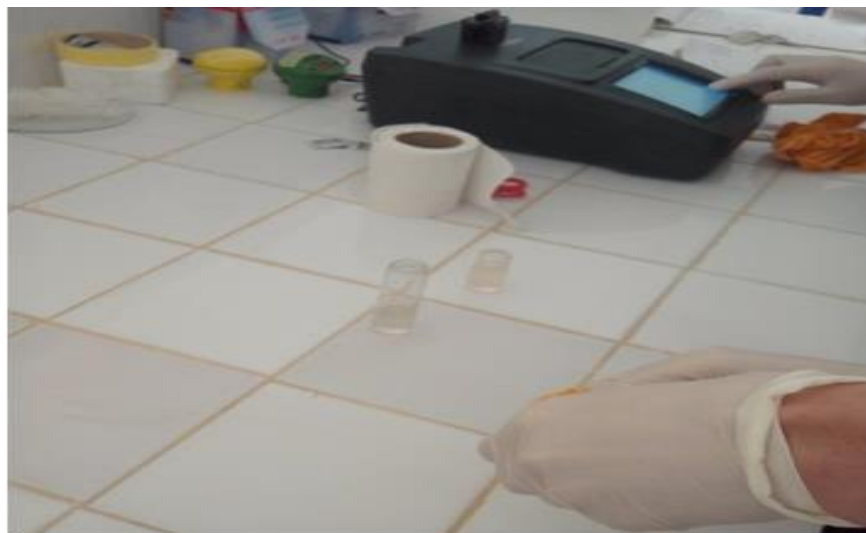


Photo 07 : Différentes solutions pour la mesure des nitrates.

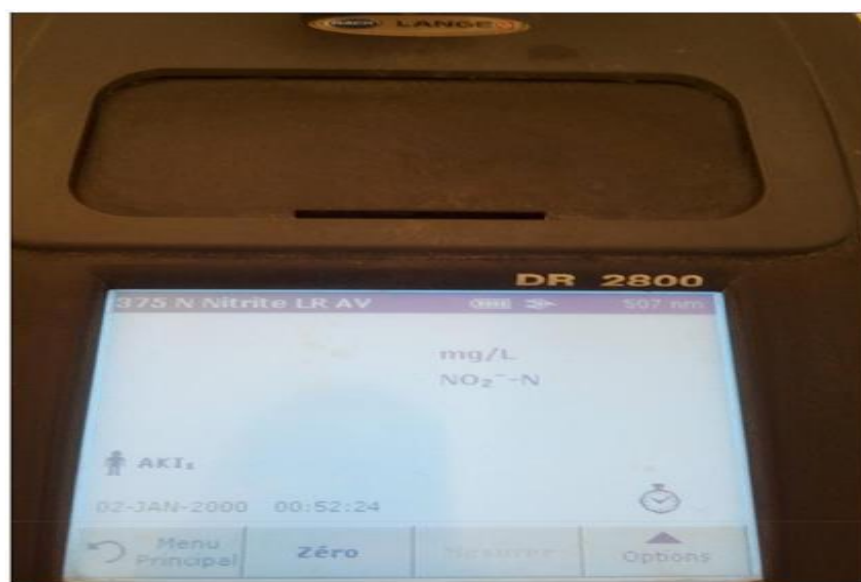


Photo 08 : Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcul des teneurs en nitrites.

III.7. Les orthophosphates

Pour la détermination du phosphore réactif, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°490 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg /l, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement

sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate (réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate). La coloration résultante est bleue et l'absorbance est mesurée à 890nm.

III.8. Les éléments traces métalliques

La quantification des ETM en solution est réalisée par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) en four graphite pour les faibles concentrations (quelques $\mu\text{g/L}$), comme c'est le cas pour Pb, Cd et Cu, et en émission de flamme pour les concentrations plus élevées, comme pour Zn et Cr (**Tab.3**). Une série d'étalon généralement au nombre de sept est préparée pour chaque élément selon la mode d'analyse.

Tableau 02 : Limites de détection des ETM par la SAA

ETM	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr
Mode Flamme ($\mu\text{g/L}$)	22	20	20	3	3
Mode Four en graphite (ng/L)	65	16	24	23	27

Conclusion

Les différents paramètres mesurés des eaux usées brutes indiquent évidemment une pollution importante. L'analyse élémentaire des paramètres physico-chimiques et de quelques éléments traces métalliques d'études effectuée sur les trois points de rejets étudiées, a permis de conclure que :

- Les résultats de l'analyse électro-chimique montrent un caractère neutre de ces eaux ainsi qu'une minéralisation importante ce qui les rend impropres à l'irrigation.

- la pollution organique estimée à partir du calcul des teneurs en O₂ dissous, DBO₅, DCO et des macronutriments (Dérivés de l'azote et phosphore) présente des valeurs dépassant les normes Algériennes et internationales de rejets directes et indirectes dans l'environnement ce qui permet de dire que ces eaux présentent un risque élevé de contamination des espaces limitrophes.

L'établissement des rapports entre la demande chimique et biologique en oxygène a permis de conclure que la pollution que renferment ces eaux est d'origine domestique et qu'elle est facilement biodégradable.

- Les teneurs en éléments traces métalliques dans les eaux usées brutes des trois points étudiés dépassent les limites recommandées des eaux destinées à l'irrigation. Leurs origine est probablement le lessivage de chaussées.

En conclure que les eaux usées brutes des trois sites étudiés des trois communes Chechar et Nsigha et el Hamma sont inutilisable en agriculture à cause de présence des teneurs plus élevées des paramètres dépassant les normes Algérienne et internationales

Recommandations et Perspectives

A la suite des ces résultats, plusieurs perspectives se dégagent :

- La spéciation des éléments traces métalliques pour évaluer leurs devenir et leurs impacts sur le milieu récepteur doit également être investiguée plus finement.

-Dans le cadre d'un travail futur : Une valeur doit être donnée aux eaux usées brutes, considérées comme une source d'eau qui compense l'eau des vallées et des puits utilisés pour l'irrigation agricole, Parce que la région connaît des pénuries d'eau.

Conclusion

- Développement des outils de communication, d'information et sensibilisation sur les eaux usées et sur le risque de leur exploitation et mettre en garde contre les risques d'exploitation irrationnelle des eaux usées brutes en irrigation agricole.

- Les irrigants sont convaincus de l'impact positif des effluents des trois communes Chechar et Nsigha et el Hamma dans l'augmentation des productions agricoles. L'impact négatif est suggéré par la présence de maladies bovines (brucellose et tuberculose).

- Les contraintes de développement de ces régions semi arides, sont nombreuses et révèlent de nombreux facteurs : naturels, techniques, humains, financiers ; la principale contrainte demeure néanmoins l'insuffisance de l'eau. Le sol comme interface est largement affecté par les effluents épandus.

- La réalisation des stations d'épurations est une tentative d'amélioration de la qualité des eaux afin d'éviter les problèmes de pollution des oueds et des nappes phréatiques.



Dédicace

Après cette réussite que fait la joie

*A tous qui m'aime. Je dédie ce modeste travail avec vif
plaisir à ceux qui*

*Sont les plus proches à mon cœur, qui mon toujours
aimer et qui ont fait*

Toute leurs force pour que je sois toujours heureux.

*Mes très chers parents. Qui mon se tenus durant toute
ma vie, et Qui m'a éduqué et m'a parrainé sans eux je*

Serai rien.

A mes frères : Amin et Sofiane et Abdeslam

À ma sœur : Iman

À toute ma grande famille

À mes amis : Tous sans exceptions

À mon oncle Abdelmalek

ALA EDDINE

Introduction

L'Algérie est un pays au climat essentiellement aride à semi-aride, où les précipitations sont faibles et irrégulières, et les ressources en eau sont très limitées. La croissance démographique, la fréquence d'apparition des épisodes de sécheresse, la croissance économique ont entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression accrue sur les ressources en eau conventionnelles (**MRE, 2001**).

Selon les normes mondiales, où le seuil critique de rareté de l'eau se situe à 1000 m³/an/habitant, l'Algérie est un pays pauvre en eau (**Saghir et al, 2000 ; Tamrabet et al. 2002a**). Cette situation est à l'origine de la recherche d'autres ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées.

La réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée essentiellement par les agriculteurs, soit directement (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages (**Lehtihet, 2005**). Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. Diverses cultures sont concernées par cette réutilisation : cultures fourragères, maraîchères, céréales et arboriculture. L'irrigation des cultures maraîchères à l'eau usée brute est interdite en Algérie. Cependant, on constate que l'interdiction n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables ; soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et l'agriculteur à des risques de contaminations chimiques et microbiologiques considérables (**Medkour, 2002 ; Lehtihet, 2005**).

Les effluents urbains sont riches en microorganismes pathogènes qui peuvent facilement nuire à la santé publique. En plus des éléments nutritifs favorables aux plantes, les eaux usées véhiculent également des éléments nocifs qui peuvent engendrer la baisse des rendements et de la qualité des produits. Ces éléments s'accumulent excessivement dans le sol, chargent les eaux de surface et souterraines provoquant la dégradation de leur qualité. Une fois traitée, la réutilisation de l'eau usée devient un instrument de préservation de la ressource et un moyen de réduction de la pollution résiduelle engendrée par les activités d'assainissement (**OMS, 1989**).

La politique environnementale du monde et le développement durable implique pour l'homme une maîtrise de ses rejets domestiques et urbains. En général, ces rejets sont identifiables mais lorsqu'ils se trouvent dans la nature sans traitement préalable, des accidents

peuvent causer des pollutions aiguës entraînant une perturbation des conditions de vie de la flore et de la faune et compromettant l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu récepteur.

La politique de valorisation des eaux usées est nécessaire d'autant plus que celles-ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à la réduction du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en secteur agricole par le rejet dans la nature sans effet nocif sur les sols, les plants et l'être humain donc sur l'environnement.

Cette réutilisation n'est pas banale. En effet, ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

C'est dans ce contexte de valorisation de cette ressource hydrique non négligeable que l'objectif de ce projet s'est inscrit axé essentiellement sur l'impact de la réutilisation des eaux usées bruts en agriculture et connaître les propriétés physiques et chimiques des eaux usées brutes, , En l'absence des stations d'épurations dans les trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma. L'étude porte sur la caractérisation des eaux usées bruts des effluents des trois sites et s'articule sur trois chapitres :

Le chapitre I :

Est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité. Il s'agit d'une synthèse de connaissances sur les expériences de la réutilisation agricole des eaux usées bruts et épurées dans le monde et en Algérie, qui vise à donner un rappel sur les eaux usées, leurs origines et caractéristiques ainsi qu'un aperçu sur la situation de réutilisation des eaux usées en l'Algérie. Il décrit ensuite les caractéristiques physico-chimiques des effluents urbains bruts des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

Le chapitre II :

Décrit la zone d'étude en donnant un aperçu sur la situation géographique et climatologique. Cette description permet de comprendre la planification des campagnes de prélèvements et de justifier le choix de ces zones. Elle expose ensuite l'intégralité des méthodes et techniques utilisées au cours de cette étude, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation du matériel d'échantillonnage, les mesures au laboratoire, le

protocole de réalisation des paramètres physico-chimiques ainsi que les méthodes d'évaluation des éléments traces métalliques.

Le chapitre III :

Traite aux résultats obtenus lors de L'étude de ces effluents. Seront présentés dans un premier temps, les résultats relatifs à la caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes des trois sites étudiés des communes Chechar et Nsigha et el Hamma. Une fois les résultats bruts donnés, des discussions et des conclusions sont tirées par comparaison des résultats obtenus à des normes nationales et universelles. Il s'occupe aussi du spectacle et l'identification de l'origine et facies chimique de l'eau usée brute.

Une synthèse sous forme de Conclusions des aspects les plus marquants de la Caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes.

Enfin, les différentes Perspectives concernant les pistes à suivre et à développer pour améliorer la compréhension des phénomènes liés à la contamination des eaux usées brutes sur les écosystèmes dans le présent et le future.

Liste des tableaux

Les tableaux	Les titres	Les pages
Tableau 01	Densité de la population par commune	27
Tableau 02	Limites de détection des ETM par la SAA	35
Tableau 03	Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR) (OMS, 2009).	51

Liste des abréviations

Ca : Calcium

CE : la Conductivité Electrique

DBO 5 : Demande Biologique en Oxygène dans 5 jours

DCO : La Demande Chimique en Oxygène

EH : Equivalent Habitant

ETM : Eléments Traces Métalliques

As: Arsenic

Sn: Etain

B: Bore

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

Cr : Chrome

Fe : Fer

Hg : Mercure

Mo : Molybdène

Mn : Manganèse

Ni : Nickel

Pb: Plomb

V: Vanadium

Zn: Zinc

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

H⁺ : Hydrogène

H₂S : Acide sulfurique

JORAD : le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique

JO : Journal Officiel

K⁺ : Le potassium

K₂O : Oxyde de potassium

MES : Matières en suspension

Mg : Magnésium

MRE : Ministère des Ressources en Eau

MVS : Matières volatiles en suspension

N : Azote

Na : Sodium

NACL : Chlorure de Sodium

NGL : Azote total

NK: Azote Kjeldahl

NH₄⁺: ammonium

NO₂⁻ : Les nitrites

NO₃⁻ : Les nitrates

OD : l'Oxygène Dissout

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ONA : Office National de l'assainissement

P : Phosphore

PH : Le potentiel hydrogène

PO₄⁻³ : l'Orthophosphate

PT : Phosphore total

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

SAA : Spectrométrie d'absorption atomique

SAR : Sodium Adsorption Ration

S₂⁻ : sulfures

STEP : Station d'épuration

T°C : la Température en Degré Celsius



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



Université Abbés Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
Département d'Ecologie et Environnement

Réf :.....

Mémoire de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique
Domaine : Science de la Nature et de la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

Caractérisation et aptitude à l'irrigation des
eaux usées de quelques agglomérations de la
willaya de Khenchela

Présenté par : Guessoum Ala Eddine.

Soutenu publiquement le : /06/2018

Devant le jury :

Président : Mme. Mezhoud A (MAA)

Encadreur : Mme. Dib D (MAA)

Examineur : Mme. Bensouici K (MAA)

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Promotion : 2018/2019



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Université Abbés Laghrour Khenchela
Faculté des Sciences de la Nature et de la vie
Département d'Ecologie et Environnement

Réf :.....

Mémoire de fin d'étude
Présenté en vue de l'obtention du diplôme de
Master Académique
Domaine : Science de la Nature et de la vie
Filière : Ecologie et environnement
Spécialité : Ecologie fondamentale et appliquée

Thème

Caractérisation et aptitude à l'irrigation des
eaux usées de quelques agglomérations de la
willaya de Khenchela

Présenté par : Guessoum Ala Eddine.

Soutenu publiquement le : /06/2018

Devant le jury :

Président : Mme. Mezhoud A (MAA)

Encadreur : Mme. Dib D (MAA)

Examineur : Mme. Bensouici K (MAA)

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Université Abbés Laghrour-Khenchela

Promotion : 2018/2019

**CONCLUSION GENERALE
ET PERSPECTIVES**

REFERENCE

Référence bibliographiques :

(A)

Ademe, 1995. Les micropolluants métalliques dans les boues résiduelles des stations d'épuration urbaines. Paris: ADEME Edition, 209p.

Annuaire statistique 2016 direction de programmation et du suivi du budget.

Asano, T, 1998. Wastewater reclamation and reuse. Water quality, management library, pp1457.

Attab Sarah, 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 à sable local. Université kasdi merbah-ouargla. pp -24.

Ayers, R.S. et Wastcot, D., 1994. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. N° 29 Rev. 1 FAO, Rome, p W 174.

(B)

Beaudy, T., & Henry, T. 1984. Chimie des eaux. Les griffons d'argiles, p. 537.

Baumont, S., et al. 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile-de-France. Rapport ORS, 220p.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2005)-Réutilisation Des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut D'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.

Bixio d, Thoeve c, t, Ravazzini a, Miska v, Muston m, Chikurel h, Aharoni a, Joksimovic d and Melin t. 2008-water. Reclamation and reuse: implementation and management issues. Desalination 218, pp. 13– 23.

Bixio D, DE Heyder B, Chikurel H, Muston M, Miska V, Joksimovic D, Schäfer A I, Ravazzini A, Aharoni A, Savic D. and Thoeve C. 2005 - Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. Wat. Sci. Tech.: Wat. Supply, 5(1), pp 77– 85.

Bontoux J, 1993. introduction à l'étude des eaux douce. Eaux naturelle, eaux usées, eaux de boisson : qualité et santé. 2eme Edition : Lavoisier techniques et documentation. Paris.163p.

(C)

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

Cshpf, 1995, « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p. http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).

(D)

- Degremont. 2005**-Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition Cinquantaire, Paris, pp 109-599.
- Des jardins R.1997** ; Le traitement des eaux.2ème Edition. Ed. Ecole polytechniques de Montréal, Canada, 303 p.
- Djeddi H, 2006.** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines ; mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en écologie et environnement. Uni. Mentouri Constantine 7 p.
- Devaux I. 1999**-Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse Doctorat « Sciences de la Vie et de la Santé », univ. Joseph Fourier, Grenoble, pp 257.
- Dugnioll, H. 1980.** L'assainissement des résiduaires domestiques, CSTC- revue n° 3- septembre. PP – 44-52.
- Dussart, B. 1992** Limnologie, l'étude des eaux continentales. Paris, Boubée, 681 p.

(E)

- Eaton A, Clesceri E, Rice.A, Greenberg, and Franson.M 2005:** Standard methods for the examination of water and wastewater: centennial edition. Washington dc: American public Health association.

(F)

- Faby J.A. 2003** : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Doc. Tech. FNDAE, Hors-série n° 11, 30 p.
- Faby J.A. Bissaud F. 1997.**, l'utilisation des épurées en irrigation. Office international de l'eau, 76 P.
- Fao. 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : manuel d'utilisation, pp 73.
- Fao 2003.** L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte. 68 p.

(G)

- Gaujous D. 1995.** La pollution des milieux aquatique, aide-mémoire, Paris.
- Guivarch, A. 2001.**Valeur fertilisante à court terme du phosphore des boues de stations d'épuration urbaines. Thèse de Doctorat, Inst. Nat. Polytech. Lorraine, 309 p.
- Glanic et Benneton J-P, 1989.** Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome –TSM- l'eau 84 année – N 11 – PP. 573-584.

(H)

Hamouda M.F.2004. Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination 165. pp. 31-41.

Hartani T. 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie
Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation : conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 Avril 2004.11p.

Hurlbut Jr, C. e. 1982. Manual de Mineralogia de Dana. Barcelona: Reverté.

(I)

(J)

Jimenez B et Asano T. 2007 - International Survey of Wastewater reclamation and reuse practice, eds. IWA Publishing.

Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.

Journal Officiel Algérienne, 2012. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41me Correspondant au 15 juillet 2012, p 27.

(K)

Karvelas, M. Katsoyiannis, A, Sammara, C., 2003 Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process. Chemosphere 53, 1201-1210.

Kemmer N, F. 1984. Manuel de l'eau Technique et Documentation (lavoisier).

Kéttab A, 2001, les ressources en eau en Algérie, stratégies, enjeux et vision, Elsevier science.

(L)

Landreau A. 1987. La réutilisation des eaux usées épurées par le sol et le sous-sol : Adéquation entre la qualité de l'eau, l'usage et la protection du milieu naturel. Séminaire sur les eaux usées et milieu récepteur, Casablanca (Maroc), 9-11 Avril. Chap. 5, pp. 1-13.

Lazarova V et Brissaud F. 2007. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.

Lazarova V. (Cirsee - Lyonnaise des Eaux) et al 1998 : « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances », n°212, pp.39-46.

(M)

Mahan, B. 1987. Quimica Curso Universitario.Fondoe Educativo Interamericano S.A.

Makhoukh M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van, M. 2011. Contribution à l'étude physico chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss, 149-169.

Medkour M., 2003. Réutilisation des eaux usées épurées. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, p12.

Medkour M. 2002. Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p11.

Ministère des Ressources en Eau, 2001. Les ressources en eau d'Algérie. Rapport de synthèse. MRE, Alger, Algérie. 73 p.

Mizi A, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

Metcalf and Eddy, 1979. Wastewater Engineering. Treatment/Disposal/Reuse (2nd Ed.).Montréal: McGraw-Hill.

Metahri M, S.2012. Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Mre. 2003. Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, Alger, Algérie. pp 11.

(N)

Nisbet, M. & Verneaux, J. 1970. Composants chimiques des eaux courantes : Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Anns. Limnol. 6(2). pp. 161190.

