



MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique

Option: IRRIGATION ET DRAINAGE

THEME :

Conception de réseau d'irrigation du périmètre EL HADAIEK
(500 ha) à partir du STEP de Skikda (wilaya SKIKDA)

Présenté par :

KHIDER RACHID

Devant les membres du jury

Nom et Prénoms	Grade	Qualité
RASSOUL Abdelaziz	M.C.A	Président
AZIEZ Ouahiba	M.A.A	Examinatrice
KERID Rachid	M.A.A	Examinateur
ABDERRAHMANE-SAIL Nadhira	M.A.A	Promotrice

Session octobre 2020

Dédicace



{قُلْ إِنَّ صَلَاتِي وَنُسُكِي وَمَحْيَايَ وَمَمَاتِي لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ لَا شَرِيكَ لَهُ وَبِذَلِكَ أُمِرْتُ وَأَنَا أَوَّلُ الْمُسْلِمِينَ}

*Je rends un grand hommage à travers ce modeste travail, en
signe de respect et de reconnaissance envers :*

Ma mère SAIDIA

Mon père AMAR

Mon oncle RABAH

Epouse de mon oncle OUARDIA

*Pour tous les sacrifices et leur soutien moral et matériel dont ils
ont fait preuve pour que je réussisse.*

Je le dédie également à

Mes frères et mes sœurs : Fatah, faroudja, samira, et razika.

Mes Cousins : Yssine ; mohamed, youcef ; djamila, malika.

Mes amis : rafik ham , issam , tadjou , yanis, rougé, mohamed,

chemsou, mustapha, boulem, ahcen, ahmed

Midou, Lyas, mustapha , fatah hass, dihia didi, nawal,,

wiam (épouse : Issam)

*En un mot, à toute ma famille KHIDER, mes amis et ceux qui ont
contribué de près ou de loin à ma formation.*

Rachid 2020

Remerciement

A l'issu de cette étude, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à toutes les personnes qui m'ont aidé tout au long de mon travail.

Ma reconnaissance va plus particulièrement à :

Ma Promotrice M^{eme} ABDERRAHMAN SAIL.n pour sa contribution à l'élaboration de ce mémoire.

M^{eme} AZIEZ pour ses appréciations et ses remarques.

*L'ensemble des enseignants qui m'ont suivi durant mon cycle d'étude.
Je tiens à remercier aussi :*

- * Les membres de jury pour avoir accepté d'évaluer mon travail*
- * Le corps enseignant et les étudiants de l'ENSH*
- * Tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de mon mémoire.*

Rachid 2020

الملخص:

يندرج هذا المشروع في إطار السياسة الحالية لإدارة المناطق المروية ، ولا سيما منطقة الحدائق الواقعة بولاية سكيكدة. يهدف المشروع إلى زيادة العائد الزراعي للمحيط ، من خلال استخدام أفضل أنظمة الري مع الإدارة الرشيدة للموارد المائية باستخدام أنظمة الري الحديثة ، وعلى وجه الخصوص ، إعادة استخدام المياه العادمة. نظيف. النتائج التي تم الحصول عليها من هذه الدراسة حاسمة وكشفت عن إمكانية زيادة المحصول الزراعي في منطقة الدراسة.

Résumé :

Ce projet rentre dans le cadre de la politique actuelle de la gestion des périmètres irrigués, notamment celui de la zone d'El hadaiek situé dans la wilaya de Skikda. L'objectif du projet est d'augmenter le rendement agricole du périmètre, par l'utilisation des meilleurs systèmes d'irrigation avec une gestion rationnelle des ressources en eau en faisant appel aux systèmes d'irrigation modernes, notamment, la réutilisation des eaux usées épurées. Les résultats obtenus de cette étude sont concluants et ont révélé la possibilité d'augmentation du rendement agricole dans la zone d'étude.

Abstract:

The Project is part of the current irrigation district management Policy, in particular the irrigation Policy in the El hadaiek district in Skikda. The aim of the project is to increase the agricultural production of the surrounding areas by using the best irrigation system and using modern irrigation systems, especially the reuse of wastewater, to rationally manage water resources. clean. The results of this study are conclusive and reveal the possibility of increasing agricultural production in the study area.

Sommaires

Introduction generale.....	1
Chapitre I : Présentation de la zone d'étude	
I.1.Présentation de la zone d'étude :	2
I.2. Activités agricoles :.....	2
I.3. Géologie.....	4
I.4. L'hydrographie :.....	4
I.5 . L'hydrogéologie.....	4
I.6. Caractéristiques climatologiques :	8
I.6.1. Les précipitations	8
I.6.2. La température.....	9
I.6.3. L'ensoleillement.....	10
I.6.4. L'évaporation	10
I.6.5. Les Vents.....	11
I.6.6. L'humidité	12
I.6.7. L'évapotranspiration	13
I.6.8. Synthèse climatique.....	13
I.6.8.1. Indice d'aridité de DEMARTON.....	13
I.6.8.2 Diagramme Ombrothermique.....	14
I.6.8.3.Climagramme d'emberger.....	14
Conclusion :.....	16
Chapitre II : ressource en sol ressource en eau.	
II.2.2.4. Les mesures règlementaires et normatives de sécurité à l'utilisation des eaux usées épurées :.....	32
II.2.3. Les intervenants chargés de la gestion quantitative et qualitative :	45
II.2.4. Cout d'exploitation et de transport lies à la réutilisation des eaux épurées	45
II.3-Etude de faisabilité de stockage au niveau de barrage de ZERDEZAS :.....	46
II.3.1. Présentation de barrage ZERDEZAS :.....	46
II.3.2. Hydrologie	46
II.3.3. Etude de la qualité des eaux épurées stockés en fonction des temps de séjour.....	49
II.3.3.1. Le stockage d'Eaux Usées Traitées :.....	49

II.3.3.2. Evolution de la qualité des eaux épurées stockés :.....	52
Conclusion :.....	55

Chapitre III : : Caractéristiques et principe de fonctionnement de la STEP

III.1.Présentation de la STEP.....	57
III.1.1.Rappel des données fondamentales	57
III.1.2.Conception de laste.....	58
IV.1.2.1. Différents types de traitement tertiaire.....	59
IV.1.2.1.1. La filtration	59
IV.1.2.2. Réutilisation des eaux épurées dans les activités Industriels:	60
IV.1.2.3.. Enquête auprès des industries de la ville de SKIKDA.....	61
IV.1.2.4. Activités industrielles susceptibles de réutiliser les EUE de la STEP de SKIKDA.....	62
III.1.3.Qualité des eaux brutes.....	63
III.1.3.1 Résultats d'analyses physico_chimique.....	63
III.2.1. Qualité des boues à valorisation agricole :	69
III.2.2. Différents types de boues d'épurations stabilisées :	71
III.2.2.1. Les différents types de boues selon les processus de stabilisation et dedéshydratation et la taille des stations.	71
III.2.2.2. Les volumes de boues produits par habitant :	75
III.2.2.3. Gestion des boues	75
III.2.3. Les principales solutions techniques pour la valorisation des boues d'épuration :	76
III.2.3.1. La mise en décharge :	76
III.2.3.2. L'épandage agricole des boues:	76
III.2.3.3. L'incinération des boues :	76
III.2.4. Enquêtes et besoin en engrais auprès des exploitants agricoles :	77
Conclusion et recommandations	79

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Introduction.....	83
IV.1 : Besoin en eau des cultures	83
IV.1.2. Besoin en eau auprès des exploitations agricoles:.....	83
IV.1.2. Estimation Des Besoins En Eau d'irrigation	85
IV.2.1.Calculer les besoins en eau des cultures.....	91

IV.2.2.1 Calcule q_c	92
IV.2.2.1 calcule Q_s	92
IV.2.3. Affectation des EUE de la STEP de SKIKDA et priorité des domaines de réutilisation	93
IV.2.4. Exploitation et gestion du système de réutilisation des EUE en irrigation	94
IV.2.4.1. Conception d'un projet d'irrigation :	96
IV.2.4.2. Mode d'irrigation.....	97
IV.2.4.3. Choix du système d'irrigation	99
Conclusion.....	103

Chapitre V : Etude du système d'adduction

V.1 : Choix de la variante retenu :	104
1 variante :	104
2ème variante :	105
V.2 : Etude du système d'adduction.....	106
Introduction :	106
V.2.1. Le réseau d'adduction :	106
V.3. Le Organisation du périmètre (ilots d'irrigation):	107
V.4 : Implantation des bornes (Bornage):	107
V .4.1. Role et fonction de la borne d'irrigation:.....	108
V .4.2. Calcul du débit aux bornes :	108
V.5. Le réservoir en terré (1000 m ³):	111
V.5.1. Définition et l'objectif d'un réservoir en terré:.....	111
V.5.2. Dimensionnement du réservoir :	111
1. La cuve :	112
2. Les voiles porteurs (le fut) :	112
3. Les poutres :	113
B. Note de calcul :	114
1. La modélisation du réservoir	114
2. Le Chargement statique et dynamique.....	115
V.6. Etude du système de pompage :	116
V.6.1. Le site groupe (station) de pompage :	116
V.6.2. Le groupe (station) de pompage :	116

1. Les pompes à écoulement radial :	116
2. Les pompes axiales :	117
3. Les pompes semi-axiales	117
V.6.3. Critères du choix du pompe (type, nombre):	117
V.6.4. Choix du pompe pour notre réseau (type, nombre) :	118
1. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :	118
2. La hauteur manométrique total HMT:	119
3. La Dimensionnement de la conduite de refoulement	119
4. La Calcul des pertes de charge total	119
V.6.4. Calcul du diamètre économique :	120
A- Le calcul de diamètre pour différent HMT :	120
Puissance absorbée par la pompe :	120
Energie consommée par la pompe :	120
Frais d'exploitation :	121
A- Frais d'amortissement	121
Choix du diamètre :	122
V.6.4. Nombre et choix des pompes :	124
Conclusion :	125
V.6.5. Protection contre la cavitation :	125
□ Définition de la cavitation	125
Conclusion :	126
V.7. Le réseau de distribution:	126
V.7.1. Tracé du réseau de distribution :	126
V.7.2. Choix des matériaux de canalisation :	127
PEHD :	127
PRV (polyester renforcé verre) :	127
Fonte :	127
V.7.3. Dimensionnement du réseau de distribution :	127
Calcul des diamètres :	127
La vitesse admissible :	128
Calcul de perte de charge (unitaire, singulière) :	128
Conclusion :	130
Chapitre VI : Dimensionnement à la parcelle	
Introduction :	132
VI.1. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :	132

VI.1.1. Choix de la culture:	132
VI.1.2. Choix et caractéristiques de la parcelle :	132
□ Calcul de la dose pratique la RFU	133
VI.1.3. Dimensionnement théorique :	133
Calcul du diamètre de l'ajutage :	133
Calcul de la portée du jet (L);	133
Ecartements entre les rampes et arroseurs :	134
Débit de l'asperseur :	134
Vérification de la pluviométrie de la buse :	134
Calcul du tour d'eau :	135
La dose réelle :	135
Calcul de la dose brute :	135
Temps d'arrosage :	135
Calcul du débit d'équipement (Qeq) :	135
VI.1.4. Dimensionnement hydrauliques des rampes :	136
Longueur de la rampe :	136
Nbre asperseur/rampe (N) :	136
Nombre de rampes(Nr):	136
Calcul du débit de la ramp(Q _r) :	136
Calcul du Diamètre de la rampe :	137
Dimensionnement de la porte-rampe :	137
Calcul des pertes de charge :	138
VI.1.5. Calcul de la pression en tête du réseau:	138
VI.2 : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte :	139
VI.2.1. Données nécessaire pour le dimensionnement :	139
VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :	139
Influence du taux de couverture du sol :	139
Dose nette pratique :	140
Fréquence des arrosages (Fr_jours) :	141
Calcul de la dose réelle :	141
L Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :	141
Durée d'arrosage journalier :	142
Nombre de poste	142
VI.2.3. Calcul hydraulique :	142
VI.2.4. Dimensionnement des canalisations du réseau :	143

Les rampes :	143
Les portes- rampes :	143
□ Pour les rampes	144
□ -Pour le porte rampe	145
Conclusion :	145

Chapitre VII : Aspect technico-économique

Introduction :	147
VII.1. Différents travaux à entreprendre :	147
VII.1.1 Exécution des tranchées :	147
VII.1.2 Pose du lit de sable	147
VII.1.3 Pose des conduites.....	147
VII.1.4 Epreuve de joint et de la canalisation.....	147
VII.1.5 Remblayage des tranchées	147
VII.1.6 Nivellement et compactage	148
VII.2. Estimation du système de pompage immergé et la conduite de refoulement:.....	148
VII.2.1 Système de pompage :	148
Devis pour le système de pompage :	148
VII.2.2 Conduite de refoulement :	151
A- Calcul des volumes des travaux de l'adduction :	151
B- Les volumes des travaux de l'adduction :	152
3-Calcul du volume de remblai :	153
L'adduction Le cout des travaux de l'adduction :	153
Tableau VII.5 : Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.	153
VII.3 Estimation des Frais des travaux sur le réservoir :	154
VII.3.1 Terrassement :	154
XI.3.2 Bétonnage :	155
VII.3.3 Enduit et peinture :	156
VII.3.4. Le cout des travaux de réservoir :	156
VII.4 : Estimation des frais du réseau de distribution :	157
VII.4.1. Calcul des volumes des travaux de distribution :	158
A- volume de déblai :	158
B- Pose du lit de sable.....	158
C-Remblais compacté:	159

VII.4.2. Le cout des travaux de pose de canalisation :	159
VII.4.3. Accessoires du réseau de distribution	160
VII.3. Le cout totale du réseau de distribution:	160
VII.5 : Estimation du coût total du projet:	161
Conclusion:.....	161
Conclusion generale	163

Listes des tableaux

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Tableau 1 : superficie agricole de la wilaya de Skikda.....	3
Tableau 2 : répartition des superficies agricole de la wilaya de Skikda.....	3
Tableau 3 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations.....	8
Tableau 4: Moyennes mensuelles et annuelles des températures.....	9.
Tableau 5 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement	10
Tableau 6 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation	10
Tableau 7 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents	11
Tableau 8 : Direction et fréquence des vents	12
Tableau 9 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité	12
Tableau 10 :Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	13
Tableau 11 : Indice d'aridité	14
Tableau 12 : Quotient pluviométrique.....	15

Chapitre II : ressources en sol-ressources en eau

Tableau II.1:Données fondamentales de la STEP de SKIKDA.....	26
Tableau II.2 : comparatif des résultats d'analyses des EUE de la STEP de SKIKDA aux concentrations maximale admissible suivant la réglementation algérienne.....	27
Tableau II.3 : PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES.....	28
Tableau II.4 : Normes des eaux épurées destinées à l'irrigation.....	33
Tableau II.5 : PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES.....	34
Tableau II.6: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour une réutilisation des EUE en agriculture (Blumenthal et coll., 2000.....	37
Tableau II.7 : directive de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation.....	39
Tableau II.8 : classement des eaux selon conductivité.....	40
Tableau II.9: classification complète des eaux d'irrigation.....	43
Tableau II.10 : Teneurs maximales d'éléments à l'état de traces recommandées pour les eaux d'irrigation.....	44

Chapitre III : DESCRIPTION DE LA STEP DE SKIKDA

Tableau III.1 : Données fondamentales de la STEP de SKIKDA.....	57
Tableau III.2 : Enquête auprès des industries de la ville de SKIKDA.....	66
Tableau III.3 : Enquête auprès des municipalités limitrophes à la STEP de SKIKDA.....	68
Tableau III.4: les industries concernées par la réutilisation des EUE.....	69
Tableau III.5_: métaux lourds du les points de rejets.....	70
Tableau III.6 : Utilisation en agriculture des boues issues du traitement des rejets urbains (Norme NFU 44.041)	71
Tableau III.7: quantité de matières sèche du métaux.....	71
Tableau III.8:la composition en éléments fertilisants (ordre de grandeur) de ces éléments dans les boues les plus communémentrencontrées.....	74
Tableau III.9: teneur de quelques engrais et produits organiques en ETM (Fourchette de variation en g /T de matière sèche)	75
Tableau III.10 : Les quantités des besoins d'engrais des communes.....	78
Tableau III.11 :les besoins en engrais.....	79

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Tableau IV.1 : des exploitations agricoles du Secteur I du périmètre Saf-Saf.....	84
Tableau IV.2: Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	86
Tableau IV.3 : Coefficient cultural (K_c) des différentes cultures. (selon J. Doorenbos et al)	86
Tableau IV.4 : Evapotranspiration maximale ETM (mm/mois)	87
Tableau IV.5 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations.....	88
Tableau IV.6: (P_{e_m}) Pluviométrie effective moyenne durant la période sèche.....	88
Tableau IV.7: Besoins d'irrigation des cultures maraîchères.....	89
Tableau IV.8: Besoins d'irrigation pour l'arboriculture fruitière.....	89
Tableau IV.9: Estimation préliminaire de la superficie irrigable.....	90
Tableau IV.10: Besoin en eau d'irrigation des cultures pratiquées.....	91
Tableau IV.11: Surfaces agricoles concernées par la réutilisation des EUE DE la STEP DE SKIKDA.....	92
Tableau IV.12: Terre agricoles sises à l'intérieur du périmètre irrigué.....	92
Tableau IV.13: Analyses et fréquence d'analyses.....	94
Tableau IV.14 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.....	95
Tableau IV.15: Évaluation des méthodes d'irrigation pour leur aptitude à utiliser l'eau saumâtre (Kandiah, 1990)	99
Tableau IV.16: Facteurs affectant le choix de la méthode d'irrigation et les mesures spéciales nécessaires quand l'eau usée est utilisée, en particulier.....	100

Chapitre V : Etude du système d'adduction.

Tableau V.1 : Avantages et inconvénients des trois variantes	105
Tableau V.2: Type de bornes en fonction de superficies des ilots.....	107
Tableau V.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes.....	107
Tableau V.4 : tableau de combinaison des forces exercé.....	115
Tableau V.5 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite :.....	120
Tableau V.6 : Calcul des frais d'exploitation.....	121
Tableau V.7 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.....	122
Tableau V.8 : Bilan technico-économique des diamètres choisis.....	122
Tableau V.9 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.....	123
Tableau V.10: Pression atmosphérique en fonction de la côte.....	125
Tableau V.11: Pression de vapeur en fonction de la température.....	125
Tableau V.12 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon.....	127
Tableau V.13 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution.....	129

Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle

Tableau VI. 1 : tableau récapitulatif des données nécessaires pour le dimensionnement.....132

Chapitre VII : Aspect Technico-économique

Tableau VII.1: Estimation de cout du système de pompage.....150

Tableau VII.2 : Calcul du volume du déblai.....152

Tableau VII.3: Calcul du volume du lit de sable.....153

Tableau VII.4 : Calcul du volume de remblai.....153

Tableau VII.5 : Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.....153

Tableau VII.6 : Coût des travaux de réalisation du réservoir.....156

Tableau VII.7 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.....157

Tableau VII.8: volume du déblai.....158

Tableau VII.9: volume du lit de sable.....158

Tableau VII .10 : volume du remblai compacté.....159

Tableau VII.11: Estimation du cout de pose de canalisation de la partie distribution.....159

Tableau VII.12: Factures des pièces du réseau distribution160

Tableau VII.13:Devis estimatif total.....160

--Listes des figures

Chapitre I : Présentation de la zone d'étude

Figure 1 : délimitation de la zone d'étude.....	2
Figure 2 : Carte Du Réseau Hydrographique De La Zone D'étude.....	6
Figure 3 : Carte géologique de la Plaine Alluviale de l'Oued Saf Saf (Skikda).....	7
Figure 4: moyennes mensuelles des précipitations.....	8
Figure 5 : moyennes mensuelles des températures.....	9
Figure 6 : moyenne mensuelles de l'ensoleillement.....	10
Figure 7 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation.....	11
Figure 8 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents.....	11
Figure 9 : moyennes mensuelles de l'humidité.....	12
Figure 10 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration.....	13
Figure 11 : Diagramme ombrothermique.....	14
Figure 12 :Climagramme d'EMBERGER.....	15

Chapitre II ; ressources en sol-ressources en eau

Figure II.A :localisation des quatre périmètre saf-saf et el hadaiek wilaya de skikda	18
Figure II.1 : la situation de la STEP de Skikda.....	23
Figure II.2 : système d'épuration de la STEP du SKIKDA.....	25
Figure II.3 : diagramme de classification de l'eau d'irrigation.....	42
Figure II.4 : barrage de ZERDEZAS.....	46
Figure II.5: carte de réseau d'irrigation existant de la wilaya de SKIKDA.....	47
Figure II.6 : carte de bassin versant de la vallée de SAFSAF.....	48
Figure II.7 : schéma de principe de stockage de réutilisation EUE avec ouvrage de Stockage.....	50
Figure II.8 : réservoir saisonniers.....	51
Figure II.9 : réservoir opérationnels	51

Chapitre III : DESCRIPTION DE LA STEP DE SKIKDA

Figure III.1 : <i>Schéma de principe de la désinfection par chloration-déchloration</i>	60
Figure III.2 : Schéma de principe de la désinfection par ozonation.....	61
Figure III.3 : Schéma de principe de la désinfection par la radiation ultraviolette.....	63
Figure III.4 : Schéma de principe de la désinfection par les lagunes de désinfection.....	64
Figure III.5 : Schémas représentatif des traitements des eaux usées urbaines destiné à l'irrigation	65

Chapitre IV : Besoin en eau des cultures

Figure IV.1 : illustrant l'irrigation gravitaire.....	96
Figure IV.2 : illustrant l'irrigation par aspersion.....	97
Figure IV.3 : illustrant l'irrigation localisée.....	97

Chapitre V : Etude du système d'adduction

Figure V.1: alimentation le Bâche a eau a partir de la STEP.....	103
Figure V.2: alimentation le Bâche a eau a partir de la STEP et le barrage.....	104
Figure V.3: Description général de la réseau d'adduction. (Source :BET Aqua enginirig,2016).....	106

Figure V.3.: Simulation général du réservoir.....	112
Figure V.4: Simulation du réservoir	114
Figure V.5: Etude technico-économique.....	123
Figure V.6: La courbe caractéristique de la pompe.....	124
Chapitre VI : Dimensionnement a la parcelle	
Figure VI.1. Dispositifs d'installation des asperseurs.....	136
Chapitre VII : Aspect Technico-économique	
Figure VII.1: Schéma d'une tranchée.....	151

Liste des planches

Planche 1 : plan de situation de périmètre El Hadaiek wilaya de SKIKDA.

Planche 2 : Profil en long d'adduction.

Planche 3 : profil en long de distribution.

Planche 4 : plan d'occupation de périmètre.

Planche 5 : plan du réseau au ilots.

Introduction générale

INRODUCTION GENERALE

En raison de la rareté croissante des ressources naturelles en eau conventionnelle et étant donné la concurrence entre les secteurs du développement économique de point de vue demandent en eau, la valorisation des eaux usées traitées est considérée comme une composante essentielle dans la politique de gestion intégrée des ressources hydriques. Cependant, pour qu'elle soit inscrite dans un cadre de développement durable, la mise en valeur de la réutilisation de ces eaux exige une étude prudente et intégrée qui tien compte surtout des aspects environnementaux.

En effet, ces eaux usées 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.

Le défi sera alors de concevoir et d'opérer une nouvelle génération de systèmes de gestion de l'eau qui soient en mesure de satisfaire la demande alimentaire dans un contexte de rareté de l'eau, tout en respectant les exigences de l'environnement.

Dans ce cadre, on a mené cette étude sur un périmètre d'une superficie de 500Ha, localisé dans la région d'*El Hadaiek*. Il s'agit de concevoir un réseau d'irrigation sur ce périmètre afin d'éviter toute évolution négative sur le milieu récepteur, de protéger l'environnement pour un développement durable. En effet, les eaux de la station d'épuration de SKIKDA seront mobilisées vers notre périmètre pour des fins agricoles. Pour cela, il est impératif de réaliser des analyses physico-chimiques et bactériologiques de ces eaux pour une éventuelle utilisation dans l'irrigation.

Chapitre I :

Présentation de la zone d'étude

I.1. Présentation de la zone d'étude :

La zone du projet est située au centre de la wilaya de SKIKDA, à proximité de deux grandes métropoles « Constantine et Annaba ». Elle est bordée au Nord par la mer Méditerranéenne.

Elle regroupe les communes de SKIKDA, HAMADI KROUMA, EL HADAIEK et HAMROUCHE HAMOUDI.

La zone d'étude est repérée par les coordonnées géographiques suivantes :

- ◆ X (Longitudes): entre 6°51'00" et 6°55'00" Est
- ◆ Y (Latitudes) : entre 36°48'00" et 36°50'00" Nord

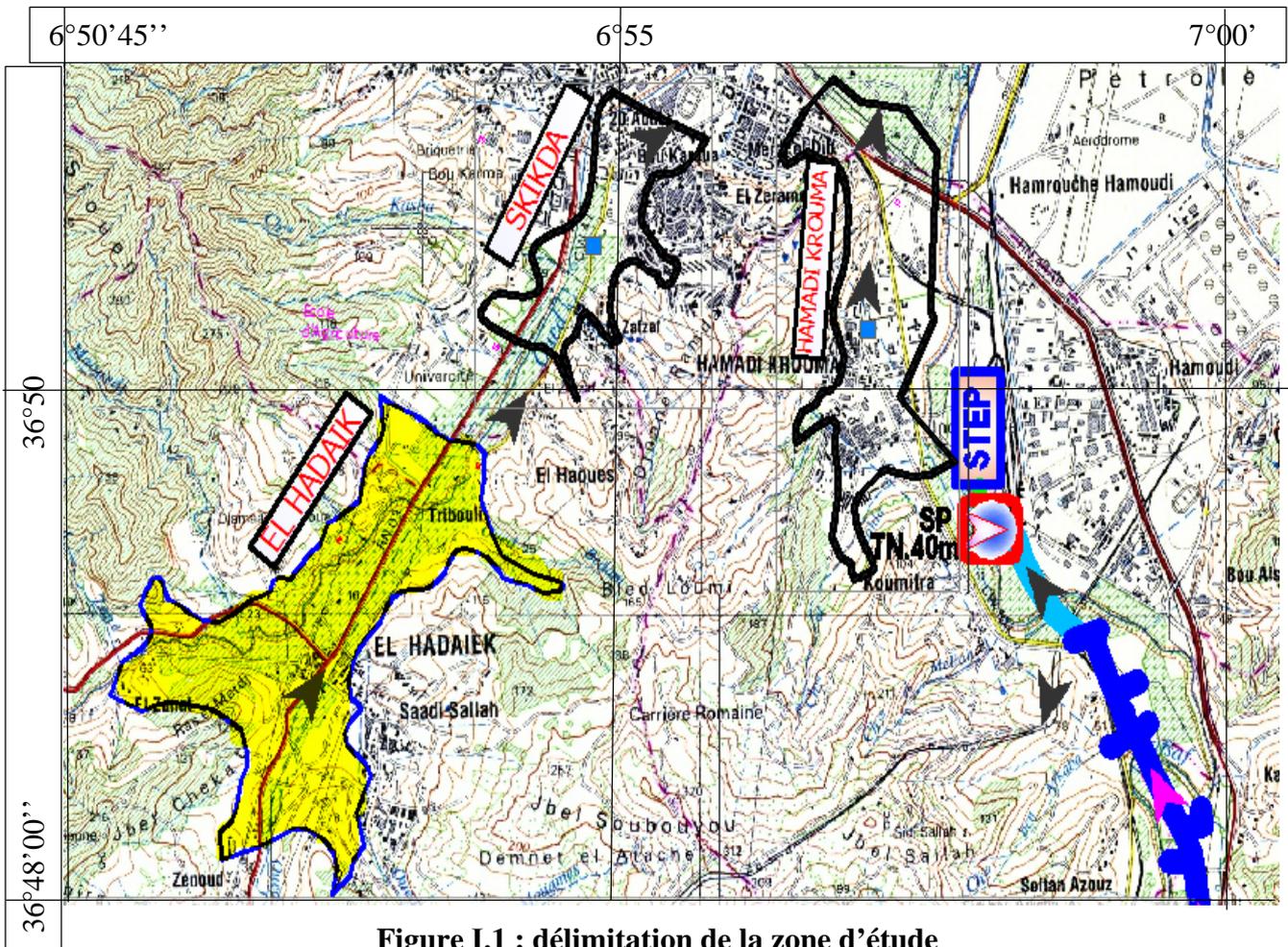


Figure I.1 : délimitation de la zone d'étude

I.2. Activités agricoles :

La Wilaya de Skikda est dotée d'une superficie agricole totale (SAT) de **193.179 ha** et une superficie agricole utile (SAU) de **131.879 ha** dont **15.300 ha** en irrigué, l'agriculture demeure, avec l'industrie, l'un des principaux secteurs d'activité de la wilaya.

Tableau I.1 : superficie agricole de la wilaya de Skikda

	Affectations	Superficie (ha)	Proportion (%) par rapport	
			SAU	SAT
Terres labourables	Cultures herbacées	76 656.7	58.13	39.68
	Jachère	33 367.03	25.30	17.27
	Arboriculture	19 413.27	14.72	10.05
	Vignoble	1602	1.22	0.83
Total SAU		131 879	100	68.27
Dont en irrigué		15 300	11.60	7.92
Pacages et parcours		42 977	32.59	22.25
Terres improductives des exploitations		18 323	13.89	9.48
Total des terres agricoles		193 179	146.48	100

Source : Monographie de Skikda 2018

La prédominance des cultures herbacées est constatée dans la répartition des terres agricoles ; en effet ces cultures occupent **58,13%** de la SAU alors que les cultures pérennes accaparent **15,93%** de la superficie agricole utile. Les **26%** de SAU restantes représentent les terres laissées au repos (en jachère).

Concernant les communes traversées par la pénétrante la répartition des terres agricoles (S.A.T) et de la superficie agricole utile (S.A.U) est la suivante :

Tableau I.2 : répartition des superficies agricole de la wilaya de Skikda

Commune	S.A.T (ha)	S.A.U (ha)
Skikda	2.209	1.177
Hamadi Krouma	2.768	2.064
El Hadaiek	3.728	2.501
Ramdane Djamel	9.040	7.802
Béni Bechir	2.319,5	1.119,5
Salah Bouchaour	8.551	7.900
El Harrouch	7.519	6.376

Source : Monographie de Skikda 2018

La majeure partie de la superficie agricole utile se situe au niveau des deux principaux axes dynamiques de la wilaya qui comprennent Azzaba et El-harrouche avec leur région respective.

La zone d'étude est comprise dans une zone composée par des terrains essentiellement agricoles. En effet, la pénétrante traverse le périmètre irrigué d'Oued Saf Saf qui se caractérise par de bonnes potentialités agricoles et est considéré parmi les 03 grands périmètres que compte la wilaya de Skikda.

I.3. Géologie

La dépression de l'Oued Saf Saf correspond à une aire synclinale orientée WSW-ENE, et s'étend entre les gneiss et les phyllades primaires de la forêt de Zermna au nord-ouest et l'anticlinal à cœur triasique de Zerdez au sud-est. Dans la région de Ramdane Djamel, le synclinal est formé par une succession de collines gréseuses séparant des vallons argileux. Les affleurements caractérisant la région d'étude sont représentés essentiellement par :

- Le Numidien (Eocène supérieur- Oligocène) : Il est de type flysch et comprend de bas en haut :
 - Des poudingues à ciment argileux affleurant au nord-est de la dépression.
 - Des argiles sombres intercalées de bancs de grès qui occupent le fond de la vallée.
 - Des grès quartzitiques plus ou moins altérés en surface et développés sur le Kef kahrou et à l'est de la localité de Beni Bechir.
- Le Quaternaire : Le Quaternaire est distingué par des alluvions récentes recouvrant en discordance les formations du Numidien au niveau de la vallée de l'Oued Saf Saf. Elles sont représentées par des limons, sables et galets. Les méandres actuels du Saf Saf recourent d'ailleurs également des terrasses d'alluvions anciennes formées d'argiles sableuses.

I.4. L'hydrographie :

Les eaux superficielles de la région de Skikda sont drainées principalement du Sud vers le Nord par Oued Saf Saf. Cet oued est alimenté par un réseau hydrographique relativement dense sillonnant les versants des djebels entourant la zone d'étude, à savoir : Oued Kramna, Oued Gouds, Oued Bou Adjeb, etc. Ce réseau s'articule autour de trois principaux oueds, courts et brutaux : Oued Guebli, Oued Safsaf et Oued El Kébir.

La zone d'étude appartient au **bassin versant de l'oued Saf Saf (BV 03-09)**. Ce dernier constitue l'axe hydrographique central. Son bassin versant regroupe tous les oueds des versants tournés vers la vallée (voir carte ci-après).

I.5. l'hydrogéologie :

Dans la région de Skikda, les eaux souterraines sont emmagasinées dans la nappe alluvionnaire qui s'étend sur la presque totalité de la vallée. Cette nappe est alimentée essentiellement par les eaux pluviales tombant directement sur la vallée et les eaux provenant par ruissellement des versants des djebels.

▪ La nappe alluviale de l'Oued Saf Saf

- **Situation géographique :**

L'Oued Saf Saf prend sa source au djebel Ouahch, dans les environs de Constantine. Ensuite, il contourne le Djebel Sesnou, traverse la plaine près d'El Harrouch et Ramdane Djamel, avant de se jeter dans la mer, près de la ville de Skikda. La superficie de la plaine est d'environ 100 km².

Aussi on a la partie de l'hydrogéologie. la dépression de Saf Saf est constituée principalement par un seul système aquifère représenté par les alluvions récentes et anciennes du Quaternaire. Ces dernières couvrent pratiquement tout le bassin et ont généralement des faibles épaisseurs comprises entre 10 et 30 m.

Le forage réalisé au Sud-Ouest de Ramdane Djamel a fourni un débit de 3 l/s et a rencontré les formations suivantes :

- 0 à 7 m : des argiles sableuses.
- 7 à 11 m : des sables et galets argileux.
- 11 à 14 m : des argiles jaunes à galets de grès.

Un autre forage situé vers le sud de la dépression a traversé sur 15 m des et 15 m de sables et alluvions grossières. Son débit est de 18 l/s.

- **Substratum :**

Le substratum de la nappe aquifère des alluvions est constitué par les argiles sombres du Numidien.

L'alimentation :

L'alimentation de l'aquifère s'effectue principalement par :

- l'impluvium, représenté essentiellement par les affleurements des alluvions d'une surface de l'ordre de 100 km²,
- les rivières passant par la région, notamment Oued Saf Saf et,
- les grès quartzitiques affleurant à Kef kahrou et à l'est de Beni Bechir.

- **L'exutoire :**

L'exutoire de la nappe est constitué par la mer. L'embouchure de l'Oued Saf Saf est située à l'est de la ville de Skikda.

Ressources exploitables :

Les ressources exploitables de la nappe alluviale de l'Oued Saf Saf sont, d'après la carte des ressources, de 8.5 Hm³/an.

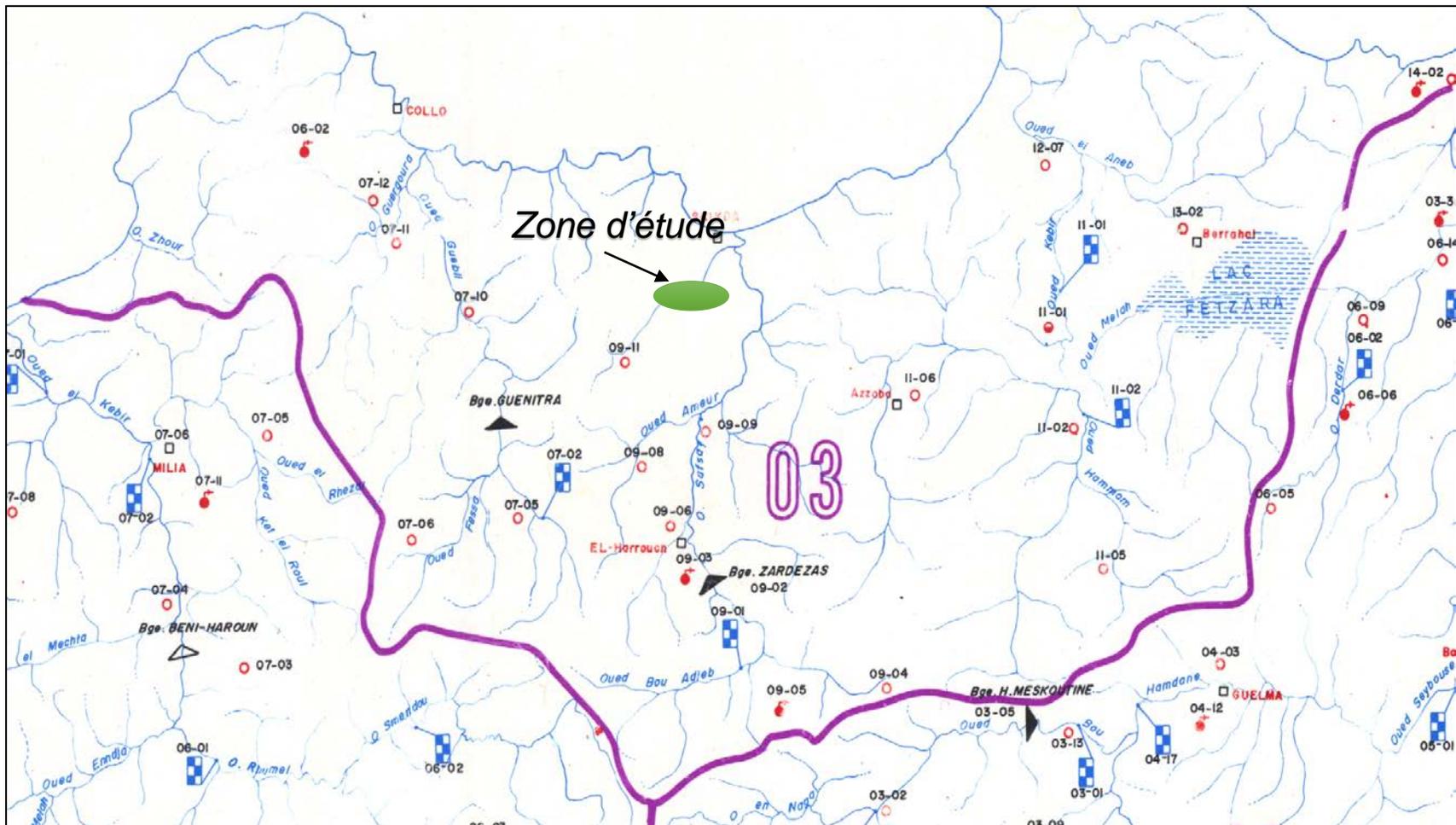


Figure I.2 : Carte Du Réseau Hydrographique De La Zone D'étude

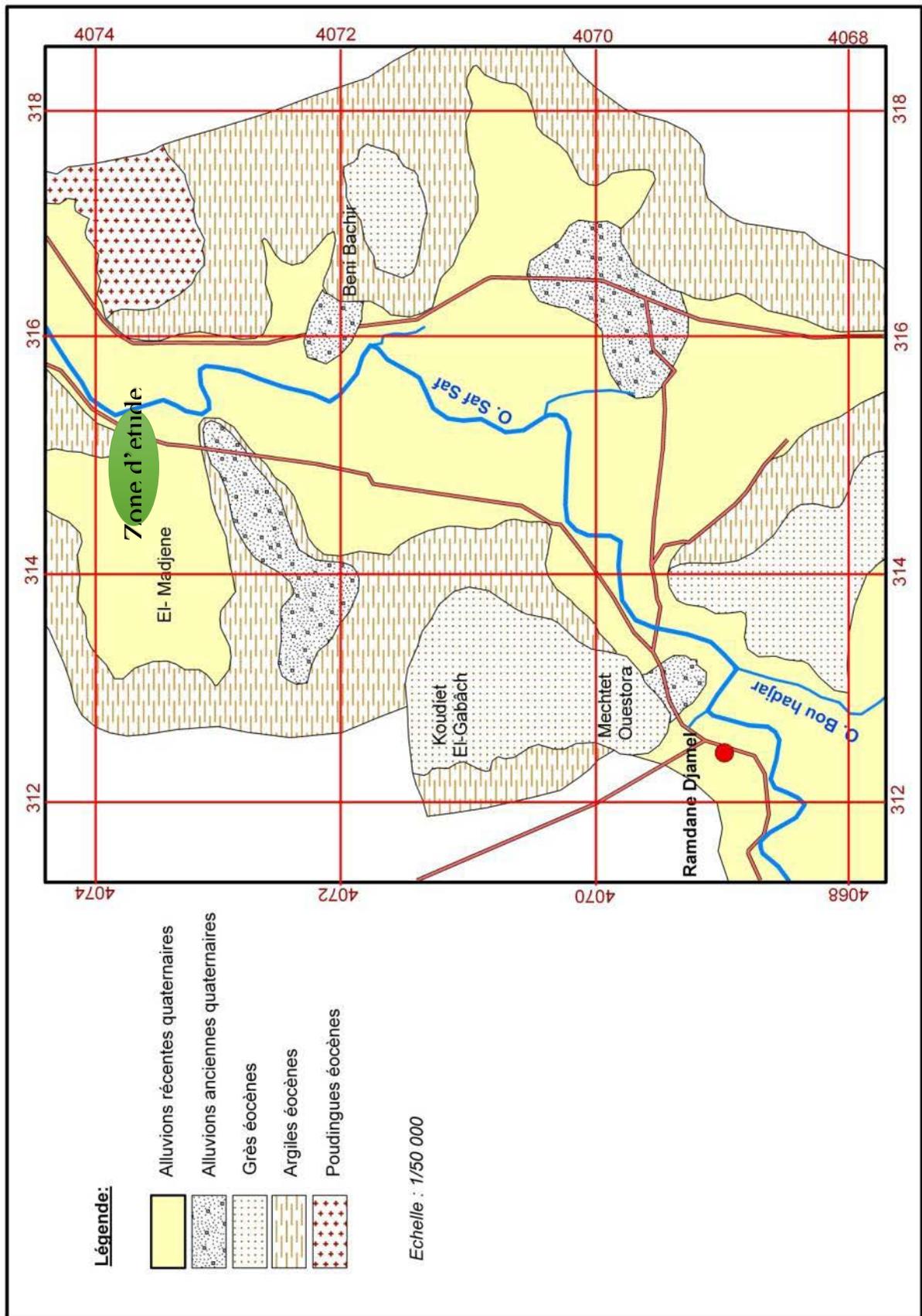


Figure I.3 : Carte géologique de la Plaine Alluviale de l'Oued Saf Saf (Skikda)

I.6. Caractéristiques climatologiques :

L'aspect climatique est un facteur important à considérer dans un projet d'étude d'une station d'épuration.

La station météorologique existante, susceptible d'être considérée comme représentative de la région d'étude et possédante des données fiables est celle de Chef lieu SKIKDA. Les caractéristiques géographiques de la station sont présentées comme suit :

Caractéristiques de la station de référence (SKIKDA) :

Code	355
Latitude	36°53 Nord
Longitude	06°54 Est
Altitude	1 m

La zone d'étude, appartient au domaine bioclimatique humide et sub-humide. Le climat est de type méditerranéen, par l'influence maritime sur le littoral et les phénomènes orographiques et semi continental vers l'intérieur. En effet, l'étage humide couvre toute la zone montagneuse occidentale ainsi que les sommets à l'Est et au Sud.

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

I.6.1. Les précipitations

Tableau I.3 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	M.A
P (mm)	53,9	66,21	96,58	162,81	131,9	90,86	71,13	66,92	32,08	9,56	14,37	14,93	811,25

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Décembre (162,81 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de Juin (9,56 mm). La pluviométrie moyenne annuelle pour cette région est de 811,25 mm.

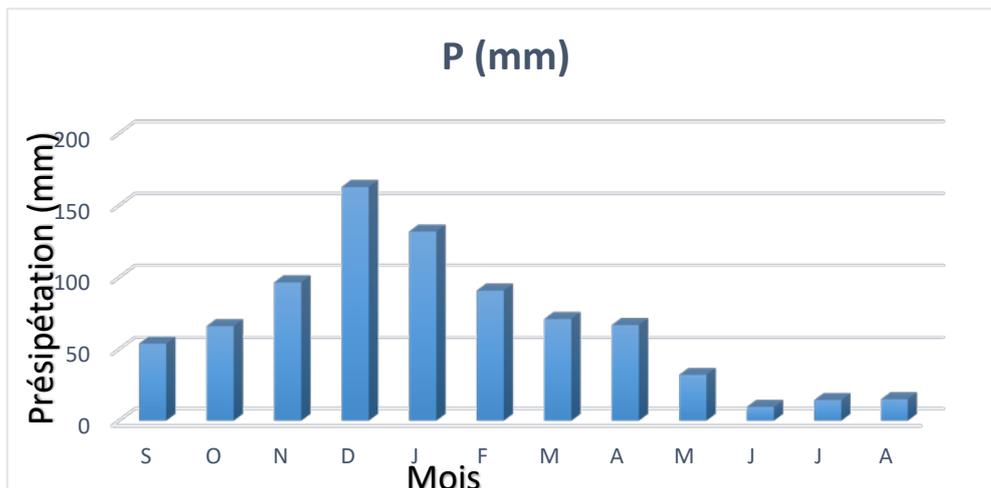


Figure I.4: moyennes mensuelles des précipitations

I.6.2. La température

Tableau I.4: Moyennes mensuelles et annuelles des températures

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
T max (°C)	16,63	16,85	19,11	20,66	23,72	27,06	29,5	30,07	27,56	25,72	21	17,75	22,96
T min (°C)	8,82	8,87	10,86	12,83	15,84	19,27	22,36	22,92	20,31	17,77	13,15	8,82	15,15
T moy (°C)	12,42	12,86	14,83	16,77	19,76	22,81	25,67	25,67	23,91	21,6	16,85	13,61	18,87

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

On remarque que la température diminue pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint un minimum de 12,42 °C en Janvier, elle augmente pendant les trois mois d'été (Juillet, Août, Septembre) et atteint le maximum de 25,67 °C en Juillet et Août. La moyenne annuelle est de 18,87 °C.

La proximité de la mer a une influence directe sur le climat, ainsi la forte chaleur est rafraîchie et humidifiée par la brise d'été et la mer réchauffe la terre pendant les hivers rigoureux

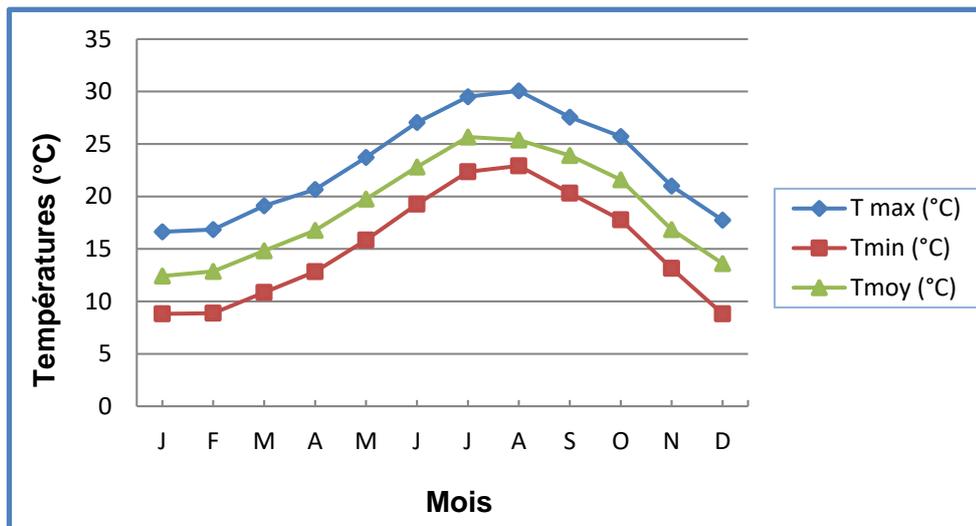


Figure I.5 : moyennes mensuelles des températures

I.6.3. L'ensoleillement

Tableau I.5 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Ensoleillement (h)	140,6	167,25	213,8	225,7	278	326,	342,7	318,3	239,5	209,5	158,5	126,1	228,8

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

On peut remarquer que les valeurs les plus importantes sont enregistrées en période allant du mois de Mai au mois d'Août, la valeur la plus élevée est celle du mois de juillet (342,7 h).

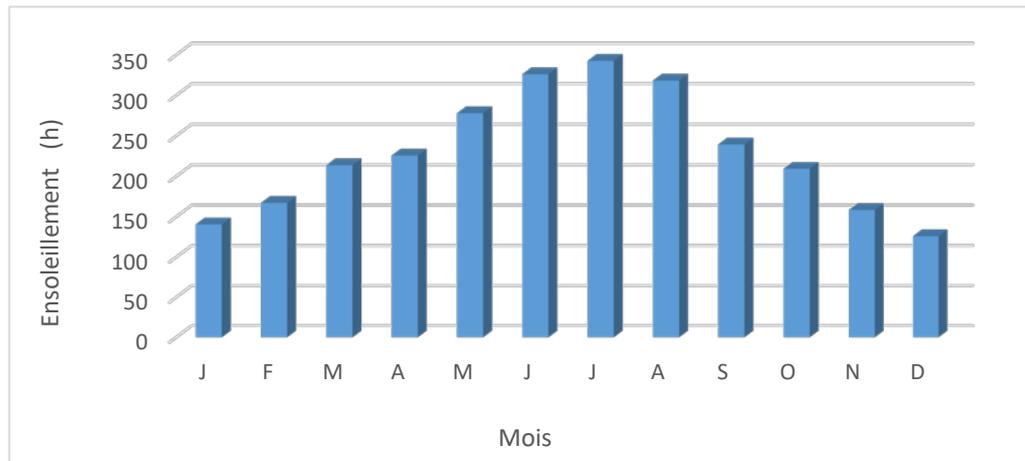


Figure I.6 : moyenne mensuelles de l'ensoleillement

I.6.4. L'évaporation

Tableau 6 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Evaporation (mm)	54,33	54,87	77,37	70	82,66	90,88	99,12	105,12	86,62	80	72,85	67,62	941,44

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

Le tableau ci-dessus montre que l'évaporation est importante en été. Elle atteint son maximum au mois d'Août avec une valeur de 105,12 mm. Le minimum est enregistré au mois de Janvier avec une valeur de 54,33 mm, celle de la moyenne annuelle est de 941,44 mm.

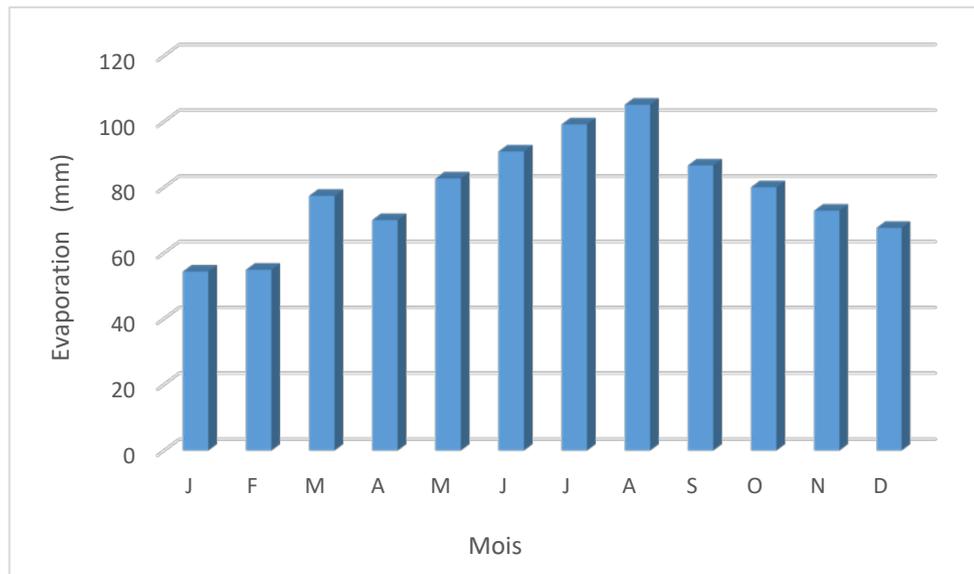


Figure I.7 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

I.6.5. Les Vents

Vitesse des vents

Tableau I.7 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
V moy (m/s)	3,83	3,58	3,35	3,17	2,83	3	2,91	2,95	2,88	3,07	3,58	4	3,26

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

La vitesse moyenne du vent est inférieure à 4 m/s pour toute l'année.

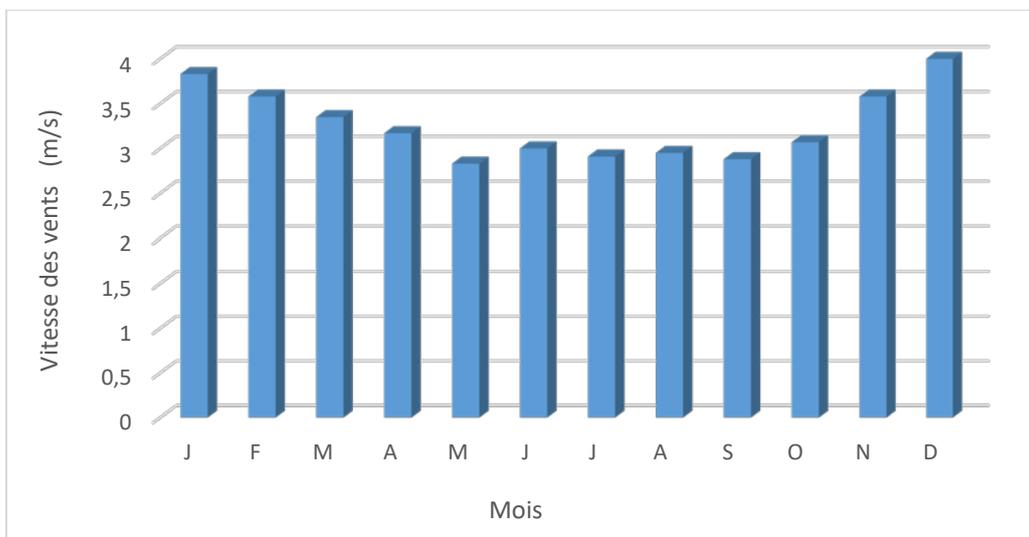


Figure I.8 : moyennes mensuelles de la vitesse des vents

Direction des vents

Tableau I.8 : Direction et fréquence des vents :

Direction	7h								13h								18h							
	N	N	E	S	S	S	W	N	N	N	E	S	S	S	W	N	N	N	E	S	S	S	W	N
Année	8	8	1	8	2	3	7	15	2	27	2	4	9	8	5	22	1	1	2	26	1	5	2	22
		E		E		W		W		E		E		W		W		E		E		W		W

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

D'après les données du tableau ci-dessus, on peut remarquer que les directions dominantes des vents sont :

- Sud et Sud-Ouest à 7 heures
- Nord, Nord-Est et Nord-Ouest à 13 heures
- Nord-Ouest et Sud-Est à 18 heures

Le siroco se manifeste surtout pendant les mois de Septembre et Octobre, il contribue à l'augmentation des températures et influence leurs variations journalières.

I.6.6. L'humidité

Tableau I.9 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité :

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Hu (%)	77,33	74,33	74,33	74,16	72,83	73,5	73,83	71,83	73,33	75,33	72,33	75,66	74,03

Période : 2008-2018; Source : ONM

Le taux d'humidité relative de l'air varie entre 72,33 et 77,33 %. La valeur moyenne annuelle d'humidité est de 74,03 %.