(O)

Office national d'assainissement de Saida., 2012. Document de synthèse préparé par l'ONA de Saida concernant la réutilisation des eaux usées épurées, 21.

Oms. 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques n° 778. OMS. Genève.

(P)

Peirce, J.J., Vesilind, P.A. and Weiner, R.F.1997. Environmental Pollution and Control, 4th ed. Elsevier Science & Technology Books, 379 p.

Philippe Behra, 2013. Chimie et environnement Dunod, paris, 2013. 96p-97p.

Potelon J.L.1998.le guide des analyses de l'eau potable, univ de l'isère.Ed.la lettre du cadre territorial.81-85p.

(Q)

(R)

Ratel C., Nejjar, A. et Bentaleb, M. 1986. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation au Maroc : Cas de la ville de Marrakech. Séminaire sur les technologies appropriées pour l'eau et l'assainissement en zones arides, Rabat (Maroc), 24-28 Novembre. pp. 31-44

Renaud et al, 1997. « Wastewater reuse »; « International Report - 21st World Congress », Madrid, Espagne.

Rodert, Thomazeau, 1981. Station d'épuration, eaux potable-Eaux usées, Edition technique et documentation, paris.

Rodier, J, 2009. L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod, Paris, 2009, 995-997p.

Rodier, j. Bazin, c. Broutin, j.p. 2005 : chambon p., Champsaur, h. Et rodi, l. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed Dunod, Paris.

Rodier, J. 1996. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris. 1384 p.

(S)

Saghir, J., Schiffer, M. and Woldu, M. 2000. Urban water and sanitation in the Middle East and North Africa: the way forward. The world Bank, MENA Infrastructure Development Group, 24 p.

Suschka Ferreira E.1986. Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, 137-144p.

(T)

Tamrabet, L., D., Golea, H., Bouzerzour 2002. La réutilisation des eaux usées en agriculture : insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp.295-302.

Taradat M H, 1992, Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile Inc., canada 537 p.

Tecsult, 2007. Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur le territoire national, synthèse globale, MRE-DAPE.

(U)

(V)

Vilain, M. 1989. La production végétale. Vol. 2 : La maîtrise technique de la production. Ed. Lavoisier, Paris (France).

(X)

(W)

Wright, R.R. and Missimer, T.M. 1995: « Reuse: the experience 1 trend direction. » Int. Desalination et Water Reuse.

(Z)

Zeghdani Z, et al. 2016. Aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation, Université Abbès Laghrour Khenchela. pp- 42.

Référence webographique :

- Source <http://fr.db-city.com/> 2018.

Remerciement

Nous remercions le bon Dieu tout puissant de nous avoir accordé volonté et patience dans l'accomplissement de ce travail. Après : Nos remerciements vont à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail en particulier : Mme Dib . D, pour avoir accepté de nous encadrer et de nous diriger, qu'elle trouve ici l'expression de notre profonde gratitude. A Mme. Mezhoud. A pour l'honneur qu'elle nous a fait en présidant le jury de notre mémoire

A Mme bensouici.k. Pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.
Merci à tous et à toutes.

Résumé

Les problèmes de pénurie et de dégradation de l'eau ont suscité un intérêt accru pour la réutilisation des eaux usées traitées et non traitées dans de nombreux pays du monde. L'objectif de cette étude est d'évaluer les risques environnementaux des eaux usées brutes en connaissant les propriétés physiques et chimiques de l'eau utilisée pour l'irrigation sans traitement. Les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux usées brutes de 3 points de rejets qui représentent les communes Chechar, Nsigha et El Hamma ont montré des teneurs significativement élevées par rapport aux normes Algériennes et internationales. Les valeurs enregistrées de la conductivité électrique se situent entre 750 et 2250 micro-Siemens par centimètre ce qui permet de les classer sous la catégorie d'eaux fortement minéralisées non convenables à l'irrigation. Le calcul des rapports DCO/DBO₅ et DBO₅/DCO révèle l'origine domestique de ces effluents et leur biodégradabilité.

Le pouvoir alcalinisant étant faible et le risque sur les propriétés physiques du sol sont faibles. En revanche, Les risques que présente ces effluents rejetées sans traitement pour l'environnement est accentué par la présence d'éléments traces métalliques dont les teneurs dépassent largement les normes.

Mots clés : Risque, Chechar, Nsigha, El Hamma, eaux usées, DBO₅, DCO, Eléments traces métalliques.

ملخص

أدت مشاكل ندرة المياه وتدهورها إلى زيادة الاهتمام بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وغير المعالجة في العديد من البلدان حول العالم. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم المخاطر البيئية لمياه الصرف الصحي الخام عن طريق معرفة الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المستخدمة للري دون معالجة. أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لمياه الصرف الصحي الخام من 3 نقاط والتي تمثل البلديات التالية: ششار وأنسيغة والحامة مستويات أعلى بكثير مقارنة بالمعايير الجزائرية والدولية. تتراوح القيم المسجلة للموصلية الكهربائية بين 750 و 2250 ميكرو سيمنس على السنتيمتر مما يجعل من الممكن تصنيفها تحت فئة المياه المعدنية القوية غير المناسبة للري. يكشف حساب نسب و DCO/DBO_5 et DBO_5/DCO عن أصل هذه النفايات السائلة وقابليتها للتحلل البيولوجي.

تكون الطاقة القلوية منخفضة والمخاطر على الخواص الفيزيائية للتربة منخفضة. من ناحية أخرى، فإن المخاطر التي تطرحها هذه النفايات السائلة التي يتم تصريفها بدون معالجة للبيئة يزيد من وجود العناصر المعدنية الثقيلة التي تتجاوز محتوياتها المعايير.

الكلمات المفتاحية: المخاطر، ششار وأنسيغة والحامة، مياه الصرف الصحي، DBO_5/DCO ، العناصر المعدنية الثقيلة.

Summary

Problems of water scarcity and degradation have led to increased interest in the reuse of treated and untreated wastewater in many countries around the world. The objective of this study is to evaluate the environmental risks of raw wastewater by knowing the physical and chemical properties of the waters used for irrigation without treatment. The results of the physicochemical analysis of the raw wastewater of 3 points that represent the Chechar, Nsigha and El Hamma cities showed significantly higher levels compared to Algerian and international standards. The recorded values of the electrical conductivity are between 750 and 2250 micro-Siemens per centimeter which makes it possible to classify them under the category of strongly mineralized waters not suitable for irrigation. The calculation of the COD / BOD5 and BOD5 / COD ratios reveals the domestic origin of these effluents and their biodegradability.

The alkalizing power is low and the risks on the physical properties of the soil are low. On the other hand, the risks presented by these effluents discharged without treatment for the environment are accentuated by the presence of metallic trace elements whose contents exceed the standards.

Key words: Risk, Chechar, Nsigha, El Hamma, wastewater, BOD5, COD, metallic Trace elements.

Tableau des matières

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
RESUME	
LISTE DES ABREVIATION	
TABLEAU DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
TABLEAU DES PHOTOS	
Introduction.....	01
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX USEES	
1. Définition de la pollution de l'eau	05
2. Origine des eaux usées	05
2.1. Les eaux usées domestiques.....	05
2.2. Les eaux usées industrielles.....	05
2.3. Les eaux usées agricoles.....	06
2.4. Les eaux pluviales	06
3. Les paramètres indicateurs de la qualité des eaux usées	07
3.1. Les propriétés organoleptiques.....	07
a) la couleur	07
b) Odeur.....	07
3.2. Les propriétés électrochimiques.....	07
3.2.1. Le pH	07
3.2.2. La Température.....	08
3.2.3. La Conductivité.....	08
3.2.4. La Salinité.....	08
3.2.5. La Turbidité.....	08
3.2.6. Le Potentiel d'oxydoréduction.....	09
4. Les paramètres physico-chimiques	09
4.1. La demande biochimique en oxygène (DBO₅).....	09
4.2. La demande chimique en oxygène (DCO).....	09

4.3. L'oxygène dissout.....	10
4.4. Les matières en suspension (MES).....	10
4.5. Les matières volatiles en suspension (MVS).....	10
4.6. Eléments traces métalliques (ETM)	10
4.7. Les micropolluants organiques et inorganiques	11
4.8. Les substances nutritives.....	12
A- Azote.....	13
A.1- Azote Kjeldahl.....	14
A.2- Azote minéral ou inorganique	14
A.3 Azote total et organique.....	14
B. Phosphore	15
C. Le potassium (K ⁺).....	15
D. Chlorure et sodium.....	16
5. La réutilisation des eaux usées.....	16
5.1. La réutilisation des eaux usées dans le monde.....	16
5.2. Les modes de réutilisation des eaux usées.....	17
a) Réutilisation agricole.....	18
❖ Les risques liés à la réutilisation agricole.....	18
b) Secteur industriel.....	19
❖ Les risques liés à la réutilisation industrielle.....	19
c) Le secteur urbain et périurbain	20
c.1) réutilisation pour usage non-alimentaire.....	20
c.2) Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable).....	20
c.3) La recharge des nappes.....	21
6. Les eaux usées en Algérie.....	21
6.1. Situation actuelle des ressources en eau	22
6.2. Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées	22
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	

I. Cadre général.....	25
I.1.La commune d'Ensigna.....	25
I.2.La commune d'El Hamma.....	25
I.3. La commune de Chechar.....	27
II. Prélèvements et conservation.....	27
II.1. Les points de prélèvement.....	27
A. Le point(1).....	27
B. Le Point (2).....	28
C. Le Point (3).....	29
II.2. Conservation.....	30
III. Analyses physico-chimique.....	30
III.1. Electrochimie.....	31
III.2. Les matières en suspension (MES).....	31
III.3. La DBO₅	32
III.4. La DCO.....	32
III.5. Les Nitrates.....	33
III.6. Les nitrites.....	33
III.7. Les orthophosphates	34
III.8. Les éléments traces métalliques.....	35
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	
I. Les caractéristiques globales des eaux usées brutes	37
I.1. Les caractéristiques organoleptiques.....	37
I.1.1. Couleur.....	37
I.1.2. L'odeur.....	37
I.2. Les caractéristiques physico-chimiques.....	37
I.2.1. La Température.....	37
I.2.2. Le pH.....	37
I.2.3. La Conductivités électrique.....	38
I.2.4. Oxygène dissous.....	38
I.3. Biodégradabilité et origine des eaux prélevées.....	39
I.4. Les Matières en suspension.....	40
I.5. L'azote.....	42

I.5.1. L'Azote ammoniacal.....	42
I.5.2. Nitrate.....	42
I.5.3. Nitrite.....	43
I.6. Phosphore total.....	43
I.7. Eléments traces métalliques.....	44
I.7.1. Le Zinc	44
I.7.2. Le plomb	44
I.7.3. Le cadmium.....	45
I.7.4. Le chrome	45
I.7.5. Le cuivre	45
I.7.6. Nickel	46
II. Identification des facies chimiques des eaux usées brutes.....	47
III. Aptitude des eaux usées brutes à l'irrigation.....	48
Conclusion.....	
Référence bibliographique.....	
Annexe	

Tableau des photos

les photos	Les Titres	Les pages
Photo 01	Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.	28
Photo 02	Prelevement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.	29
Photo 03	Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de Tajmouth dans la commune de Chechar.	30
Photo 04	Multi paramètre (HI99300)	31
Photo 05	La mesure de DBO ₅ dans une armoire thermorégulatrice	32
Photo 06	Réacteur DCO mètre	33
Photo 07	Différentes solutions pour la mesure des nitrates.	34
Photo 08	Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcule des teneurs en nitrites.	34

Tableau des photos

les photos	Les Titres	Les pages
Photo 01	Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.	28
Photo 02	Prelevement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.	29
Photo 03	Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de Tajmouth dans la commune de Chechar.	30
Photo 04	Multi paramètre (HI99300)	31
Photo 05	La mesure de DBO ₅ dans une armoire thermorégulatrice	32
Photo 06	Réacteur DCO mètre	33
Photo 07	Différentes solutions pour la mesure des nitrates.	34
Photo 08	Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcule des teneurs en nitrites.	34

Tableau des photos

les photos	Les Titres	Les pages
Photo 01	Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.	28
Photo 02	Prelevement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.	29
Photo 03	Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de Tajmouth dans la commune de Chechar.	30
Photo 04	Multi paramètre (HI99300)	31
Photo 05	La mesure de DBO ₅ dans une armoire thermorégulatrice	32
Photo 06	Réacteur DCO mètre	33
Photo 07	Différentes solutions pour la mesure des nitrates.	34
Photo 08	Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcule des teneurs en nitrites.	34

Liste des tableaux

Les tableaux	Les titres	Les pages
Tableau 01	Densité de la population par commune	27
Tableau 02	Limites de détection des ETM par la SAA	35
Tableau 03	Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR) (OMS, 2009).	51

Tableau des photos

les photos	Les Titres	Les pages
Photo 01	Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.	28
Photo 02	Prelevement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.	29
Photo 03	Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de Tajmouth dans la commune de Chechar.	30
Photo 04	Multi paramètre (HI99300)	31
Photo 05	La mesure de DBO ₅ dans une armoire thermorégulatrice	32
Photo 06	Réacteur DCO mètre	33
Photo 07	Différentes solutions pour la mesure des nitrates.	34
Photo 08	Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcule des teneurs en nitrites.	34

Liste des abréviations

Ca : Calcium

CE : la Conductivité Electrique

DBO 5 : Demande Biologique en Oxygène dans 5 jours

DCO : La Demande Chimique en Oxygène

EH : Equivalent Habitant

ETM : Eléments Traces Métalliques

As: Arsenic

Sn: Etain

B: Bore

Cd : Cadmium

Cu : Cuivre

Cr : Chrome

Fe : Fer

Hg : Mercure

Mo : Molybdène

Mn : Manganèse

Ni : Nickel

Pb: Plomb

V: Vanadium

Zn: Zinc

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations (L'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture)

H⁺ : Hydrogène

H₂S : Acide sulfurique

JORAD : le Journal Officiel de la République Algérienne Démocratique

JO : Journal Officiel

K⁺ : Le potassium

K₂O : Oxyde de potassium

MES : Matières en suspension

Mg : Magnésium

MRE : Ministère des Ressources en Eau

MVS : Matières volatiles en suspension

N : Azote

Na : Sodium

NaCl : Chlorure de Sodium

NGL : Azote total

NK: Azote Kjeldahl

NH₄⁺: ammonium

NO₂⁻ : Les nitrites

NO₃⁻ : Les nitrates

OD : l'Oxygène Dissout

OMS : Organisation mondiale de la Santé

ONA : Office National de l'assainissement

P : Phosphore

PH : Le potentiel hydrogène

PO₄⁻³ : l'Orthophosphate

PT : Phosphore total

REUE : Réutilisation des eaux usées épurées

SAA : Spectrométrie d'absorption atomique

SAR : Sodium Adsorption Ration

S₂⁻ : sulfures

STEP : Station d'épuration

T°C : la Température en Degré Celsius

Tableau des matières

REMERCIEMENT	
DEDICACE	
RESUME	
LISTE DES ABREVIATION	
TABLEAU DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
TABLEAU DES PHOTOS	
Introduction.....	01
CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX USEES	
1. Définition de la pollution de l'eau	05
2. Origine des eaux usées	05
2.1. Les eaux usées domestiques.....	05
2.2. Les eaux usées industrielles.....	05
2.3. Les eaux usées agricoles.....	06
2.4. Les eaux pluviales	06
3. Les paramètres indicateurs de la qualité des eaux usées	07
3.1. Les propriétés organoleptiques.....	07
a) la couleur	07
b) Odeur.....	07
3.2. Les propriétés électrochimiques.....	07
3.2.1. Le pH	07
3.2.2. La Température.....	08
3.2.3. La Conductivité.....	08
3.2.4. La Salinité.....	08
3.2.5. La Turbidité.....	08
3.2.6. Le Potentiel d'oxydoréduction.....	09
4. Les paramètres physico-chimiques	09
4.1. La demande biochimique en oxygène (DBO₅).....	09
4.2. La demande chimique en oxygène (DCO).....	09

4.3. L'oxygène dissout.....	10
4.4. Les matières en suspension (MES).....	10
4.5. Les matières volatiles en suspension (MVS).....	10
4.6. Eléments traces métalliques (ETM)	10
4.7. Les micropolluants organiques et inorganiques	11
4.8. Les substances nutritives.....	12
A- Azote.....	13
A.1- Azote Kjeldahl.....	14
A.2- Azote minéral ou inorganique	14
A.3 Azote total et organique.....	14
B. Phosphore	15
C. Le potassium (K ⁺).....	15
D. Chlorure et sodium.....	16
5. La réutilisation des eaux usées.....	16
5.1. La réutilisation des eaux usées dans le monde.....	16
5.2. Les modes de réutilisation des eaux usées.....	17
a) Réutilisation agricole.....	18
❖ Les risques liés à la réutilisation agricole.....	18
b) Secteur industriel.....	19
❖ Les risques liés à la réutilisation industrielle.....	19
c) Le secteur urbain et périurbain	20
c.1) réutilisation pour usage non-alimentaire.....	20
c.2) Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable).....	20
c.3) La recharge des nappes.....	21
6. Les eaux usées en Algérie.....	21
6.1. Situation actuelle des ressources en eau	22
6.2. Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées	22
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	

I. Cadre général.....	25
I.1.La commune d'Ensigna.....	25
I.2.La commune d'El Hamma.....	25
I.3. La commune de Chechar.....	27
II. Prélèvements et conservation.....	27
II.1. Les points de prélèvement.....	27
A. Le point(1).....	27
B. Le Point (2).....	28
C. Le Point (3).....	29
II.2. Conservation.....	30
III. Analyses physico-chimique.....	30
III.1. Electrochimie.....	31
III.2. Les matières en suspension (MES).....	31
III.3. La DBO₅	32
III.4. La DCO.....	32
III.5. Les Nitrates.....	33
III.6. Les nitrites.....	33
III.7. Les orthophosphates	34
III.8. Les éléments traces métalliques.....	35
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	
I. Les caractéristiques globales des eaux usées brutes	37
I.1. Les caractéristiques organoleptiques.....	37
I.1.1. Couleur.....	37
I.1.2. L'odeur.....	37
I.2. Les caractéristiques physico-chimiques.....	37
I.2.1. La Température.....	37
I.2.2. Le pH.....	37
I.2.3. La Conductivités électrique.....	38
I.2.4. Oxygène dissous.....	38
I.3. Biodégradabilité et origine des eaux prélevées.....	39
I.4. Les Matières en suspension.....	40
I.5. L'azote.....	42

I.5.1. L'Azote ammoniacal.....	42
I.5.2. Nitrate.....	42
I.5.3. Nitrite.....	43
I.6. Phosphore total.....	43
I.7. Eléments traces métalliques.....	44
I.7.1. Le Zinc	44
I.7.2. Le plomb	44
I.7.3. Le cadmium.....	45
I.7.4. Le chrome	45
I.7.5. Le cuivre	45
I.7.6. Nickel	46
II. Identification des facies chimiques des eaux usées brutes.....	47
III. Aptitude des eaux usées brutes à l'irrigation.....	48
Conclusion.....	
Référence bibliographique.....	
Annexe	

Introduction

L'Algérie est un pays au climat essentiellement aride à semi-aride, où les précipitations sont faibles et irrégulières, et les ressources en eau sont très limitées. La croissance démographique, la fréquence d'apparition des épisodes de sécheresse, la croissance économique ont entraîné l'augmentation des besoins en eau et une pression accrue sur les ressources en eau conventionnelles (**MRE, 2001**).

Selon les normes mondiales, où le seuil critique de rareté de l'eau se situe à 1000 m³/an/habitant, l'Algérie est un pays pauvre en eau (**Saghir et al, 2000 ; Tamrabet et al. 2002a**). Cette situation est à l'origine de la recherche d'autres ressources non conventionnelles comme les eaux usées traitées.

La réutilisation des eaux usées épurées est pratiquée essentiellement par les agriculteurs, soit directement (13%) à partir des stations d'épuration ou indirectement (87%) à partir des oueds alimentant les barrages (**Lehtihet, 2005**). Selon Hartani (1998), 8% des terres irriguées reçoivent des eaux usées non traitées. Diverses cultures sont concernées par cette réutilisation : cultures fourragères, maraîchères, céréales et arboriculture. L'irrigation des cultures maraîchères à l'eau usée brute est interdite en Algérie. Cependant, on constate que l'interdiction n'est pas respectée, la pratique d'irrigation n'est pas faite dans des conditions convenables ; soumettant ainsi le consommateur des produits agricoles et l'agriculteur à des risques de contaminations chimiques et microbiologiques considérables (**Medkour, 2002 ; Lehtihet, 2005**).