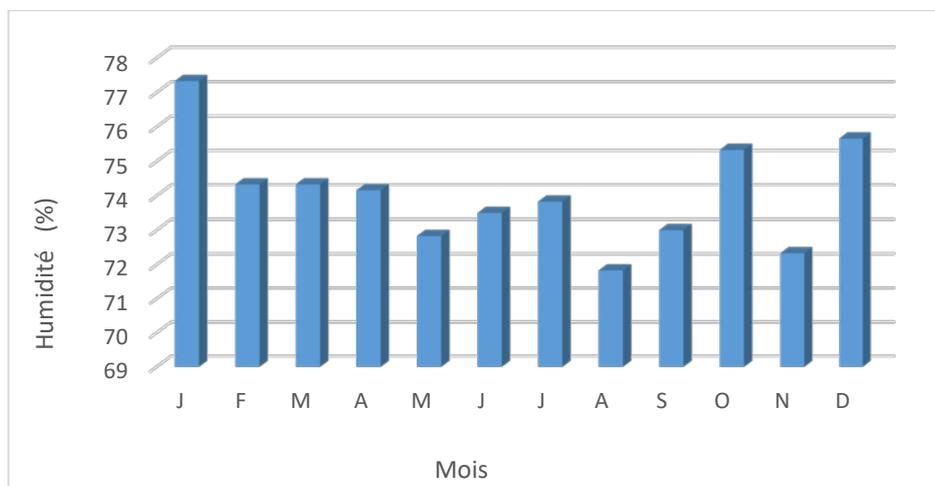


Figure I.9 : moyennes mensuelles de l'humidité

I.6.7. L'évapotranspiration

Tableau I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
ET (mm)	11,7	16,9	28,7	32,1	42,7	51,7	58,2	45,9	37,4	25,4	16,2	9,7	377,03

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

Sur les huit (08) ans d'observation, l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de 58,25 mm en Juillet et un minimum de 9,7 mm enregistré en Décembre. Le total annuel de l'évapotranspiration moyenne est de 377,03 mm.

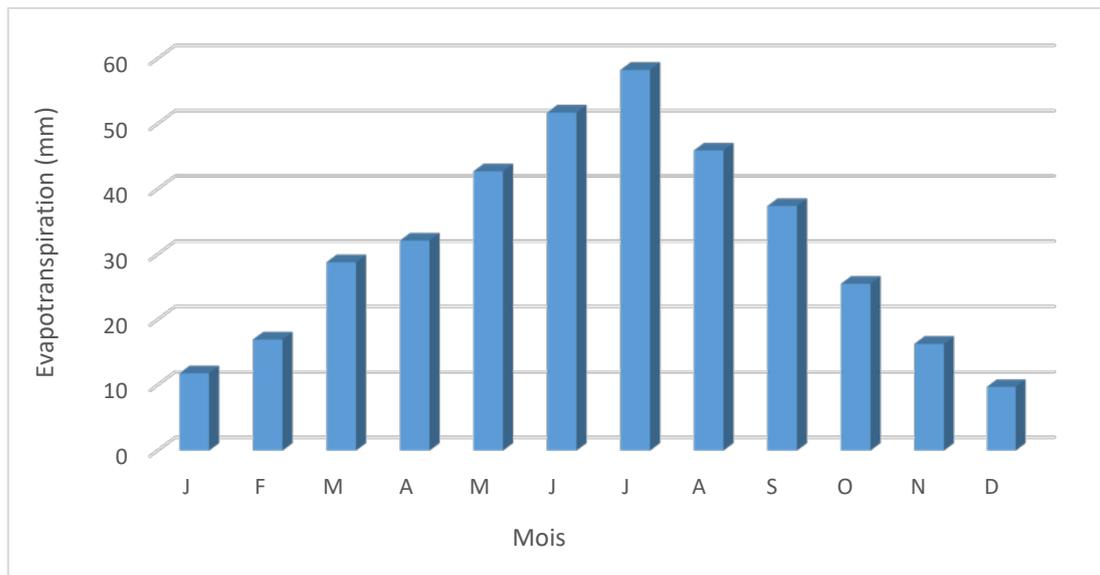


Figure I.10 : Moyennes mensuelles de l'évapotranspiration

I.6.8. Synthèse climatique

A travers les deux facteurs importants du climat, la température et la pluviométrie, trois paramètres peuvent être déterminés :

- L'Indice d'aridité
- Le Diagramme Ombrothermique
- Le Climagramme d'EMBERGER

I.6.8.1. Indice d'aridité de DEMARTON

Il est défini par la formule suivante :

$$I = 12 P / (T + 10)$$

Avec :

P : Pluviométrie moyenne mensuelle

T : Température moyenne mensuelle

I : Indice d'aridité

Tableau I.11 : Indice d'aridité :

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jui	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
I (°C)	70,5	47,6	34,3	29,9	12,9	3,4	4,8	5,06	19,0	12,1	43,1	82,7

Période : 2008-2018 ; Source : ONM

Le tableau ci-dessus met en évidence deux catégories :

- Une saison humide et longue s'étale du mois de Septembre au mois de Mai dont l'indice d'aridité atteint 82,74°C au mois de Décembre.
- Une saison sèche et courte s'étale du mois de Juin au mois d'Août dont la valeur minimum est celle du mois de Juin (3,49°C).

I.6.8.2 Diagramme Ombrothermique

En appliquant la formule $P = 2T$, le diagramme permet de déterminer la période sèche, où le mois sec est celui où le total moyen des précipitations est inférieur ou égal au double de la température moyenne mensuelle exprimée en degrés centigrades.

Quand la courbe de température est au-dessus de celle des précipitations, la zone délimitée représente la zone sèche.

Il ressort une période sèche qui s'étale du mois de Mars jusqu'au mois d'Octobre.

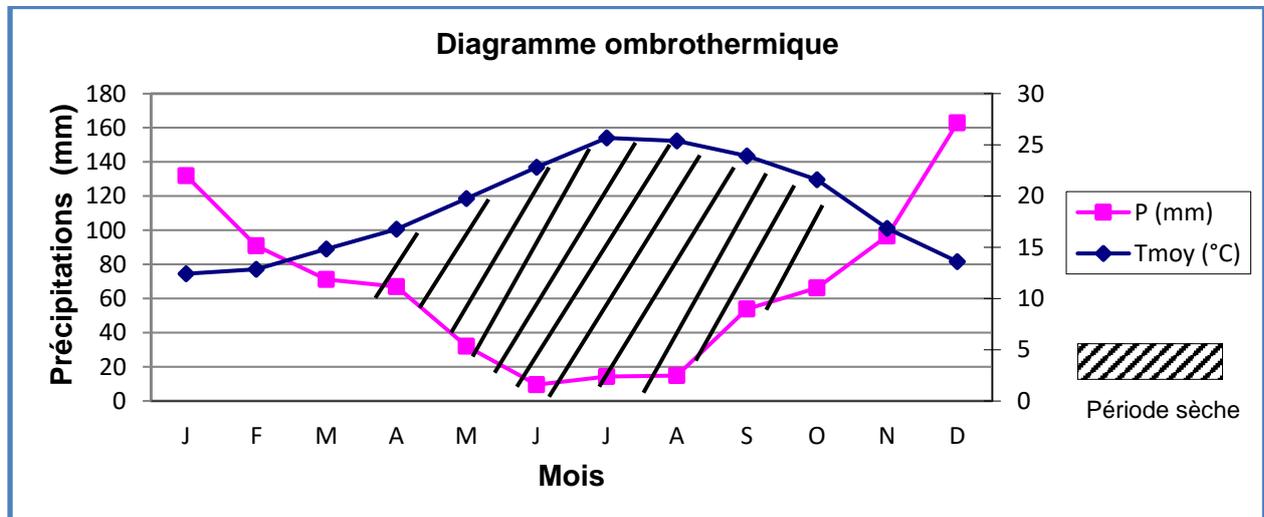


Figure I.11 : Diagramme ombrothermique

I.6.8.3. Climagramme d'EMBERGER

Son calcul se base essentiellement sur les températures et les précipitations.

Ce quotient n'est applicable qu'aux climats de type méditerranéen. Mis au point par EMBERGER (1930), il s'exprime par la formule :

$$Q2 = 2000 P / (M^2 - m^2)$$

Avec : **P** : pluviométrie moyenne annuelle (mm).

M : Température moyenne des maxima du mois le plus chaud (°K).

m : Température moyenne des minima du mois le plus froid (°K).

En utilisant les deux valeurs Q_2 et m , EMBERGER a défini les étages bioclimatiques qui sont reconnus par référence à un Climagramme comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées Q_2 et en abscisse le m (Voir figure N°12).

Le calcul du quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

Tableau I.12 : Quotient pluviométrique

Precipitations (mm)	m (°K)	M (°K)	Q_2	Etage bioclimatique
811,25	281,82	303,07	130,54	Sub-humide

D'après la **figure N°12**, on constate que la région se caractérise par un climat sub-humide chaud.

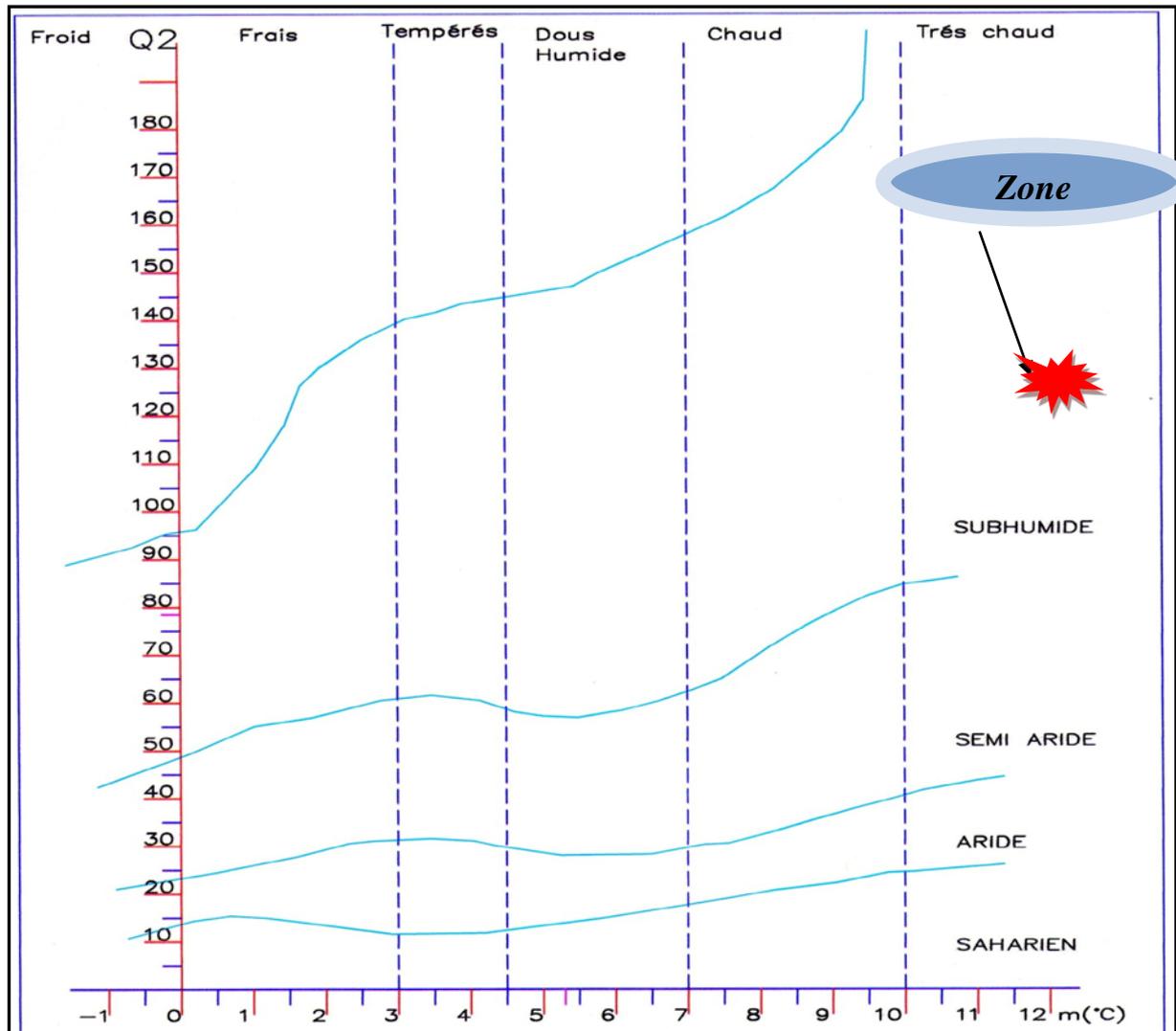


Figure I.12 : Climagramme d'EMBERGER

Conclusion :

D'après les données climatologiques mesurées à partir de la station de SKIKDA, le calcul de l'indice d'aridité et suite à l'interprétation ci-dessus nous avons constaté ce qui suit :

- Le climat de la zone d'étude est de type SUB-HUMIDE.
- L'écart entre les températures des mois d'Août et celle du mois de Janvier atteint les 13°C avec une moyenne annuelle de 18.87°C.
- On distingue deux saisons :
 - une saison caractérisée par des températures supérieures à 20°C (de Juin à Octobre) ;
 - Une saison où les températures ne dépassent pas les 20°C et ne descendent pas au-dessous de 13°C.

Le pic est atteint au mois de juillet et Août où la température moyenne arrive à 25,94°C.

La vitesse du vent dans la région montre une stabilité tout au long de l'année. En effet, le maximum est atteint au mois de Décembre tandis que le minimum est atteint aux mois de Mai . La moyenne annuelle étant de 3,26 m/s.

Caractérisée par un climat sub-humide, la région reçoit en moyenne des pluies moyennes de (811.25).

Chapitre II :
Ressources en sol-ressources
en eau

II.1.Potentiels agricoles et aptitudes culturales de la zone d'étude :

II.1.1. Potentiels agricoles :

II.1.1.1.Présentation du périmètre SAF-SAF

Le périmètre irrigué de SAF-SAF est situé à environ 30 Km au Sud-Ouest du chef-lieu de la Wilaya de SKIKDA ; il est issu d'une étude réalisée au cours de l'année 1975, son canevas hydraulique est réalisé par INTECSA et sa mise en eau était en 1992.

L'étude fait ressortir les caractéristiques suivantes :

- Superficie brute (S. équipée) : 5.656 hectares
- Superficie nette (S. irrigable) : 5.386 hectares
- Nombre de secteurs : quatre (04)
- Mode d'irrigation : Aspersion
- Mode de gestion de l'eau : à la demande
- Type de distribution : gravitaire
- Mode d'irrigation : aspersion

- **Infrastructure du périmètre :**

- Station de pompage : 02 (2.68 l/s)
- Réservoirs : 05 (103.500 m³)
- Réseaux d'irrigation : 158.000 ml.
- Réseau de drainage : 9.000 ml

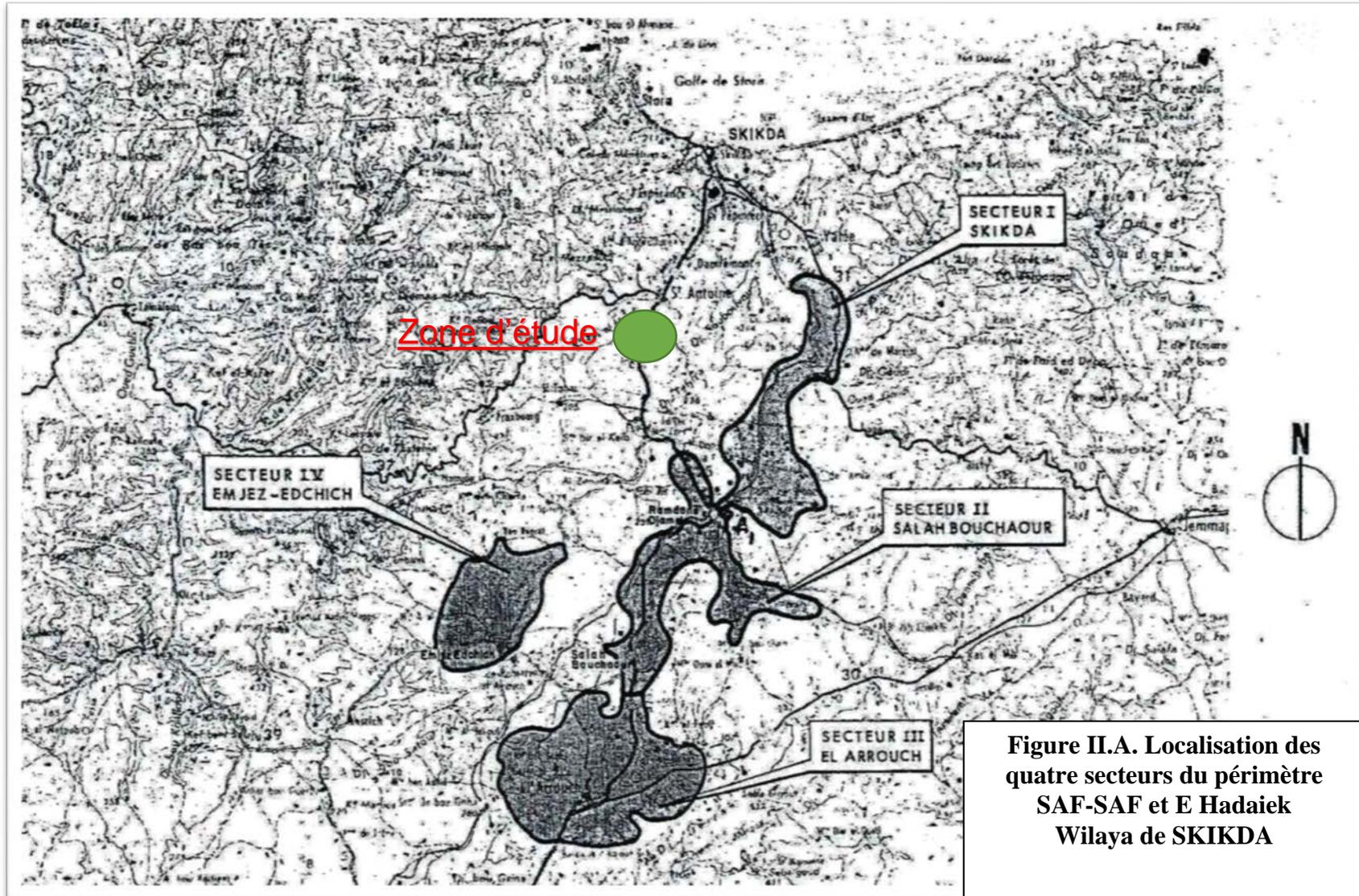


Figure II.A. Localisation des quatre secteurs du périmètre SAF-SAF et E Hadaiek Wilaya de SKIKDA

II.1.1.2. Division du périmètre par secteur

▪ Secteur I (SKIKDA) :

Il s'étale sur une superficie de 1.638,32 ha. Il couvre la zone du Nord-Est du village de Ramdane Djamel, avec une canalisation principale parallèle à la route nationale N° 44.

En tête, il existe un réservoir de régulation journalière entre les cotes de 134 de couronnement et 129 de fond.

▪ Secteur II (SALAH BOUCHAOUR) :

Il occupe une superficie de 1.533,69 ha ; il fournit l'eau à la superficie comprise entre le réservoir du Sud de la ville SALAH BOUCHAOUR et le secteur N°1, donnant de l'eau au périmètre déjà construit de RAMDANE DJAMEL en son point central. Sa conduite principale va du réservoir cité, de SALAH BOUCHAOUR, au secteur N°1, parallèle à la route nationale N° 44.

Les cotes du réservoir de SALAH BOUCHOUR sont les suivantes : 140 de couronnement et 145 de fond.

▪ Secteur III (EL HAROUCH) :

D'une superficie de 974,70 ha, situé au sud du réservoir de SALAH BOUCHAOUR. Au Sud du village d'EL HAROUCH, on envisage un réservoir de régulation journalière dont les cotes seraient de 165 de crête et 161 de fond.

Avec cette cote, il existe une zone qu'il n'est pas possible d'arroser. Pour diminuer au maximum cette zone, on installe une deuxième prise à la conduite principale en direction du réservoir de SALAH BOUCHAOUR. Le secteur reste donc divisé en trois sous-secteurs :

- Sous-secteur arrosé directement par le réservoir et qui correspond à la zone Est du secteur N° 3 d'une superficie de 393,06 ha.
- Sous-secteur arrosé directement par la conduite principale, au nord du secteur, avec une superficie de 138,07 ha.
- Sous-secteur arrosé par pompage, à l'Ouest du secteur, d'une superficie de 443,57 ha.

▪ Secteur IV (EMJEZ EDCHICH) :

Il irrigue une surface totale de 1.239,72 ha, situé au Nord-Ouest du village forme un réseau très ramifié avec un réservoir de régularisation journalière et des cotes de 180 de couronnement et 175 de fond.

II.1.1.3. Pédologie et aptitude culture du périmètre SAF-SAF

❖ Pédologie du périmètre Saf-Saf

Sur le périmètre on peut distinguer une zone de piémont, une zone d'apport éolien et une zone d'apport alluvial ; cette dernière est de loin la plus importante, tant au point de vue superficie que possibilité de mise en valeur.

Plusieurs niveaux de terrasses anciennes peuvent être distingués révélant les variations du niveau de cours d'oued SAF-SAF.

En premier lieu une série de terrasse anciennes, au minimum deux sur lesquelles se localisent des sols appartenant aux classes suivantes : vertisols, sols calcimagnésiques, sols a sesquioxydes de

fer, ensuite des niveaux d'alluvions récentes ou on rencontre les sols brunifiés, hydromorphes, calcimagnésiques, minéraux bruts.

Sur la zone de piémont, les sols ont évolué sur les minéraux originaux et suivant la nature de ceux-ci on observe la présence de vertisols, de sols calcimagnésiques et de sols à sesquioxydes de fer.

A l'extrémité Nord-Est du périmètre, en bordure de la mer le sol est constitué par une série de niveaux de dunes sur lesquelles ont évolué des sols à sesquioxydes de fer et d'alumine.

En générale les sols rencontrés sur le périmètre de SAF-SAF appartiennent aux classes suivantes de la classification française des sols, utilisée à la D,E,M,R,H (Direction des Etudes de Milieu et de la Recherche Hydraulique) classe des

- **Sols minéraux bruts**
- **Vertisols**
- **Sols calcimagnésiques**
- **Sols brunifiés**
- **Sols à sesquioxydes de fer et d'alumine**

❖ **Aptitude culturale du périmètre SAF-SAF**

Les normes utilisées, ont été celles employées à la D.E.M.R.H applicables aux grandes échelles pour les cultures en irrigue, avec une carte pour chaque catégorie de spéculation. Dans la carte pédologique jointe au document, nous avons mentionné à droite des tableaux concernant les divers types de sols.

Ainsi il est aisé de voir, les motifs du choix de l'aptitude considérées par l'observation des caractéristiques du profil correspondant. Pour chaque type de sol, ce qui correspond au plus bas niveau de la classification directement en relation avec les aptitudes culturales existe un profil représentatif.

Sur les diverses cartes des aptitudes culturales jointes au document nous avons fait apparaître les zones qui ne peuvent pas être irriguées compte tenu de leur topographie ou de la présence de niveau limitant.

De même les cartes établies, font donc apparaître à la fois, les zones irrigables, avec les cultures (arboriculture, industrielle, maraichère, céréalière et fourragère) préconisées et les travaux à réaliser préalablement. (Voir cartes)

❖ **Pédologie et aptitude culturale de la plaine EL HADAIEK**

La zone du périmètre est couverte par des études pédologiques sur 375,74 ha. Les sols les plus rencontrés sont en nombre de quatre :

- **Les sols Calcimagnésiques :**

Ces types de sols se caractérisent par une composition plus fine de la texture. La profondeur du sol est satisfaisante (> 100 Cm) et les propriétés physiques et chimiques favorables de ces sols contribuent largement à ce que les sols soient potentiellement fertiles notamment pour les cultures céréalières et fourragères.

Parfois la forte proportion d'argile gonflante, la capacité au champ est élevée, le point de flétrissement est également très haut, la quantité d'eau utile pouvant être mise en réserve dans le sol reste très limitée.

Cette texture très lourde, provoque en période sèche une dessiccation du sol.

Les aptitudes de ces sols sont :

- Les cultures céréalières et maraîchages
- L'arboriculture qui supporte la texture fine

- **Sols Brunifiés :**

Ce type de sols occupe environ une surface de 119,11 ha, soit 31,70 % des sols du périmètre. La profondeur de la couche de terre est satisfaisante. La composition granulométrique est fine à moyenne.

Le long du profil, l'activité biologique et la bonne porosité contribuent largement pour que ces sols soient potentiellement fertiles à travailler.

Ces sols sont actuellement occupés en majorité par l'arboriculture (agrumes) et quelques cultures maraîchères en intercalaire.

- **Sols à sesquioxyde de fer :**

Ce type de sols occupe une superficie de 71,459 ha soit 19,02 % du périmètre. Ces sols se caractérisent par une profondeur de la couche arable satisfaisante et une composition granulométrique moyenne. Les propriétés physiques et chimiques favorables contribuent à ce que ces sols soient fertiles et faciles à travailler.

- **Sols peu évolués :**

L'aptitude de ces sols en irrigué et en sec est très large. Dans le périmètre ces sols sont considérés comme moyennement profonds, grâce à la présence d'un lit sablo-graveleux à une profondeur de 60 à 65 Cm.

II.2.Réutilisation des eaux épurées de la STEP :

II.2.1 Introduction

La réutilisation des eaux usées épurées est une pratique très répandue dans le monde et essentiellement dans les régions affectées par des pénuries de ressources en eau.

Par définition, la réutilisation des eaux épurées est une action volontaire et planifiée qui vise la production des quantités complémentaires en eau pour différents usages afin de combler les déficits.

Elles sont employées pour des usages agricoles, industriels et urbains au lieu d'être rejetées dans les milieux récepteurs.

La réutilisation d'eaux usées épurées pourrait ainsi avoir de nombreuses applications comme :

- Réutilisation pour l'irrigation : cultures fourragères ou maraîchères, 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 nappe phréatique.

L'utilisation croissante des eaux usées brutes ou traitées à des diverses fins à travers le monde a contribué au développement de lignes directrices pour protéger l'environnement et la santé publique. À cet égard, la qualité de l'eau réutilisée est d'une importance capitale.

II.2.2. Situation de la STEP de SKIKDA

La STEP de SKIKDA est destinée à épurer les eaux usées de la partie Nord de la wilaya SKIKDA. Elle est située sur le territoire de la commune de Hamrouche Hamoudi, dans la zone de dépôt à environ 7 km de la ville de SKIKDA.

La STEP est délimitée par le port sec de SKIKDA au Nord, la zone de dépôt Hamrouche Hamoudi à l'Est, des terrains agricoles et Oued Saf Saf à l'Ouest et Oued Saf Saf au Sud. Cette dernière occupe une superficie totale d'environ 9 ha. La côte du terrain varie de 9 à 12 NGA environ.



Figure II.1 : La situation de la STEP de SKIKDA

II.2.3. Degré de traitabilité des effluents de la STEP

II.2.3.1. Description de STEP de SKIKDA

La station d'épuration de SKIKDA fonctionne sur la base du process « Boue activée à moyenne charge », elle est équipée d'ouvrages d'épuration physique et biologique.

- Les ouvrages d'épuration physique comprennent un dégrilleur, un dessableur/deshuileur ainsi qu'un décanteur primaire.
- Le traitement physique permet d'éliminer les matières grossières, les flottants et les substances décantables. Il est suivi d'un traitement biologique, qui assure quant à lui l'élimination des matières dissoutes ou à fines particules.
- L'épuration biologique est décomposée comme suit : d'abord, un traitement par boues activées à moyenne charge et ensuite une décantation secondaire.

Après avoir subi une stabilisation puis un épaissement, les boues produites sont déshydratées naturellement sur lits de séchage.