Les effluents urbains sont riches en microorganismes pathogènes qui peuvent facilement nuire à la santé publique. En plus des éléments nutritifs favorables aux plantes, les eaux usées véhiculent également des éléments nocifs qui peuvent engendrer la baisse des rendements et de la qualité des produits. Ces éléments s'accumulent excessivement dans le sol, chargent les eaux de surface et souterraines provoquant la dégradation de leur qualité. Une fois traitée, la réutilisation de l'eau usée devient un instrument de préservation de la ressource et un moyen de réduction de la pollution résiduelle engendrée par les activités d'assainissement (**OMS, 1989**).

La politique environnementale du monde et le développement durable implique pour l'homme une maîtrise de ses rejets domestiques et urbains. En général, ces rejets sont identifiables mais lorsqu'ils se trouvent dans la nature sans traitement préalable, des accidents

peuvent causer des pollutions aiguës entraînant une perturbation des conditions de vie de la flore et de la faune et compromettant l'utilisation de l'eau et l'équilibre du milieu récepteur.

La politique de valorisation des eaux usées est nécessaire d'autant plus que celles-ci une fois traitées, pourraient constituer une source non négligeable pouvant participer à la réduction du déficit du bilan hydrique par sa valorisation en secteur agricole par le rejet dans la nature sans effet nocif sur les sols, les plants et l'être humain donc sur l'environnement.

Cette réutilisation n'est pas banale. En effet, ces eaux véhiculent des pollutions qui posent des problèmes de santé publique, de conservation des sols et de protection de l'environnement, qui ne doivent être ni exagérés ni sous-estimés.

C'est dans ce contexte de valorisation de cette ressource hydrique non négligeable que l'objectif de ce projet s'est inscrit axé essentiellement sur l'impact de la réutilisation des eaux usées bruts en agriculture et connaître les propriétés physiques et chimiques des eaux usées brutes, , En l'absence des stations d'épurations dans les trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma. L'étude porte sur la caractérisation des eaux usées bruts des effluents des trois sites et s'articule sur trois chapitres :

Le chapitre I :

Est une revue de la littérature sur la problématique du thème traité. Il s'agit d'une synthèse de connaissances sur les expériences de la réutilisation agricole des eaux usées bruts et épurées dans le monde et en Algérie, qui vise à donner un rappel sur les eaux usées, leurs origines et caractéristiques ainsi qu'un aperçu sur la situation de réutilisation des eaux usées en l'Algérie. Il décrit ensuite les caractéristiques physico-chimiques des effluents urbains bruts des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

Le chapitre II :

Décrit la zone d'étude en donnant un aperçu sur la situation géographique et climatologique. Cette description permet de comprendre la planification des campagnes de prélèvements et de justifier le choix de ces zones. Elle expose ensuite l'intégralité des méthodes et techniques utilisées au cours de cette étude, de l'échantillonnage à l'analyse pour atteindre les objectifs visés : préparation du matériel d'échantillonnage, les mesures au laboratoire, le

protocole de réalisation des paramètres physico-chimiques ainsi que les méthodes d'évaluation des éléments traces métalliques.

Le chapitre III :

Traite aux résultats obtenus lors de L'étude de ces effluents. Seront présentés dans un premier temps, les résultats relatifs à la caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes des trois sites étudiés des communes Chechar et Nsigha et el Hamma. Une fois les résultats bruts donnés, des discussions et des conclusions sont tirées par comparaison des résultats obtenus à des normes nationales et universelles. Il s'occupe aussi du spectacle et l'identification de l'origine et facies chimique de l'eau usée brute.

Une synthèse sous forme de Conclusions des aspects les plus marquants de la Caractérisation physico-chimique des eaux usées brutes.

Enfin, les différentes Perspectives concernant les pistes à suivre et à développer pour améliorer la compréhension des phénomènes liés à la contamination des eaux usées brutes sur les écosystèmes dans le présent et le future.

**CHAPITRE I : GENERALITES
SUR LES EAUX USEES**

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES EAUX USEES

1. Définition de la pollution de l'eau

« La pollution de l'eau se définit comme une modification défavorable ou nocive des propriétés physico-chimiques et biologiques, produite directement ou indirectement par les activités humaines, les rendant impropres à l'utilisation normale ».

Les eaux usées sont toutes les eaux des activités domestiques, agricoles et industrielles chargées en substances toxiques qui parviennent dans les canalisations d'assainissement. Les eaux usées englobent également les eaux de pluies et leur charge polluante, elles engendrent au milieu récepteur toutes sortes de pollution et de nuisance (**Dugniolle, 1980 ; Glanic et Benetton, 1989**).

2. Origine des eaux usées

Suivant l'origine et la qualité des substances polluantes, on distingue quatre catégories d'eaux usées :

2.1. Les eaux usées domestiques

Les eaux usées domestiques comprennent les eaux ménagères (eaux de toilette, de lessive, de cuisine) et les eaux vannes (urines et matières fécales), dans le système dit « tout -à- l'égout » (**Baumont et al. 2004**). Elles contiennent des matières minérales et des matières organiques. Les matières minérales (chlorures, phosphates, sulfates, etc.) et les matières organiques constituées de composés ternaires, tels que les sucres et les graisses (formés de carbone, oxygène et hydrogène), mais aussi d'azote et, dans certains cas, d'autres corps tels que le soufre, le phosphore, le fer, etc.), (**Vaillant, 1974**).

2.2. Les eaux usées industrielles

Elles sont très différentes des eaux domestiques. Leurs caractéristiques varient d'une industrie à l'autre. En plus des matières organiques, azotées ou phosphorées, elles sont chargées de différentes substances chimiques organiques et métalliques.

Selon leur origine industrielle elles peuvent également contenir :

- des graisses (industries agroalimentaires, équarrissages) ;
- des hydrocarbures (raffineries) ;
- des métaux (traitement de surface, métallurgies) ;

- des acides, des bases et divers produits chimiques (industries chimiques diverses, tanneries) ;
- de l'eau chaude (circuit de refroidissement des centrales thermiques) ;
- des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

Avant d'être rejetées dans les réseaux de collecte, les eaux usées industrielles doivent faire l'objet d'un traitement. Elles ne sont mélangées aux eaux domestiques que lorsqu'elles ne présentent plus de danger pour les réseaux de collecte et ne perturbent pas le fonctionnement des stations d'épurations. (Metahri, 2012)

2.3. Les eaux usées agricoles

Regroupent les eaux provenant de drainage ou d'animaux élevés entraînant une charge polluante. Parmi ces eaux, il faut distinguer :

- ❖ **Les eaux brunes** : eaux issues des aires non couvertes de parcours ou d'attente des animaux, souillées régulièrement par ces animaux.
- ❖ **Les eaux de cours** : eaux issues des aires en dur, souillées occasionnellement par les animaux lors de leur passage et par les engins agricoles lors de leur manœuvre, à l'exclusion de toute aire de stockage proprement dite.
- ❖ **Les eaux vertes** : eaux de lavage des sols de salles de traitement.
- ❖ **Les eaux blanches** : eaux usées issues de lavage des installations de traitement.

Ces eaux font l'objet d'un traitement particulier, et ne peuvent en aucun cas se retrouver à l'égout. Une exception existe toutefois pour les eaux blanches qui peuvent, exceptionnellement agréées. (Des jardins, 1997).

2.4. Les eaux pluviales

Les eaux de pluie ruissellent dans les rues où sont accumulées polluant atmosphériques, poussières, détritiques, suies de combustion et hydrocarbures rejetés par les véhicules. Les eaux de pluies, collectées normalement à la fois avec les eaux usées puis déversées dans la canalisation d'assainissement et acheminée vers la station d'épuration, sont souvent drainées directement dans les rivières entraînant ainsi une pollution intense du milieu aquatique. (Metahri, 2012).

3. Les paramètres indicateurs de la qualité des eaux usées

3.1. Les propriétés organoleptiques

a) la couleur

La couleur des eaux résiduaires industrielles est en général grise, signe de présence de matières organiques dissoutes, de MES, du fer ferrique précipité à l'état d'hydroxyde, du fer ferreux lié à des complexes organiques et de divers colloïdes (Mizi A, 2006).

b) Odeur

Les eaux résiduaires industrielles se caractérisent par une odeur intense. Toute odeur est liée à une pollution qui est due à la présence de matières organiques en décomposition (Mizi A, 2006).

3.2. Les propriétés électrochimiques

3.2.1. Le pH

Il indique la concentration en ions H^+ présentés dans l'eau. Dans le domaine de l'eau, le pH joue un rôle primordial à la fois :

- Dans les propriétés physico-chimique (acidité, agressivité).
- Dans les processus biologique dont certains exige des limites très étroites de pH. L'épuration biologique, est le résultat d'une activité microbienne aérobie et anaérobie qui demande une ambiance équilibrée chimiquement. Les bactéries tolèrent une gamme de pH allant de 5 à 6 avec un optimum de 6 à 8.
- Dans l'efficacité de certains procédés de traitement (tel que la précipitation et autres).

Le pH peut être directement relié à la nature des substrats traversés, inférieur à 7 dans les régions granitiques, il dépasse cette valeur dans les régions calcaires.

Une activité d'une photosynthèse intense peut se traduire passagèrement par une élévation de pH jusqu'à 9 ou 10. C'est fréquemment le cas dans les eaux closes ou très lentes (étangs, canaux), au

niveau des quelles se développent un abondant phytoplancton et d'important herbiers (**Rodier, 1996**).

3.2.2. La Température

La température des eaux usées est généralement supérieure à celle des eaux d'alimentation, du fait de l'apport de chaleur par les utilisations domestique et industrielles. la chaleur spécifique de l'eau étant bien plus élevée que celle de l'air. Les températures des eaux usées sont, la majeure partie de l'année, supérieures à celle de l'air, sauf pendant les moins chauds de l'été. Selon la localisation géographique, les températures moyennes annuelles des eaux usées peuvent varier entre 10 à 20 °C environ (**Behra, 2013**).

3.2.3. La Conductivité

La conductivité d'une eau est la conductance d'une colonne d'eau comprise entre deux électrodes métalliques de 1cm² de surface et séparées l'une de l'autre de 1cm. elle s'exprime en siemens par mètre (S/m), ou plus souvent en micro siemens par centimètre (µS/cm). C'est un paramètre global mesuré simplement avec une sonde conductimétrique. il fournit une indication sur la concentration totale en sels dissous. Par comparaison avec la conductivité de l'eau potable. il est ainsi possible de juger rapidement si des apports importants, en particulier industriels ou de l'eau de pluie, ont lieu dans le réseau d'assainissement (**Philippe Behra, 2013**).

3.2.4. La Salinité

Le taux de salinité des eaux usées domestiques est lié essentiellement à la minéralisation de l'eau du réseau ; l'activité industrielle provoque au contraire très souvent une forte teneur en sels dissous des eaux du réseau.

La minéralisation de l'eau entraîne selon les cas (variable selon la nature des sels présent) une accélération de la corrosion. Comme elle encourage des espèces et élimine d'autres. (**Potelon, 1998**).

3.2.5. La Turbidité

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. Elle traduit la présence des particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles,

organismes microscopiques ...). Cependant une turbidité forte peut permettre à des microorganismes de se fixer sur des particules en suspension. Ce paramètre se mesure sur le terrain à l'aide d'un turbidimètre (**Bontoux, 1993**).

3.2.6. Le Potentiel d'oxydo-réduction

Le potentiel d'oxydoréduction, appelé également potentiel « redox », peut renseigner sur l'Etat des eaux usées par rapport à la présence d'oxygène (aérobie, anoxie, anaérobie) et leur degré de septicité. Ce potentiel est mesuré par un couple d'électrodes constitué d'une électrode inattaquable (platine, or) et d'une électrode de référence, généralement une électrode au calomel saturé de KCl. Le potentiel mesuré par rapport à l'électrode au calomel doit ensuite être rapporté à celui de l'électrode à hydrogène. Les eaux usées fraîches ont un potentiel d'oxydoréduction de l'ordre de 100 à 150 mV. Un potentiel inférieur ou négatif caractérise un milieu réducteur (eaux septiques, fermentations putrides, présence de réducteur chimiques). Un potentiel supérieur à 300 Mv révèle un milieu oxydant anormal. La septicité de l'effluent conduit à la formation de sulfures (S^{2-}) et provoque le dégagement d'hydrogène sulfuré (H_2S). (**Behra, 2013**).

4. Les paramètres physico-chimiques

4.1. La demande biochimique en oxygène (DBO_5)

La DBO_5 exprime la quantité d'oxygène consommée par les bactéries, à 20°C et à l'obscurité pendant 5 jours d'incubation d'un échantillon préalablementensemencé, temps qui assure l'oxydation par voie aérobie. Pour la mesure, on prend comme référence la quantité d'oxygène consommée au bout de 5 jours ; c'est la DBO_5 (**Ferreira, 1986**).

4.2. La demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène est la quantité d'oxygène consommée par les matières existantes dans l'eau est la quantité d'oxygène dans des conditions opératoires bien définies (**Rodier, 1996**). Elle est d'autant plus élevée qu'il y'a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables. La DCO est mesuré en $mg\ d'O_2/l$. (**Taradat, 1992**).

✓ $DCO = 1.5\ à\ 2\ fois\ DBO$ pour les eaux usées urbaines ;

- ✓ DCO = 1 à 10 fois DBO pour l'ensemble des eaux résiduaires ;
- ✓ DCO > 2.5 fois DBO pour les eaux usées industrielles, **(Ferreira, 1986)**.

4.3. L'oxygène dissout

L'oxygène dissout est important pour la respiration des micro-organismes aérobies ainsi que pour toute autre espèce vivante aérobique. La quantité capable d'être dissoute est fonction de la solubilité du gaz, de la pression partielle du gaz dans l'atmosphère, de la température et de la pureté de l'eau, c'est-à-dire la concentration des solides suspendus, la salinité, etc. **(Metcalf et Eddy, 1979)**.

4.4. Les matières en suspension (MES)

Elles représentent, la fraction constituée par l'ensemble des particules, organique ou minérales, non dissoutes de la pollution. Elles constituent un paramètre important qui marque bien le degré de pollution d'un effluent urbain ou même industriel. **(Metahri, 2012)**.

Les MES s'expriment par la relation suivante :

$$\text{MES} = 30\% \text{ MMS} + 70\% \text{ MVS}$$

4.5. Les matières volatiles en suspension (MVS)

Elles sont recueillies soit par filtration, soit par centrifugation. Séchées à 105 °C, puis pesées, ce qui fournit la teneur en MES (g/l). Elles sont ensuite chauffées à 500-600°C, les matières volatiles disparaissent, et la perte de poids est attribuée aux MVS (g ou mg/l). **(Rodert et Thomazeau, 1981)**.

4.6. Eléments traces métalliques (ETM)

On parle d'éléments traces lorsque la teneur d'un élément dans la croûte terrestre est inférieure à un pour mille. Cette notion est à distinguer de celle de micro-élément qui caractérise un élément dont la concentration moyenne dans les organismes vivants est inférieure à 100 mg/kg de matière sèche. Ainsi, certains éléments majeurs vis-à-vis de la croûte terrestre se comportent comme des microéléments vis-à-vis des êtres vivants (ex : fer, manganèse) **(Ademe, 1995)**.

Les ETM (également dénommés éléments traces minéraux) regroupent donc :

-des oligoéléments (métaux ou non) indispensable à faible doses aux organismes vivants : cuivre (Cu), zinc (Zn), bore (B), manganèse (Mn), fer (Fe), Nickel (Ni), vanadium(V), molybdène(Mo), chrome (Cr), étain (Sn), arsenic (As)...

-des métaux lourds pour lequel n'a pas été identifié de rôle positif pour l'activité biologique : le mercure (Hg), le plomb (Pb) et le cadmium (Cd).

Beaucoup des métaux comme le cadmium, le chrome, le cuivre, le fer, le manganèse, le mercure, le Nickel et le zinc sont présents naturellement à l'état de traces dans les eaux. La plupart de ces éléments (cadmium, plomb, mercure, Nickel) sont classés comme substance polluantes prioritaires dans la directive cadre sur l'eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000. Mais la majorité d'entre eux constitue également des éléments essentiels pour la croissance biologique et l'absence de quantité suffisante peut limiter la croissance de certains organismes, comme les algues. A l'inverse en quantité excessive et selon, les formes chimiques sous lesquelles ils se trouvent, leur toxicité peut poser des problèmes sanitaires et limiter les usages de la ressource en eau. Il est donc nécessaire de mesurer et contrôler les concentrations de ces substances.

Les eaux usées urbaine contiennent des micropolluants métalliques dans les concentrations très supérieures à celles habituellement rencontrées dans les eaux claires (eau potable, eaux souterraines, de surface). Ils proviennent à la fois d'une utilisation domestique et d'un apport du au lessivage de surfaces imperméabilisées, exposées à la pollution atmosphérique, par les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux de lavage) (**Ademe, 1995 ; Karvelas et al. 2003**).

4.7. Les micropolluants organiques et inorganiques

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.

Les micropolluants d'origine organique sont extrêmement nombreux et variés, ce qui rend difficile l'appréciation de leur dangerosité. Ils proviennent de l'utilisation domestique de

détergents, pesticides, solvants, et également des eaux pluviales : eaux de ruissellement sur les terres agricoles, sur le réseau routier, etc.

Ils peuvent aussi provenir de rejets industriels quand ceux-ci sont dans les égouts même des traitements de désinfections des effluents par le chlore (halo formes) (**Xanthoulis, 1993, in Djeddi 2006**).

Les principales familles de la chimie organique de synthèse sont représentées par : les HAP, chlorophénols, phtalates... 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.

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. (**Baumont et al., 2004**).

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, 1997**).

Les pesticides sont les éléments traces les plus surveillés, et étude d'impact et de métabolisme est obligatoire avant leur mise sur le marché. Par contre, le danger représenté par tous les autres polluants organiques est encore mal apprécié actuellement. Les contrôles de routine ne permettent pas de repérer toutes les toxines.

Par ailleurs, on ne connaît rien de la toxicité des mélanges complexe qui peuvent se former par réaction entre les différents contaminants (**Baumont et al, 2004**).

4.8. Les substances nutritives

Les nutriments se trouvent en grande quantité dans l'eau usées, et constitué 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 quantité appréciables, mais en proportions très variables que ce soit, dans les eaux usées épurées ou brutes. En outre, la présence de la matière organique sous différentes formes dans l'eau usée (solides en suspension, élément colloïdaux et matières dissoutes) peut, par son effet à long terme sur la fertilité du sol, contribuer également à la stabilité structurale du sol (Fao, 2003).

A- Azote

Pour évaluer l'azote dans les eaux résiduaires et pour suivre son évolution dans les réseaux et lors de l'épuration, il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

-azote ammoniacal ou $N-NH_4^+$,

-azote nitreux ou $N-NO_2^-$,

-azote nitrique ou $N-NO_3^-$,

Et organique ou N_{org} .

L'azote global(ou total) est alors défini par :

$$NGL = N_{totale} = N_{organique} + N_{minéral} = N_{organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$$

Les méthodes développées à ce jour ne permettent pas de déterminer directement et spécifiquement l'azote organique présent dans les eaux.

Ainsi, le dosage de l'azote Kjeldahl (NK), qui fait appel à une minéralisation de l'échantillon en présence d'un catalyseur au sélénium, permet de déterminer les composés non oxydés de l'azote :

$$NK = N_{organique} + N-NH_4^+ = \text{azote réduit}$$

Mais la méthode Kjeldahl ne permet pas d'accéder à la totalité de l'azote organique et de nombreux composés organiques ne sont pas dosés ou sont partiellement dosés (composés nitrés, nitrosés, oximes hydrazine et dérivés, hétérocycles azotés...)

La teneur en azote total (NT ou NGL) d'une eau peut encore être approchée par une méthode mettant en œuvre une minéralisation oxydante par le peroxosulfate. Mais dans ce cas encore, tous les composés organiques azotés ne sont pas convertis en nitrates lors de l'oxydation.

Une troisième méthode fait appel à une oxydation en oxyde d'azote par combustion catalytique. Avec cette méthode, l'oxydation des composés organiques est globalement plus importante, sans toutefois être quantitative. . (Rodier ,2009).

Dans tous les cas, si l'on souhaite accéder à la teneur en azote organique, il sera nécessaire de quantifier séparément l'azote ammoniacal (pour le NK), ainsi que l'azote de nitrites et des nitrates (pour les 2 autres méthodes).