Le système d'épuration de la STEP de SKIKDA se compose de deux files de traitement identiques, ceci afin de garantir une plus grande souplesse d'exploitation. La filière de traitement comprend les étapes suivantes :

- a). Les prétraitements comprenant :
 - Un dégrillage
 - Un déssablage-déshuilage
- b). Le traitement secondaire comprenant :
 - Une aération
 - Une clarification
- c). Le traitement complémentaire comprenant :
 - Une désinfection par chloration
- d). Le traitement des boues résiduelles comprenant :
 - Une stabilisation
 - Un épaissement
 - Une déshydratation

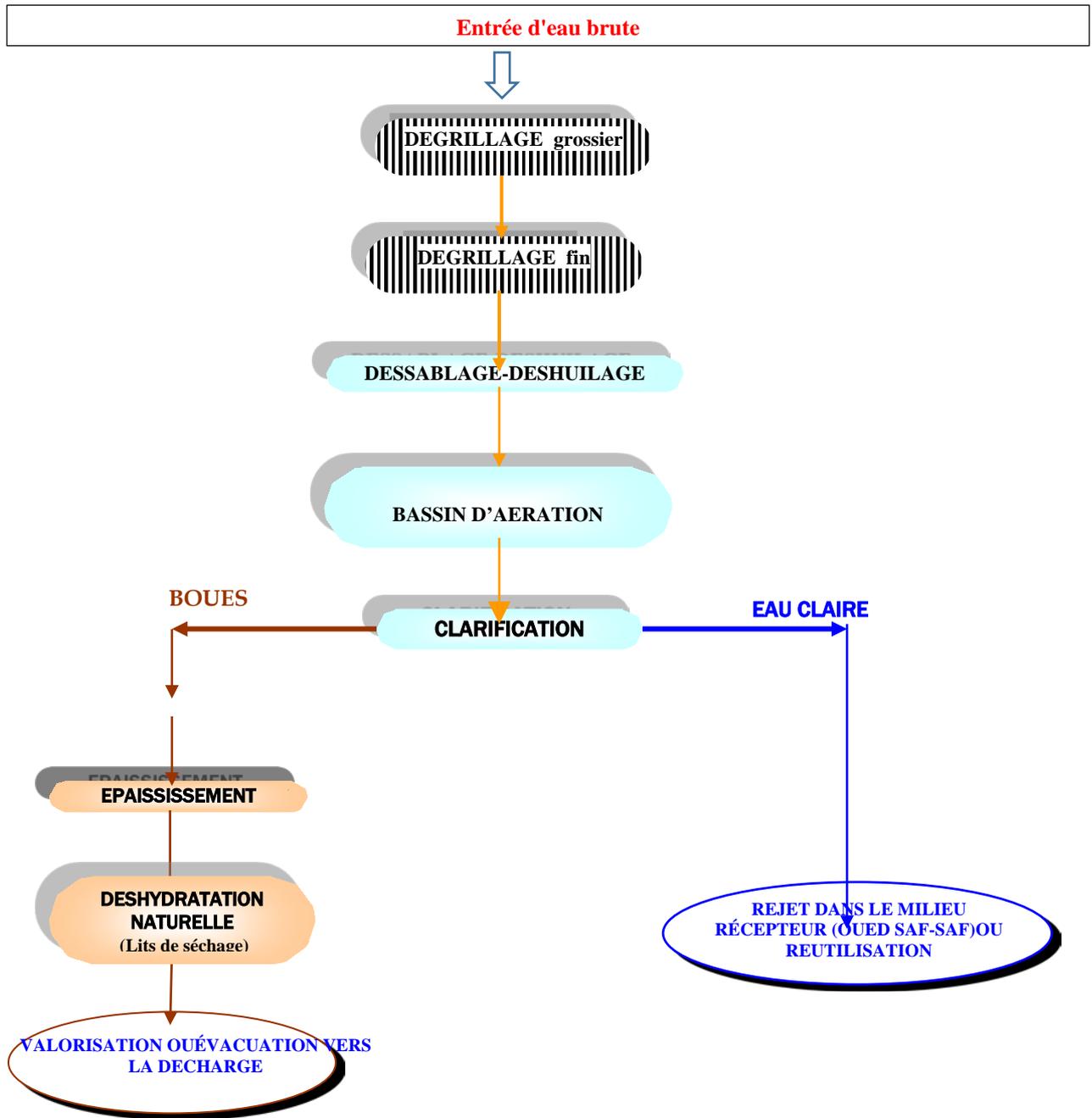


Figure II.2 : système d'épuration de la STEP du SKIKDA

Tableau 1:Données fondamentales de la STEP de SKIKDA

<i>Désignation</i>	<i>Unité</i>	<i>Première tranche Horizon 2015</i>	<i>Deuxième tranche Horizon 2025</i>
CAPACITE DE LA STEP	(E.H)	229.979	288.147
CHARGE HYDRAULIQUE			
Volume des eaux usées	(m ³ /j)	46.000	57.630
Débit moyen horaire	(m ³ /h)	1917	2401
Coefficient de pointe		1,6	1,6
Débit de pointe en temps sec	(m ³ /h)	3067	3842
CHARGES POLLUANTES			
<u>DBO5</u>			
Charge journalière en DBO5	(Kg/j)	14.949	18.730
Concentration de l'effluent en DBO5	(mg/l)	325	325
<u>MES</u>			
Charge journalière en MES	(Kg/j)	17.248	21.611
Concentration de l'effluent en MES	(mg/l)	375	375
<u>N-NK</u>			
Charge journalière en NTK	(Kg/j)	2492	3122
Concentration de l'effluent en NTK	(mg/l)	54	54

Le débit actuel des eaux usées à traiter au niveau de la STEP de SKIKDA est à 17 000 m³/J

II.2.2.2. Interprétation des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées épurées par la STEP

Les valeurs moyennes des résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées brutes et épurées effectuées par l'exploitant de la STEP de SKIKDA, sont représentées dans le tableau en annexe.

Tableau II.2 : comparatif des résultats d'analyses des EUE de la STEP de SKIKDA aux concentrations maximale admissible suivant la réglementation algérienne

PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE	EU à la sortie de la STEP
T	°C	-	20
pH	-	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$	7.3
MES	mg/l	30	22
CE	ds/m	3	1.6
Physiques	Infiltration le SAR = o - 3 CE	ds/m	0.3
	3 - 6		0.4
	6 - 12		0.9
	12 - 20		3
	20 - 40		5
	Chimiques	DBO ₅	mg/l
DCO		mg/l	90
Chlorure (Cl)		meq/l	10
Azote (NO ₃ - N)		mg/l	30
Bicarbonate (HCO ₃)		meq/l	8,5
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l	20,0
	Arsenic	mg/l	2,0
	Béryllium	mg/l	0,5
	Bore	mg/l	2,0
	Cadmium	mg/l	0,05
	Chrome	mg/l	1,0
	Cobalt	mg/l	5,0
	Cuivre	mg/l	5,0
	Cyanures	mg/l	0,5
	Fluor	mg/l	15,0
	Fer	mg/l	20,0
	Phénols	mg/l	0,002
	Plomb	mg/l	10,0
	Lithium	mg/l	2,5
	Manganèse	mg/l	10,0
	Mercure	mg/l	0,01
	Molybdène	mg/l	0,05
	Nickel	mg/l	2,0
	Sélénium	mg/l	0,02
	Vanadium	mg/l	1,0
Zinc	mg/l	10	

Source : Journal officiel (Arrêté interministériel du 2 Janvier 2012)

Tableau II.3 : PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES		
Groupes de culture	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	Nématodes intestinaux (œufs /l) Moyenne arithmétique
Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destinés à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1) Cultures et arbustes fourragers (2) Cultures céréalières. Cultures industrielles (3) Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe précédent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée
EU à la sortie de la STEP	2.10³	01

- (1) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.
- (2) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.
- (3) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.
 - (4) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
- (5) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.
 - (6) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.
 - (7)

Source : Journal officiel (Arrêté interministériel du 2 Janvier 2012)

➤ **Interprétation des résultats**

✚ **Paramètres physico-chimiques**

Les résultats d'analyses physico-chimiques des effluents épurées de la STEP de SKIKDA, peuvent être interprétés comme suite :

- Température

C'est un paramètre important pour le bon fonctionnement des systèmes d'épuration, dans la mesure où il peut influencer d'une manière essentielle sur la concentration de saturation de l'oxygène qui diminue avec l'augmentation de la température de l'eau et l'activité des microorganismes épurateurs.

La température moyenne de l'effluent épuré examiné se situe autour de 20°C.

Cela indique que l'eau à la sortie de la station est dans des conditions optimales de température.

Des températures extrêmes <8°C et >35°C peuvent avoir une influence négative sur la vie des microorganismes, en particulier lors des variations importantes et soudaines.

- pH

Le pH de l'eau est un indice exprimant l'acidité ou l'alcalinité, dont l'intérêt de la mesure réside dans la détermination de l'agressivité de l'eau vis-à-vis du ciment et des métaux, ainsi que pour la désinfection de l'eau par le chlore.

Les valeurs mesurées du pH pour nos échantillons d'une moyenne de 7.3.

Nous constatons que cette moyenne est conforme aux valeurs préconisées par les valeurs limites suivant réglementation algérienne qui est de (6,5 – 8,5).

- Conductivité

La présence des ions confère à l'eau une certaine conductivité électrique, due aux déplacements de ces charges dans l'eau. Donc la conductivité permet de connaître le degré de minéralisation des eaux, elle mesure la concentration des sels ioniques et nous informe sur le degré de salinité de l'eau.

La conductivité d'une eau varie grandement selon le degré d'impureté de cette même eau, ainsi plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande. Une conductivité électrique de l'eau supérieure à 1,5 ds/m, reflète une minéralisation excessive.

La conductivité de l'EUE à la sortie de la STEP d'une moyenne de 1,6 ds/m, cela nous permet selon les valeurs limites de classer cette eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation léger à modéré.

- Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

La demande biochimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire aux micro-organismes pour décomposer par oxydation les matières organiques contenues dans l'eau.

La mesure de la DBO donne une indication de l'importance des matières polluantes biodégradables.

La valeur maximal admissible pour la DBO₅ est moins 30 mg O₂/l pour la réutilisation des EUE en irrigation, les valeurs analysées de nos échantillons est de **28 mg/l**.

- Demande chimique en oxygène (DCO)

La demande chimique en oxygène représente la quantité d'oxygène nécessaire pour obtenir une bonne oxydation des matières organiques et minérales présentes dans l'eau.

La mesure de la DCO donne une indication de l'importance des matières polluantes non biodégradables.

Les résultats obtenus pour nos échantillons analysés est de **45mg/l**. Ces valeurs reflètent celle d'une eau épurée par boues activées.

- Matières en suspension (MES)

Il est d'usage en traitement des eaux d'appeler « Matières en suspension », des impuretés séparables par filtration ou centrifugation.

Les matières en suspension se composent des matières organiques et minérales.

Les valeurs de notre échantillon analysé varient entre 22 mg/l.

Ces valeurs confirment que notre eau est un peu chargée en matières en suspension et nécessite un traitement approprié.

Les nutriments

- Azote total

L'azote Kjeldhal total dans les eaux usées urbaines ne présente pas la totalité de l'azote, mais seulement ses formes réduites organiques et ammoniacales (NTK = N organique + N -NH₄). L'azote en générale dans les eaux usées urbaines provient principalement des urines humaines, les sels représentent environ le 1/10 de la quantité totale libérée.

La teneur en azote de l'eau usée urbaine après traitement secondaire varie de 5 à 31 mg/l. L'azote dans l'eau usée traitée peut dépasser les besoins des cultures. La connaissance de la concentration en N dans l'eau usée et la gestion appropriée de la charge en NPK sont essentielles pour surmonter les problèmes associés à une éventuelle concentration élevée en N.

La valeur moyenne retenue en azote total est de **22 mg/l**. On peut constater que cette moyenne est inférieure à la valeur préconisée par la FAO(1992) qui est de 40 mg/l. (Voir tableau 14)

Dureté ou hydrométrie

- Alcalinité

L'alcalinité d'une eau correspond à la présence des hydrogénocarbonates, carbonates et hydroxydes.

Les valeurs relatives du titre alcalimétrique (*TA*) et du titre alcalimétrique complet (*TAC*) permettent de connaître les teneurs de l'eau en bicarbonates, carbonates et bases fortes présentes dans l'eau.

La teneur en HCO_3 qui est égale à 15.10 méq/l. Cette valeur est importante par rapport aux les valeurs limites recommandée par la réglementation de classer notre eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation léger à modéré.

Chlorures

Les teneurs en chlorures des eaux sont extrêmement variées et liées principalement à la nature des terrains traversés. Les chlorures sont susceptibles d'amener une corrosion dans les canalisations et les réservoirs, en particulier pour les éléments inoxydables, pour lesquels les risques s'accroissent à partir de 10 mg/l. pour l'usage agricole, les teneurs élevées en chlorures peuvent limiter certaines cultures.

En concentration élevée, les chlorures peuvent même corroder l'acier inoxydable et sont très dangereux pour la végétation

La concentration moyenne en Cl^- de nos échantillons analysés est de **115 mg/l (3.24 méq/l)**. Cette valeur nous permet de classer notre eau comme ayant un degré de restriction à l'usage d'irrigation léger à modéré, selon la norme recommandée par la réglementation.

Métaux lourds

Les métaux lourds sont toxiques, d'une part pour le milieu naturel où ils peuvent être bio accumulés le long de la chaîne alimentaire et d'autre part pour les processus d'épuration biologiques. C'est ainsi qu'il est nécessaire de procéder aux analyses chimiques des eaux afin de déterminer la présence de ces Métaux provenant essentiellement des rejets industrielles.

Dans notre cas, les concentrations enregistrées sur les métaux lourds (Cr, Cu, Ni, Pb, Cd, Zn, Fe, Mn, Co) de l'effluent examiné restent largement inférieures aux valeurs maximales applicables pour les eaux destinées à l'irrigation, si l'on se réfère au aux limites recommandées par la réglementation algérienne.

Paramètres bactériologiques

L'analyse microbiologique dans les eaux permet d'apprécier le risque dû à des micro-organismes pathogènes (bactéries, protozoaires, virus,...), susceptible d'être trouvés dans les eaux utilisées par l'homme, et de ce fait, de provoquer des maladies.

En cas de risque jugé inacceptable pour une situation donnée, l'utilisation agricole d'une eau devrait être interdite.

Dans divers textes réglementaires, il existe des interdictions exige que l'eau réutilisée ne doit pas contenir de micro-organismes pathogènes, la réglementation algérienne et en référence de l'OMS qui limitent à la spécification de critères microbiologiques ; une eau destinée à l'irrigation ne doit pas contenir plus de 0.1 Œuf d'helminthe par litre, 1000 coliformes fécaux par 100 ml et 10.000 coliformes totaux par litre

Les résultats d'analyses de nos échantillons montrent :

- . La présence des coliformes totaux dont le nombre est $2 \cdot 10^3$ (CFU/100ml), cette valeur est supérieur à la norme préconisé.
- . La présence des Œufs d'helminthes, soit 1 œuf/l, cette valeur est supérieure à la norme fixée par l'OMS (2000).

Les résultats d'analyse des paramètres bactériologiques sont très supérieurs par rapport aux normes de la réglementation algérienne, cela permet de classer notre eau qu'il n'a pas les caractéristiques d'une eau destinée à l'irrigation et un traitement tertiaire est recommandé.

Conclusion sur les résultats d'analyses obtenus

Les valeurs obtenues pour les eaux usées épurées de la STEP de SKIKDA, montrent une conformité aux normes de tous les paramètres physico-chimiques exceptés pour la Bicarbonates avec une valeur légèrement supérieures à la norme.

Pour les analyses microbiologiques, les valeurs obtenues montrent une présence importante des coliformes fécaux et nématodes intestinaux qui sont très important.

Les paramètres microbiologiques, parasitologie, et les œufs d'helminthes présentent dans les eaux usées épurées, peuvent avoir des conséquences néfastes sur la santé publique et de ce fait un traitement tertiaire s'impose.

En fin le rendement de décontamination de La STEP de SKIKDA n'est pas suffisant pour assurer le respect des valeurs limites de la *catégorie A* de qualité hygiénique recommandée par l'OMS.

La Station d'Épuration de SKIKDA est dotées d'un système de désinfection qu'il n'est pas fonctionnel, ce que explique la présence importante des paramètres microbiologique.

Donc, les eaux usées épurées de la STEP sont rejetées dans le milieu naturel (l'Oued) à la fin du traitement secondaire (clarificateur). Toutefois elles doivent faire l'objet d'un traitement complémentaire ou " tertiaire" dans le but d'une réutilisation.

II.2.2.4. les mesures règlementaires et normatives de sécurité à l'utilisation des eaux usées épurées :

Les caractéristiques de qualité chimique et physique sont identiques pour n'importe quelle eau d'irrigation.

À cet égard, les directives générales présentées dans le **tableau 12** peuvent être employées pour évaluer l'eau usée traitée, utilisée à des fins d'irrigation, en termes de constituants chimiques tels que les sels dissous, le contenu en sodium et les ions toxiques.

La réutilisation des eaux usées apporte des bénéfices supplémentaires et améliore, dans certains cas, les rendements des cultures.

Par ailleurs, pour l'irrigation destinée à des produits agricoles à consommer crus ou même pour l'abreuve du bétail, les contraintes de santé publique ou les coûts économiques ont pour l'instant écarté toute réalisation importante.

Afin de garantir la protection de la santé publique, des **normes et réglementations strictes** adoptées à la spécificité des différentes cultures agricoles devront être respectées. Le tableau suivant illustre les normes des rejets, extrait du décret exécutif N° du Journal Officiel du 15 juillet 2012, réglementant les spécifications des eaux usées épurées utilisées à des fins d'irrigation.

Tableau II.4 : Normes des eaux épurées destinées à l'irrigation

PARAMETRES	UNITÉ	CONCENTRATION MAXIMALE ADMISSIBLE
Physiques	pH	$6,5 \leq \text{pH} \leq 8,5$
	MES	mg/l
	CE	ds/m
	Infiltration le SAR = o - 3 CE	
	3 - 6	ds/m
	6 - 12	
12 - 20		
20 - 40		
Chimiques	DBO ₅	mg/l
	DCO	mg/l
	Chlorure (Cl)	meq/l
	Azote (NO ₃ - N)	mg/l
	Bicarbonate (HCO ₃)	meq/l
Eléments toxiques (*)	Aluminium	mg/l
	Arsenic	mg/l
	Béryllium	mg/l
	Bore	mg/l
	Cadmium	mg/l
	Chrome	mg/l
	Cobalt	mg/l
	Cuivre	mg/l
	Cyanures	mg/l
	Fluor	mg/l
	Fer	mg/l
	Phénols	mg/l
	Plomb	mg/l
	Lithium	mg/l
	Manganèse	mg/l
	Mercure	mg/l
	Molybdène	mg/l
	Nickel	mg/l
	Sélénium	mg/l
Vanadium	mg/l	
Zinc	mg/l	

Source : Journal officiel (Arrêté interministériel du 2 Janvier 2012)

Tableau II.5 : PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES		
Groupes de culture	Coliformes fécaux (CFU/100ml)	Nématodes intestinaux (œufs /l) Moyenne anthmetique
Irrigation non restrictive Culture de produits pouvant être consommés crus	<100	Absence
Légumes qui ne sont consommés que cuits Légumes destines à la conserverie ou à la transformation non alimentaire.	<250	<0,1
Arbres fruitiers (1) Cultures et arbustes fourragers (2) Cultures céréalières. Cultures industrielles (3) Arbres forestiers. Plantes florales et ornementales (4).	Seuil recommandé <1000	<1
Cultures du groupe precedent (CFU/100ml) utilisant l'irrigation	Pas de norme recommandée	Pas de norme recommandée

- (5) L'irrigation doit s'arrêter deux semaines avant la cueillette. Aucun fruit tombé ne doit être ramassé sur le sol. L'irrigation par aspersion est à éviter.
- (6) Le pâturage direct est interdit et il est recommandé de cesser l'irrigation au moins une semaine avant la coupe.
- (7) Pour les cultures industrielles et arbres forestiers, des paramètres plus permissifs peuvent être adoptés.
- (8) Une directive plus stricte (<200 coliformes fécaux par 100 ml) est justifiée pour l'irrigation des parcs et des espaces verts avec lesquels le public peut avoir un contact direct, comme les pelouses d'hôtels.
- (8) Exige une technique d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.
- (9) A condition que les ouvriers agricoles et la population alentour maîtrisent la gestion de l'irrigation localisée et respectent les règles d'hygiène exigées. Aucune population alentour.
- (10)

Source : Journal officiel (Arrêté interministériel du 2 Janvier 2012)

L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

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

L'OMS a demandé en 1982 à trois équipes indépendantes de chercheurs de fournir une base scientifique pour établir ces recommandations. Cela a abouti en 1989 au "Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture" ou "Recommandations sanitaires pour l'utilisation des eaux usées en agriculture et en aquaculture"; ces recommandations limitent l'irrigation avec une qualité microbiologique de 1 œuf nématode/l et ≤ 1000 bactéries coliformes fécales/100 ml (les œufs de nématodes sont des œufs de vers intestinaux tels que le ténia ou l'ascaris qui affectent la santé humaine).

Ces recommandations ont été révisées en 2000 par Blumenthal *et coll.* en intégrant les résultats de nouvelles études épidémiologiques.

Cette révision a affiné les normes de l'OMS. Les modifications ont essentiellement porté sur la norme "œufs d'helminthes" qui pour certaines catégories est passée de 1 à 0,1 œuf/l. (Voir tableau N°37 ci-après)

Une troisième édition des recommandations de l'OMS relative à la réutilisation des eaux usées en agriculture a été publiée en septembre 2006. Dans cette nouvelle édition, une approche plus contemporaine et plus souple est proposée, basée sur les données épidémiologiques disponibles et sur un processus d'évaluation quantitative des risques sanitaires.

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

Les protozoaires ne sont pas inclus directement car il est considéré qu'ils sont éliminés en même proportion que les helminthes. Les virus ne sont pas considérés non plus, leur présence étant difficile à détecter lors des contrôles de routine.

Ces normes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée.

D'après l'Office International de l'Eau, en se référant aux directives de l'OMS (1989), on retient trois catégories de contraintes sanitaires **C**, **B** et **A**. Ces contraintes à risques croissants sont liées aux types d'usage des eaux et aux systèmes d'irrigation. Ces contraintes sont de deux types: contraintes biologiques et contraintes chimiques.

Contraintes de type C

Concernant la qualité microbiologie, aucune limite n'est fixée étant donné les techniques mises en jeu et les types de cultures pratiquées qui ne permettent pas une transmission des risques hydriques. Il s'agit principalement des techniques d'irrigation souterraine ou localisées (micro-irrigation), pour des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des vergers et des zones forestières mais aussi pour les espaces verts non ouverts au public.

Contraintes de type B

Les contraintes de type B consistent à respecter le niveau de contraintes suivant: teneur en œufs d'helminthes intestinaux (ténia, ascaris) de 1 par litre. Ceci permettra d'assurer une protection de la population vis à vis du risque parasitologique. La catégorie de personnel concernée

directement est celle des agriculteurs et ouvriers. Ce niveau est requis pour l'irrigation par le système gravitaire des cultures céréalières et fourragères, des pépinières et des cultures de produits végétaux consommables après cuisson (pomme de terre, chou, carotte, tomate ...).

En cas d'irrigation par aspersion, des précautions et mesures particulières arrêtant la dispersion des eaux doivent être prises.

Le niveau de contraintes de type B peut être atteint par une série de bassins de décantation, présentant un temps de séjour d'une dizaine de jours, ou par tout autre procédé présentant une efficacité équivalente.

Contraintes de type A

Le niveau de contrainte A est exprimé par une teneur en œufs d'helminthes intestinaux (ténia, ascaris) de 0,1 par litre et par une teneur en coliformes thermotolérants de 10.000 par litre. Sur le plan bactériologique, une protection supplémentaire que le niveau de contraintes A consisté à assurer, outre la protection des personnels des exploitations et du bétail, celle des consommateurs de produits pouvant être consommés crus. Cette exigence de qualité doit être complétée par la mise en œuvre de techniques d'irrigation limitant le mouillage des fruits et légumes.

Ce niveau sera également toléré pour l'arrosage des terrains de sport et d'espaces verts ouverts au public, moyennant des mesures additionnelles minimisant le contact avec la population.

OMS (2000) Les normes suivantes sont destinées à une utilisation internationale, et sont donc adaptées aux pays en voie de développement. Elles représentent la limite au-delà de laquelle la santé publique n'est plus assurée.

Tableau II.6: Recommandations microbiologiques révisées de l'OMS pour une réutilisation des EUE en agriculture (Blumenthal et coll., 2000)

Catégorie	Conditions de réutilisation	Groupe exposé	Techniques d'irrigation	Œuf d'helminthe (1)	Coliformes Thermo tolérants Fécaux (2)	Traitements recommandés pour atteindre le niveau de qualité microbiologique
A	Irrigation de cultures destinées à être consommées crues, des terrains de sport, des jardins publics (3)	Travailleurs Consommateurs Publics	Toutes	$\leq 0,1$	≤ 1000 ≤ 200 (pour irrigation, parc...)	Série de bassins de stabilisation bien conçus, réservoir de stockage et de traitement remplis séquentiellement, ou traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit d'un lagunage tertiaire, soit d'une filtration et d'une désinfection)
B	Irrigation des cultures céréalières, industrielles et fourragères, des pâturages et plantations d'arbres (4)	B1 Travailleurs (mais pas les enfants < 15 ans), populations alentour	Par aspersion	≤ 1	≤ 10.000	Série de bassins de rétention dont un bassin de maturation ou un bassin séquentiel ou un traitement équivalent (p.ex. traitement secondaire conventionnel suivi soit par lagunage, soit une filtration)
		B2 comme B1	Par rigole d'infiltration ou	≤ 1	≤ 1000	Comme pour la catégorie A
		B3 Travailleurs dont les enfants < 15 ans), populations alentour	Toutes	$\leq 0,1$	≤ 1000	Comme pour la catégorie A
C	Irrigation localisée des cultures de catégorie B, sans exposition possible avec les travailleurs ou le public.	Personne	Goutte à goutte, micro jet, etc	Non applicable	Pas de norme	Prétraitement nécessaire pour des raisons techniques liées à l'irrigation, mais pas moins qu'une sédimentation primaire

(1) Moyenne arithmétique du nombre d'œuf par litre. Espèce considérée sont *Ascaris*, *Trichuris* et *l'Ankylostome*

(2) Moyenne géométrique du nombre par 100 ml

(3) Une recommandation plus stricte (< 200 coliformes fécaux par 100 ml) est mieux adaptée aux pelouses publiques telles que les pelouses d'hôtels, car le public est susceptible d'entrer en contact avec elles.

(4) dans le cas des arbres fruitiers, l'irrigation devrait être interrompue deux semaines avant la cueillette. L'irrigation par aspersion ne devrait pas être utilisée

 **L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)**

Selon les recommandations de la FAO 29 rev1 1988, l'eau à utiliser pour l'irrigation contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui selon une terminologie collective admise, sont appelés «sels». On y trouve des quantités relativement faibles mais ayant des effets importants.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la qualité et le type de sels qu'elle contient. Avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques. Il faut alors mettre en œuvre des méthodes spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole.

En effet, d'après les directives de la FAO en matière de réutilisation des eaux usées, les mesures de protection suivantes doivent être mises en pratique:

- Application des normes de réutilisation des eaux usées;
- Traitement efficace des eaux usées;
- Contrôle de la qualité de l'eau épurée;
- Contrôle de canalisation de transport, de distribution et de stockage des eaux épurées;
- Contrôle des personnes exposées.

Surveillance intégrée de la qualité des effluents traités réutilisés en irrigation (FAO, 1985) :
(Voir tableau II.7 ci-après)

En irrigation avec l'eau usée traitée, le problème critique est l'impact de ses constituants sur le sol et/ou les cultures ainsi que sur les animaux et les humains nourris avec ces cultures.

Les paramètres de qualité *chimiques* proposés, qui peuvent être surveillés régulièrement ou périodiquement par des agriculteurs ou pour les agriculteurs, par les autorités officielles sont:

«Selon les recommandations FAO 29 rev1 1988»

L'eau à utiliser pour l'irrigation contient toujours des quantités mesurables de substances dissoutes qui selon une terminologie collective admise, sont appelés «sels». On y trouve des quantités relativement faibles mais ayant des effets importants.

Une eau convient ou non à l'irrigation selon la qualité et le type de sels qu'elle contient. Avec une eau de qualité médiocre, on peut s'attendre à divers problèmes pédologiques et agronomiques. Il faut alors mettre en œuvre des méthodes spéciales afin de maintenir une pleine productivité agricole.

Tableau II.7 : directive de la FAO pour les eaux destinées à l'irrigation

<i>DIRECTIVES DE LA FAO POUR LES EAUX DESTINEES A L'IRRIGATION</i>					
<i>Paramètre de l'eau</i>	<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Valeurs limites souhaitées</i>		
<i>Teneur en sel</i>					
<i>Conductivité</i>	<i>Ecw</i>	<i>µS/cm</i>	3000	<i>µS/cm</i>	3000
<i>Total sel dissous TDS</i>	<i>TDS</i>	<i>mg/l</i>	2000	<i>mg/l</i>	2000
<i>Cations et Anions</i>					
<i>Calcium</i>	<i>Ca⁺⁺</i>	<i>mg/l</i>	20	<i>mg/l</i>	400
<i>Magnésium</i>	<i>Mg⁺⁺</i>	<i>mg/l</i>	5	<i>mg/l</i>	60,75
<i>Sodium</i>	<i>Na⁺</i>	<i>mg/l</i>	40	<i>mg/l</i>	920
<i>Carbonates</i>	<i>CO₃²⁻</i>	<i>mg/l</i>	0,1	<i>mg/l</i>	3
<i>Bicarbonates</i>	<i>HCO₃⁻</i>	<i>mg/l</i>	10	<i>mg/l</i>	610
<i>Chlorures</i>	<i>Cl⁻</i>	<i>mg/l</i>	30	<i>mg/l</i>	1065
<i>Sulfates</i>	<i>SO₄²⁻</i>	<i>mg/l</i>	20	<i>mg/l</i>	960
<i>Eléments nutritifs</i>					
<i>Nitrates</i>	<i>NO₃⁻</i>	<i>mg/l</i>	45	<i>mg/l</i>	45
<i>Ammonium</i>	<i>NH₄⁺</i>	<i>mg/l</i>	6,50	<i>mg/l</i>	6,50
<i>Phosphate</i>	<i>PO₄³⁻</i>	<i>mg/l</i>	6,20	<i>Mg/l</i>	6,20
<i>Potassium</i>	<i>K⁺</i>	<i>mg/l</i>	2	<i>Mg/l</i>	2
<i>Divers</i>					
<i>Bore</i>	<i>B</i>	<i>mg/l</i>	2	<i>mg/l</i>	2
<i>Acidité</i>	<i>pH</i>		6-8,5		
<i>Coeff, d'absorption de Sodium</i>	<i>SAR</i>	<i>meq/l</i>	15	<i>me/l</i>	15

 **Salinité de l'eau :**

La conductivité électrique de l'eau (CE) de l'eau à 25 °C informe sur la concentration totale en sels solubles. Pour l'usage agricole, on définit quatre (04) classes d'eau :

Tableau II.8 : classement des eaux selon conductivité

<i>Classement des eaux selon conductivité</i>		
<i>Classe de salinité</i>	<i>Conductivité CE (micromhos/cm)</i>	<i>Observations</i>
<i>Classe 1 (C1)</i>	<i>250</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eaux utilisables pour l'irrigation de la plupart des cultures et sur la plupart des terrains avec peu de chance d'apparition de salinité dans le sol ;</i> - <i>nécessite un léger lessivage.</i>
<i>Classe 2 (C2)</i>	<i>250 < CE < 750</i>	
<i>Classe 3 (C3)</i>	<i>750 < CE < 2250</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eaux utilisables pour les sels à drainage restreint.</i> - <i>Des pratiques spéciales de contrôle de la salinité peuvent être nécessaires</i> - <i>Les cultures doivent avoir une bonne tolérance aux sels</i>
<i>Classe 4 (C4)</i>	<i>CE > 2250</i>	<ul style="list-style-type: none"> - <i>Eaux inutilisables normalement pour l'irrigation. Exceptionnellement, elles peuvent être utilisées pour des sols très perméables avec un bon drainage et l'eau d'irrigation appliquée en excès pour assurer un fort lessivage.</i> - <i>Les cultures doivent avoir une très bonne tolérance aux sels</i>

 **Degré d'alcalinisation :**

L'irrigation prolongée provoque la libération de sodium qui attribue au sol une imperméabilité progressive préjudiciable à la culture. Selon GAPON, il existe une relation entre le taux de sodium échangeable d'un sol en équilibre avec sa solution saline et celui de cette solution. Les termes de cette relation sont reportés dans l'équation suivante qui est basée sur l'évaluation de la valeur du coefficient d'absorption du sodium dans l'eau par le sol à l'équilibre (le S.A.R), formule de GAPON, 1933:

$$SAR = [Na^+] / \sqrt{([Ca^{++}] + [Mg^{++}]) / 2} \dots\dots\dots II.1$$

La concentration des cations est exprimée en milliéquivalents par litre (meq/l).

D'autre part, l'équation qui exprime la relation entre le % de sodium échangeable (E.S.P) d'un sol à l'équilibre avec sa solution saline et le S.A.R est donnée comme suit :

$$E.S.P = \frac{100 (-0,0126 + 0,01475 S.A.R)}{1 + (-0,0126 + 0,01475 S.A.R)} \dots\dots\dots II.2$$

Ainsi, nous retiendrons que le risque de sodisation ou d'alcalinisation sont estimés en fonction du sodium absorbable par le sol. A cet effet, quatre (04) classes ont été définies sur la base du S.A.R obtenu par la formule de GAPON et pour l'eau d'irrigation, par le diagramme et la concentration de l'eau.

REMARQUE :

L'abondance de sodium dans une eau d'irrigation peut être à l'origine d'un grave problème de perméabilité du sol. Dans de telles conditions, il peut devenir extrêmement difficile de satisfaire les besoins en eau de la culture.

Le problème de perméabilité est lié directement à des modifications défavorables de la chimie des sols ayant pour origine la qualité de l'eau d'irrigation appliquée, et en rapport avec l'une des deux causes: faible salinité ou forte teneur du sodium.

Le diagramme suivant permet de déterminer la qualité de l'eau analysée en fonction de la conductivité et du coefficient d'absorption du sodium.

La classe d'eau de la station qui à destine au l'irrigation est de C1S1

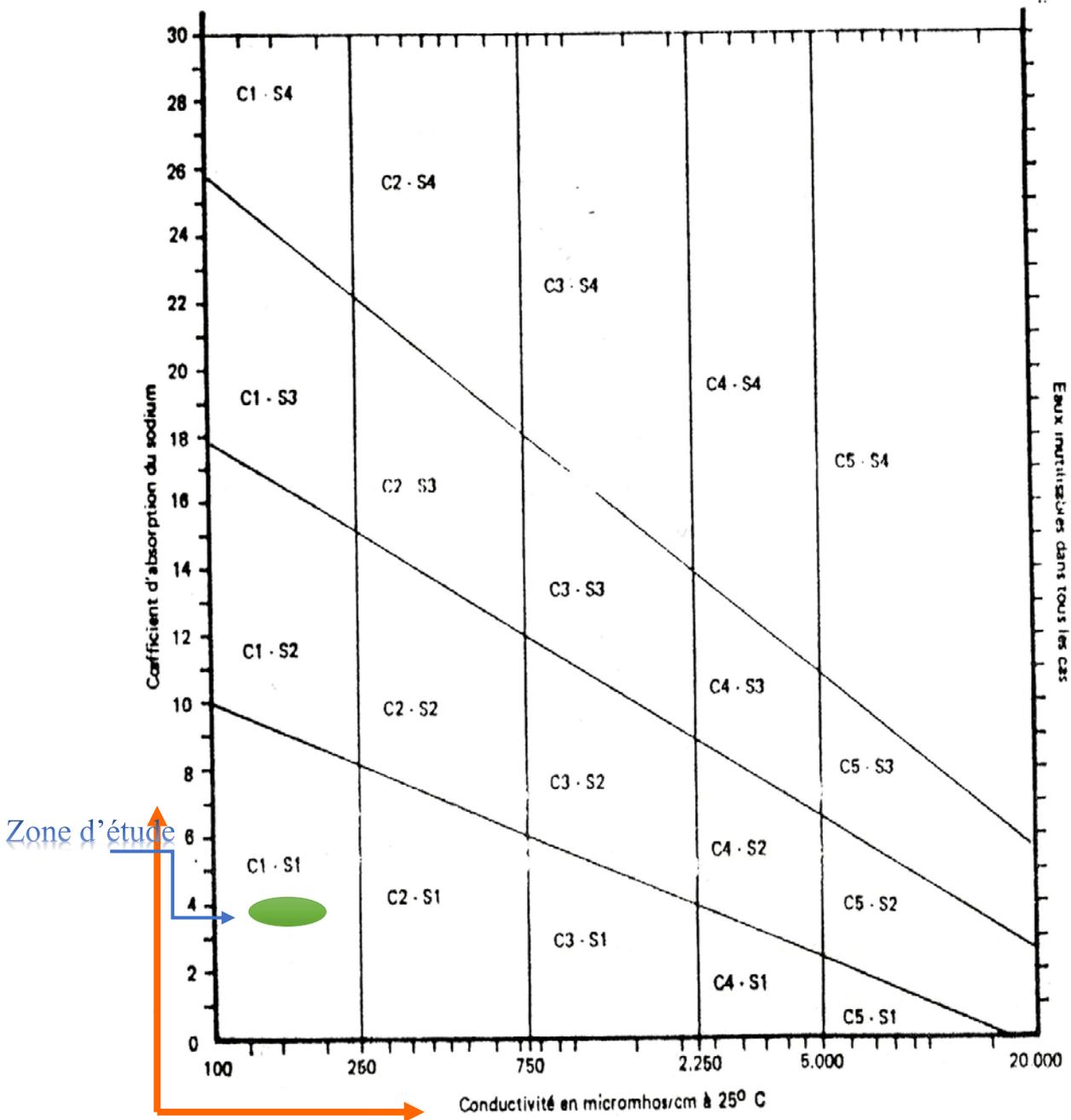


Figure II.3 : diagramme de classification de l'eau d'irrigation

Tableau II.9: classification complète des eaux d'irrigation

<i>Classification complète des eaux d'irrigation</i>		
<i>Classe</i>	<i>Qualité</i>	<i>observations</i>
<i>C1-S1</i>	<i>Bonne</i>	<i>A utiliser avec précaution pour plantes</i>
<i>C1-S2</i> <i>C2-S1</i>	<i>Moyenne à bonne</i>	<i>A utiliser avec précaution</i> <i>Nécessité de drainage avec doses de lessivage et/ou apport de gypse.</i>
<i>C2-S2</i> <i>C1-S3</i> <i>C3-S1</i>	<i>Moyenne à médiocre</i>	<i>A utiliser avec précaution dans les sols lourds mal drainés et pour les plantes sensibles (arbres fruitiers).</i>
<i>C1-S4</i> <i>C2-S3</i> <i>C3-S2</i> <i>C4-S1</i>	<i>Médiocre à mauvaise</i>	<i>Exclure les plantes sensibles et les sols lourds utilisables avec beaucoup de précaution dans les sols légers et bien drainés avec des doses de lessivage et/ou apport de gypse.</i>
<i>C2-S4</i> <i>C4-S2</i> <i>C3-S3</i>	<i>Mauvaise</i>	<i>A n'utiliser qu'avec beaucoup de précaution que dans les sols légers et bien drainés et pour les plantes résistantes.</i> <i>Risques élevés</i> <i>Lessivage et apport de gypse indispensable.</i>
<i>C3-S4</i> <i>C4-S3</i>	<i>Très mauvaise</i>	<i>A n'utiliser que dans des circonstances exceptionnelles</i>

Tableau II.10 : Teneurs maximales d'éléments à l'état de traces recommandées pour les eaux d'irrigation

Elément	Concentration maximale recommandée (mg/l) ²	Observations
Cd (cadmium)	0,01	Toxique pour les haricots, les betteraves et les navets à de faibles concentrations (0,10 mg/l dans la solution nutritive). Des limites prudentes sont recommandées en raison des possibilités de former des concentrations, dans les végétaux et les sols, dangereuses pour l'homme.
Cr (chrome)	0,10	n'est en général pas considéré comme un élément essentiel de la croissance. En raison d'un manque d'information sur ses effets toxiques; on recommande des limites prudentes.
Cu (cuivre)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations comprises entre 0,10 et 1,0 mg/l, dans la solution nutritive.
Fe (fer)	5,0	Pas toxique pour les plantes dans les sols aérés, mais peut contribuer à l'acidification des sols et à la baisse de la disponibilité du phosphore et du molybdène essentiel. peut provoquer, en aspersion «haute», des dépôts peu esthétiques sur les plantes, l'équipement et les bâtiments.
Mn (manganèse)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes, à partir de quelques dixièmes de mg/l à quelques mg/l, mais en général dans les sols acides.
Ni (nickel)	0,20	Toxique pour un certain nombre de plantes à partir de concentrations variant de 0,05mg/l à 1,0 mg/l ; toxicité réduite avec le pH neutre alcalin.
Pb (plomb)	5,0	Peut inhiber la croissance des cellules végétales à des concentrations très élevées.
Sn (étain)	-	Exclu efficacement par les plantes ; tolérance spécifique inconnue.
Zn (zinc)	0,2	Toxique pour de nombreuses plantes à des concentrations très variables; toxicité réduite à pH > 6,0 et dans les sols à textures fines ou organiques.

II.2.3. Les intervenants chargés de la gestion quantitative et qualitative :

Les organismes intervenants pour la gestion et le suivi de l'exploitation des systèmes de réutilisation des eaux usées épurées pour l'irrigation, sont :

- Office National d'Assainissement qui charge de l'exploitation de la STEP de SKIKDA.
- Direction de Service Agricole de la wilaya de SKIKDA.
- Services de la direction de l'environnement.de la wilaya de SKIKDA

L'eau épurée est déjà utilisée pour d'autres fins : le périmètre de Skikda de superficie de 1.177 ha et le perimetre Hamadi Krouma de superficie de 2.064 ha .avec des quantités d'eau 2000 m³ et 5000 m³ respectivement .

II.2.4. Cout d'exploitation et de transport lies à la réutilisation des eaux épurées

Le prix de revient de l'épuration d'un m³ des eaux usées peut être calculé d'après la formule suivante :

$$S(\text{DA}/\text{m}^3) = \frac{E}{Q_a}$$

Avec :

E : Frais d'exploitation annuel (la somme des frais en DA).

Q_a : Débit des eaux usées épurées en m³/an.

On a :

$$Q_a(\text{m}^3/\text{an}) = Q_{jm} \times 365 = 17\,000 \times 365 = 6\,205\,000 \text{ m}^3/\text{an}$$

E = 40 000 000,00 DA en HT exploitation pendant deux (02) ans

Pour l'exploitation d'une année les frais = **E**/2 = 20 000 000,00 DA en HT

$$S = \frac{E}{Q_{mj}} = \frac{20\,000\,000}{6\,205\,000} = 3.22 \text{ DA} / \text{m}^3$$

II.3-Etude de faisabilité de stockage au niveau de barrage de ZERDEZAS :

II.3.1. Présentation de barrage ZERDEZAS :

Le barrage de ZARDEZAS est situé à l'Est de la ville d'El-Harrouch et à environ 30 kilomètres de la wilaya de Skikda. il est en exploitation ce barrage a été construit en 1926, d'une capacité initial de 31hm³.

Il permet de stocker les eaux de l'Oued Saf-Saf. L'ouvrage est destiné à l'alimentation en eaux potable et industrielle de la région de Skikda, ainsi qu'à l'irrigation des terres situées à l'aval du barrage.

Caractéristiques du barrage :

Type	: POIDS
Hauteur	: 74,60 m
Longueur	: 242 m
Côte de retenue normale (R.N)	: 197,30 m
Côte Plus Hautes Eaux (P.H.E)	: 199,30 m
Déversoir: VANNES SECTEURS	: 2 000 m ³ /s
Vidange de Fond	: 70 m ³ /s

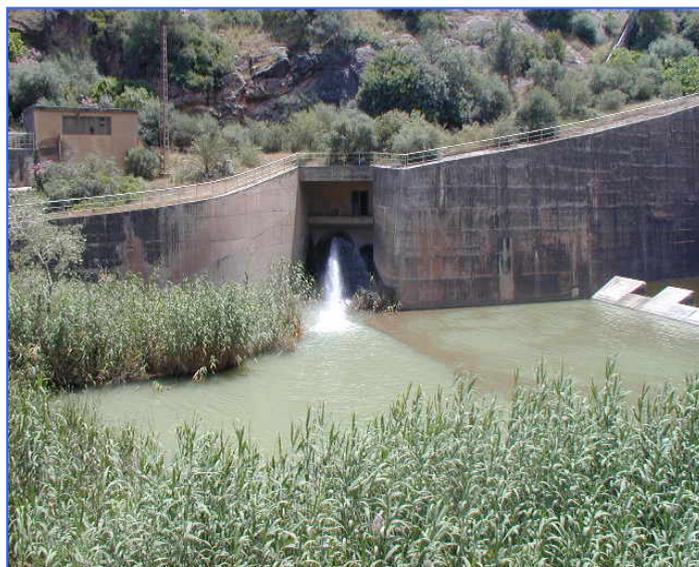


Figure II.4 : barrage de ZERDEZAS

II.3.2. Hydrologie :

Le bassin versant de l'Oued Saf-Saf s'étend sur une superficie de 345 km². L'apport moyen annuel de l'oued est de 53 Hm³/an. L'envasement moyen annuel est de 0,25 Hm³/an. Le barrage a un volume régularisé de 20,00Hm³/an.

Avant la surélévation, la capacité utile de la retenue a été réduite de 15 Hm³ en 1945 à environ 7 Hm³ en 1974 du fait de l'envasement. La surélévation a permis une augmentation du volume total de la retenue qui est passée de 15 Hm³ à 35 Hm³ pour une cote d'exploitation à 197 m NGA.

Le barrage de ZERDEZAS est raccordé à un réseau d'irrigation qui s'étend jusqu'à HAMMADI KROUMA,

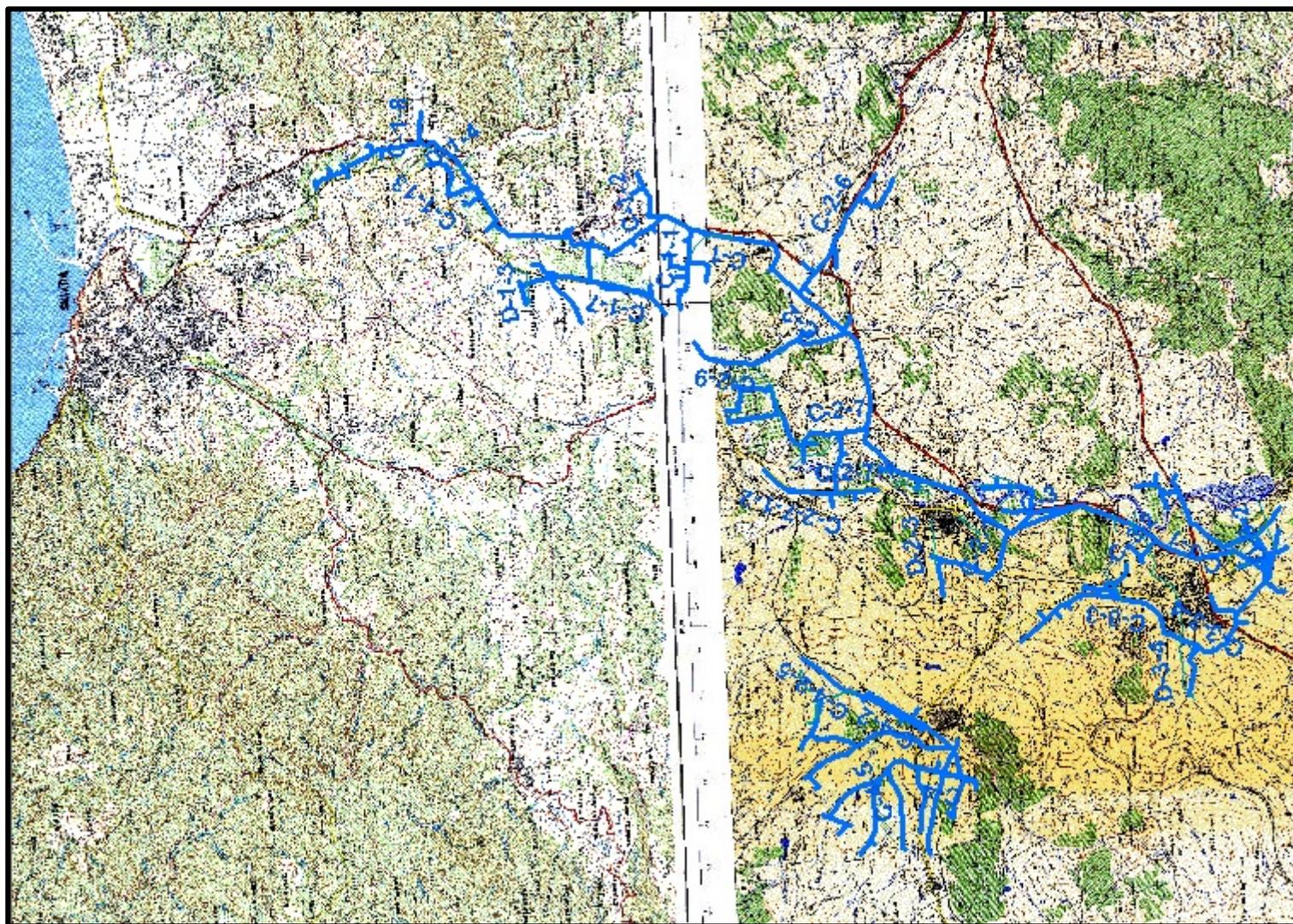


Figure II.5: carte de réseau d'irrigation existant de la wilaya de SKIKDA

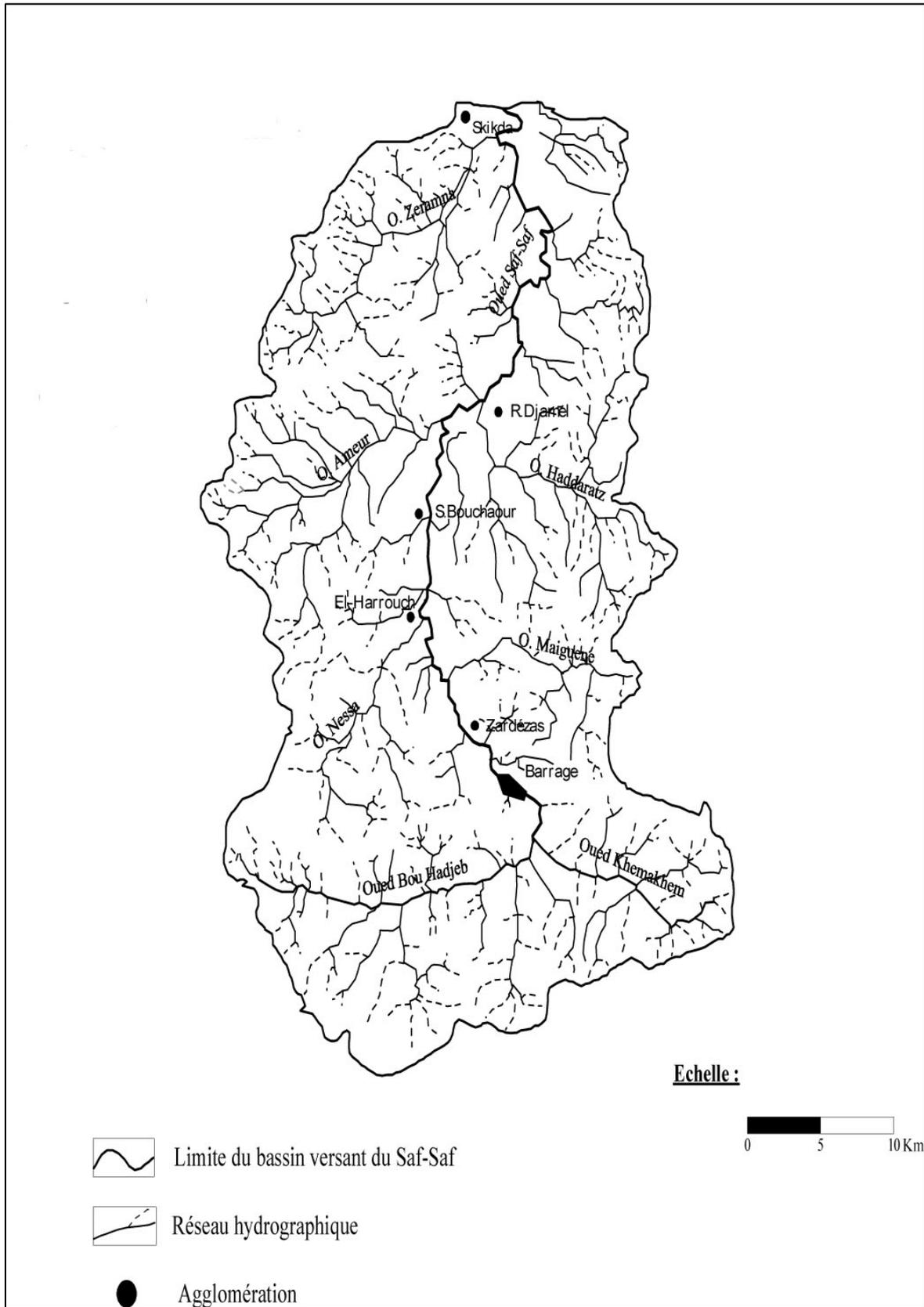


Figure II.6 : carte de bassin versant de la vallée de SAFSAF

II.3.3. Etude de la qualité des eaux épurées stockés en fonction des temps de séjour

La réutilisation des eaux usées épurées fut associée à l'agriculture par le potentiel fertilisant des eaux usées et les besoins importants en eau de ce secteur.

Initialement par épandage d'eaux usées brutes dans les champs, la valorisation agricole des EUE est actuellement encadrée pour limiter le risque sanitaire associé à cet usage.

Comme tout projet de distribution d'une ressource, la réutilisation des EUE est concerné par l'ensemble des équipements associés au transport, au stockage et à la distribution en vue d'assurer la qualité requise au point d'usage. Ces équipements représentent des investissements importants à considérer dans les objectifs économiques des projets.

L'objet de cette étude est de considérer la problématique du stockage des EUE en vue de leur valorisation en agriculture ou autre usages.

Dans ce contexte, les réservoirs de stockage doivent ainsi répondre à deux objectifs principaux :

- **QUANTITATIF** en assurant la disponibilité des EUE en volume face à la demande en irrigation,
- **QUALITATIF** en assurant la qualité des EUE face aux contraintes de qualité liées à l'usage.

II.3.3.1. Le stockage d'Eaux Usées Traitées :

II.3.3.1.1. Notion de stockage

Les programmes de Réutilisation des Eaux Usées Epurées (REUE) s'attachent à valoriser les Eaux Usées Epurées (EUE) en sortie de station d'épuration et intègrent la mise en place d'équipements spécifiques :

- Un traitement adapté aux objectifs de qualité pour le recyclage des EUE,
- Un réseau de distribution des EUE,
- Des stations de pompage si nécessaire,
- Des ouvrages de stockage si nécessaire,
- Des unités intermédiaires et complémentaires de filtration ou désinfection si nécessaire.

La mise en place d'une ou plusieurs unités de stockage des EUE permet la régulation du volume et de la qualité des EUE en sortie de STEU, la **réutilisation des EUE** est dite **indirecte** (Figure 16). La présence de l'unité de stockage offre un moyen de contrôle du volume rejeté et doit permettre :

- une gestion **quantitative** de la ressource,
- le maintien de la **qualité** des EUE,
- d'assurer une viabilité **économique** du projet.