A.1- Azote Kjeldahl

Cette méthode permet la transformation en ammonium des composés d'origine biologique (protéines, peptides, acides aminés) mais non celle des composés azotés d'origine industrielle (oximes, hydrazine et dérivés, semi-carbazone, etc.). Il en est de même pour l'azote des nitrites et des nitrates. L'azote Kjeldahl correspond à la somme des composés organiques aminés et de l'ammonium, l'azote organique s'obtient par différence.

Effectuer le dosage le plus tôt possible après le prélèvement ou conserver celui-ci à 4 °C après addition d'acide sulfurique (quantité suffisante pour $\text{pH} < 2$). . (Rodier ,2009)

A.2- Azote minéral ou inorganique

Se reporter aux méthodes décrites pour les eaux naturelles, tout en tenant compte que dans les eaux résiduaires la présence de substances interférentes à des teneurs élevées peut gêner les dosages d'une façon générale, étant donné l'intense activité biologique qui peut exister dans les échantillons, il ya lieu de pratiquer les mesures le plus rapidement possible. Cependant, il est possible d'assurer une certaine conservation des prélèvements après acidification à $\text{pH} 2-3$ par de l'acide sulfurique, à la température de 4 °C. (Rodier ,2009)

A.3 Azote total et organique

Pour évaluer l'azote total et organique deux méthodes sont possible :

-azote par minéralisation au peroxosulfate ;

-azote après oxydation en oxydes d'azote ; **(Rodier ,2009)**

B. Phosphore :

Dans les eaux résiduaires, le phosphore peut se rencontrer sous forme de sels minéraux (orthophosphates, polyphosphates) mais aussi sous forme de composés organiques. Ces différents composés sont soit solubilisés, soit fixés sur les matières en suspension. Ils pourront donc être dosés sur l'échantillon total et sur la phase soluble après séparation du phosphore insoluble par filtration sur membrane 0,45µm.

D'une façon générale, l'analyse est à pratiquer de référence le jour même du prélèvement. si une différenciation des formes du phosphore est envisagée, effectuer la filtration immédiatement après avoir prélevé l'échantillon. Toutefois, l'échantillon peut être conservé à 4 °C après addition d'acide sulfurique (la quantité suffisante pour le $\text{pH} < 2$).

Les orthophosphates sont dosés directement sur l'échantillon ou sur la phase soluble par l'une des méthodes indiquées pour les eaux naturelles. Les polyphosphates sont dosés après hydrolyse en milieu acide soit sur l'échantillon total, soit sur la phase soluble. Cependant, quelques composés organiques susceptibles d'être décomposés au cours de l'hydrolyse acide peuvent être dosés avec les polyphosphates.

Les composés phosphorés d'origine organique dans l'échantillon total et dans la phase soluble sont obtenus par différence entre le phosphore total et la somme du phosphore des orthophosphates et des polyphosphates. Le phosphore total est dosé après minéralisation du prélèvement obtenue selon le mode opératoire ci-après. **(Rodier ,2009)**.

C. Le potassium (K^+)

Le potassium est présente dans les effluents secondaires à hauteur 10 à 30 mg/l (12 à 36 mg/l de k_2O) et permet donc de répondre partiellement aux besoins. **(Faby, 1997)**.

Il faut noter cependant que, s'il existe, un excès de fertilisation potassique conduit à une fixation éventuelle du potassium à un état très difficilement échangeable, à une augmentation des pertes par drainage en sols légers, à une consommation de luxe pour les récoltes **(Fao, 2002)**.

D. Chlorure et sodium

Leur origine est :

- Naturelle (mer 27g/l NaCl, et terrains salés)
- Humaine (10à 15g/l NaCl dans les urines/j).
- Industrielle (potasse, industrie pétrolière, galvanoplastie, agroalimentaire) (**Gaujous, 1995**).

Les chlorures et le sodium peuvent également poser problème, notamment en bord de mer, quand les réseaux d'égout drainent des eaux phréatiques saumâtres. (**Faby, 1997**).

5. La réutilisation des eaux usées

5.1. La réutilisation des eaux usées dans le monde

Pendant les dernières années, la réutilisation des eaux usées a connu un développement très rapide avec une croissance des volumes d'eaux usées réutilisées de l'ordre de 10 à 29 % par an, en Europe, aux Etats Unis et en chine, et jusqu'à 41 % en Australie. Le volume journalier actuel des eaux réutilisées atteint le chiffre impressionnant de 1,5 – 1,7 millions de m³ par jour dans plusieurs pays comme par exemple en Californie, en Floride, au Mexique et en chine (**Lazarova et Brissaud, 2007**).

La figure 1 illustre l'ampleur de la valorisation des eaux usées dans différents pays du monde.



Figure 01 : Volume moyen journalier des eaux usées recyclées dans quelques pays de la Méditerranée (Données pour les années 2000-2003, adaptées de Jimenez et Asano, 2007).

D'une manière générale, pratiquement tous les autres pays du pourtour de la méditerranéenne, de l'Espagne à la Syrie, réutilisent des eaux usées (traitées et non traitées) pour divers applications (**Bixio et al, 2005**). En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. C'est aussi l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée. Dans certains pays, cette réutilisation est devenue l'objet d'une politique nationale comme en Tunisie, en Grèce et en Jordanie (**Attab Sarah, 2011**).

5.2. Les modes de réutilisation des eaux usées

La réutilisation des eaux usées (fig.2) est répandue dans le monde entier avec plusieurs types de valorisations. Il existe des milliers de projets de réutilisation des eaux usées (**Bixio et al, 2008**).

On peut distinguer cinq catégories de réutilisation :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchers, céréales, prairies, etc. ;
- Réutilisation industrielle : circuit de refroidissement, construction, papeteries, industries textiles, etc. ;
- Réutilisation en zone urbaine : lutte contre l'incendie, lavage de voirie, recyclage des eaux usées d'un immeuble, arrosage de parcs, golfs, cimetières, etc. ;
- La production d'eau potable ;
- La recharge de la nappe phréatique (**Degremont, 2005**).

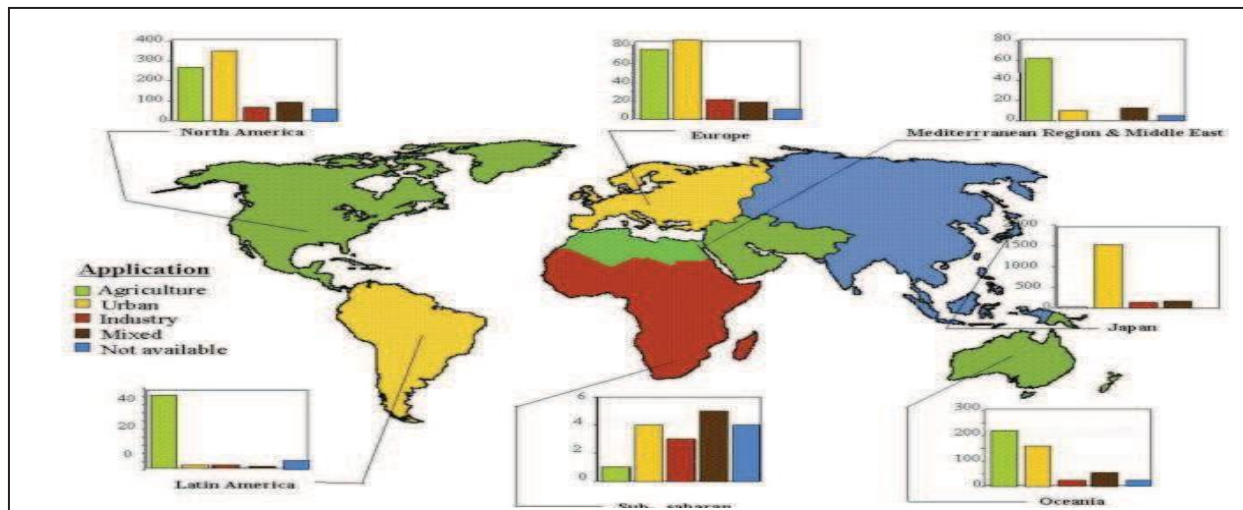


Figure 02 : Aspects de réutilisation des eaux usées dans les différentes régions du monde (Bixio et al, 2005).

a) Réutilisation agricole

La réutilisation agricole des eaux épurées comme moyen d'économiser la ressource a donc été une première voie de développement des projets de réutilisation des eaux usées épurées (**REUE**) (**Baumont et al, 2005**). La réutilisation pour l'irrigation est essentiellement présente dans les pays réputés agricoles mais dont les ressources hydriques sont faibles, comme le bassin méditerranéen et le sud des états unis. Les plus grands projets de réutilisation ont été développés dans les régions de l'Ouest et de l'Est des Etats Unis, l'espace méditerranéen, l'Australie, l'Afrique du Sud et dans les zones semi-arides de l'Amérique du Sud et de l'Asie du Sud (**Lazarova, 1998**).

❖ Les risques liés à la réutilisation agricole

D'après **Cauchi (1996)**, les populations humaines exposés à une pathologie, associée de manière certaine à une réutilisation agricole d'effluents bruts ou traités sont de quatre ordres :

- Les consommateurs des légumes crus : le risque est statistiquement plus élevé pour les helminthes (par rapport à la population générale), par contre il ne l'est pas pour le risque bactériologique ;

- Les consommateurs de viande bovine insuffisamment cuite : par la contamination par le ver solitaire (*tænia*) est possible car les bovins sont des hôtes intermédiaires de cet helminthe ;
- Les travailleurs agricoles : le risque est plus élevé pour les helminthes. En laboratoire, il a été mis en évidence que l'exposition aux entérovirus est plus élevée, même si sur le terrain il n'y pas eu d'augmentation de cas cliniques. Des études listées par **Devaux (1999)** montrent que les travailleurs agricoles sont légèrement plus exposés que la population normale ou que les personnels de station d'épuration et les égoutiers.
- Les populations avoisinantes, surtout dans le cas d'irrigation par aspersion qui forme des aérosols. Le risque est légèrement plus élevé pour les helminthes et *Shigella* (**Cauchi 1996**).

b) Secteur industriel

La réutilisation industrielle des eaux usées et le recyclage inerte sont désormais une réalité technique et économique. Pour certains pays et types d'industries, l'eau recyclée fournit 85% des besoins globaux en eau.

Les secteurs les plus grands consommateurs en eau sont centrales thermiques et nucléaires (eau de refroidissement) et les papeteries. La qualité de l'eau réutilisée est réglementée et dépend du type d'application ou de production industrielle. La part des eaux usées urbaines ne dépasse pas 15% du volume des eaux réutilisées en industrie. Aux Etats-Unis, par exemple, le volume des eaux résiduaire réutilisées en industrie est d'environ 790 000 m³/j, dont 68% pour le refroidissement (**Lazarova et al, 1998**).

❖ Les risques liés à la réutilisation industrielle

La qualité requise est spécifique à chaque industrie parce que sa composition chimique peut avoir des répercussions sur les processus industriels. Les préoccupations concernent principalement les phénomènes d'entartage, de corrosion, de développement de bactéries, d'encrassement, de formation de mousse, et d'inhalation d'aérosols par les travailleurs. Il n'y a

pas de problème sanitaire spécifique à l'industrie et on retrouve les mêmes contaminants que pour les autres usages (**Asano, 1998**).

c) Le secteur urbain et périurbain

c.1) réutilisation pour usage non-alimentaire

Les usages urbains et périurbains des eaux usées correctement traitées se développent rapidement et deviennent un élément fondamental de la politique de gestion intégrer de l'eau dans les grandes agglomérations (**Renaud et al, 1997**). Plusieurs municipalités du Japon (pionnier des pays en voie de développement : 8% du volume total des eaux usées réutilisés soit environ 8 millions de m³ par an) et des villes des Etats-Unis ont déjà construit des systèmes de distribution double : eau potable et eaux usées à réutiliser.

Les bénéfices obtenus sont importants. Il faut noter en premier, la réduction de la demande en eau potable qui peut atteindre 10-15 %, voire 40 % dans les zones résidentielles avec beaucoup d'espace verts (**Wright, 1995**). Missimer, les usages les plus courants sont l'irrigation d'espace verts (parcs, golfs, terrains sportifs), l'aménagement paysager (cascades, fontaines, plans d'eau), le lavage des rues ou des véhicules et la protection contre l'incendie.

Une autre application importante est le recyclage en immeuble avec, par exemple l'utilisation de l'eau ménagère traitée pour le lavage des sanitaires. Les normes qui régissent la qualité des eaux usées destinées à de tels usages sont très sévères et voisines à celles en vigueur pour l'eau potable.

Pour les usages urbains, l'Afrique du sud et l'Australie sont les pays dont les normes sont les plus sévères. Ils exigent respectivement une qualité d'eau potable et élimination totale des virus. Dans ce cas, les filières de traitement se rapprochent de celles de production d'eau réutilisée pour des usages potables (**Lazarova et al, 1998**).

c.2) Réutilisation pour un usage alimentaire (eau potable)

Le progrès technologique du métier de l'eau permet de produire une eau de très bonne qualité, même à partir des eaux usées. De nombreuses études ont conclu à l'absence d'objection pertinente à la réutilisation des eaux résiduaires correctement traitées à des fins potables.

Toutefois, les principales contraintes pour ce type d'usage sont psychologique et culturelles associées à la perception de l'eau usée comme dangereuse et malsaine. De ce fait, la tendance principale aujourd'hui est l'usage indirect, après un séjour temporaire de l'eau usée traitée dans le milieu naturel. En fonction de la destination de réutilisée, ce type de réutilisation peut être classé soit dans la catégories de réutilisation de l'eau potable, soit pour des usages non potables, dans le premier cas, il faut souligner l'impact psychologique très positif de ce détour par le milieu naturel qui permet à l'eau destiné à la réutilisation de perdre son identité d'eau usée. **(Lazarova et al,1998).**

c.3) La recharge des nappes

Ce mode de réutilisation a lieu essentielle 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. La principale motivation concernant la recharge de nappe est la dégradation de sa qualité environnementale et/ou la diminution de sa réserve en eau. Il existe de moyens de recharger une nappe phréatique :

- par percolation : c'est le cas à Los Angeles, où 160 000 m³ par jour d'effluents traitées sont déversés dans des bassins gravitaires **(Asano, 1998)** ;
- par recharge directe : c'est le cas dans le comté d'Orange, en Californie. L'eau est injectée dans la nappe par plusieurs puits, disposés en ligne face à la nappe d'eau salée, et formant une véritable barrière. **(Asano, 1998).**

6. Les eaux usées en Algérie

En Algérie, 60 % des eaux usées traitées sont rejetées 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 rejets **(Hartani, 2004).**

Un programme de réalisation et de modernisation d'ouvrages de traitement destinés à la réutilisation des eaux usées en irrigation est actuellement mis en œuvre **(Mre, 2003).**

Le ratio entre la réutilisation des eaux usées et l'affectation des ressources permet d'estimer la contribution de la réutilisation des eaux usées en irrigation. Cette contribution est de 13,37 % dans le cas de la région hydrographique Chelif Zahrez, de 21,4 % dans la région hydrographique Constantine-Seybousse-mellegue, et de 34,92 % dans la région hydrographique Oranie Chott Chergui. Cette dernière est nettement déficitaire en pluviométrie par rapport aux autres régions du Nord algérien (400mm/an environ). La composante réutilisation des eaux usées en irrigation devient même prépondérante avec un ratio de 45%, voire 100% dans le cas du périmètre de Mléta dans la région de l'Oranie de l'Ouest algérien (**Hartani, 2004**).

6.1. Situation actuelle des ressources en eau

Les ressources en eau en Algérie sont limitées, vulnérables et inégalement réparties. Pour une population de 35 millions d'habitants, les ressources renouvelables en eau sont de 550 m³/an par habitant. Cette moyenne est très faible comparée à la moyenne mondiale qui est de 7,500 m³. Le seuil de la rareté de l'eau est de 1000 m³/an/habitant, de ce fait, l'Algérie est un pays où l'eau est rare (**Tamrabet et al, 2002**).

6.2. Situation actuelle de la réutilisation des eaux usées

Les eaux usées représentent une des composantes de l'offre globale en eau au même titre que les eaux superficielles et souterraines. En Algérie, leur volume annuel estimé à 600 millions de m³, dont quelque 550 millions de m³ correspondent aux agglomérations de taille supérieure à 50 000 habitants (**Mre, 2003**). La capacité totale de traitement est de 4 millions de m³ équivalent-habitants pour une population de 2,5 millions d'habitants raccordés à un réseau, cela signifie que seulement 20% de la population raccordé à un réseau d'assainissement bénéficie du traitement de ses eaux (**Medkour, 2003**). Selon **Tecsult, 2007** les rejets à l'amont des barrages contribuent indirectement au remplissage des retenus et à la recharge des nappes, les EUE rejetées dans les chotts et la mer représentaient 77% du volume total des EUE en 2004, cette est considérée comme perdue et sa valorisation devra être priorisée (**Fig. 3**).

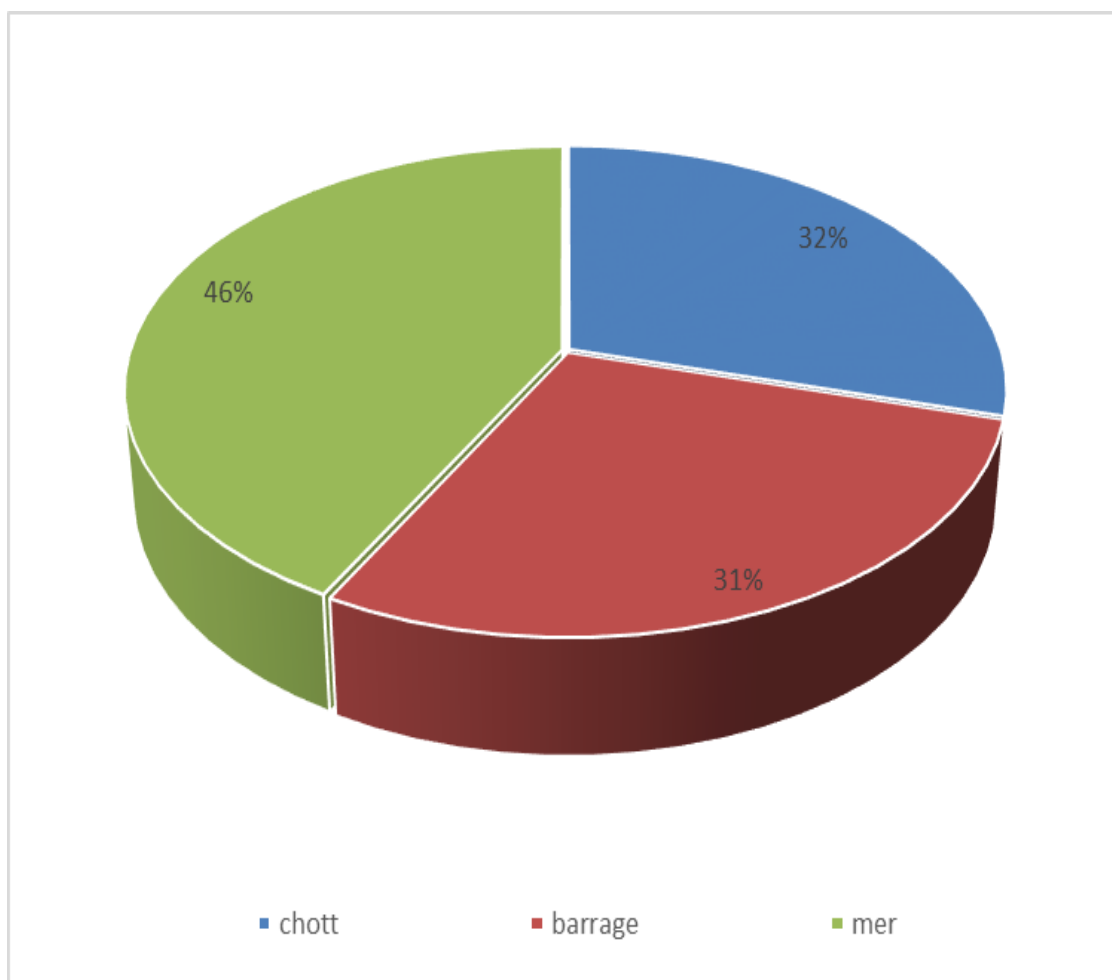


Figure 03 : Rejets des Eaux Usée épurées (HM3/An) par milieu récepteur (Tecsult, 2007).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

I. Cadre général

Les effluents des eaux usées brutes sont relatifs aux trois communes Chechar, El Hamma et Nsigha de la wilaya de Khenchela (fig.4). La wilaya de khenchela est située au Nord-Est Algérien dans la région des Aurès, elle occupe une position géographique entre la chaîne steppique et les hauts plateaux, ce qui lui donne un caractère forestier agro-pastoral et saharien. Elle est entourée par les wilayas d'Oum el bouaghi au Nord, Batna et Biskra à l'Ouest, El Oued au Sud et Tébessa à l'Est, elle occupe une superficie estimée à 9715 Km².