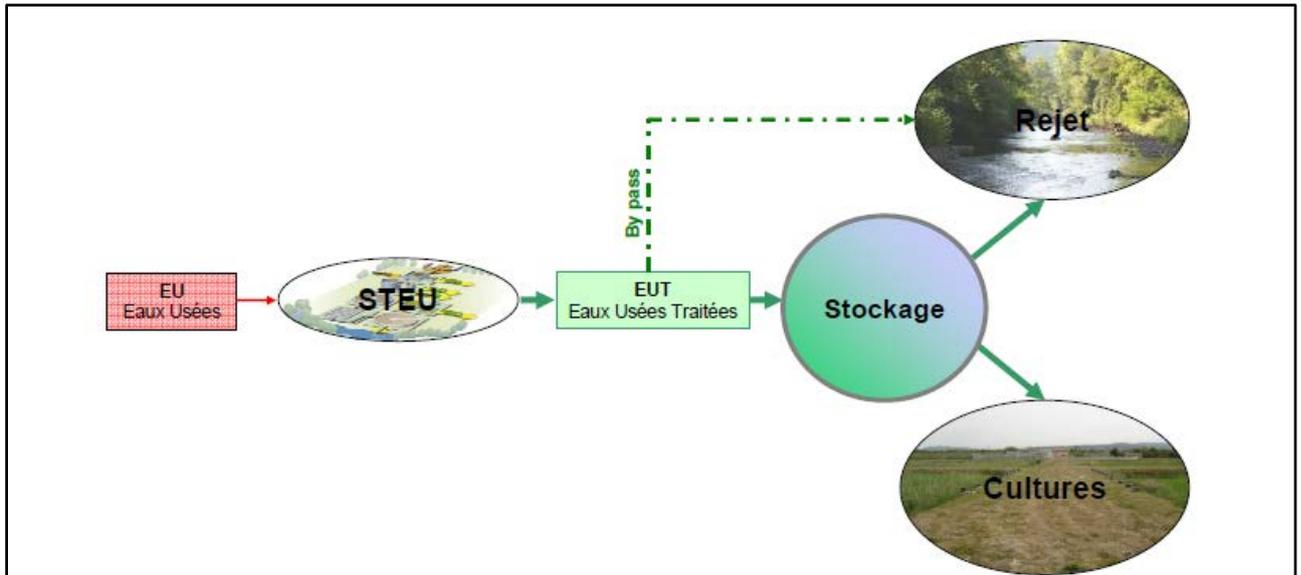


Figure II.7 : schéma de principe de stockage de réutilisation EUE avec ouvrage de stockage

II.3.3.1.2. Intérêts du stockage des EUT pour la valorisation agricole

Le stockage des EUT a deux intérêts principaux:

- le REUTILISATION par régulation des volumes d'EUE produits pour les adapter aux besoins des cultures,
- La PROTECTION par un contrôle des rejets vers le milieu récepteur et par contrôle de la qualité des EUE avant leur application sur les sols cultivés.

a. Favoriser le réutilisation des EUE : régulation des volumes

Dans la majorité des projets de réutilisation des eaux usées épurées, le stockage de ces derniers permet une gestion plus souple des effluents traités en vue d'optimiser leur réutilisation :

- en assurant une réserve tampon pour compenser les écarts entre production et consommation,
- en constituant une réserve intersaisonnière,
- en permettant la gestion de la pression dans le réseau de distribution.

Dans le cas d'une valorisation agricole où les volumes d'EUE produits quotidiennement ne sont pas suffisants pour répondre à la demande en irrigation, le réservoir de stockage permet majoritairement une **régulation saisonnière** de ces volumes au bénéfice des irrigants.

Indirectement, la réutilisation des EUE permet une préservation des ressources traditionnelles (eaux souterraines, eaux de surface) en limitant les prélèvements sur le milieu.

b. Protéger le milieu : contrôle des rejets et maintien de la qualité

La limitation temporaire ou régulière du rejet de la station d'épuration des eaux usées a pour effet de diminuer le débit des cours d'eau. Selon les situations locales, cet effet pourra être bénéfique en limitant l'impact des EUE sur la qualité du **milieu récepteur** ou négatif en limitant l'effet de recharge du milieu récepteur. Une prise en compte du débit minimal du cours d'eau considéré est ainsi nécessaire pour évaluer la faisabilité d'un projet de REUE

II.3.3.1.3. Types de réservoirs

a. Les réservoirs saisonniers

Pour répondre à des besoins saisonniers, une régulation mensuelle voire annuelle des volumes d'EUE est nécessaire. Pour les régions véritablement déficitaires en ressource en eau, **le stockage intersaisonnier est incontournable**. Il permet la collecte des EUE en période hivernale, pour les recycler lors de la saison d'irrigation, le plus souvent en été. Le volume du stockage est alors équivalent à plusieurs mois de consommation.

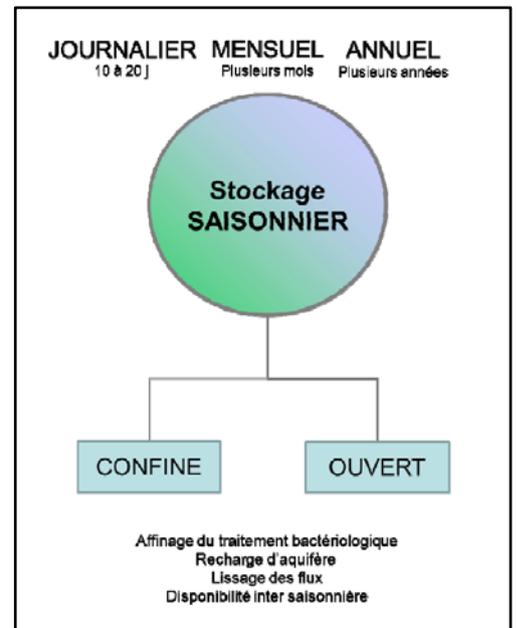


Figure II.8 : réservoir saisonniers

b. Les réservoirs opérationnels

En complément de réservoirs saisonniers ou pour la gestion des EUE de petites installations, des unités de stockage dites opérationnelles peuvent être nécessaires. Elles offrent une possibilité de gestion du réseau de distribution des EUE en permettant une régulation horaire ou journalière des EUE (qualité et/ou quantité).

Certaines pratiques culturelles privilégient l'irrigation nocturne, période où la production d'EUE en sortie de station est la plus faible. Dans ce cas, le stockage à l'échelle journalière par réservoirs opérationnels est nécessaire.

Le volume de ces unités varie en fonction des besoins en irrigation et peut correspondre à l'équivalent de 24 heures à quelques jours de consommation. Cette réserve permet également de faire face aux risques d'interruption de l'approvisionnement ou aux pannes des systèmes de traitement.

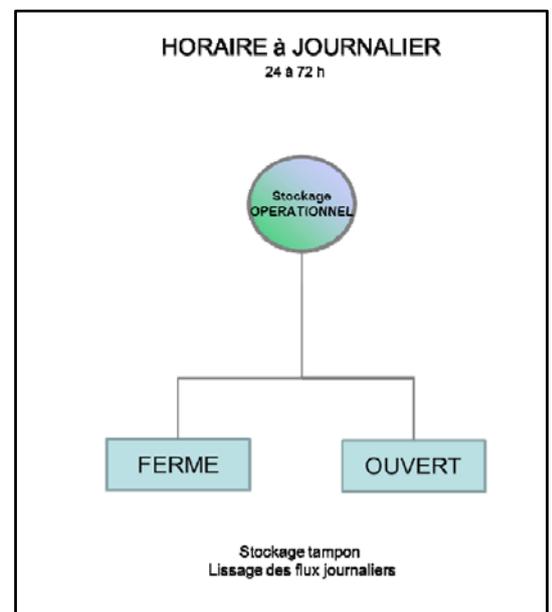


Figure II.9 : réservoir opérationnels

Le stockage opérationnel fermé concerne les citernes ou cuves fermées et permet une gestion sans influence algale du réservoir en limitant l'exposition des EUE à la lumière. La capacité de stockage de ces unités est cependant limitée.

Pour un stockage de volumes plus importants, **des réservoirs opérationnels à surface libre** (étang, lac, retenue) sont envisageables. Pour ces unités, un risque de dégradation de la qualité des EUE est présent par concentration des éléments dissous, en réponse à l'évaporation, et/ou par développement algal et contaminations microbiennes. Le rapport surface/volume des bassins est ainsi considéré pour limiter ces effets.

II.3.3.2. Evolution de la qualité des eaux épurées stockés :

➤ Dégradation des composés carbonés (DBO₅ et DCO)

Les EUE contiennent des composés organiques carbonés et d'autres substances oxydables qui peuvent être dissoutes ou particulaires, facilement biodégradables ou réfractaires. La teneur de ces composés est mesurée par des indicateurs de demande en oxygène (DBO₅ et DCO les plus courants).

Ces composés peuvent être dégradés par voie aérobie ou anaérobie. Le type de décomposition est déterminé par l'équilibre entre le flux de matière organique en entrée du système et la capacité de réoxygénation du milieu.

Les bactéries aérobies hétérotrophes sont responsables de la dégradation aérobie de composés organiques solubles.

La dégradation anaérobie des composés carbonés, plus lente, est effectuée en plusieurs étapes (hydrolyse, acidogénèse et fermentation, acétogénèse, méthanogénèse).

Ces réactions de dégradation sont à l'origine de la production de gaz carbonique et méthane. La réaction de méthanogénèse est la réaction la plus sensible aux variations de conditions environnementales (anaérobie stricte, développement optimum pour des pH compris entre 7 et 8, redox < - 0,24E0, V) et la plus lente.

➤ Abattement des matières en suspension

L'abattement des matières en suspension et des composés adsorbés (matière organique, composés azotés, phosphorés, métaux, ...) s'effectue par sédimentation et agrégation-sédimentation. Selon l'abondance, la vitesse des particules et le temps de séjour des EUT dans les réservoirs, le taux de sédimentation varie et peut se calculer, en conditions stables, par la loi de Stoke.

Pour **les réservoirs ouverts** au contact de la lumière et du vent, **l'abattement des matières en suspension peut être nul voir négatif** : le développement de phytoplancton (algues) ou zooplancton peut être une source de production de sédiments. En complément, des phénomènes de remise en suspension des sédiments en fond de bassin sont courants (vent, destratification, courants, pompage,...).

➤ Dégradation des composés azotés

L'azote peut exister sous de nombreuses formes (azote organique, ammonium, nitrite, nitrate, diazote) appartenant à un cycle complexe qui dépend en grande partie des conditions redox du milieu. Les principales réactions sont présentées ci-dessous, leur contribution dans les réservoirs de stockage est variable.

Minéralisation (ammonification) : processus de conversion de l'azote organique en azote inorganique. L'azote inorganique formé est l'ammonium (NH₄/NH₃). Cette réaction peut se produire en conditions aérobie ou anaérobie. Le taux de minéralisation est plus élevé dans les zones oxygénées et dépend de la température, pH, C/N, des nutriments disponibles. La gamme de pH optimale pour la minéralisation est comprise entre 6.5 et 8.5.

Hydrolyse et volatilisation : en solution, l'azote ammoniacal (NH₃aq) s'hydrolyse rapidement en ion ammonium (NH₄⁺). L'azote ammoniacal est en équilibre physico-chimique entre la forme aqueuse et la forme gazeuse. Le transfert de la forme aqueuse vers l'espèce gazeuse s'appelle la volatilisation. La volatilisation de l'ammoniac s'effectue en conditions de pH supérieur à 8. Ces conditions sont présentes en surface de réservoir, l'activité photosynthétique étant responsable de l'augmentation du pH par assimilation du CO₂.

Nitrification : processus d'oxydation de l'ammonium en nitrates composé de deux réactions principales : l'oxydation ammoniacale (**nitritation**) et l'oxydation aérobie des nitrites (**nitratation**). La réaction de nitritation est l'oxydation de l'ammonium en nitrites par des Protéobactéries dont *Nitrosomonas*, *Nitrospira* et *Nitrosococcus*. Les bactéries aérobies capable d'oxyder les nitrites intègrent le genre *Nitrobacter* et *Nitrospira* et nécessitent des conditions aérobies. Pour des teneurs inférieures à 0,5 mg/L d'oxygène dissous, l'oxydation des nitrites est inhibée.

Oxydation anaérobie de l'ammonium (Anammox®) : les bactéries Anammox® appartiennent au phylum des Planctomycètes, (ordre Planctomycétales). Ces bactéries sont capables d'oxyder l'ammonium à partir de nitrites et carbonates pour donner du diazote. Cette réaction demande plus d'énergie que l'oxydation de l'ammonium classique par nitritation. Les bactéries ont la particularité de se développer très lentement (temps de doublement d'environ 11 jours contre moins d'un jour pour les Protéobactéries) et sont très sensibles à l'oxygène.

Dénitrification : processus de réduction des composés azotés oxydés (nitrites et nitrates) en azote gazeux (N₂ et N₂O). La dénitrification peut être réalisée par de nombreuses bactéries et certains champignons. Le processus de dénitrification nécessite une source de carbone importante (ration C:N)

➤ **Dégradation des composés phosphorés :**

Le phosphore, très souvent le facteur limitant dans les eaux de surface, est en excès dans la plupart des EUE. Sous forme dissoute ou particulaire, organique ou minérale, les formes phosphorées sont stockées en fond de bassin après sédimentation des précipités, agrégats phosphorés ou à la mort des micro-organismes par sédimentation du phosphore organique. En cas de présence de conditions anaérobies en fond de bassin ou de brassage, un risque de relargage du phosphore présent dans les sédiments est à considérer.

➤ **Stockage des métaux lourds**

Les métaux lourds sont sensibles aux réactions de précipitations et à l'activité biologique. La variation du pH affecte l'équilibre de ces composés et réactions. Peu d'études traitent de ce sujet dans les réservoirs de stockage des EUE (Eran Friedler and Juanico, 1996; Juanico *et al.*, 1995b; Maynard *et al.*, 1999).

De plus, face à la **diversité des propriétés des différents métaux, aucune règle généralisée sur le comportement des composés métalliques** dans les réservoirs ne peut être émise.

➤ **Dégradation des pathogènes**

Les EUE en l'absence de désinfection, peuvent contenir des organismes pathogènes qui résistent aux chaînes de traitement préalables : bactéries, virus, protozoaire et helminthes. Les mécanismes de dégradation des pathogènes impliquent une série d'interactions physico-chimiques et biologiques relativement complexe qui se produit dans les écosystèmes naturels. Les principaux mécanismes de dégradation des micro-organismes sont :

- l'altération de l'ADN par les UV du rayonnement solaire,
- la photo-oxydation provoquée par les dérivés de l'oxygène après absorption de la lumière par les composés humiques,
- la prédation,
- le manque de nutriments ou composés carbonés,
- la sédimentation et adsorption-sédimentation,
- les toxines algales.

Pour les réservoirs à surface libre, un risque de contamination des EUE stockées par les oiseaux et mammifères. Le potentiel de désinfection des réservoirs est le processus le plus étudié des réservoirs de stockage (Abreu-Acosta and Vera, 2011; Brissaud *et al.*, 2003a; Cirelli *et al.*, 2009; Liran *et al.*, 1994; Mara, 2000; Maynard *et al.*, 1999; Xu *et al.*, 2002; Xu *et al.*, 2001).

➤ **Développement algal**

En présence de nutriments, les réservoirs à surface libre sont sujet au développement algal qui peut induire une augmentation de la matière organique dans le bassin contribuant à l'augmentation des concentrations en DBO5, DCO et MES. Pour des climats tempérés, cet effet saisonnier s'établit très souvent en début de printemps. Le risque principal est le colmatage du réseau de distribution en aval du réservoir (développement de biofilms, particules) ou du réseau d'irrigation (Juanico *et al.*, 1995a; Teltsch *et al.*, 1991; Thayanukul *et al.*, 2013; Weinrich *et al.*, 2010). Une implantation judicieuse du pompage peut limiter ce risque. Une filtration complémentaire en aval du réservoir peut être nécessaire.

➤ **Climat et cinétique de dégradation**

Les fortes températures combinées à un rayonnement solaire important catalysent les dégradations des pathogènes et favorisent les réactions biologiques.

➤ **Climat et bilan hydrique**

Les conditions climatiques influencent le taux d'évaporation des réservoirs. Pour des taux d'évaporation importants, la salinité des EUT augmentera et le temps de séjour des EUT sera également affecté.

Conclusion :

Le bénéfice d'une REUE peut donc être double :

- au niveau économique, car en plus d'une préservation quantitative de la ressource, les agriculteurs font des économies d'engrais ;
- au niveau écologique, car en plus de la diminution des rejets d'eaux usées dans le milieu, la pollution agricole diminue.

Néanmoins, il y a lieu de prendre certaines précautions quant à l'apport en excès de ces éléments fertilisants. Il y a en effet un triple risque :

- un risque sanitaire : les MES protègent les micro-organismes de beaucoup de traitements, comme les traitements au chlore ou aux ultraviolets. Il existe donc une compétition entre l'élimination des micro-organismes et la préservation des MES en vue d'une utilisation agricole;
- un risque technique : si les MES sont présentes en trop grand nombre, elles peuvent entraîner le bouchage des canalisations des systèmes d'irrigation ;
- un risque agronomique et environnemental : il est possible que les éléments soient apportés en excès. Dans ce cas, il y a un risque de pollution des sols et de diminution du rendement. Les taux en éléments nutritifs (nitrate essentiellement) et la salinité de l'eau utilisée (cause de la dégradation des sols) sont de première importance. Il faut donc trouver le bon équilibre entre le niveau de traitement, les besoins des cultures et la nature du sol.
L'utilisation d'eaux épurées pour l'irrigation doit donc se faire avec précaution.

Chapitre III :
***Caractéristiques et principe
de fonctionnement de la
STEP***

Le présent chapitre comportera un descriptif détaillé de la STEP de SKIKDA.

III.1. Présentation de la STEP

La station d'épuration de SKIKDA est une usine moderne de traitement des eaux usées urbaines, située dans l'agglomération de Hamrouche Hamoudi au niveau de la petite zone industrielle (Zone de dépôt) et assure l'épuration des eaux usées provenant de la ville de Skikda et des agglomérations de Hamadi Krouma, Ramdane Djamel et Béni Béchir.

La station a une capacité nominale de 46.000 m³/j et 229.979EH en 2015, 57.630 m³/j et 288.147 EH en 2025.

III.1.1. Rappel des données fondamentales

Tableau III.1 : Données fondamentales de la STEP de SKIKDA

<i>Désignation Unité</i>	<i>Première tranche Horizon 2015</i>	<i>Deuxième tranche Horizon 2025</i>
CAPACITE DE LA STEP (E.H)	229.979	288.147
CHARGE HYDRAULIQUE		
Volume des eaux usées (m ³ /j)	46.000	57.630
Débit moyen horaire (m ³ /h)	1917	2401
Coefficient de pointe	1,6	1,6
Débit de pointe en temps sec (m ³ /h)	3067	3842
CHARGES POLLUANTES		
DBO5		
Charge journalière en DBO5 (Kg/j)	14.949	18.730
Concentration de l'effluent en DBO5 (mg/l)	325	325
MES		
Charge journalière en MES (Kg/j)	17.248	21.611
Concentration de l'effluent en MES (mg/l)	375	375
N-NK		
Charge journalière en NTK(Kg/j)	2492	3122
Concentration de l'effluent en NTK(mg/l)	54	54

Source : Entreprise de réalisation (OTV France et GCGS Chine)

III.1.2. Conception de la STEP

La station d'épuration de SKIKDA fonctionne sur la base du process « Boue activée à moyenne charge », elle est équipée d'ouvrages d'épuration physique et biologique.

- Les ouvrages d'épuration physique comprennent un dégrilleur, un dessableur/deshuileur ainsi qu'un décanteur primaire.
- Le traitement physique permet d'éliminer les matières grossières, les flottants et les substances décantables. Il est suivi d'un traitement biologique, qui assure quant à lui l'élimination des matières dissoutes ou à fines particules.
- L'épuration biologique est décomposée comme suit : d'abord, un traitement par boues activées à moyenne charge et ensuite une décantation secondaire.

Après avoir subi une stabilisation puis un épaissement, les boues produites sont déshydratées naturellement sur lits de séchage.

Le système d'épuration de la STEP de SKIKDA se compose de deux files de traitement identiques, ceci afin de garantir une plus grande souplesse d'exploitation. La filière de traitement comprend les étapes suivantes :

a). Les prétraitements comprenant :

- Un dégrillage
- Un dessablage-déshuilage

b). Le traitement secondaire comprenant :

- Une aération
- Une clarification

c). Le traitement complémentaire comprenant :

- Une désinfection par chloration

d). Le traitement des boues résiduelles comprenant :

- Une stabilisation
- Un épaissement
- Une déshydratation

IV.1.2.1. Différents types de traitement tertiaire

Les traitements tertiaires, dans le cadre de réutilisation des eaux usées épurées, ont pour objectif principal de réduire les concentrations de l'eau à la sortie de la clarification, en :

- matières en suspension ;
- micro-organismes.

Le procédé par boues activées a peu d'effet sur l'élimination des kystes de protozoaires et sur les œufs d'helminthes, même si une partie des œufs est éliminée dans le décanteur secondaire, en plus la STEP n'est pas conçue pour réduire la teneur en azote et phosphore des eaux usées, ces teneurs dans les EUE demeurent assez intéressantes pour assurer un apport fertilisant aux cultures.

Les traitements tertiaires à faire subir à l'eau épurée biologiquement après clarification secondaire peuvent être constitués par l'un et/ou l'autre des procédés suivants :

- La filtration ;
- La désinfection.

IV.1.2.2. La filtration

La filtration a pour but la rétention des matières en suspension, et en particulier des floccs s'échappant des clarifications secondaires.

Les types de filtres sont classés suivant la vitesse de filtration :

- Filtres lents : 1 à 2 m/h ; sont efficaces mais exigent de grandes surfaces
- Filtres rapides : 4 à 25 m/h ; sont les plus réponsus, il en existe deux catégories :
 - . Les filtres ouverts ou filtres rapides gravitaire
 - . Les filtres sous pression

Remarque : Les œufs d'Helminthe, bien protégés et agglomérés sur les MES, ne sont pas touchés par les différents modes de désinfection. Par contre, la filtration sur matériaux granuleux permet d'atteindre une concentration finale inférieure à 1 par litre.

Pour obtenir une bonne désinfection il est par ailleurs indispensable que la turbidité de l'eau soit inférieure à 1 NTU. (Mémento technique de l'eau).

IV.1.2.3. La désinfection

Les techniques conventionnelles de type boues activées sont capables d'éliminer, dans des proportions variables, les matières en suspension et les matières organiques, mais n'offrent pas une véritable protection vis-à-vis des risques sanitaires.

Après traitement biologique, il peut être encore nécessaire de désinfecter les eaux résiduaires avant rejet ou réutilisation.

L'éventail des techniques de désinfection est assez large, mais, en pratique, les seuls couramment utilisés aujourd'hui sont :

- la chloration,
- la chloration-déchloration,
- l'ozonation,
- la radiation par ultraviolets,
- les lagunes de désinfection.

A. La chloration

La désinfection par le chlore est un procédé approprié à la plupart des eaux d'égouts et c'est le procédé de désinfection le plus populaire au monde.

Un réactif désinfectant peut être ajouté aux eaux traitées, avant leur rejet dans le milieu naturel. Le chlore est le désinfectant le plus courant. Mais la désinfection peut également s'effectuer avec l'ozone ou le brome, voire du dioxyde de chlore.

Le chlore et l'ozone sont de puissants agents oxydant. Ils oxydent les matières organiques et inorganiques et tuent rapidement les pathogènes avec lesquels ils entrent en contact. Le chlore peut être ajouté aux eaux d'égouts sous une forme liquide, gazeuse ou en comprimés.

B. La chloration-déchloration

Depuis quelques années, pour contrer les effets nocifs du chlore sur la vie aquatique, la déchloration s'est de plus en plus répandue partout dans le monde. La déchloration se fait généralement par addition de bioxyde de soufre (SO_2) car c'est l'agent de déchloration le plus rentable. Il réagit très rapidement au contact du chlore résiduel dans l'eau (réaction instantanée). Un temps de contact de courte durée est considéré comme suffisant. Néanmoins, le mélange au point d'injection est essentiel pour une déchloration efficace et permet d'éliminer la toxicité qui y est associée. Par contre, la concentration en oxygène dissous de l'eau traitée s'en trouve réduite.

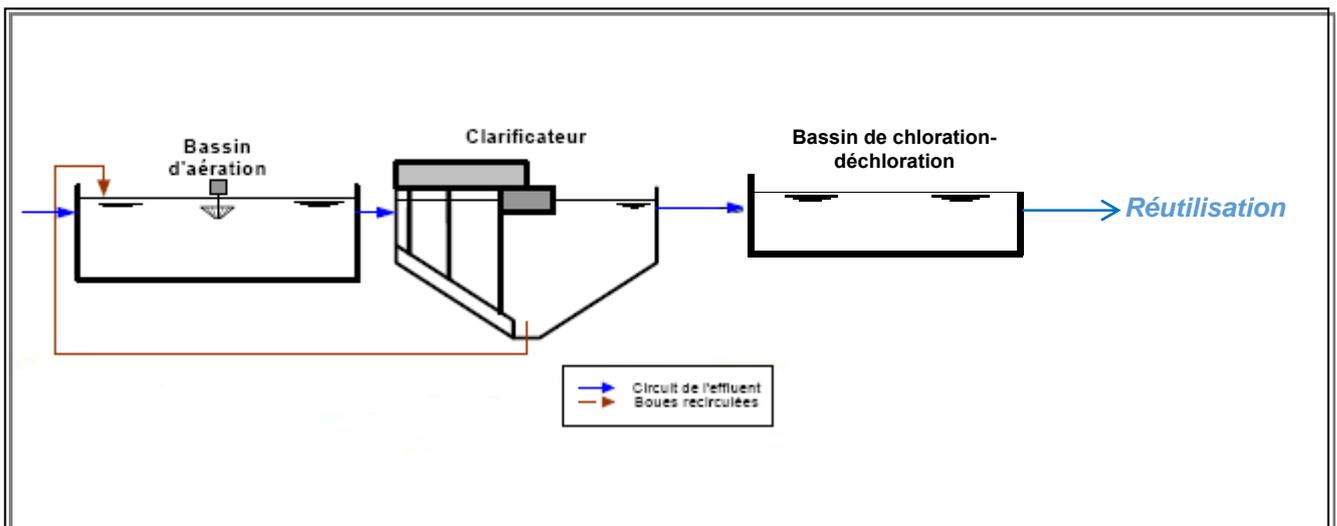


Figure III.1 : Schéma de principe de la désinfection par chloration-déchloration

C. L'ozonation

L'ozone est un oxydant puissant réputé pour ses performances bactéricides et virucides. De plus il ne semble pas générer des sous-produits toxiques pour le milieu récepteur et aucune reviviscence de germes après traitement n'a été décrite.

Il est habituellement utilisé pour désinfecter les effluents qui ont subi un traitement secondaire conséquent ou les effluents filtrés. L'ozone doit être produit à pied d'œuvre, ce qui peut revenir cher et nécessite une source d'énergie fiable. Il est utilisé uniquement sous forme gazeuse.

Son efficacité est reconnue mais elle dépend évidemment de la qualité du traitement d'épuration en amont : une attention particulière doit être portée à l'élimination des matières organiques oxydables, des matières en suspension et des nitrites.

Malgré son efficacité, ce procédé est peu utilisé de par le monde, principalement pour des raisons économiques. Son champ d'application paraît limité à des installations de grande capacité.

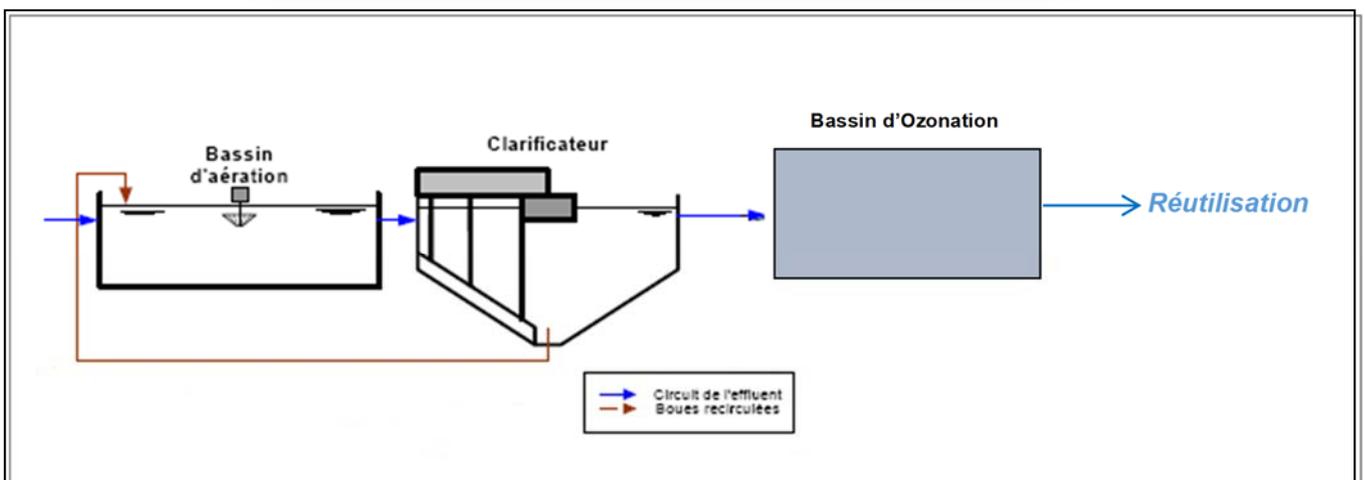


Figure III.2 :Schéma de principe de la désinfection par ozonation

D. La radiation par ultraviolets (UV)

Les ultraviolets (UV) sont de plus en plus utilisés, depuis quelques années, pour désinfecter les eaux usées urbaines. Assurant un bon rendement de désinfection, les UV nécessitent un investissement important, mais présentent l'avantage de ne pas entraîner l'apparition de sous-produits de désinfection.

La désinfection des eaux usées par rayonnement ultraviolet consiste à faire passer les eaux usées dans un réacteur dans lequel sont placées des lampes à vapeur de mercure qui émettent des rayons UV.

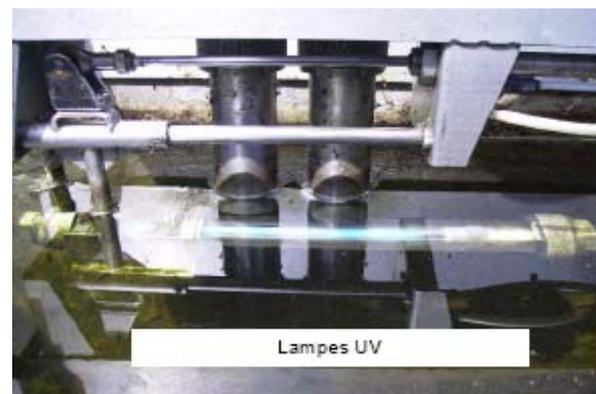
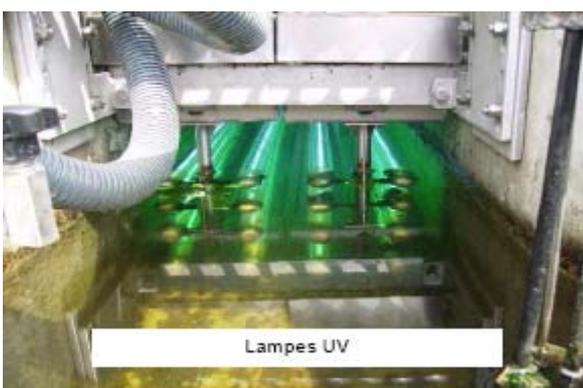
Les UV stérilisent les pathogènes en restructurant leur ADN ou leurs gènes pour empêcher leur reproduction. La radiation par UV est appliquée aux eaux d'égouts par des lampes à mercure à faible pression qui émettent 85% de leur énergie dans des longueurs d'ondes qui sont très nuisibles aux pathogènes.

La radiation ultraviolette fournit une vaste quantité d'énergie et les temps de contact entre les eaux d'égouts et les lampes UV sont typiquement très courts. Ce procédé de désinfection est préféré à celui de la chloration, où la déchloration est nécessaire avant l'évacuation.

Les rayonnements UV sont des ondes lumineuses de longueur d'onde comprise entre 100 et 400 nm, Leur pouvoir germicide dépend de la longueur d'onde émise. Ce sont les UV compris entre 200 et 280 nm qui sont les plus germicides. L'efficacité des rayons UV est fonction de la dose absorbée par les micro-organismes. Cette dose est définie par le produit de l'intensité UV émise par les lampes par le temps d'exposition des germes aux rayonnements.

La radiation par UV est efficace, bien que son action soit réduite lorsque les effluents sont très bourbeux ou ont une forte concentration de matières solides en suspension.

Le filtrage par le sable est indispensable avant la radiation UV.



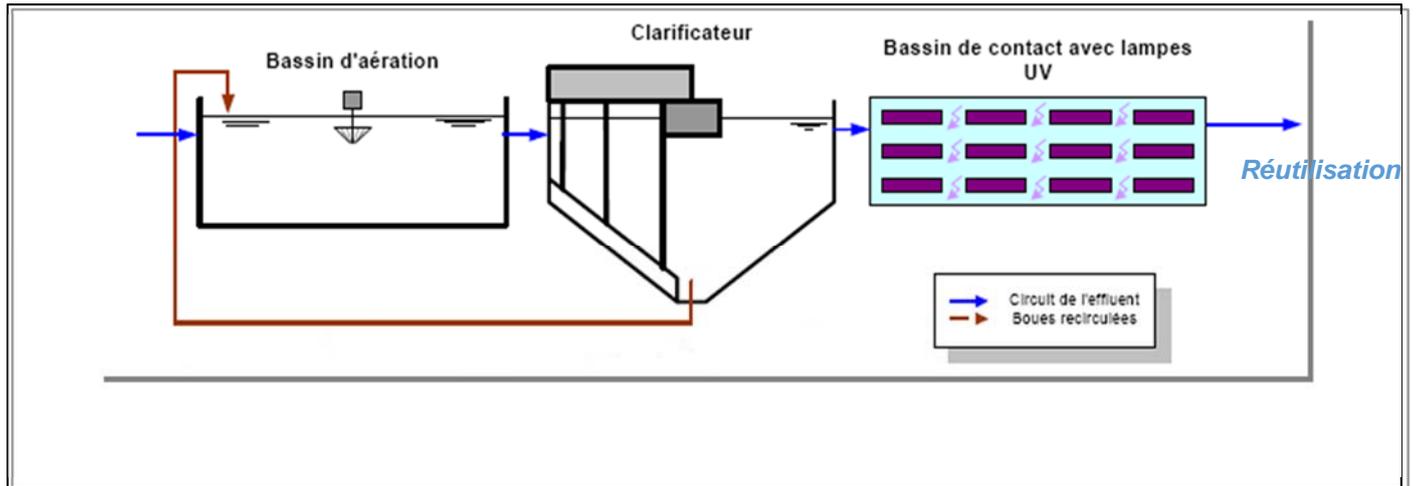


Figure III.3 :Schéma de principe de la désinfection par la radiation ultraviolette

E. Les lagunes de désinfection

Le lagunage est un procédé naturel d'élimination des pathogènes. Le procédé consiste à faire séjourner les rejets dans des bassins successifs de grande étendue et de faible profondeur, pendant une longue durée, afin de favoriser, par la photosynthèse, le développement des micro-algues qui apportent l'oxygène nécessaire aux bactéries assurant l'épuration. Après avoir été ainsi épurées, les eaux sont dispersées dans le milieu naturel.

Ce procédé est bien adapté à l'assainissement des petites collectivités. Le lagunage naturel "tertiaire" assure l'exposition des micro-organismes pathogènes au rayonnement solaire. Ce rayonnement provoque une destruction des germes d'autant plus efficace que le temps de séjour des eaux traitées dans la lagune est élevé (50 à 60 jours). Cependant, l'efficacité de ce traitement s'amointrit lorsque l'exposition aux rayons du soleil se réduit, pendant l'hiver ou lors de remise en suspension de sédiments à l'occasion de fortes précipitations. Des lagunes de finition peuvent par contre être installées en aval d'une station biologique classique.

La lumière visible et la radiation des UV du soleil, la sédimentation et la mort naturelle des micro-organismes, sont les mécanismes d'élimination des pathogènes dans les lagunes.

Les lagunes de désinfection devraient être utilisées comme un procédé de finition, une fois que la plus grande partie a été éliminée. Ce sont des bassins entièrement aérobies, avec une faible profondeur (ne dépasse pas 1,5 m). Ces bassins assurent une bonne élimination des éléments pathogènes et ainsi les eaux épurées seront favorables à une éventuelle utilisation en agriculture. Des algues seront produites lorsque les temps de détention sont supérieurs à 2 ou 3 jours.

Les œufs d'helminthes sont éliminés par sédimentation et ceci indépendamment du type de lagune. Le taux d'élimination des œufs d'helminthes dépend du temps de séjour.

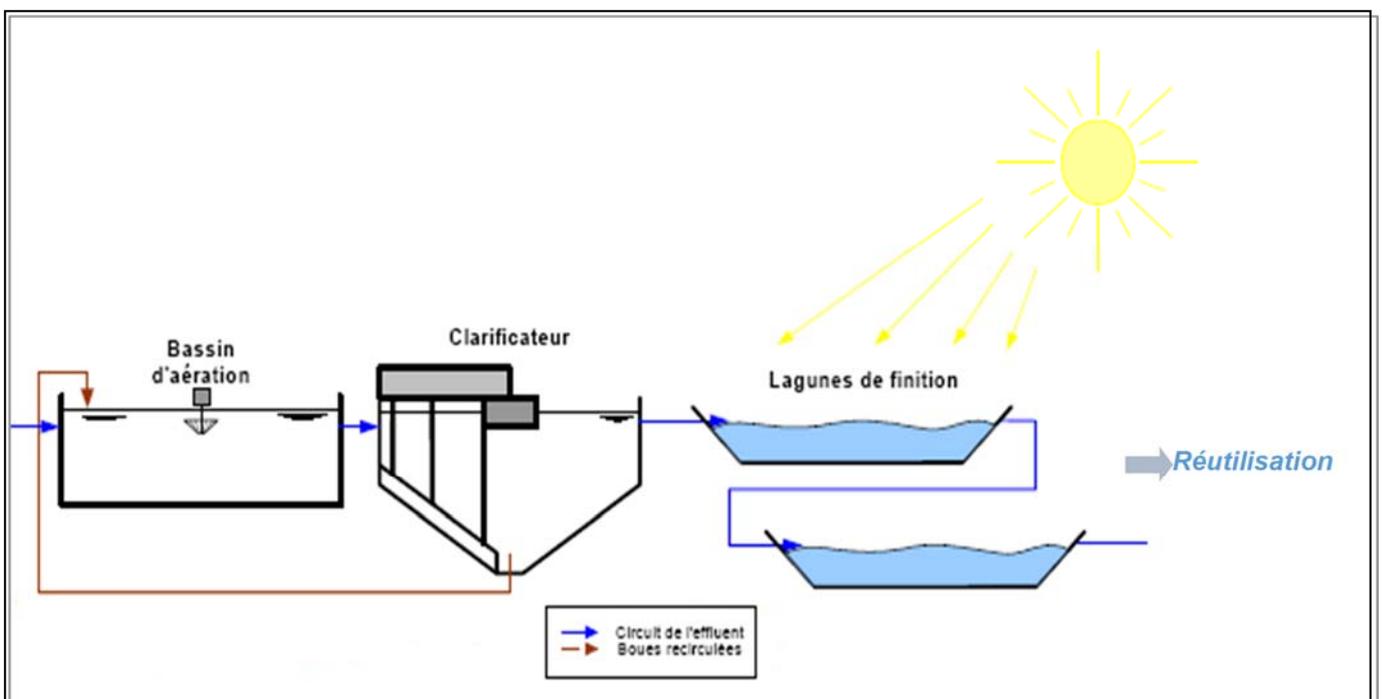


Figure III.4 :Schéma de principe de la désinfection par les lagunes de désinfection

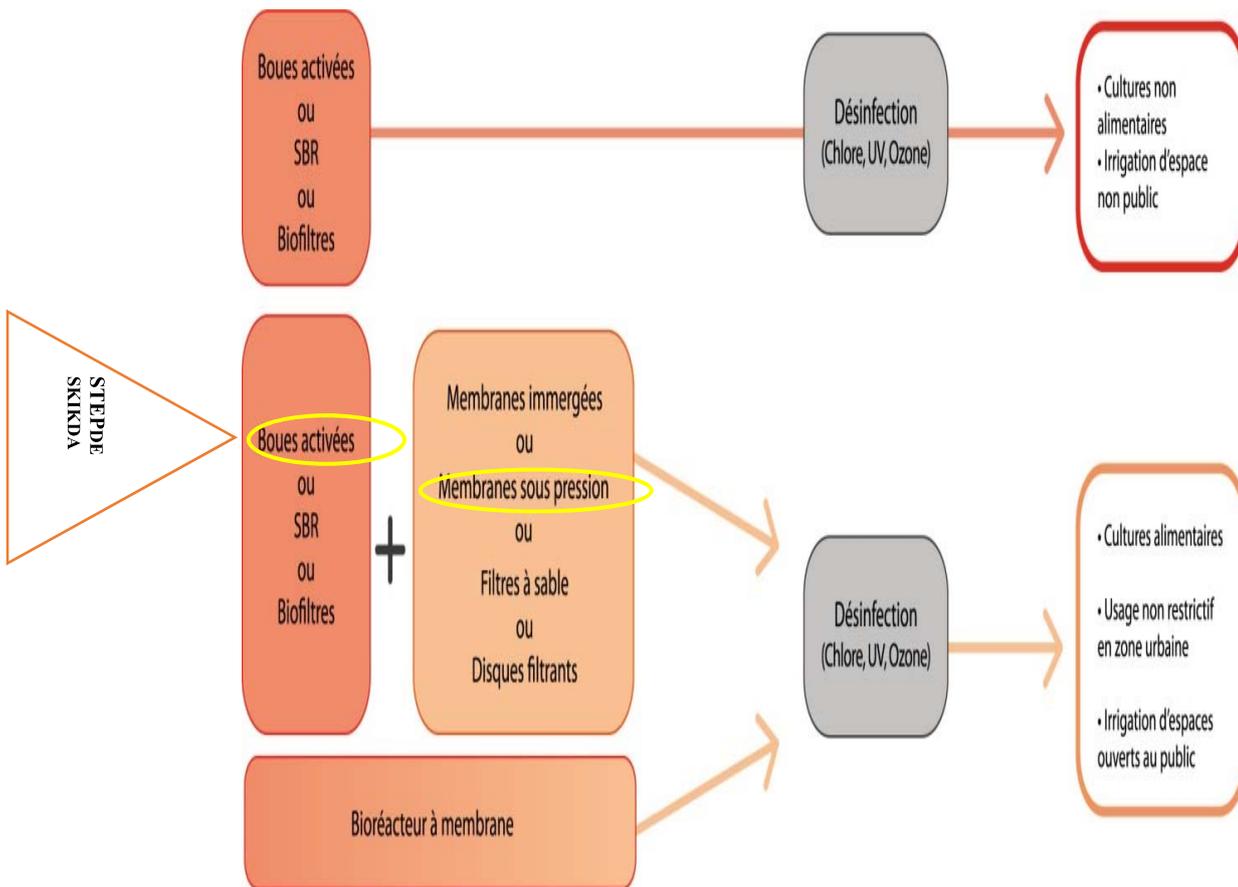


Figure III.5 : Schémas représentatif des traitements des eaux usées urbaines destinés à l'irrigation

IV.2. Réutilisation des eaux épurées dans les activités Industrielles:

Les eaux usées épurées pourraient éventuellement être réutilisées par les industriels, dans le cadre de leur activité. A noter que la norme interdit l'utilisation d'eaux usées épurées d'une manière générale, pour tous les secteurs industriels liés directement ou indirectement à l'alimentation humaine ou animale quel que soit le mode et le niveau de traitement qui est effectué sur les eaux usées dans les stations d'épuration. Dans le cas de la wilaya de Tipasa on pourrait envisager cette utilisation pour les lavages, pour les refroidissements et pour des process divers sans occasionner des contacts fréquents et réguliers avec le corps humain ou celui des animaux. Les industries qui pourraient bénéficier de ce type d'alimentation sont en particulier :

- L'industrie du papier et carton ;
- La minéralurgie ; carrière, sablière, faïencerie, marbrerie ;
- Les briqueteries.

IV.2.1. Enquête auprès des industries de la ville de SKIKDA

Tableau III.2 : Enquête auprès des industries de la ville de SKIKDA

Entreprise	Utilisation des eaux	Quantité m ³ /j
Direction régionale industrielle DRIK	Sanitaire	70 m ³ /J
Unité de transport des hydrocarbures par canalisation RTE	Sanitaire	574063 m ³ /an
	Autre	
Complexe de raffinage de pétrole de Skikda (RA1/K)	Refroidissement	4264 m ³ /J
	Déminéralisation	3300 m ³ /J
Complexe des matières plastique de Skikda CP1/K	Refroidissement	111121 m ³ /J
	Déminéralisation	1814 m ³ /J
	Process	3877 m ³ /J
	Sanitaire	2994 m ³ /J
Complexe gaz naturel liquéfié de Skikda GL1/K	Refroidissement	721550
	Déminéralisation	1356
Shariket kahraba Skikda SKS	Refroidissement	23328000 m ³ /J
	Déminéralisation	408 m ³ /J
	Process	960 m ³ /J
	Sanitaire	72 m ³ /J
Messer Algérie Skikda	Refroidissement	70 m ³ /J
	Lavage/Nettoyage	0.5 m ³ /J
	Sanitaire	0.15 m ³ /J
Société Maintenance Industrielle Skikda SOMIK	Lavage/Nettoyage	≈ 123 m ³ /J
	Sanitaire	
Usine d'Hélium	Refroidissement	83 m ³ /J
Société terminaux marins STH	Sanitaire	0.5 m ³ /J
Topping RA2/K	Refroidissement	24 m ³ /J
	Déminéralisation	/
	Process	Non estimée
	Lavage/Nettoyage	Non estimée
	Eau anti incendie	Non estimée
	Eau potable	/
	Sanitaire	/
Poly mède CP2/K	Process	250 m ³ /J
	Autre	6 m ³ /J
Unité dessalement de l'eau de mer	Lavage / Nettoyage	2 m ³ /J
	En cours de recherche	2 m ³ /J
Entreprise portuaire de SKIKDA (EPS)	Lavage / Nettoyage	0.75 m ³ /J
	Sanitaire	236 m ³ /J
	Avitaillement des remorqueurs	113 m ³ /J

NAFTAL Bitume	Sanitaire	0.5 m ³ /J
NAFTAL CBR	Refroidissement	Environ 200 m ³ /J
	Sanitaire	Environ 2 m ³ /J
EURL SOMASK ennamarbre	Refroidissement	300 m ³ /J
Cimenterie Hajar Esoud	Refroidissement	1 ^{er} trimestre : 100 m ³ /J 2 ^{er} trimestre : 100 m ³ /J 3 ^{er} trimestre : 100 m ³ /J 4 ^{er} trimestre : 100 m ³ /J
	Déminéralisation process	
	Lavage/Nettoyage	
	Sanitaire	
	Autre	
Unité de fabrication de carton ondulé SIFCO	Refroidissement	05 m ³ /J
	Déminéralisation process	05 m ³ /J
	Lavage/Nettoyage	06 m ³ /J
	Sanitaire	03 m ³ /J
	Autre	01 m ³ /J
		01 m ³ /J
Unité fer blanc	Refroidissement	14 m ³ /J
	Sanitaire	05 m ³ /J
L'ORAVIE Azzaba	Refroidissement	15 m ³ /J
	process	31 m ³ /J
	Lavage/Nettoyage	10 m ³ /J
Unité SIJICO	Refroidissement	3à5 m ³ /J
	Déminéralisation process	5 m ³ /J
	Lavage/Nettoyage	20 m ³ /J
	Sanitaire	5à7 m ³ /J
		1 m ³ /J
L'ORAVIE Hamadi krouma	Lavage /Nettoyage	10 m ³ /J
Moulin de soumoule	Lavage /Nettoyage	3 m ³ /J
	Sanitaire	1 m ³ /J
Unité de production de Coca Cola	Déminéralisation process	320 m ³ /J
	Lavage/Nettoyage	200 m ³ /J
	Sanitaire	60 m ³ /J
	Autre	15 m ³ /J
		45 m ³ /J
Unité de formulation et de transformation de Bitume	Sanitaire	200 L
	Lavage /Nettoyage	200 L
Station d'enrobage EURL (Hadiby)	Lavage /Nettoyage	01 m ³ /J
	Sanitaire	0.5 m ³ /J
SARL palais du café	Lavage /Nettoyage	0.5 m ³ /J
	Sanitaire	0.3 m ³ /J
Laiterie splait	Refroidissement	160 m ³ /J
	Lavage /Nettoyage	15 m ³ /J
Moulin Rusicada	Process	0.2 m ³ /J
Laiterie Es sahel Hamadi Krouma	Process	46 m ³ /J
	Lavage /Nettoyage	10 m ³ /J
	Autre	1 m ³ /J
AGRO ROUTE	Lavage /Nettoyage	0.3 m ³ /J
	Sanitaire	0.1 m ³ /J
	Refroidissement	R.A.S

C C L S	Déminéralisation	R.A.S
	Process	R.A.S
	Lavage/Nettoyage	2182 m ³
	Sanitaire	
	Autre	R.A.S

Source : direction de l'environnement

Les données citées dans le tableau ci-dessus indiquent la consommation des différentes activités industrielles limitrophes à la STEP de SKIKDA et révèlent un volume important alloués à cette filière. Cependant, l'existence d'une station de dessalement d'eau de mer intégrer dans le pôle pétrolier de SONATRACH met ces activités loin des possibilités de valoriser les EUE de la STEP dans le domaine d'industrie pétrolière.

Vu la qualité et l'origine des EUE de la STEP, il est préférable d'écarter la réutilisation dans les activités agroalimentaires pour n'importe quelle usage, afin de protéger l'industriel et le consommateur.

Tableau III.3 : Enquête auprès des municipalités limitrophes à la STEP de SKIKDA

Municipalité	Aptitude a la réutilisation des EUE de la STEP DE SKIKDA	Les domaines de la réutilisation	Le volume estimé pour les divers usages des EUE (m3/an)
Commune de Hamadi Krouma et centre équitation	Oui pour la réutilisation des EUE de la STEP de SKIKDA	-lavage des rues - arrosage des parcs - arrosage des jardins publics - gazon et espaces verts	350000
Commune de SKIKDA	Oui pour la réutilisation des EUE de la STEP de SKIKDA		1000 à 2000
Office du parc omnisport de la wilaya de SKIKDA	Oui pour la réutilisation des EUE de la STEP de SKIKDA		100 000
Total estimé	452000		

Source : direction de l'environnement

L'enquête menée auprès des municipalités a révélé qu'il y a une volonté de coopérer pour valoriser les EUE de la STEP de SKIKDA dans les différents secteurs des commune ou les infrastructures d'utilité publics. Les besoins de ces municipalités avoisinent de 0,5 millions de mètre cube par an.

IV.2.2. Activités industrielles susceptibles de réutiliser les EUE de la STEP de SKIKDA

Les unités industrielles qui peuvent être bénéficié par l'utilisation des eaux usées épurées suivant leurs besoins sont citées dans le tableau ci-dessous :

Tableau III.4: les industries concernées par la réutilisation des EUE

Enterprises	Utilisation des eaux	Quantité m ³ /an
Entreprise portuaire de SKIKDA (EPS)	Nettoyage /lavage	365
	Avitaillement des remorques	41250
NAFTAL CBR	Refroidissement	73000
EURL SOMASK ennamarbre	Refroidissement	109500
Cimenterie Hajar Esoud	Refroidissement, Déminéralisation, process, Lavage/Nettoyage	146000
Unité de fabrication de carton ondulé SIFCO	Refroidissement, Déminéralisation, process, Lavage/Nettoyage	7300
Unité fer blanc	Refroidissement	5110
L'ORAVIE Hamadi krouma	Lavage /Nettoyage	36500
Total		419025

Source : direction de l'environnement

. VOLUMES ET QUALITE DES EAUX BRUTES ET EPUREES DE LA STEP

Dans cette partie, il s'agit de faire une évaluation qualitative et quantitative de la charge polluante des eaux usées à l'entrée et à la sortie de la STEP.

III.2.3. Qualité des eaux brutes

En l'absence des analyses des eaux usées à l'entrée de la STEP, vu que cette dernière n'est pas opérationnelle, nous nous sommes basés sur les résultats des analyses effectuées dans le cadre de l'étude de la STEP de SKIKDA.

III.2.3.1. Résultats d'analyses physico-chimiques

Les résultats d'analyses physico-chimiques des eaux usées brutes effectuées par le bureau d'études PROGERSS-ANNABA durant l'année 2003-2004 dans le cadre l'étude de la STEP, sont représentés dans le tableau suivant (Voir le détail des analyses en annex)

Tableau III.5: métaux lourds du les points de rejets

<i>Métaux lourds et détergents en mg/l 15/02/04</i>	<i>Fer</i>	<i>Manganèse</i>	<i>Zinc</i>	<i>Cuivre</i>
BENI-BACHIR	0,706	0,164	0,191	0,058
RAMDAN DJAMEL	0,016	0,228	0,084	0,065
BEN M'HIDI	0,000	0,041	0,099	0,068
FILFILA	5,680	0,244	0,173	0,041
MOIDER	0,176	0,108	0,047	0,064
L'ILOT	0,167	0,076	0,000	0,087
SNTV	0,133	0,064	0,034	0,078
MARINEL	7,912	0,140	0,249	0,125
BENI MALEK	0,006	0,085	0,025	0,093
STORA	0,809	0,177	0,131	0,113

III.4. Valorisation Des Boues D'épuration Produites

Les **boues d'épuration** sont les principaux déchets produits par une station d'épuration, ces sédiments résiduels sont surtout constitués de bactéries mortes et de matière organique minéralisée. Une moyenne installation produit environ (selon le CEMAGREF) un excès de 40 g de matière sèche par jour et par habitant.

Pour la destination finale des boues, on pourra (en fonction des propriétés intrinsèques des boues, des possibilités locales d'élimination et des considérations technico-économiques) envisager l'une des trois solutions suivantes :

- La réutilisation agricole des boues selon 2 voies principales :
- Epandage sous forme de boues liquides, épaissies ou déshydratées,
- Epandage après compostage,
- L'incinération des boues, seules ou éventuellement combinées avec des ordures ménagères ;
- La mise en décharge ;
- Le choix entre les diverses possibilités dépend à la fois des caractéristiques des boues et de multiples conditions locales.

III.4.1. Qualité des boues à valorisation agricole :

La valorisation agricole des boues constitue la filière préférentielle pour l'élimination de ce déchet de la STEP. Dans ce qui suit les éléments majeurs de la réglementation qui s'impose à cette filière de traitement.

Tableau III.6 : Utilisation en agriculture des boues issues du traitement des rejets urbains (Norme NFU 44.041)

Métaux	Valeur moyenne* observée (en g/T MS)	Valeur-limite réglementaire**	En % de la valeur réglementaire
<i>Cadmium (Cd)</i>	2,5	10	25
<i>Chrome (Cr)</i>	50	1000	5
<i>Cuivre (Cu)</i>	330	100	33
<i>Mercure (Hg)</i>	2,3	10	23
<i>Nickel (Ni)</i>	40	300	13
<i>Plomb (Pb)</i>	90	750	12
<i>Sélénium</i>	10	/	/
<i>Zinc (Zn)</i>	800	2500	32
<i>Cr +Cu+ Ni+Zn</i>	1220	4000	30

De plus, afin d'assurer la protection des nappes phréatiques, les boues ne peuvent être épandues que sur des terrains agricoles favorables qui ont été déterminés par une étude globale des potentialités valorisation.