La région se caractérise par trois climats

- Un climat très rude en hiver, modéré en été dans les régions montagneuses centrales.
- Un climat modéré en hiver, chaud et sec en été dans les steppes sahraouies du sud.
- Un climat très frais en hiver, sec en été dans les hautes steppes au nord.

Cette diversité climatique a donné à la wilaya un penchant naturel multiple conférant des spécificités touristiques non négligeables. (Annuaire, 2016).

I.1.La commune d'Ensigna :

Le territoire de la commune d'Ensigna se situe au nord de la wilaya de Khenchela, au sud et à l'est de la ville de Khenchela. Sur le versant et le piémont sud-est de l'extrémité nord-est du massif de l'Aurès qui se termine par le Kef Tifekresse et le Ras Serdoun qui domine la wilaya.

I.2.La commune d'El Hamma :

Elle est située à l'Ouest de la wilaya et occupe une superficie de 168 km² avec une densité de population de 12051 habitants. Il est bordé par la municipalité de Kais et Remila à l'Ouest et au Sud par les villes d'Ensigna et Tamza. Au Nord-Est se trouve la municipalité de Baghai, et de l'Est la municipalité de Khenchela.

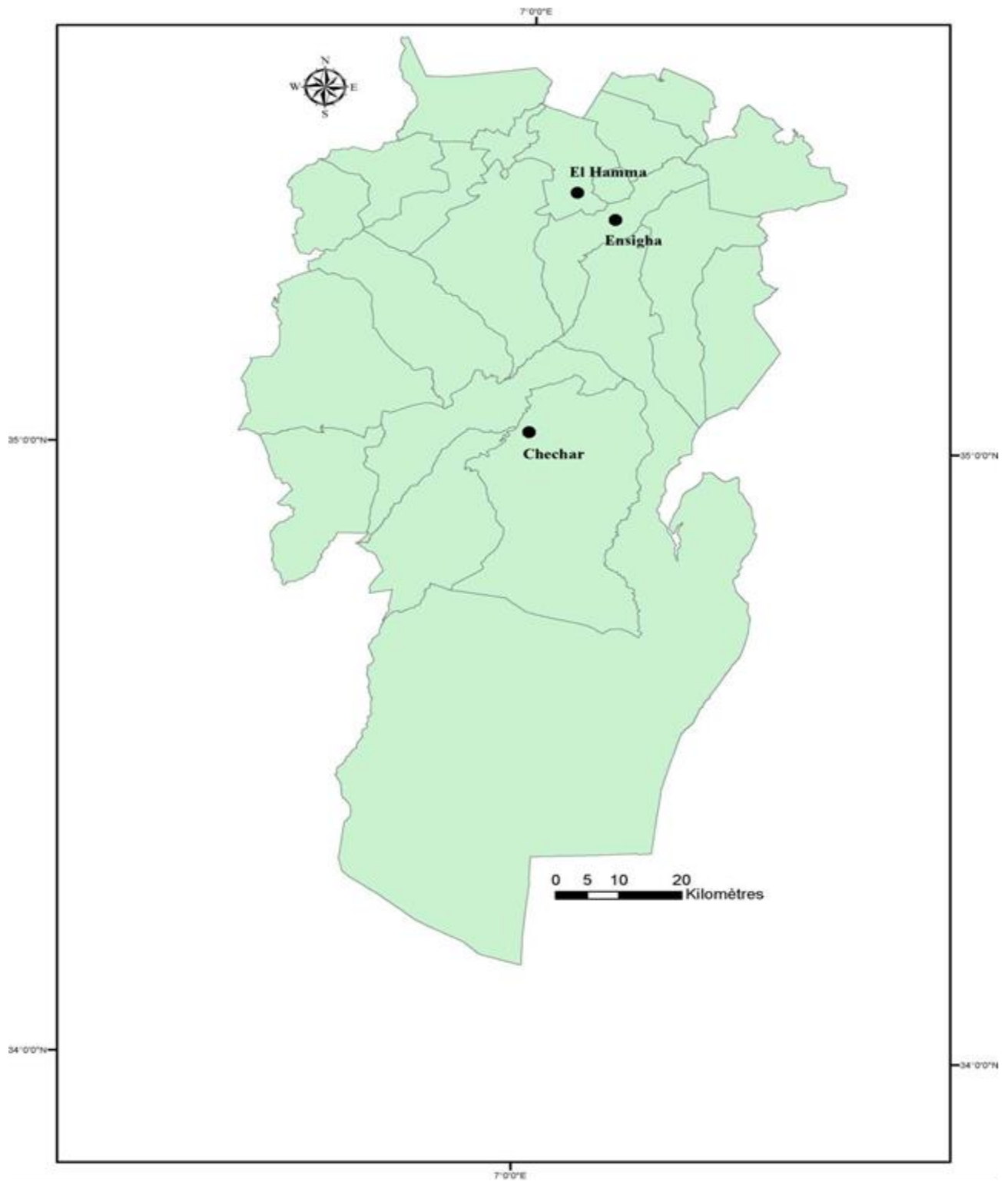


Figure 04 : Localisation des trois effluents des eaux usées brutes des communes Chechar, Nsigha et El Hamma(Khenchela).

I.3. La commune de Chechar :

La municipalité de chechar est située dans le Sud de la wilaya de Khenchela, dans les hautes terres orientales du pays, entre 6° et 7° à l'Est de la ligne Greenwich et entre 34° et 35° au Nord de l'équateur. La région de Chechar couvre une superficie de 923,00 km².

Tableau 01 : Densité de la population par commune

Communes	Surface(Km ²)	Population Totale	Densité (Hab. / Km ²)
El-Hamma	168	14 310	85,17
Ensigna	163	10 970	67,30
Chechar	922	32 650	35,41

(Annuaire statistique, 2016)

II. Prélèvements et conservation

II.1. Les points de prélèvement

A. Le Point(1)

Représente les eaux usées brutes de l'Agglomération de la commune de Nsigha aux coordonnées suivantes (fig.5) :

-Latitude : 35° 23' 54,19" Nord

-Longitude : 7° 8' 46,8"E

-Altitude : 1127m



(1)



(2)

Photo 01 : Points de prélèvement des échantillons des rejets des eaux usées brutes de la commune de Nsigha.

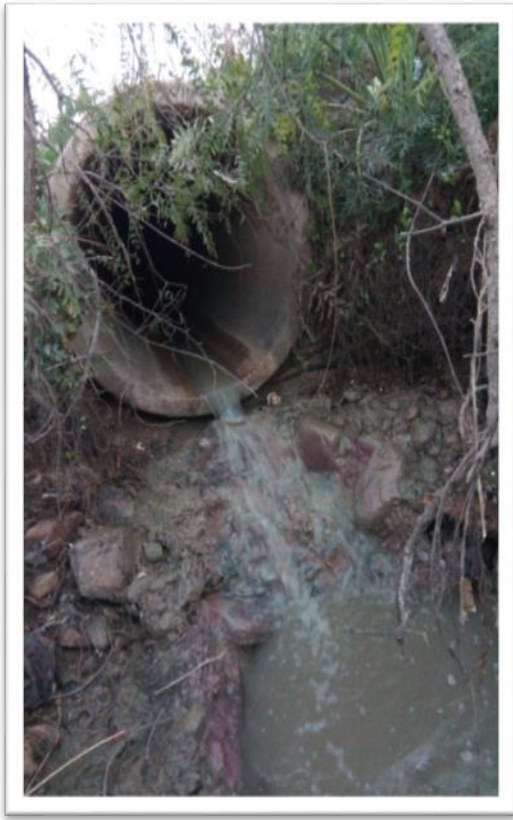
B. Le Point (2)

Prélèvement des rejets des eaux usées brutes de l'Agglomération de la commune d'El Hamma aux coordonnées suivantes :

-Latitude : 35° 28' 33,2" Nord

-Longitude : 7° 4' 42,8" Est

-Altitude : 952m



(a)



(b)

Photo 02 : Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes dans la commune d'El Hamma.

C. Le Point (3)

C'est le point de prélèvement des eaux usées brutes de l'agglomération de Tajmouh de la commune de Chechar aux coordonnées suivantes :

-Latitude : $35^{\circ} 1' 52,11''$ Nord

-Longitude : $7^{\circ} 0' 13,79''$ Est

-L'altitude : 1133m



(a)



(b)

Photo 03 : Prélèvement de l'échantillon des rejets des eaux usées brutes (a et b) de l'Agglomération de tajmouth dans la commune de Chechar.

II.2. Conservation

Les prélèvements des échantillons sont pris en dehors de période des précipitations. Les échantillons doivent être analysés dans un délai de 24 h au maximum, afin d'éviter toute modification des teneurs. Ainsi, ils doivent être conservés à une température de 4°C.

III. Analyses physico-chimique

Une fois les échantillons sont ramenés au laboratoire, en général de nombreuses variables peuvent faire l'objet d'un examen. En général, les analyses portent sur les paramètres considérés comme classiques (pH, température, conductivité électrique), les solides (inorganiques et organiques), les éléments nutritifs comme les diverses formes d'azote, de phosphore et de carbone.

Les paramètres physicochimiques étudiés sont la température ($T^{\circ}\text{C}$), la conductivité électrique (CE), le pH, les matières en suspension (MES), l'oxygène dissout, la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO5), les nitrates et les nitrites et les orthophosphates, Les cations et les anions ont été mesurés dans le laboratoire des analyses physico-chimique des matériaux d'Ain M' Lila.

III.1. Electrochimie

Le pH, la température, la conductivité électrique, l'oxygène dissout sont mesurés sur place (in situ) par un multi paramètre de type HI99300.



Photo 04 : Multi paramètre (HI99300)

III.2. Les matières en suspension (MES)

Pour la détermination des matières en suspension nous avons utilisé un filtre pré pesé de nitrocellulose de porosité $0,45\mu\text{m}$ pour la filtration d'eaux usées.

III.3. La DBO₅

Le DBO₅ est mesurée par la méthode manométrique. C'est la mesure de l'oxygène consommé en 5 jours (en mg/l) par un échantillon placé dans une enceinte thermo statée à 20°C et à l'obscurité après dilution appropriée avec une eau saturée en oxygène enrichie en sels minéraux etensemencée avec des germes microbiens. La concentration en oxygène avant et après incubation est mesurée avec une sonde asymétrique. La méthode utilisée est celle de système de mesure OxiTop. Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs.



Photo 05 : La mesure de DBO₅ dans une armoire thermorégulatrice.

III.4. La DCO

Le principe à mesure la DCO consiste à ajouter 2 ml de l'échantillon dans un tube Lovibond qui contient du dichromate de potassium, de l'acide sulfurique et du sulfate d'argent (qui joue le rôle d'un catalyseur) pour une gamme de mesure entre 0 et 1500mgO₂/L. La solution est chauffée dans un réacteur à DCO pendant 2heures à 120 C°. Après le refroidissement la DCO a été mesuré à l'aide d'un photomètre à une longueur d'onde 620 nm.



Photo 06 : Réacteur DCO mètre.

III.5. Les Nitrates

La méthode de la réduction au cadmium a été appliqué pour la gamme 0 à 30.0 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Le cadmium réduit les nitrates en nitrites. L'ion nitrite réagit en milieu acide avec de l'acide sulfurique pour former un sel intermédiaire de diazonium. Le sel réagit avec l'acide gentisique pour former une solution colorée ambre. L'absorbance est mesurée à 500nm. (Méthode colorimétrique n° 355 HACH).

III.6. Les nitrites

Ils sont mesurés pour la gamme 0 à 0.3 mg/l à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les nitrites présents dans l'échantillon réagissent avec l'acide sulfurique pour former un sel de diazonium qui réagit avec l'acide chromo tropique. (La méthode colorimétrique n°375 HACH). L'absorbance est mesurée à 507nm et la couleur résultante est rose.



Photo 07 : Différentes solutions pour la mesure des nitrates.

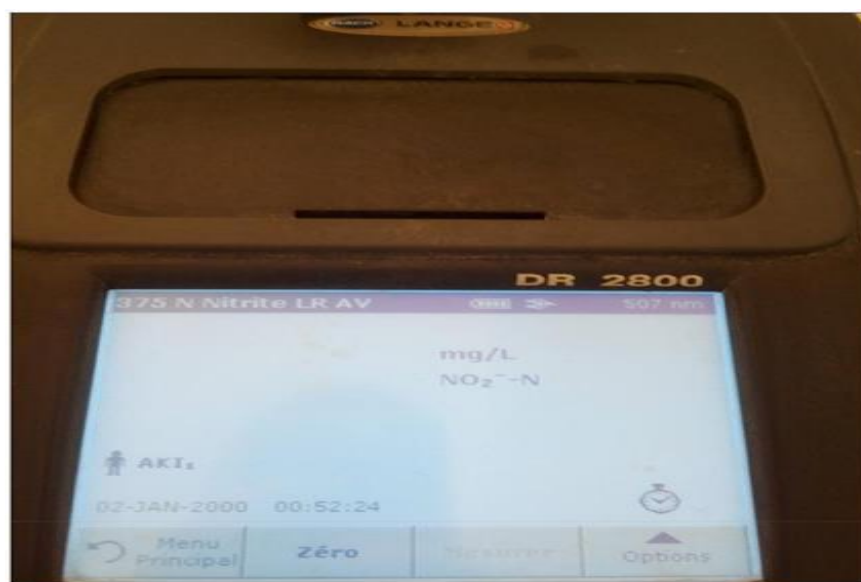


Photo 08 : Ecran de spectrophotomètre DR2800 au cours de calcul des teneurs en nitrites.

III.7. Les orthophosphates

Pour la détermination du phosphore réactif, le dosage a été réalisé selon la méthode colorimétrique n°490 HACH pour des teneurs comprises entre 0 et 2,5 mg /l, à l'aide d'un spectrophotomètre de type DR2800. Les phosphores dans les eaux usées se trouvent uniquement

sous forme de phosphate. La seule forme de phosphate susceptible d'être déterminée directement est l'orthophosphate (réagit avec le molybdate en milieu acide pour produire un complexe phosphomolybdate). La coloration résultante est bleue et l'absorbance est mesurée à 890nm.

III.8. Les éléments traces métalliques

La quantification des ETM en solution est réalisée par spectrométrie d'absorption atomique (SAA) en four graphite pour les faibles concentrations (quelques $\mu\text{g/L}$), comme c'est le cas pour Pb, Cd et Cu, et en émission de flamme pour les concentrations plus élevées, comme pour Zn et Cr (**Tab.3**). Une série d'étalon généralement au nombre de sept est préparée pour chaque élément selon la mode d'analyse.

Tableau 02 : Limites de détection des ETM par la SAA

ETM	Cd	Cu	Pb	Zn	Cr
Mode Flamme ($\mu\text{g/L}$)	22	20	20	3	3
Mode Four en graphite (ng/L)	65	16	24	23	27

CHAPITRE III :
RESULTATS ET DISCUSSIONS

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

I. Les caractéristiques globales des eaux usées brutes

I.1. Les caractéristiques organoleptiques

I.1.1. Couleur

La couleur des eaux usées brutes des trois communes Nsigha et el Hamma et Chechar montre qu'elles sont moins claires et plus turbides ce qui montre que La coloration d'une eau est dite vraie ou réelle lorsqu'elle est due aux seules substances en solution. Elle est dite apparente quand les substances en suspension y ajoutent leur propre coloration. **(Rodier et al, 2005)**.

I.1.2. L'odeur

L'odeur des échantillons des eaux des trois prélèvements des communes Nsigha, El Hamma et Chechar est mauvaise. Elle est due à l'existence soit des produits chimiques ou des matières organique en décomposition, ou des bactéries clostridium qui dégagent le H₂S. **(Rodier 1996)**.

I.2. Les caractéristiques physico-chimiques

I.2.1. La Température

La température de l'eau, est un facteur écologique qui entraine d'importantes répercutions écologiques. Elle agit sur la densité, la viscosité, la solubilité des gaz dans L'eau, la dissociation des sels dissous, de même que sur les réactions chimiques et Biochimiques, le développement et la croissance des organismes vivant dans l'eau et Particulièrement les Microorganismes **(Makhoukh, Sbaa, Berrahou et Van, 2011)**. Les valeurs de la température des rejets des trois communes respectent les normes préconisés pour les rejets directes et indirectes (<30°C). **(Normes OMS et JORAD, Annexe 05 et Annexe 07)**.

I.2.2. Le pH

Le pH conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de multiples facteurs, dont l'origine de l'eau, les apports agricoles, les rejets des agglomérations et des industries. La Figure 13 montre que le pH des eaux usées brute prélevées est relativement neutre. Les valeurs 7,9 ; 7,8 et 7,9 ont été enregistrées pour les rejets des villes de Chechar, Nsigha et El

Hamma respectivement. Ces valeurs sont conformes avec les normes de rejet Algériennes ($6,5 < \text{pH} < 8,5$). (**Annexe 02 et Annexe 03**).

I.2.3. La Conductivité électrique

Les valeurs observées de la conductivité électrique (**Fig.05**), des différents sites de prélèvement varient entre $986 \mu\text{S}/\text{cm}$ au sein de site de Nsigha, $1759 \mu\text{S}/\text{cm}$ pour la ville d'El Hamma et $1377 \mu\text{S}/\text{cm}$ enregistrée au niveau du site de Chechar. Ces valeurs sont situées dans la plage des valeurs limites recommandées par **Ayers et Westcot (1997) et la FAO (2003)**.

La conductivité électrique est l'un des critères de choix pour juger l'aptitude d'une eau à un usage agricole. En générale, jusqu'à $750 \mu\text{S}/\text{cm}$, l'eau est considérée comme étant de bonne qualité. Au-delà $1500 \mu\text{S}/\text{cm}$ l'eau est difficilement utilisable pour l'irrigation. Les eaux dont la CE 25°C dépassent $2000 \mu\text{S}/\text{cm}$ sont inutilisable pour l'irrigation, (**Rodier et al, 2005**).

D'après la classification des eaux d'irrigation rapportée par Richards (1969), les effluents des sites des communes Chechar, Nsigha et el Hamma appartiennent aux classes III et IV. Cette classe se caractérise par une très forte salinité et un risque élevé, en cas d'exploitation en agriculture, exploitation qui reste toujours possible sous certaines conditions. (**Annexe 07**).

I.2.4. Oxygène dissous

La présence de l'oxygène dissous dans l'eau usée est déterminée principalement par l'oxydation et la dégradation des polluants et enfin par les échanges air - eau. A partir de **la figure 05**, les valeurs de l'oxygène dissous montrent que la valeur minimale a été enregistrée pour l'échantillon de la commune d'Ensigha à $1.05 \text{ mg}/\text{l}$ suivie par $1.16 \text{ mg}/\text{l}$ pour la commune d'El Hamma Jusqu'à la valeur maximale ($1.21 \text{ mg}/\text{l}$) pour la commune de Chechar.

Ces résultats expriment une forte pollution organique des eaux usées prélevées. L'augmentation de l'oxygénation de l'eau usée se produit progressivement, essentiellement par les échanges avec l'air au contact de l'eau.

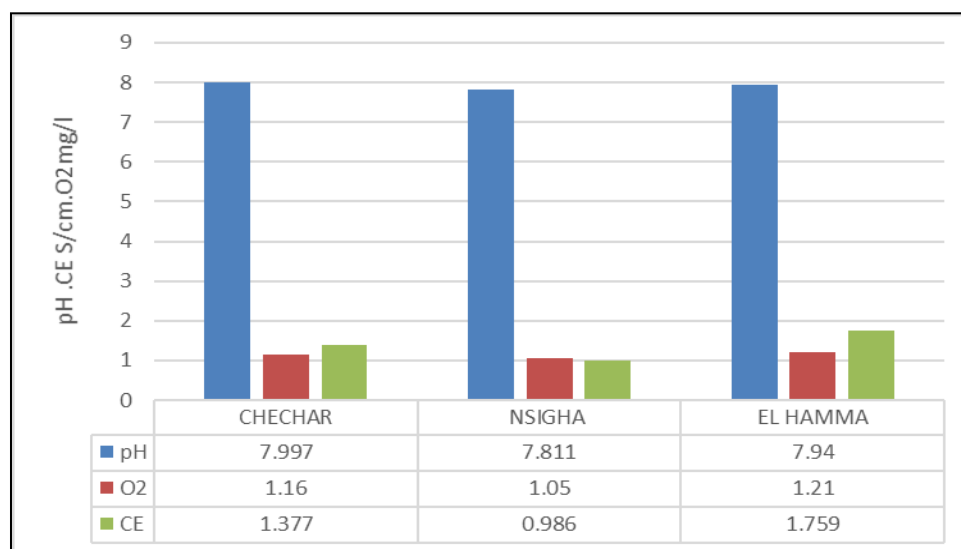


Figure 05 : Variations du pH, Conductivité électrique et Oxygène dissous des eaux usées brutes des trois points.

I.3. Biodégradabilité et origine des eaux prélevées

La figure 06 montre que les valeurs de DBO₅ et DCO enregistrées oscillent entre 288 - 382 mg/l et 571-673 mg/l respectivement.

D'après ces résultats on peut constater que ces effluents proviennent des usages domestiques de l'eau. Elles se caractérisent par leur richesse en matière organique.

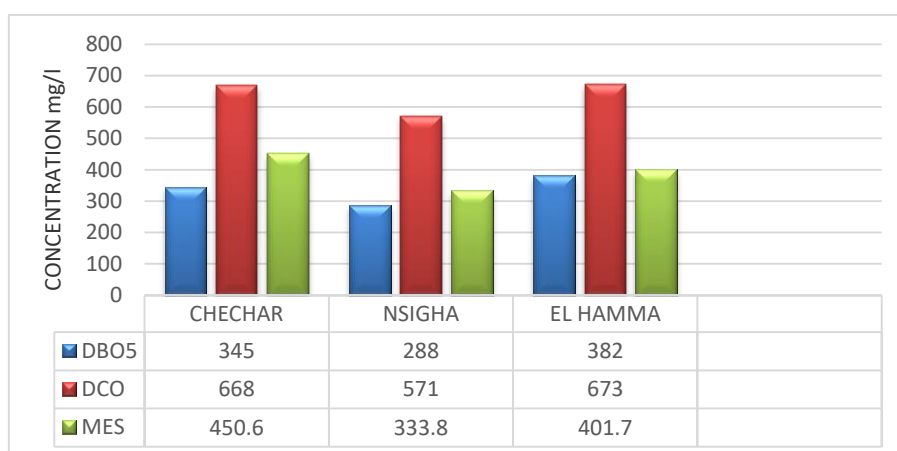
En général, ces valeurs sont très élevées et non compatibles avec les limites de rejet dans un milieu récepteur. (**Journal Officiel de la République Algérienne, 2006**).

Le rapport entre DBO₅ et DCO constitue une mesure indicative de la « Dégradabilité » biochimique des composés présents dans l'eau. Si le rapport DCO / DBO₅ est inférieur à 3, on peut dire que l'effluent est facilement Biodégradable, un traitement biologique devant être capable d'éliminer l'essentiel de la pollution. Le rapport DCO/DBO₅ des échantillons des trois sites des communes de Chechar et Nsigha et el Hamma compris entre 1,65 et 1,98 ce qui est inférieur à 3 ce qui permet de dire que l'effluent est facilement biodégradable. Ce rapport renseigne également sur l'origine domestique de l'effluent rapport compris entre 1,65 et 2 (**Fig.06.b**). Le rapport inverse (DBO₅/DCO) est utilisé **pour** caractériser une pollution industrielle, ce qui donne des indications très intéressantes sur l'origine d'une pollution des eaux usées et ses possibilités de traitement. Pour le cas de notre étude, ce rapport est relativement élevé de l'ordre de 0,5 à 0,56. C'est le cas général pour les rejets chargés en matière organique.

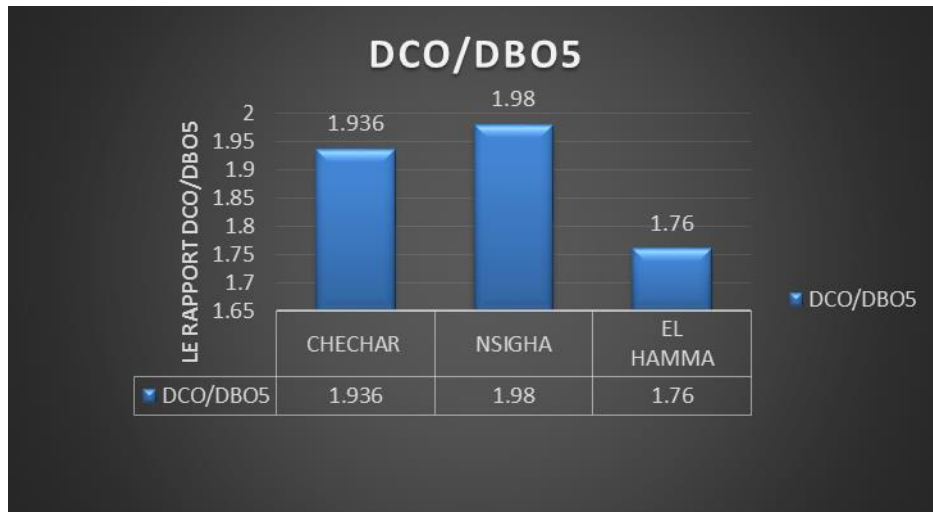
Cette charge organique rend ces eaux usées assez instables, c'est à dire qu'elles évolueront vite vers des formes assimilées «avec le risque de dégagement d'odeurs. En effet, les eaux usées de ces collecteurs sont à dominante organique. **La figure 06.c** montre que les valeurs de rapport DBO5/DCO inférieur à 0,83 ce qui indique que les effluents des eaux usées brute des trois communes est d'origine domestiques chargées en matières organiques.

I.4. Les Matières en suspension

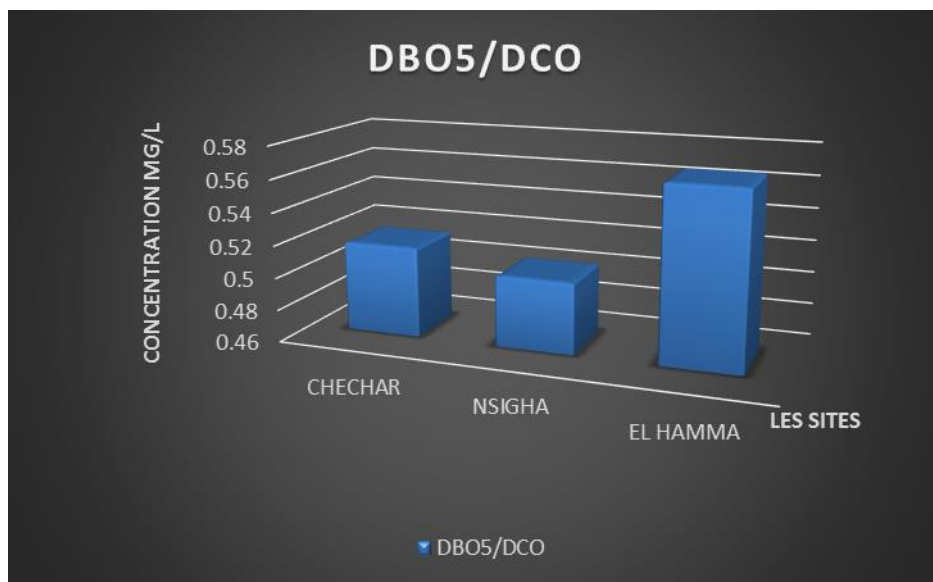
Les valeurs de MES varient entre 333.8 et 450.6 mg/l. Ces matières interviennent dans la composition de l'eau par leurs effets d'échanges d'ions ou d'adsorption, aussi bien sur les éléments chimiques à l'état de traces que sur les micro-organismes. D'après les résultats de (**Fig. 06**), on remarque L'existence des matières en suspension dans les effluents des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar et Nsigha et el Hamma en quantité dépassant largement la norme de 30.0 mg/l, recommandée par le JORADP (1993) et l'OMS (1989) pour les eaux de surface, n'entrave pas leur utilisation dans l'irrigation des cultures. Selon Ayers et Westcot (1997), la valeur maximale permmissible peut atteindre 2000 mg/l. L'utilisation des eaux avec une telle charge, doit être faite avec précaution pour éviter le colmatage de la porosité du sol aux conséquences néfastes sur la perméabilité (**Landreau, 1987 ; Ratel et al. 1986 ; Ayers et Westcot, 1997 ; Faby, 2003 ; FAO, 2003**).



(a)



(b)



(c)

Figure 06 : Variations de la DBO₅, DCO, MES en(a) ; DCO/DBO₅ en (b) et DBO₅/DCO en (c) des effluents des trois communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

I.5. L'azote

L'azote des eaux usées se trouve sous formes organique et inorganique. Les formes inorganiques sont immédiatement disponibles pour la plante tandis que les formes organiques doivent être minéralisées par les microorganismes. Il est indispensable de doser ses différentes formes minérales ou inorganiques :

-azote ammoniacal ou $N-NH_4^+$,

-azote nitreux ou $N-NO_2^-$,

-azote nitrique ou $N-NO_3^-$,

L'azote global(ou total) est alors défini par :

$NGL = N_{totale} = N_{organique} + N_{minéral} = N_{organique} + N-NH_4^+ + N-NO_2^- + N-NO_3^-$
(Rodier ,2009).

I.5.1. L'Azote ammoniacal

La figure 07 montre qu'au niveau de site de la commune de el Hamma la teneur de l'azote ammoniacal est la plus élevée (38.27 mg/l) suivie par 33,16 mg/l pour l'effluent de la commune de Chechar et baisse jusqu'à une valeur minimale de 29.71 mg/l pour la commune de Nsigha. . Les teneurs en ammonium sont fortement élevées, elles représentent ainsi un indice de pollution fort (Dussart, 1992 ; Peirce, 1997).

Les teneurs en ammonium dépassent les normes de l'OMS (<2 mg/l), cela peut être expliqué par une décomposition aérobie de la matière organique par des bactéries et oxydation de l'azote .Nisbet et Vernaux (1970) rapportent que l'azote ammoniacal existe dans les eaux riches en matière organique en décomposition lorsque la teneur en oxygène est insuffisante pour assurer sa minéralisation.

I.5.2. Nitrate

La figure 07 montre que la valeur maximale a été enregistrée au niveau de l'effluent de la commune d'Ensigha (13.3 mg/l). Ces teneurs peuvent provenir des effluents riches en nitrates et en éléments fertilisants issues d'épandage agricole. La comparaison des concentrations moyenne en nitrate dans les eaux usées brutes avec la norme de la qualité des eaux destinée à

l'irrigation montre que ces concentrations sont inférieures à 30 mg/l et respectent les normes décrites par JORADP et FAO. (Annexe 01, Annexe 03)

I.5.3. Nitrite

Les concentrations des nitrites au niveau des sites étudiés des trois communes oscillent entre 0.74 et 0.95 mg/l. Ces faibles teneurs en nitrites pourraient être expliquées par le fait que l'ion nitrite est un composé intermédiaire, instable en présence de l'oxygène, dont la concentration est généralement très inférieure à celle des deux formes qui lui sont liées, les ions nitrates et ammonium.

Les teneurs des nitrites dans les trois points étudiés des communes Chechar et Nsigha et el Hamma n'ont pas dépassé les normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation fixées à 1mg/l par l'OMS. (Annexe04).

I.6. Phosphore total

Le phosphore est un élément essentiel à la vie aquatique et les fortes concentrations en phosphates rencontrées dans les eaux témoignant d'enrichissement d'origine domestique et agricole ou de l'activité industrielle. L'excès en phosphate entraîne l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques. **La figure 07** montre que la concentration du phosphore atteint sa valeur maximale au niveau de site de la commune d'El Hamma à 19,91 mg/l suivie par la valeur de 16,36 mg/l enregistrée pour le site de la commune de Chechar jusqu'à la valeur minimale de 14,33 mg/l. En général, les teneurs en phosphore des trois effluents dépassent le seuil de 0.94 mg/l préconisé selon les normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

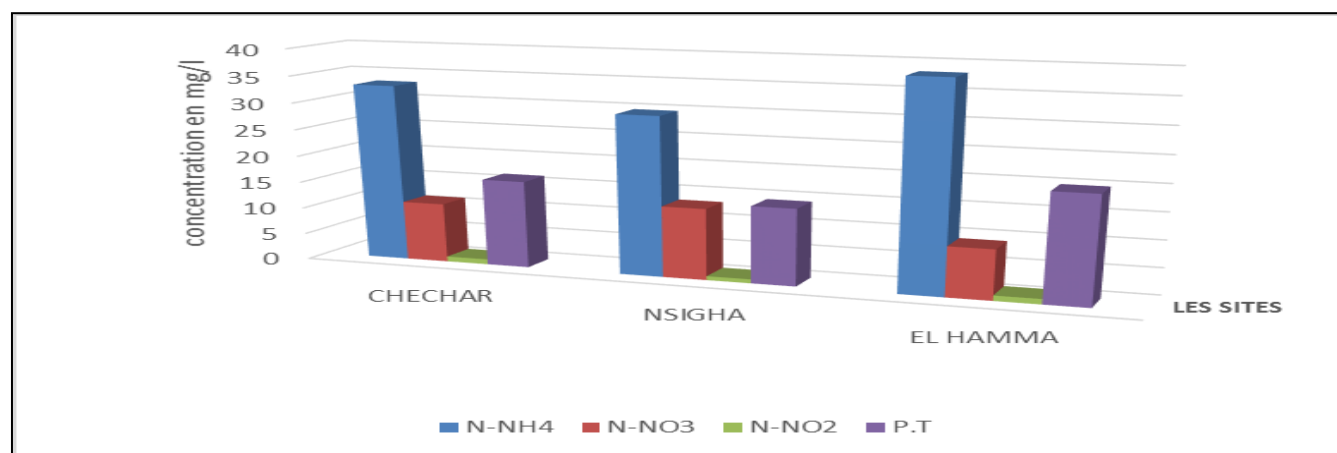


Figure 07 : Variation spatiale des teneurs en formes d'azote et de phosphore.

I.7. Eléments traces métalliques

I.7.1. Le Zinc :

Est un élément chimique de symbole Zn et numéro 30 et le Zn est un métal moyennement réactif qui se combine avec l'oxygène et d'autre non métaux, et qui réagit avec les acides diluer en dégageant hydrogène (**Mahan 1987**).

La figure(08) montre que les concentrations de Zn de valeur maximale 120 mg/l au niveau de site de la commune de Chechar puis vient la valeur 117 mg/l au niveau de site de la commune de Nsigha et valeur minimale 109 mg/l au niveau du site de la commune de el Hamma.

Ces résultats montrent que le teneur de Zn dans les effluents des eaux usées brutes dans les trois sites des communes Chechar et Nsigha et el Hamma. La source principale du Zn dans les eaux usées brute des trois communes provient principalement de l'utilisation de produits ménagers ; cette étude consistait à quantifier les ETM provenant de sources domestiques.

Les résultats montre que Les teneurs de zinc ont dépassent les normes des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**JORADP ANNEXE 02 et OMS ANNEXE 04**).

I.7.2. Le plomb :

-Cet élément peut être associé aux sulfates et aux carbonates mais aussi aux argiles.

-Cet élément a beaucoup d'affinités avec le cadmium Cd et le zinc Zn. Lors de l'altération de minéraux primaires, le Pb peut être fixé par des argiles comme la kaolinite.

La figure(08) montre que la teneur de Pb de valeur maximale 96 mg/l enregistré au niveau de point de la commune de Chechar puis vient la valeur 83 mg/l au niveau de point de la commune de el Hamma jusqu'à la valeur minimale 78 mg/l au niveau de point de la commune de Nsigha.

On note que les valeurs de plomb très élevées dans les effluents des eaux usées brutes des trois communes et ont dépassé les normes des valeurs limites des paramètres de rejet dans un milieu récepteur et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 02 ET ANNEXE 08, ANNEXE04**).

I.7.3. Le cadmium :

Le cadmium est un élément qui est peu présent dans la nature ; il est principalement un sous-produit des procédés métallurgiques du zinc, de cuivre et du plomb. Le cadmium peut se retrouver dans l'environnement sous deux formes, soit le cadmium métallique et les sels de cadmium.

La figure(08) montre que la teneur de cadmium dans les trois points des communes presque proche les valeurs sont situées dans un intervalle de valeur minimale 6 mg/l et valeur maximale 7 mg/l et la teneur très faible comparable à l'autre élément trace métallique.

Malgré tous la teneur de cadmium très faible mais elle dépasse la norme algérienne selon L'ANNEXE 08.

I.7.4. Le chrome :

Il provient généralement des résidus de galvanoplastie, des tanneries, des raffineries et de l'industrie de textile. (Kemmer N, 1984)

Il est toxique surtout sous forme de Cr VI (chromate), il passe sous forme de Cr III (sels chromiques) en milieu naturel. Le Cr VI est mutagène et cancérigène (Gaujous, D, 1995).

La figure(08) montre que la teneur de Chrome de valeur maximale 91 mg/l au niveau de site de la commune de el Hamma suivi par la valeur 88 mg/l au niveau de site de la commune de Chechar jusqu'à la valeur minimale 74 mg/l au niveau de site de la commune de Nsigha.

Les résultats de la figure montrent que les fortes concentrations remarquées dans le point de la commune de el Hamma est cette étude nous fait penser aux rejets du laboratoire de l'université de Khenchela.

Aussi bien que les valeurs de chrome dans les eaux usées brutes des trois communes dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (ANNEXE 08 et ANNEXE 04).

I.7.5. Le cuivre :

Le cuivre est un élément chimique de symbole Cu et de numéro atomique 29. Métal de couleur rougeâtre, il possède une haute conductivité thermique et électrique à température

ambiante, le seul métal pur ayant une meilleure conductivité électrique est l'argent (Hurlbut Jr, 1982).

La figure(08) montre que la teneur de cuivre enregistrées oscille entre 77 mg/l et 87 mg/l dans les trois sites étudiant des trois communes Chechar, Nsigha, el Hamma.

La source principale de contamination en cuivre provenant d'une source domestique. Aussi bien que les valeurs de cuivre présente dans les eaux usées brutes dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 08 et ANNEXE 04**).

I.7.6. Nickel :

Métal d'un blanc qui tient le milieu entre la couleur de l'argent et celle de l'étain, et qui a Il se trouve assez souvent dans les mines de cobalt un minéral qui ne ressemble à aucun autre, et qui n'a été reconnu que dans ces derniers temps.

La Figure (08) montre que la teneur plus élevée de Nickel de valeur maximale 46 mg/l enregistré au niveau de site de la commune de Chechar, puis vient la valeur 41 mg/l au niveau de site de la commune de el Hamma et baisse jusqu'à la valeur minimale 38 mg/l au niveau de site de la commune Nsigha.

A partir de l'annexe 08 les valeurs de nickel elles dépassent les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD et des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation. (**ANNEXE 08 et ANNEXE 04**).

Les valeurs des éléments traces métalliques dans les eaux usées brutes des trois points d'études dépassent les limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation. (**Journal Officiel De La République Algérienne, 2012**).

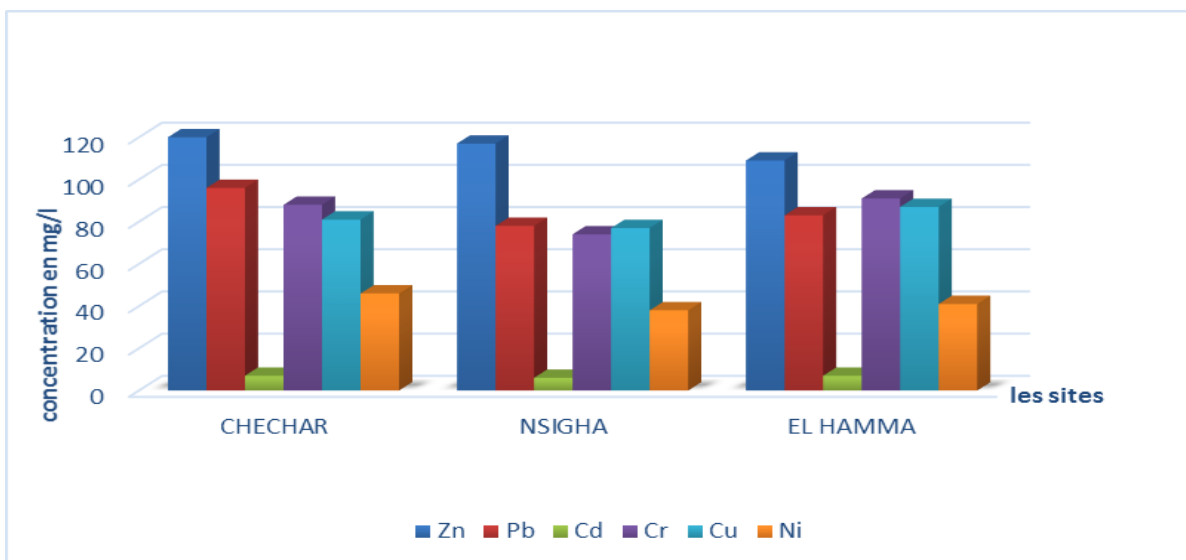


Figure 08 : Variation spatiale des ETM.

II. Identification des faciès chimiques des eaux usées brutes

La représentation Schoeller est reprise par Berkallof, consiste à reporter sur les axes logarithmiques les éléments chimiques (anions et cations), les valeurs des concentrations des éléments chimiques en mg/l pour chaque point de prélèvement.

Le Diagramme de Schoeller Berkallof révèle le faciès sulfaté calcique des trois échantillons (**Fig.09**).

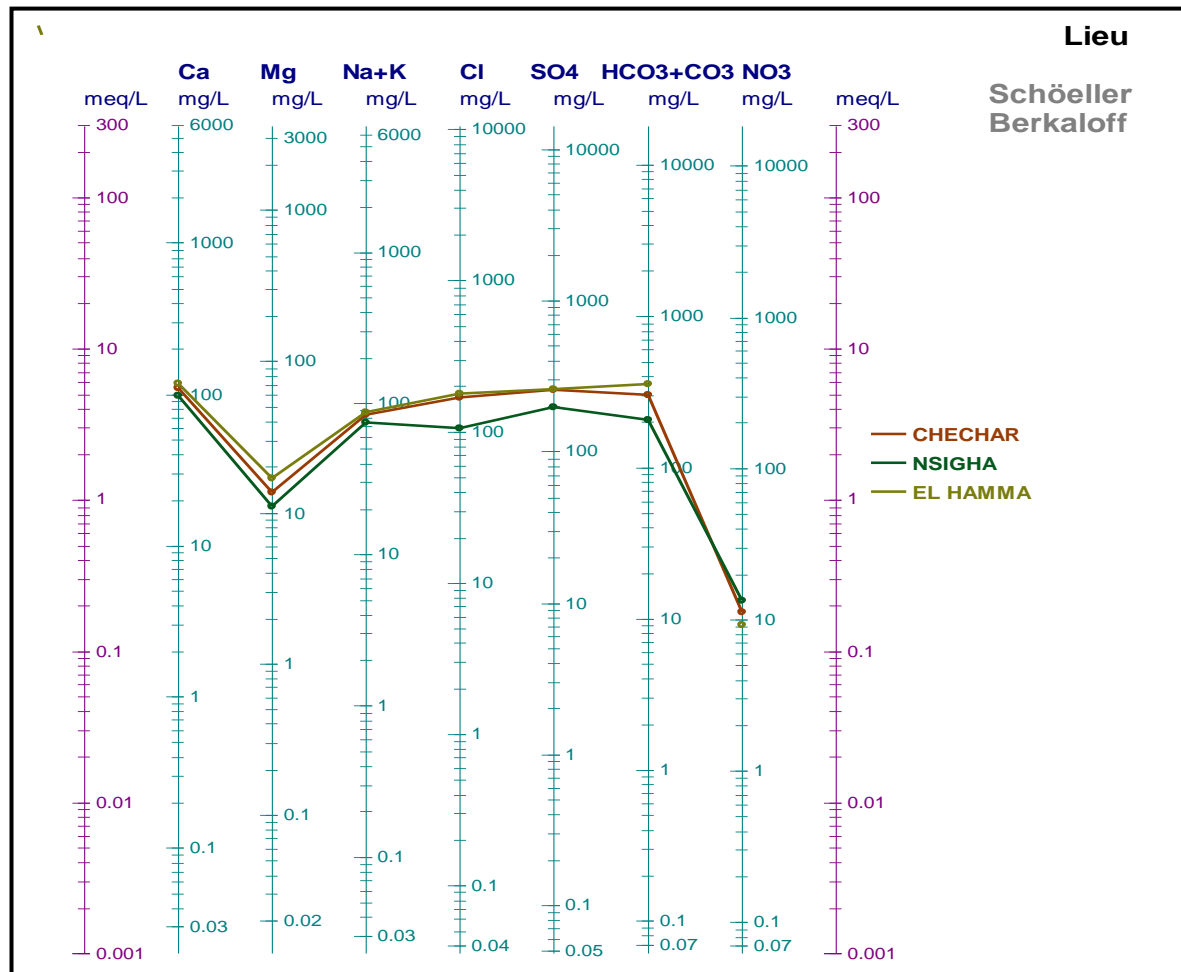


Figure 09 : Diagramme de Schoeller Berkallof des eaux usées brutes des trois sites des communes Chechar, Nsigha et El Hamma.

III. Aptitude des eaux usées brutes à l'irrigation

Les principaux facteurs qui peuvent dégradé la qualité des eaux pour l'irrigation se résument donc à la concentration en sels dissous exprimée par le résidu sec ou la conductivité électrique, la salinité potentielle, la concentration relative en sodium et la quantité des éléments toxiques (Bore et Chlore) présents dans l'eau. (Zeghdani et al, 2016).

Quand les sels sont concentrés dans les solutions de sol, chacun des facteurs dégradant la qualité, à un effet sur la croissance de la plante et par conséquent sur sa production d'une part, et d'autre part sur les propriétés physiques et chimiques. (Zeghdani. Z, et al. 2016).

Pour le sodium, il a été reconnu que sa concentration dans les eaux d'irrigation a une influence sur la perméabilité et l'infiltration des sols. La présence de Na^+ a des effets néfastes sur la structure des sols par défloculation de l'argile. Cet effet est interprété par différents auteurs en calculant plusieurs paramètres tels que le SAR déjà signalé :

$$SAR = \frac{Na^+}{\sqrt{(Ca^{2+} + Mg^{2+})/2}}$$

Le pourcentage en sodium est donné par

$$\%Na = \frac{(Na^+ + K)}{(Ca + Mg + Na + K)} \times 100$$

Le calcul du pourcentage de sodium et la conductivité électrique, (**fig.10**) montre que les trois échantillons d'eaux usées brutes tombent dans la catégorie de la bonne qualité des eaux pour l'irrigation. **La figure 11**, montre les classes d'eau selon le procédé de Riverside. Les eaux ont été trouvés principalement dans la classe de type de l'eau : C3S1 (salinité élevée et faible pouvoir alcalinisant). Cette classe est considérée comme appropriée à des fins agricoles mais avec conditions : La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés (**Tableau.03**).

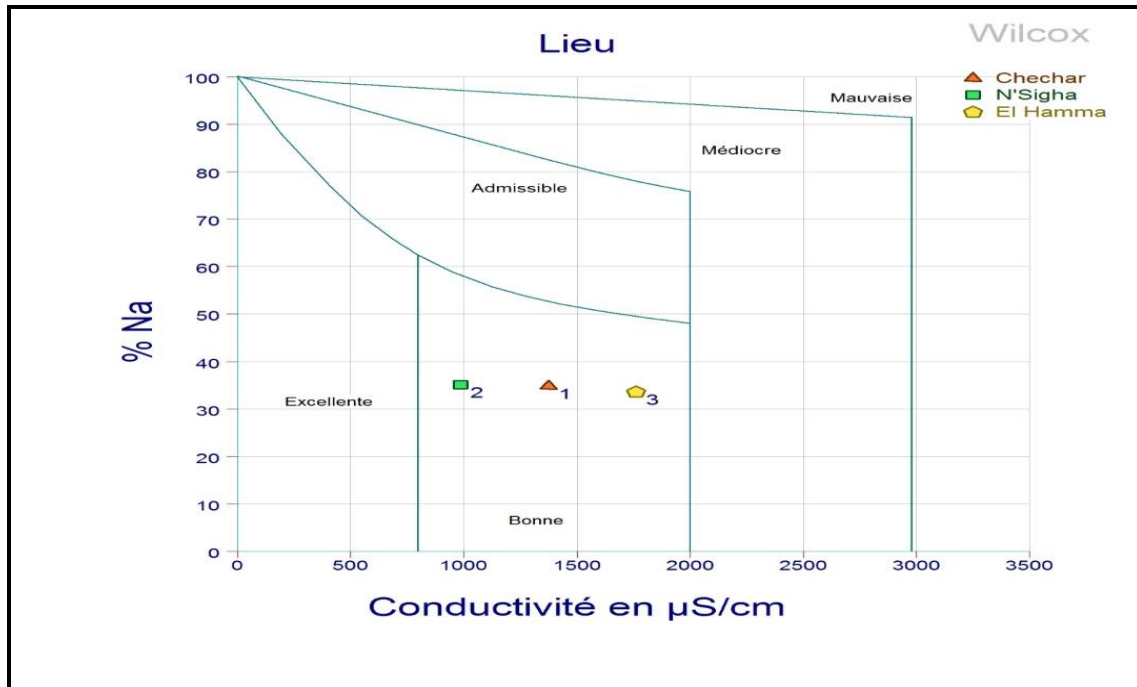


Figure 10 : Diagramme de Wilcox des eaux usées brutes des trois communes

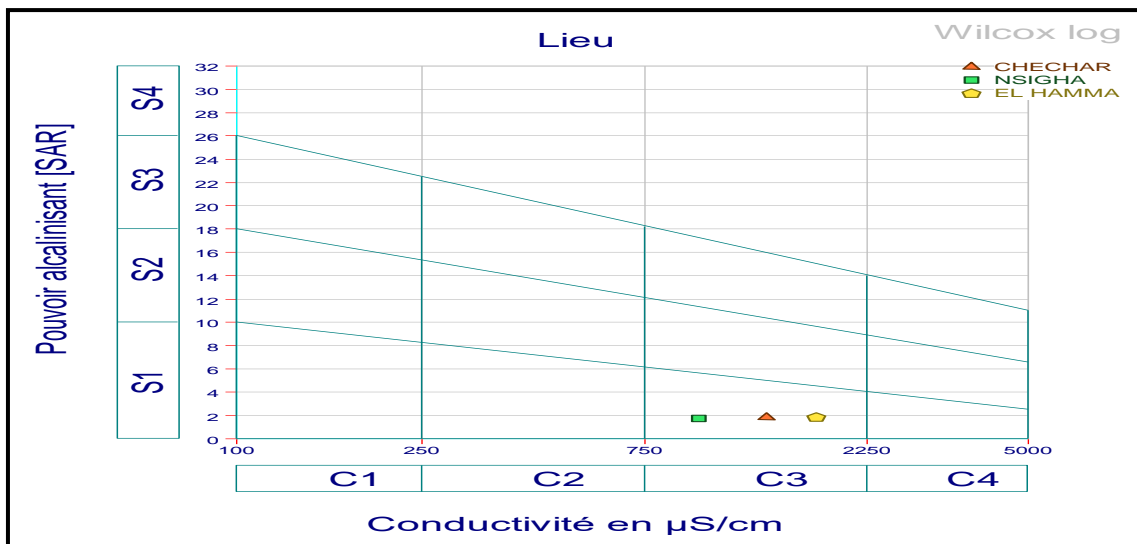


Figure 11 : Diagramme du SAR des eaux usées brutes des trois points étudiant.

Tableau03 : Classification des eaux par degré d'aptitude à l'irrigation (méthode de SAR)
(OMS, 2009).

Degrés	Qualité	Classes	Etat d'utilisation
1	Excellente	C1 – S1, C1 – S2	Utilisation sans danger pour l'irrigation des cultures et même pour les sols
2	Bonne	C2 – S1, C2 – S2	Convenable pour des plantes qui ont une tolérance aux sels (générer des problèmes pour les argiles)
3	Admissible	C3 – S1, C2 – S3, C3 – S2	La salinité doit être contrôlée, irrigation des cultures tolérable aux sels sur des sols bien drainés
4	Médiocre	C4 – S1, C2 – S1, C3 – S3	Eau fortement minéralisée, utilisée seulement pour des plantes très résistantes aux sels (sols de bonne perméabilité)
5	Mauvaise	C3 – S4, C4 – S3, C4 – S4	Inutilisable

Conclusion

Les différents paramètres mesurés des eaux usées brutes indiquent évidemment une pollution importante. L'analyse élémentaire des paramètres physico-chimiques et de quelques éléments traces métalliques d'études effectuée sur les trois points de rejets étudiées, a permis de conclure que :

- Les résultats de l'analyse électro-chimique montrent un caractère neutre de ces eaux ainsi qu'une minéralisation importante ce qui les rend impropres à l'irrigation.

- la pollution organique estimée à partir du calcul des teneurs en O₂ dissous, DBO₅, DCO et des macronutriments (Dérivés de l'azote et phosphore) présente des valeurs dépassant les normes Algériennes et internationales de rejets directes et indirectes dans l'environnement ce qui permet de dire que ces eaux présentent un risque élevé de contamination des espaces limitrophes.

L'établissement des rapports entre la demande chimique et biologique en oxygène a permis de conclure que la pollution que renferment ces eaux est d'origine domestique et qu'elle est facilement biodégradable.

- Les teneurs en éléments traces métalliques dans les eaux usées brutes des trois points étudiés dépassent les limites recommandées des eaux destinées à l'irrigation. Leurs origine est probablement le lessivage de chaussées.

En conclure que les eaux usées brutes des trois sites étudiés des trois communes Chechar et Nsigha et el Hamma sont inutilisable en agriculture à cause de présence des teneurs plus élevées des paramètres dépassant les normes Algérienne et internationales

Recommandations et Perspectives

A la suite des ces résultats, plusieurs perspectives se dégagent :

- La spéciation des éléments traces métalliques pour évaluer leurs devenir et leurs impacts sur le milieu récepteur doit également être investiguée plus finement.

-Dans le cadre d'un travail futur : Une valeur doit être donnée aux eaux usées brutes, considérées comme une source d'eau qui compense l'eau des vallées et des puits utilisés pour l'irrigation agricole, Parce que la région connaît des pénuries d'eau.

Conclusion

- Développement des outils de communication, d'information et sensibilisation sur les eaux usées et sur le risque de leur exploitation et mettre en garde contre les risques d'exploitation irrationnelle des eaux usées brutes en irrigation agricole.

- Les irrigants sont convaincus de l'impact positif des effluents des trois communes Chechar et Nsigha et el Hamma dans l'augmentation des productions agricoles. L'impact négatif est suggéré par la présence de maladies bovines (brucellose et tuberculose).

- Les contraintes de développement de ces régions semi arides, sont nombreuses et révèlent de nombreux facteurs : naturels, techniques, humains, financiers ; la principale contrainte demeure néanmoins l'insuffisance de l'eau. Le sol comme interface est largement affecté par les effluents épandus.

- La réalisation des stations d'épurations est une tentative d'amélioration de la qualité des eaux afin d'éviter les problèmes de pollution des oueds et des nappes phréatiques.

ANNEXE

Référence bibliographiques :

(A)

Ademe, 1995. Les micropolluants métalliques dans les boues résiduares des stations d'épuration urbaines. Paris: ADEME Edition, 209p.

Annuaire statistique 2016 direction de programmation et du suivi du budget.

Asano, T, 1998. Wastewater reclamation and reuse. Water quality, management library, pp1457.

Attab Sarah, 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 à sable local. Université kasdi merbah-ouargla. pp -24.

Ayers, R.S. et Wastcot, D., 1994. Water quality for agriculture. FAO. Irrigation and drainage paper. N° 29 Rev. 1 FAO, Rome, p W 174.

(B)

Beaudy, T., & Henry, T. 1984. Chimie des eaux. Les griffons d'argiles, p. 537.

Baumont, S., et al. 2004. Réutilisation des eaux usées épurées : risque sanitaire et faisabilité en Ile-de-France. Rapport ORS, 220p.

Baumont S, Camard J-P, Lefranc A, Franconi A. (2005)-Réutilisation Des eaux usées épurées : risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. Institut D'aménagement et d'urbanisme de la région Ile-de-France.

Bixio d, Thoeve c, t, Ravazzini a, Miska v, Muston m, Chikurel h, Aharoni a, Joksimovic d and Melin t. 2008-water. Reclamation and reuse: implementation and management issues. Desalination 218, pp. 13– 23.

Bixio D, DE Heyder B, Chikurel H, Muston M, Miska V, Joksimovic D, Schäfer A I, Ravazzini A, Aharoni A, Savic D. and Thoeve C. 2005 - Municipal wastewater reclamation: where do we stand? An overview of treatment technology and management practice. Wat. Sci. Tech.: Wat. Supply, 5(1), pp 77– 85.

Bontoux J, 1993. introduction à l'étude des eaux douce. Eaux naturelle, eaux usées, eaux de boisson : qualité et santé. 2eme Edition : Lavoisier techniques et documentation. Paris.163p.

(C)

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

Cshpf, 1995, « Recommandations sanitaires relatives à la désinfection des eaux usées urbaines », conseil supérieur d'hygiène publique de France section des eaux ; 22p. http://www.sante.gouv.fr/dossiers/cshpf/re_1095_desinfection.htm (consulté le 6-02-2015).

(D)

- Degremont. 2005**-Mémento technique de l'eau. Tome 1, 2ème édition Cinquantaire, Paris, pp 109-599.
- Des jardins R.1997** ; Le traitement des eaux.2ème Edition. Ed. Ecole polytechniques de Montréal, Canada, 303 p.
- Djeddi H, 2006.** Utilisation des eaux d'une station d'épuration pour l'irrigation des essences forestières urbaines ; mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister en écologie et environnement. Uni. Mentouri Constantine 7 p.
- Devaux I. 1999**-Intérêts et limites de la mise en place d'un suivi sanitaire dans le cadre de la réutilisation agricole des eaux usées traitées de l'agglomération clermontoise. Thèse Doctorat « Sciences de la Vie et de la Santé », univ. Joseph Fourier, Grenoble, pp 257.
- Dugnioll, H. 1980.** L'assainissement des résiduaires domestiques, CSTC- revue n° 3- septembre. PP – 44-52.
- Dussart, B. 1992** Limnologie, l'étude des eaux continentales. Paris, Boubée, 681 p.

(E)

- Eaton A, Clesceri E, Rice.A, Greenberg, and Franson.M 2005:** Standard methods for the examination of water and wastewater: centennial edition. Washington dc: American public Health association.

(F)

- Faby J.A. 2003** : L'utilisation des eaux usées épurées en irrigation. Doc. Tech. FNDAE, Hors-série n° 11, 30 p.
- Faby J.A. Bissaud F. 1997.**, l'utilisation des épurées en irrigation. Office international de l'eau, 76 P.
- Fao. 2003.** L'irrigation avec des eaux usées traitées : manuel d'utilisation, pp 73.
- Fao 2003.** L'irrigation avec les eaux usées traitées. Manuel d'utilisation. Bureau Régional pour le Proche Orient et l'Afrique du Nord. Caire Egypte. 68 p.

(G)

- Gaujous D. 1995.** La pollution des milieux aquatique, aide-mémoire, Paris.
- Guivarch, A. 2001.**Valeur fertilisante à court terme du phosphore des boues de stations d'épuration urbaines. Thèse de Doctorat, Inst. Nat. Polytech. Lorraine, 309 p.
- Glanic et Benneton J-P, 1989.** Caractérisation d'effluents d'assainissement individuel et essais de matériels d'assainissement autonome –TSM- l'eau 84 année – N 11 – PP. 573-584.

(H)

Hamouda M.F.2004. Water strategies and potential of water reuse in the south Mediterranean countries. Desalination 165. pp. 31-41.

Hartani T. 2004. La réutilisation des eaux usées en irrigation : cas de la Mitidja en Algérie
Thème 2 Vers une gestion durable de l'irrigation : conséquences sur les options de modernisation. Projet INCO-WADEMED. Actes du séminaire Modernisation de l'Agriculture Irriguée. Rabat, du 19 au 23 Avril 2004.11p.

Hurlbut Jr, C. e. 1982. Manual de Mineralogia de Dana. Barcelona: Reverté.

(I)

(J)

Jimenez B et Asano T. 2007 - International Survey of Wastewater reclamation and reuse practice, eds. IWA Publishing.

Journal Officiel de la République Algérienne, 2006.

Journal Officiel Algérienne, 2012. Journal officiel de la république algérienne démocratique et populaire conventions et accords internationaux - lois et décrets arrêtes, décisions, avis, communications et annonces (traduction française). Dimanche 25 Chaàbane 1433 N° 41me Correspondant au 15 juillet 2012, p 27.

(K)

Karvelas, M. Katsoyiannis, A, Sammara, C., 2003 Occurrence and fate of heavy metals in the wastewater treatment process. Chemosphere 53, 1201-1210.

Kemmer N, F. 1984. Manuel de l'eau Technique et Documentation (lavoisier).

Kéttab A, 2001, les ressources en eau en Algérie, stratégies, enjeux et vision, Elsevier science.

(L)

Landreau A. 1987. La réutilisation des eaux usées épurées par le sol et le sous-sol : Adéquation entre la qualité de l'eau, l'usage et la protection du milieu naturel. Séminaire sur les eaux usées et milieu récepteur, Casablanca (Maroc), 9-11 Avril. Chap. 5, pp. 1-13.

Lazarova V et Brissaud F. 2007. Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France, L'eau, l'industrie, les nuisances N° 299.

Lazarova V. (Cirsee - Lyonnaise des Eaux) et al 1998 : « La réutilisation des eaux usées : un enjeu de l'an 2000 » ; « L'eau, l'industrie, les nuisances », n°212, pp.39-46.

(M)

Mahan, B. 1987. Quimica Curso Universitario.Fondoe Educativo Interamericano S.A.

Makhoukh M., Sbaa, M., Berrahou, A., & Van, M. 2011. Contribution à l'étude physico chimique des eaux superficielles de l'oued Moulouya (Maroc oriental). Larhyss, 149-169.

Medkour M., 2003. Réutilisation des eaux usées épurées. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, p12.

Medkour M. 2002. Réutilisation des eaux usées épurées. Forum de la gestion de la demande en eau : réutilisation des eaux usées. Rabat, 26 et 27 mars 2002, p11.

Ministère des Ressources en Eau, 2001. Les ressources en eau d'Algérie. Rapport de synthèse. MRE, Alger, Algérie. 73 p.

Mizi A, 2006. Traitement des eaux de rejets d'une raffinerie des corps gras région de BEJAIA et valorisation des déchets oléicoles. Thèse de doctorat. Université de Badji Mokhtar. Annaba.

Metcalf and Eddy, 1979. Wastewater Engineering. Treatment/Disposal/Reuse (2nd Ed.).Montréal: McGraw-Hill.

Metahri M, S.2012. Élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Thèse doctorat. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Mre. 2003. Synthèse sur la situation de l'assainissement et évaluation des besoins en station de traitement et d'épuration en vue de protéger les ressources en eau. Séminaire sur le secteur de l'eau en Algérie. Ministère des Ressources en eau, Alger, Algérie. pp 11.

(N)

Nisbet, M. & Verneaux, J. 1970. Composants chimiques des eaux courantes : Discussion et proposition de classes en tant que bases d'interprétation des analyses chimiques. Anns. Limnol. 6(2). pp. 161190.

(O)

Office national d'assainissement de Saida., 2012. Document de synthèse préparé par l'ONA de Saida concernant la réutilisation des eaux usées épurées, 21.

Oms. 1989. L'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture : recommandations à avisées sanitaires. Organisation Mondiale de la Santé. Série de rapports techniques n° 778. OMS. Genève.

(P)

Peirce, J.J., Vesilind, P.A. and Weiner, R.F.1997. Environmental Pollution and Control, 4th ed. Elsevier Science & Technology Books, 379 p.

Philippe Behra, 2013. Chimie et environnement Dunod, paris, 2013. 96p-97p.

Potelon J.L.1998.le guide des analyses de l'eau potable, univ de l'isère.Ed.la lettre du cadre territorial.81-85p.

(Q)

(R)

Ratel C., Nejjar, A. et Bentaleb, M. 1986. La réutilisation des eaux usées pour l'irrigation au Maroc : Cas de la ville de Marrakech. Séminaire sur les technologies appropriées pour l'eau et l'assainissement en zones arides, Rabat (Maroc), 24-28 Novembre. pp. 31-44

Renaud et al, 1997. « Wastewater reuse »; « International Report - 21st World Congress », Madrid, Espagne.

Rodert, Thomazeau, 1981. Station d'épuration, eaux potable-Eaux usées, Edition technique et documentation, paris.

Rodier, J, 2009. L'analyse de l'eau. 9ème édition. Dunod, Paris, 2009, 995-997p.

Rodier, j. Bazin, c. Broutin, j.p. 2005 : chambon p., Champsaur, h. Et rodi, l. (2005) : L'analyse de l'eau : eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer. Ed Dunod, Paris.

Rodier, J. 1996. Analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. Edition Dunod, Paris. 1384 p.

(S)

Saghir, J., Schiffer, M. and Woldu, M. 2000. Urban water and sanitation in the Middle East and North Africa: the way forward. The world Bank, MENA Infrastructure Development Group, 24 p.

Suschka Ferreira E.1986. Activated sludge respirometric measurements, Water research, 1986, 137-144p.

(T)

Tamrabet, L., D., Golea, H., Bouzerzour 2002. La réutilisation des eaux usées en agriculture : insuffisances et solutions des méthodes de traitement des effluents en Algérie. Watmed2002, Monastir, Tunisie. Pp.295-302.

Taradat M H, 1992, Chimie des eaux. Première, le griffon d'argile Inc., canada 537 p.

Tecsult, 2007. Etude de réutilisation des eaux épurées à des fins agricoles ou autres sur le territoire national, synthèse globale, MRE-DAPE.

(U)

(V)

Vilain, M. 1989. La production végétale. Vol. 2 : La maîtrise technique de la production. Ed. Lavoisier, Paris (France).

(X)

(W)

Wright, R.R. and Missimer, T.M. 1995: « Reuse: the experience 1 trend direction. » Int. Desalination et Water Reuse.

(Z)

Zeghdani Z, et al. 2016. Aptitude des eaux épurées de la STEP de Khenchela à l'irrigation, Université Abbès Laghrour Khenchela. pp- 42.

Référence webographique :

- Source <http://fr.db-city.com/> 2018.

Annexe

ANNEXE 01 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation d'après la FAO (AYERS et WESTCOT, 1994).

		Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
CEi	dS/m	<0.7	0.7-3.0	>3.0
TDS	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois CEi et SAR)				
SAR = 0-3 et CEi =		>0.7	0.7-0.2	<0.2
SAR = 3-6 et CEi =		>1.2	1.3-0.3	<0.3
SAR = 6-12 et CEi =		>1.9	1.9-0.5	<0.5
SAR = 12-20 et CEi =		>2.9	2.9-1.3	<1.3
SAR = 20-40 et CEi =		>5.0	5.0-2.9	<2.9
Toxicité de certains ions (affectent les cultures sensibles)				
Sodium :				
Irrigation de surface	SAR	<3	3-9	>9
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	□
Chlore :				
Irrigation de surface	méq/l	<4	4-10	>10
Irrigation par aspersion	méq/l	<3	>3	
Bore	mg/l	<0.7	0.7-3.0	>3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO ₃ -II)	mg/l	<5	5-30	>30
Bicarbonate (HCO ₃) (pour aspersion sur frondaison)	méq/l	<1.5	1.5-8.5	>8.5
pH		Zone normale : 6.5-8.4		

ANNEXE 02 : des valeurs limitent des paramètres de rejet dans un milieu récepteur (Journal Officiel de la République Algérienne, 2006)

Paramètres	Unités	Valeurs Limites
Température	°C	30
Ph	-	6,5 à 8,5
MES	mg/l	35
Turbidité	UTN	50
DBO ₅	mg/l	35
DCO	mg/l	120
Azote Kjeldahl	mg/l	30
Phosphates	mg/l	02
Phosphore total	mg/l	10
Cyanures	mg/l	0,1
Aluminium	mg/l	03
Cadmium	mg/l	0,2
Fer	mg/l	03
Manganèse	mg/l	01
Mercure total	mg/l	0,01
Nickel total	mg/l	0,5
Plomb total	mg/l	0,5
Cuivre total	mg/l	0,5
Zinc total	mg/l	03
Huiles et Graisses	mg/l	20
Hydrocarbures totaux	mg/l	10
Indice Phénols	mg/l	0,3
Fluor et composés	mg/l	15
Étain total	mg/l	02
Composés organiques chlorés	mg/l	05
Chrome total	mg/l	0,5
(*) Chrome III +	mg/l	03
(*) Chrome VI +	mg/l	0,1
(*) Solvants organiques	mg/l	20
(*) Chlore actif	mg/l	1,0
(*) PCB	mg/l	0,001
(*) Détergents	mg/l	2
(*) Tensioactifs anioniques	mg/l	10

(*) Valeurs fixées par le Décret exécutif n° 93-160 du 10 Juillet 1993

ANNEXE 03 : Recommandations physico-chimiques pour la réutilisation des eaux usées épurées en agriculture pour l'Algérie (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Problème potentiel en irrigation	Unité	Degré de restriction à l'usage		
		Aucun	Léger à Modéré	Sévère
Salinité Conductivité électrique ou TDS	dS/m	< 0,7 < 450	0,7-3,0 450-2 000	> 3,0 > 2 000
Infiltration SAR=0-3 et CE = 3 - 6 = 6 - 12 = 12 - 20 = 20 - 40	dS/m	> 0,7 > 1,2 > 1,9 > 2,9 > 5,0	0,7-0,2 1,2-0,3 1,9-0,5 2,9-1,3 5,0-2,9	< 0,2 < 0,3 < 0,5 < 1,3 < 2,9
Toxicité spécifique des ions Sodium (Na) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Chlorure (Cl) Irrigation de surface Irrigation par aspersion Bore (B)	SAR méq/L méq/L méq/L mg/L méq/L	< 3 < 3 < 4 < 3 < 0,7	3-9 > 3 4-10 > 3 0,7-3,0	> 9 > 10 >3,0
Effets divers Azote (NO ₃ -N) Bicarbonate (HCO ₃)	mg/L méq/L	< 5 < 1,5	5-30 1,5-8,5	> 30 > 8,5
pH	Gamme normale 6,5 - 8,4			

- (a) Sur moyenne de 24 heures.
(b) Sauf dérogation particulière.

ANNEXE 04 : des normes extrêmes limitées aux eaux d'irrigation.

Paramètres	Normes
pH	6.5 à 8.5
Conductivité électrique (ms/cm)	<3*
MES (mg/l)	<70*
DCO (mg/l)	<40*
DBO ₅	<30*
NO ₃ ⁻ (mg/l)	<50*
NO ₂ ⁻ (mg/l)	<1*
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	< 0.94*
HCO ₃ (mg/l)	500**
SO ₄ ²⁺ (mg/l)	400**
CL ⁻ (mg/l)	1065**
Ca ²⁺ (mg/l)	400**
Na ⁺ (mg/l)	920**
Mg ²⁺ (mg/l)	60.75**
Cd ²⁺ (mg/l)	0.01*
Pb ²⁺ (mg/l)	0.05*
Zn ²⁺ (mg/l)	2*
Cr ⁶⁺	0.1*
NH ₄ ⁺ (mg/l)	<2*

Source : *OMS (1989), ** FAO (2003)

ANNEXE 05 : les normes de rejets des effluents liquides selon l'OMS

Caractéristiques	Normes utilisées (OMS)
pH	6,5-8,5
DBO₅	< 30 mg/l
DCO	< 90 mg/l
MES	< 20 mg/l
NH₄⁺	< 0,5 mg/l
NO₂	1 mg/l
NO₃	< 1 mg/l
P₂O₅	< 2 mg/l
Température	< 30°C

ANNEXE 06 : Limites recommandées en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, 2012).

Paramètre	Long terme ^a (mg/l)	Court terme ^b (mg/L)
Aluminium	5.0	20.0
Arsenic	0.1	2.0
Béryllium	0.1	0.5
Bore	0.75	2.0
Cadmium	0.01	0.05
Chrome	0.1	1.0
Cobalt	0.05	5.0
Cuivre	0.2	5.0
Cyanures	0.05	0.5
Fluor	1.0	15.0
Fer	5.0	20.0
Phénols	0.005	0.002
Plomb	5.0	10.0
Lithium	2.5	2.5
Manganèse	0.2	10.0
Mercure	0.01	0.01
Molybdène	0.01	0.05
Nickel	0.2	2.0
Sélénium	0.02	0.02
Vanadium	0.1	1.0
Zinc	2.0	10.0

a : pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols. b : pour l'eau utilisé pendant une période de 20ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcali.

ANNEXE 07 : Classification des eaux d'irrigation en fonction de leur salinité (d'après Richards, 1969)

CE de l'eau ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Classe de qualité de l'eau	Risque encourus par les plantes
0-250	I : excellente	Très faible
250-750	II : faible salinité	Moyen
750-2250	III : forte salinité	Elevé
2250-5000	IV : très forte salinité	Très élevé

ANNEXE08 : les normes de rejets des effluents liquides selon le JORAD

Paramètres	Unités	Valeurs limites
Température	°C	30
PH	-	6.5-8.5
DBO5	mg/l	30
DCO	mg/l	120
MES	mg/l	35
Azote total	mg/l	30
Phosphor total	mg/l	10
Furfural	mg/l	50
Hydrocarbures	mg/l	10
Plomb	mg/l	0.5
Fer	mg/l	3
Mercure	mg/l	0.01
Cuivre	mg/l	0.5
Plomb	mg/l	0.5
Zinc	mg/l	3

ANNEXE09 : Valeurs limites maximales de la teneur en substances nocives des eaux usés autres que domestiques au moment de leur déversement dans un réseau public d'assainissement ou dans une station dépuraton

PARAMETRES	VALEURS LIMITES MAXIMALES (mg/l)
Azote global	150
Aluminium	5
Argent	0.1
Arsenic	0.1
Béryllium	0.05
Cadmium	0.1
Chlore	3
Chrome trivalent	2
Chrome hexa valent	0.1
Chromates	2
Cuivre	1
Cobalt	2
Cyanure	0.1
Demande biochimique en oxygène (DBO5)	500
Demande chimique en oxygène (DCO)	1000
Etain	0.1
Fer	1
Fluorures	10
Hydrocarbures totaux	10
Matières en suspension	600
Magnésium	300
Mercure	0.01
Nickel	2
Nitrites	0.1
Phosphore total	50
Phénol	1
Plomb	0.5
Sulfures	1
Sulfates	400
Zinc et composés	2
Température	inférieure ou égale 30 °C
PH	compris entre 5,5 et 8,5

*JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE 2009

ANNEXE 10 : Résultats d'analyse physico-chimique

Paramètres	Normes	Résultats d'analyse des 03 prélèvements		
		Chechar	Nsigha	El Hamma
pH	NFT90-008 Février 01	7.997	7.811	7.940
Conductivité en $\mu\text{s}/\text{cm}$	NF EN 27888	1377	986	1759
Température en $^{\circ}\text{C}$	-	20.4	20.1	20.3
Oxygène dissous en mg/l d'O ₂	ISO 5813 : 1983	1.16	1.05	1.21
Demande biochimique en oxygène en mg/l d'O ₂	NF EN 1899-1 Mai 98	345	288	382
Demande chimique en oxygène en mg/l d'O ₂	NF T90-101 Février 01	668	571	673
Matières en suspension (M.E.S) en mg/l	NF EN 872 Juin 05	450.6	333.8	401.7
Nitrates N-NO ₃ ⁻ en mg/l	ISO7890-3:Décembre88	11.18	13.30	9.26
Nitrites N-NO ₂ ⁻ en mg/l	ISO 6777 : Août 84	0.954	0.744	0.991
Azote ammoniacal N-NH ₄ ⁺ en mg/l	NF T90-015-2Janvier 00	33.16	29.71	38.27
Phosphore total P.T en mg/l	NF EN ISO 6878 Avril 05	16.36	14.33	19.91
Calcium en mg/l	Complexometrie	109.66	98.33	118.65
Magnésium en mg/l	Complexometrie	13.68	11.00	16.77
Sodium en mg/l	Photomètre a flamme	77.1	68.9	80.2
Potassium en mg/l	Photomètre a flamme	6.9	5.8	7.6
Sulfates en mg/l	turbidimétrie	256.15	198.64	261.76
Chlorures en mg/l	Charpentier vaulart	168.99	104.87	177.90
Bicarbonates en mg/l	Dosage acidimétrique	304.63	206.67	353.76
Zn en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	120	117	109
Pb en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	96	78	83
Cd en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	7	6	7
Cr total en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	88	74	91
Cu en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	81	77	87
Ni en $\mu\text{g}/\text{l}$	NF EN ISO 15586 Mai 04	46	38	41

REFERENCE

Résumé

Les problèmes de pénurie et de dégradation de l'eau ont suscité un intérêt accru pour la réutilisation des eaux usées traitées et non traitées dans de nombreux pays du monde. L'objectif de cette étude est d'évaluer les risques environnementaux des eaux usées brutes en connaissant les propriétés physiques et chimiques de l'eau utilisée pour l'irrigation sans traitement. Les résultats de l'analyse physico-chimique des eaux usées brutes de 3 points de rejets qui représentent les communes Chechar, Nsigha et El Hamma ont montré des teneurs significativement élevées par rapport aux normes Algériennes et internationales. Les valeurs enregistrées de la conductivité électrique se situent entre 750 et 2250 micro-Siemens par centimètre ce qui permet de les classer sous la catégorie d'eaux fortement minéralisées non convenables à l'irrigation. Le calcul des rapports DCO/DBO₅ et DBO₅/DCO révèle l'origine domestique de ces effluents et leur biodégradabilité.

Le pouvoir alcalinisant étant faible et le risque sur les propriétés physiques du sol sont faibles. En revanche, Les risques que présente ces effluents rejetées sans traitement pour l'environnement est accentué par la présence d'éléments traces métalliques dont les teneurs dépassent largement les normes.

Mots clés : Risque, Chechar, Nsigha, El Hamma, eaux usées, DBO₅, DCO, Eléments traces métalliques.

ملخص

أدت مشاكل ندرة المياه وتدهورها إلى زيادة الاهتمام بإعادة استخدام مياه الصرف الصحي المعالجة وغير المعالجة في العديد من البلدان حول العالم. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم المخاطر البيئية لمياه الصرف الصحي الخام عن طريق معرفة الخواص الفيزيائية والكيميائية للمياه المستخدمة للري دون معالجة. أظهرت نتائج التحليل الفيزيائي والكيميائي لمياه الصرف الصحي الخام من 3 نقاط والتي تمثل البلديات التالية: ششار وأنسيغة والحامة مستويات أعلى بكثير مقارنة بالمعايير الجزائرية والدولية. تتراوح القيم المسجلة للموصلية الكهربائية بين 750 و 2250 ميكرو سيمنس على السنتيمتر مما يجعل من الممكن تصنيفها تحت فئة المياه المعدنية القوية غير المناسبة للري. يكشف حساب نسب و DCO/DBO_5 et DBO_5/DCO عن أصل هذه النفايات السائلة وقابليتها للتحلل البيولوجي.

تكون الطاقة القلوية منخفضة والمخاطر على الخواص الفيزيائية للتربة منخفضة. من ناحية أخرى، فإن المخاطر التي تطرحها هذه النفايات السائلة التي يتم تصريفها بدون معالجة للبيئة يزيد من وجود العناصر المعدنية الثقيلة التي تتجاوز محتوياتها المعايير.

الكلمات المفتاحية: المخاطر، ششار وأنسيغة والحامة، مياه الصرف الصحي، DBO_5/DCO ، العناصر المعدنية الثقيلة.

Summary

Problems of water scarcity and degradation have led to increased interest in the reuse of treated and untreated wastewater in many countries around the world. The objective of this study is to evaluate the environmental risks of raw wastewater by knowing the physical and chemical properties of the waters used for irrigation without treatment. The results of the physicochemical analysis of the raw wastewater of 3 points that represent the Chechar, Nsigha and El Hamma cities showed significantly higher levels compared to Algerian and international standards. The recorded values of the electrical conductivity are between 750 and 2250 micro-Siemens per centimeter which makes it possible to classify them under the category of strongly mineralized waters not suitable for irrigation. The calculation of the COD / BOD5 and BOD5 / COD ratios reveals the domestic origin of these effluents and their biodegradability.

The alkalizing power is low and the risks on the physical properties of the soil are low. On the other hand, the risks presented by these effluents discharged without treatment for the environment are accentuated by the presence of metallic trace elements whose contents exceed the standards.

Key words: Risk, Chechar, Nsigha, El Hamma, wastewater, BOD5, COD, metallic Trace elements.