Un suivi agronomique des quantités de boues épandues et de la qualité des sols récepteurs est nécessaire.

Les boues ne doivent pas être sur des sols dont la teneur en un ou plusieurs éléments traces excède les valeurs suivantes

Tableau III.7: quantité de matières sèche du métaux

Elements	Valeurs mg/kg de matières sèches
Cuivre (Cu)	100
Zinc (Zn)	300
Chrome (Cr)	150
Nickel (Ni)	50
Cadmium (Cd)	2
Plomb (Pb)	100
Mercure (Hg)	1

III.4.2. Différents types de boues d'épurations stabilisées :

III.4.2.1. Les différents types de boues selon les processus de stabilisation et dedéshydratation et la taille des stations.

La taille des stations, et les processus mis en œuvre pour la production des boues, est évidemment fonction des bassins de populations émetteurs d'eaux usées. Plusieurs classifications sont proposées pour catégoriser les stations selon leur taille, dont celles qui distinguent moins ou plus 10 000 EH (équivalent habitant). "L'unité de compte " équivalent habitant correspond à la quantité de pollution quotidienne que génère chaque personne. Nous verrons plus loin les ordres de grandeur des eaux et déchets produits en moyenne par habitant.

➤ Caractéristiques des boues d'épurations :

Une boue est aussi représentée par plusieurs données numériques qui permettent de la caractériser.

- **La siccité.**

Les boues sont constituées d'eau et de matières sèches. La siccité est le pourcentage massique de matière sèche. Ainsi une boue avec une siccité de 10 % présente une humidité de 90 %.

- Le taux de matières volatiles sèches (MVS).

La matière sèche est constituée de matières minérales et de matières organiques qui sont appelées matières volatiles sèches. La concentration en MVS est un taux par rapport à la matière sèche totale. Le suivi de ce taux permet de connaître la stabilité d'une boue.

- **La consistance.**

C'est une donnée obligatoire à connaître pour toute manipulation des boues. La consistance est un état physique dépendant de la siccité.

- Boues liquides / siccité de 0 à 10 %
- Boues pâteuses / siccité de 10 à 25 %
- Boues solides / siccité de 25 à 85 %
- Boues sèche / siccité supérieure à 85 %

Selon les traitements d'épuration appliqués les boues ont des caractéristiques différentes :

- Lit bactérien : siccité 2 à 5 % ; MVS 60 à 70 %
- Lagunage naturel : siccité 5 à 10 % ; MVS 30 à 60 %
- Décanteur-digesteur : siccité 4 à 7 % ; MVS 40 à 60 %
- Boues du bassin d'aération en station à boue activée : siccité 0,4 à 0,6 % ; Boues du clarificateur en station à boue activée : siccité 1 %

➤ **Désignation des différents types de boues :**

L'appellation des différents types de boues intègre un certain nombre de critères ayant trait notamment à la nature des traitements mis en oeuvre on retient pour caractériser les boues :

- La nature des effluents qui peuvent être domestiques, artisanaux, commerciaux ou industriels ne faisant pas l'objet de traitement spécifique ;
- Les caractéristiques du traitement des eaux (primaire, physico-chimique, biologique) ;
- Le procédé de stabilisation (aérobie, anaérobie, chaulage, compostage...) ;
- L'état physique des boues (liquide, pâteux, solide, pulvérulent, granulé)
- Le type de matériel de déshydratation (filtre-presse, centrifugeuse, table d'égouttage).

L'ensemble des combinaisons possibles montre qu'il existe en théorie un grand nombre de types de boues. En résumant les situations les plus fréquemment rencontrées les principales boues produites sont les suivantes :

- Boues liquides issues des traitements aérobies ;
- Boues pâteuses issues des traitements aérobies et anaérobies
- Boues chaulées, pâteuses ou solides ;
- Boues physico-chimiques. Peu fréquentes en Île-de-France, il s'agit le plus souvent de boues chaulées. Ces boues proviennent de stations drainant les eaux d'agglomération à nombre variable d'habitants, notamment en raison des activités touristiques.
- Boues de lits de séchage ;
- Boues de lagunage (catégorie particulière de boues liquide ; le traitement de ces boues se fait de façon extensive, selon un mode anaérobie, au fond des bassins ;

➤ ***LES ELEMENTS " INDESIRABLES " ET LES SEUILS DE TOLERANCE ADMIS; COMPARAISON AVEC QUELQUES ENGRAIS.***

Trois sortes d'éléments sont présents (ou susceptibles de l'être) dans les boues :

- Des éléments utiles,
- Des éléments indésirables,
- Des micro-organismes pathogènes.

La nature chimique d'une boue et surtout la présence d'éléments indésirables tient avant tout à la qualité des eaux qui arrivent à la station d'épuration et donc à la rigueur avec laquelle la police des réseaux règle les affluents de la station. En soi, une station d'épuration ne génère pas de produits polluants.

✚ Les éléments utiles :

Tableau III.8: la composition en éléments fertilisants (ordre de grandeur) de ces éléments dans les boues les plus communément rencontrées

	Boue liquide	Boue pâteuse	Boue sèche	Boue chaulée	Boue compost.
Teneur en matières sèches MS	2 à 7	16 à 22	90 à 95	25 à 40	40 à 60
Teneur en matières organiques % MS	65 à 70	50 à 70	50 à 70	30 à 50	80 à 90
Teneur en matières minérales % MS	30 à 35	30 à 50	30 à 50	50 à 70	10 à 20
PH	6,5 à 7	7 à 8	6 à 8	9 à 12	6 à 7
Rapport Carbone/azote (C/N)	4 à 5	5 à 6	4 à 6	8 à 11	15 à 25
Azote (kg N/T brute) 1	2 à 4	8 à 12	30 à 50	6 à 9	5 à 9
Phosphore (kg P205/T brute)	2 à 3	6 à 9	50 à 70	6 à 10	6 à 8
Potasse (kg K20/T brute)	0,9	0,8	5	1	1 à 2

(Source ADEME – dossier documentaire)

- On note le rapport C/N élevé des boues chaulées ainsi que leur pH évidemment basique par rapport aux autres types de boues.
- à 80-90% sous forme organique et 10-20% sous forme ammoniacale si la boue est liquide
- On retiendra de plus que les éléments nutritifs ne sont pas immédiatement disponibles par les plantes puisqu'ils sont en général présents sous une forme organique et qu'ils le deviendront seulement après leur minéralisation réalisée par les micro-organismes du sol dont l'activité est liée aux conditions climatiques (température, humidité ...).

Si, dès la première année de l'épandage, la bio-disponibilité du phosphore est facilement obtenue, elle est différente pour l'azote puisqu'elle est de 40-60% pour une boue liquide, de 30-35% pour une boue pâteuse, 25-40% pour une boue sèche, de 30-40% pour une boue chaulée et de 10% seulement pour une boue compostée.

✚ Les éléments indésirables.

Parmi ceux-ci on distingue les éléments traces métalliques (ETM), les composés traces organiques (CTO) et les micro-organismes pathogènes

✚ Les éléments traces métalliques (ETM).

Les éléments traces métalliques sont normalement présents dans les sols et certains sont indispensables à la croissance des plantes (ils sont appelés oligo-éléments). Dans

l'ensemble, la concentration de ces ETM dans les boues est faible, et très inférieure lorsqu'on rapproche la valeur de chaque ETM à la valeur limite réglementée. Mais on sait aussi que, dans certaines situations (précipitations pluviales répétées par exemple), les valeurs d'ETM peuvent atteindre des niveaux plus élevés que les valeurs moyennes rapportées.

✚ Les composés traces organiques (CTO).

Ce sont des produits chimiques (hydrocarbures et leurs dérivés, produits de dégradation, solvants ...) qui résultent essentiellement de l'automobile et engins motorisés, des activités industrielles dans une moindre mesure du fait des réglementations de plus en plus suivies mais également de pratiques domestiques irrespectueuses des règles.

Les précipitations pluviales et le lessivage des chaussées interviennent largement dans cet apport de CTO dans les boues (tout comme pour ce qui touche à la présence du plomb).

Ces produits sont plus ou moins dégradés par l'activité microbologique du sol et à concentration élevée, ils peuvent devenir toxiques pour les micro-organismes essentiels à la fertilité des sols.

✚ Comparaison des teneurs en ETM de certains engrais et produits utilisés en agriculture.

Le tableau 34 donne, à titre indicatif, les résultats de mesures réalisées sur un certain nombre de produits utilisés en agriculture. Même si les teneurs en ETM peuvent varier selon leur origine, les types de produits et leur fabrication, aucun de ces produits ne peut se prévaloir d'être exempt de traces d'éléments " indésirables ". Sur le plan pratique, ces informations indiquent en tout cas que l'évaluation des flux d'ET apportés au sol doit, pour être rigoureuse, tenir en compte toutes les sources possibles d'apports.

Tableau III.9: teneur de quelques engrais et produits organiques en ETM (Fourchette de variation en g /T de matière sèche).

	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Se	Zn
Boues d'épuration	0,7-8	30-110	170-500	0,7-6	20-60	55-220	0,3-20	500-1400
Engrais azotés	0-10	6-10	5-10	0-1	1-10	0,5-10	0,1-5	2-10
Engrais phosphatés	9-100	90-1500	10-60	0-0,2	5-70	0,5-40	*	50-600
Engrais potassiques	0,1-2	0,1-15	0,1-10	0-0,2	0,1-3	5-15	*	1-15
Fumiers de bovins	0,3-1,5	5-60	5-40	0,1-0,6	6-40	5-90	*	75-500
Lisiers de porc	0,3-2	10-30	190-700	0,1-0,2	7-80	7-150	*	290-800

(Source ADEME – Boues d'épuration, dossier documentaire)
(Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Plusieurs remarques à ce tableau :

- 1) Les teneurs en ETM varient, au sein d'une même catégorie selon les types de produits, leur origine et leur fabrication ;
- 2) Comparer les concentrations des différents éléments ne donne pas d'information sur la quantité d'élément effectivement dispersée sur un hectare, les quantités de boues et d'engrais utilisées étant très différentes par exemple si on retient ces deux produits : on épand généralement 20 à 30 tonnes de boues (MS) par hectare, à comparer aux 500 kg de fertilisants minéraux (N+ P=K)

III.4.2.2. Les volumes de boues produits par habitant :

Les boues constituent le principal des sous-produits issus du traitement de l'eau.

Il est utile cependant, pour replacer la question des boues dans le cadre général du cycle de l'eau et dans celui des déchets en général, de rappeler certaines grandeurs et l'ordre de celles-ci.

Un habitant produit 150 à 200 litres d'eau usée par jour ce qui correspond à :

- 70 à 90 g de matières en suspension (ou M.E.S, matières non dissoutes),
- 60 à 70 g de matières organiques, exprimés en DBO₅,
- 15 à 17 g de matières azotées, exprimés en N,
- 4 g de phosphore, exprimés en P,
- plusieurs milliards de microorganismes (par 100ml d'eau usée).

III.2.2.3. Gestion des boues

La gestion d'un système de boues activées doit nécessairement être basée sur un bilan de masse qui tient compte de l'affluent, de l'effluent, des boues extraites et de la cinétique biologique dans le réacteur. Le volume des bassins d'aération doit être suffisant pour que le substrat ait le temps d'être transformé en biomasse.

Cependant, il ne doit pas être trop grand, afin de pouvoir maintenir une concentration suffisante de biomasse dans les bassins tout en limitant l'âge des boues pour favoriser une qualité de biomasse propice à sa floculation et à sa décantation. Il faut s'assurer que la masse biologique pouvant être engendrée sous différentes conditions d'exploitation est suffisante compte tenu du volume de réacteur choisi. Une conception basée uniquement sur un temps de résidence hydraulique n'est pas acceptable.

III.4.3. Les principales solutions techniques pour la valorisation des boues d'épuration :

Elles sont de 3 grands types : l'épandage agricole, l'incinération et la mise en décharge.

III.4.3.1. La mise en décharge :

Les boues de stations d'épuration ne peuvent être acceptées en décharge qu'à titre exceptionnel, et sur la base de 4 critères principaux :

- Les boues doivent être obligatoirement déclarées non conformes pour une valorisation agricole
- La valorisation des boues au sens large doit être prononcée « impossible » par rapport à des conditions techniques et économiques « acceptables »
- La siccité minimale des boues doit être de 30 %
- L'inspection des installations classées doit fournir son accord à cette mise en décharge

III.4.3.2. L'épandage agricole des boues:

L'épandage peut se faire sous différentes formes en fonction de la capacité des stations d'épuration :

- Boues liquides ou épaissies : épandage de proximité par tonne à engrais
- Boues pâteuses chaulées : stabilisation, hygiénisation, apport de calcium
- Boues compostées : stabilisation, hygiénisation, amendement humique
- Boues séchées thermiquement : forte réduction de volume, hygiénisation.

III.4.3.3. L'incinération des boues :

Elle est réservée principalement aux plus gros gisements :

- Incinération spécifique de boues
- Co-Incinération de boues pâteuses avec les ordures ménagères
- Co-Incinération de boues séchées avec les ordures ménagères

III.4.4. Enquêtes et besoin en engrais auprès des exploitants agricoles :

Tableau III.10 : Les quantités des besoins d'engrais des communes

SUBDIVISION	COMMUNE	CATEGORIE ENGRAIS	QUANTITES (QX)
SUBDIVISION SKIKDA	COMMUNE SKIKDA	ENGRAIS DE	2638,82
		ENGRAIS DE COUVERTURE	1768,32
	TOTAL SUBDIVISION	ENGRAIS DE	6480,82
		ENGRAIS DE COUVERTURE	4570,32
	Pourcentage (%)	ENGRAIS DE FOND	40.71
		ENGRAIS DE COUVERTURE	38.7
SUBDIVISION EL HADAIK	COMMUNE EL HADAIK	ENGRAIS DE	6675
		ENGRAIS DE COUVERTURE	4783
	TOTAL SUBDIVISION	ENGRAIS DE	13422
		ENGRAIS DE COUVERTURE	10118
	Pourcentage (%)	ENGRAIS DE FOND	49,73
		ENGRAIS DE	47,27
SUBDIVISION RAMDANE DJAMEL	COMMUNE HAMADI KROUMA	ENGRAIS DE	6325
		ENGRAIS DE COUVERTURE	5229
	TOTAL SUBDIVISION	ENGRAIS DE	33480
		ENGRAIS DE COUVERTURE	26687,2
	Pourcentage (%)	ENGRAIS DE FOND	18,89
		ENGRAIS DE	19,59
TOTAL WILAYA		ENGRAIS DE	53382,82
		ENGRAIS DE COUVERTURE	41375,52
Total zone d'étude		ENGRAIS DE FOND	15638,82
		ENGRAIS DE COUVERTURE	16350,64

Tableau III.11 :les besoins en engrais

		Besoins total en engrais (QX)	QUANTITE DES ENGRAIS DEMANDES (QX)	Pourcentage besoins en engrais
SKIKDA. AIN ZOUIT. EL HADAÏK. BOUCHTATA. RAMDANE DJAMEL. BENI BACHIR. HAMADI KROUMA	ENGRAIS DE FOND	53382,82	2583	4.84
	ENGRAIS DE COUVERTURE	41375,52	1642	4
	TOTAL	94758.34	4225	4.46

Les besoins en engrais auprès des agriculteurs sont estimés à 4% suivant les demandes des adhérents au niveau de la DSA.

Conclusion

Les boues d'épuration produites par l'épuration des eaux usées urbaines de SKIKDA peuvent être valorisées en agriculture, du fait de leur composition et richesse en matière fertilisantes et organiques. Elles proviennent d'une épuration biologique des eaux usées (Boues activées), Ces boues, sont des boues liquides avec une siccité de 0 à 10 %.

On note que la STEP de SKIKDA ne produit un excès de boues qui peut être valorisé en agriculture.

Le secteur agricole consomme la plus grande part des ressources conventionnelles et c'est donc le secteur le plus ciblé par la réutilisation des EUE

Plusieurs facteurs d'accompagnement sont nécessaires pour réussir un projet d'irrigation par les EUE,

Dont la fiabilité du traitement et le contrôle continu sont fortement recommandés puisque ceux-ci sont hors contrôle de l'agriculteur.

Et notamment l'installation de système de drainage afin de protéger le sol de la salinité, le stockage des EUT pour faire face à la demande inter-saisonnière engendrée par l'irrigation et l'adaptation du système d'irrigation

Les plantations d'arbres et les cultures maraîchères sont évidemment prioritaires pour l'agriculteur du fait qu'elles sont plus rentables par rapport à d'autres types de cultures.

L'application prévue de réutilisation devrait régir le degré de traitement exigé et la fiabilité du processus de traitement des eaux résiduaires et de l'exploitation de la station d'épuration.

Cependant, dans la station d'épuration la qualité de l'effluent traité est déjà connue et les agriculteurs sont obligés de modifier leur pratique en fonction de la qualité de l'eau qui leur est fournie.

les procédés intensifs à boues activées sont en moyenne les plus performants donnant une charge moyenne de 34mg/l pour la DBO5, 85 mg/l pour la DCO et 28mg/l pour les MES. En ce qui concerne la qualité micro biologique, les EUE présentent une charge supérieure à 105 coliformes.

Conclusion et recommandations

L'utilisation des eaux usées épurées et valorisation des boues en agriculture présente plusieurs avantages :

- Apport supplémentaire en eau,
- Augmentation des rendements par leur apport en éléments fertilisants,
- Sur le plan économique, l'utilisation des eaux usées épurées et des boues permet aux agriculteurs de réaliser une économie sur le coût de l'eau et sur le coût des engrais.

Les eaux usées et les boues d'épuration sont très concentrées en matières polluantes et leur utilisation présente un risque sanitaire potentiel élevé. Mais il existe des traitements suffisamment efficaces pour permettre d'abaisser les concentrations de ces matières polluantes ainsi que le risque sanitaire, à un niveau acceptable, et donc répondre aux normes prescrites pour la réutilisation des eaux usées épurées et la valorisation des boues.

Néanmoins, La qualité des boues doit être régulièrement analysée sur la valeur agronomique et les teneurs en éléments traces métalliques et organiques ; la réglementation introduit des valeurs limites au-delà desquelles les boues ne peuvent plus être épandues en agriculture et devront être éliminées :

L'Algérie n'a pas encore une réglementation normative sur la valorisation des boues. La référence est habituellement la norme française AFNOR.

Recommandations

En cas ou une réutilisation des eaux traitées pour l'irrigation ou valorisation des boues de la STEP, les services agricoles doivent contrôler les points suivants :

- ✓ Il est nécessaire d'améliorer l'état sanitaire des populations des périmètres de réutilisation (traitements curatifs et préventifs, information, sensibilisation, formation et vulgarisation des pratiques agricoles adaptées et des précautions à prendre, suivi, contrôle, encadrement...).
- ✓ Ne pas épandre des boues d'épuration non désinfectées sur des végétaux destinés à être consommés crus.
- ✓ Le lieu d'épandage doit être à 100 m des zones habitées ou fréquentées au public
- ✓ Les services agricoles doivent contrôler les eaux traitées destinées à l'irrigation par des analyses bactériologiques et parasitologie tel que le nombre d'œufs d'helminthes par litre et autres bactéries fécales (coliformes fécaux, salmonelle...etc.)
- ✓ Eviter des apports au voisinage immédiat des points d'eau pour éviter toute infiltration

- ✓ Eviter la contamination des boues par les métaux lourds (Zn, Cd, Cu, Pd, Ni...), le risque n'est à craindre que dans les zones fortement urbanisées et industrialisées.
- ✓ Faire des analyses périodiques sur la qualité de boue après traitement.
- ✓ Recommandations pour une bonne exploitation du système de réutilisation :

Avantages et inconvénient des eaux épure pour l'irrigation :

Avantages

- Préservation de la ressource en eau
- Protection du milieu : réductions des rejets d'effluents dans le milieu récepteur
- Eaux usées largement présentes en zone urbaine
- Limitation de l'utilisation d'engrais dans l'agriculture.

Inconvénients

- Utilisation d'énergie
- Investissement et exploitation couteuses, impacts sur le prix de l'eau
- Risques sanitaire et environnemental en cas de contrôles insuffisants
- Peut s'opposer à une prise de conscience d'une gestion économe de la ressource

Chapitre IV :

Besoin en eau des cultures

Introduction

La situation à SKIKDA se caractérise par une demande en eau croissante, alors que les ressources hydriques se raréfient d'une manière permanente pour l'agriculture. En revanche, la production des eaux usées s'accroît, et leur réutilisation se présente alors comme une première réponse à cette situation de pénurie d'eau pour l'irrigation.

IV.1 : Besoin en eau des cultures

IV.1.2. Besoin en eau auprès des exploitations agricoles:

Les enquêtes auprès des différents domaines susceptibles de revaloriser les EUE de la STEP de SKIKDA ont révélées des résultats variables vis-à-vis les aptitudes de réutilisation de cette source bientôt disponible, le domaine le plus demandeur en eau c'est bien le secteur agricole suivi par les municipalités. (Des exemples de fiches d'enquêtes sont représentés dans le tableau suivant :

a. Enquête auprès des exploitations agricoles du Secteur I du périmètre Saf-Saf

Tableau IV.1 : des exploitations agricoles du Secteur I du périmètre Saf-Saf

Exploitation	Cultures Pratiquées				Technique d'irrigation actuelle	Aptitude à l'irrigation par les EUE			Technique d'irrigation adoptée pour le futur
	Maraîchage	Arboriculture	Agrumiculture	Céréale		oui	non	raison	
D. Djeffele, EAC 10		X			/	X		Pas d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Djeffele, EAC 11		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Djeffele, EAC 5			X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Djeffele, EAC 14		X			/	X		Pas d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Djeffele, EAC 12				X	/	X		Pas d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Djeffele, EAC 4			X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouacida, EAC 11				X	/	X		Pas d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 10		X			gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 6				X	/	X		Pas d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 03			X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 14		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 02		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 12		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouacida, EAC 14		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouglouf, EAC 5		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouglouf, EAC 5		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouglouf, EAC 3			X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Hmidani, EAC 1	X		X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Hmidani, EAC 5	X	X			gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Hmidani, EAC 3		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouhadja, EAC 1		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouhadja, EAC 3		X			gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouhadja, EAC 5		X			gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouhadja, EAC 7		X			gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouhadja, EAC 8		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouhadja, EAC 10		X	X		gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Bouhadja, EAC 11		X			/	X		Pas d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Bouhadja, EAC 12		X			Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Beddai, EAC 1			X		Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Ali Abd Enour, EAC 1	X	X	X		Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Ali Abd Enour, EAC 2		X			/	X		Pas d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Ali Abd Enour, EAC 3	X	X			Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Ali Abd Enour, EAI		X			Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	Goutte à goutte
D. Baiche Azziz, EAI	X				Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire
D. Azzouz, EAC 2	X				Gravitaire	X		Manque d'eau d'irrigation	gravitaire

D'après les résultats obtenus après les enquêtes auprès des agriculteurs du secteur I du périmètre SAF-SAF, on note qu'il y a une forte demande sur l'eau d'irrigation. C'est pour cette raison que les agriculteurs trouvent les EUE de la STEP de SKIKDA comme un substituant probable pour l'irrigation des cultures.

On note également que les agriculteurs ne sont pas convaincus sur l'utilisation d'une nouvelle technique d'irrigation pour économiser l'eau et pouvoir irriguer des nouvelles superficies agricoles.

IV.1.2. Estimation Des Besoins En Eau D'irrigation

La détermination des besoins en eau des plantes cultivées nécessite la connaissance de divers paramètres concernant la plante ainsi que les données climatiques et pédologiques de la région.

- Les données climatiques donneront les indications nécessaires concernant les besoins en eau de la culture ;
- Les paramètres pédologiques permettront d'estimer la réserve en eau utile du sol ;
- Les données culturales préciseront la réserve en eau facilement utilisable par la plante ;

A l'aide des différents résultats obtenus, il sera possible par la suite d'estimer les quantités d'eau d'irrigation nécessaires au bon développement de la plante. Celles-ci seront calculées aux moyens des formules empiriques.

L'estimation des besoins en eau d'irrigation repose sur un bilan hydrique dans la zone racinaire et sur une période donnée (jour, décade, mois).

On compare la quantité d'eau disponible naturellement pour les végétaux et les prélèvements pour les végétaux placés dans des conditions optimales d'approvisionnement en eau.

Eau disponible :

- fraction des précipitations stockées dans la zone racinaire : Pe (pluie efficace)
- éventuelle réserve facilement utilisable d'eau dans le sol : RFU

Prélèvement ou les pertes :

- Evapotranspiration max (ETM)
- Réserve en eau facilement utilisable (RFU)

a- Calcul des besoins net d'irrigation

$$\text{Besoins nets : } B_n = ETM - Pe_m - RFU$$

Pe_m : pluviométrie effective moyenne durant la période sèche

b- Evapotranspiration Maximale

L' ETM caractérise l'évapotranspiration d'une culture donnée, à différents stades de croissance, lorsque les conditions agronomiques sont optimales (bonne fertilité du sol, apports d'engrais suffisants, bon état sanitaire, etc.)

$$ETM = Kc * ET_0$$

Kc : coefficient cultural spécifique à chaque culture et aux stades végétatifs

ET₀ : évapotranspiration de référence (ET d'une surface recouverte d'herbe d'une hauteur uniforme de 8 à 15 cm en pleine croissance, recouvrant totalement le sol et ne souffrant pas d'un manque d'eau)

Tableau IV.2: Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
ET (mm)	11,77	16,94	28,78	32,1	42,71	51,71	58,25	45,91	37,4	25,48	16,28	9,7	377,03

Période : 2018-2008 Source : ONM

Sur les dix (10) ans d'observation, l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de 58,25 mm en Juillet et un minimum de 9,7 mm enregistré en Décembre. Le total annuel de l'évapotranspiration moyenne est de 377,03 mm.

Tableau IV.3 : Coefficient cultural (Kc) des différentes cultures (selon J. Doorenbos et al)

Cultures			durée totale de la période végétative dans des conditions d'humidité (HR > 70 %) et vent faible (V < 5 m/s)
Cultures Maraichère	Haricot	vert	0,85
		sec	0,7
	choux		0,7
	pois, frais		0,8
	poivron, frais		0,7
	pomme de terre		0,75
	pastèque		0,75
Arboriculture fruitière	Agrumes	sarclé	0,65
		Sans sarclage	0,85
	olivier		0,4
	raisin		0,55

Source: Réponse des rendements à l'eau

Le tableau ci-dessus représente les valeurs du coefficient culturales des cultures maraichères les plus cultivées ainsi les arbres fruitiers, le Kc de chaque culture est spécifique au stade de développement de la culture (un Kc d'une culture au début du cycle végétatif est différent au celle en fin du cycle végétatif)

Tableau IV.4: Evapotranspiration maximale ETM (mm/mois)

<i>Kc</i>	<i>ET₀</i>		<i>J</i>	<i>F</i>	<i>M</i>	<i>A</i>	<i>M</i>	<i>J</i>	<i>J</i>	<i>A</i>	<i>S</i>	<i>O</i>	<i>N</i>	<i>D</i>	
<i>Cultures maraîchères</i>	<i>Haricot</i>	<i>Vert</i>	10,00	14,40	24,46	27,29	36,30	43,95	49,51	39,02	31,79	21,66	13,84	8,25	
		<i>sec</i>	8,24	11,86	20,15	22,47	29,90	36,20	40,78	32,14	26,18	17,84	11,40	6,79	
	<i>choux</i>														
	<i>pois, frais</i>		9,42	13,55	23,02	25,68	34,17	41,37	46,60	36,73	29,92	20,38	13,02	7,76	
	<i>poivron, frais</i>		8,24	11,86	20,15	22,47	29,90	36,20	40,78	32,14	26,18	17,84	11,40	6,79	
	<i>pomme de terre</i>		8,83	12,71	21,59	24,08	32,03	38,78	43,69	34,43	28,05	19,11	12,21	7,28	
	<i>pastèque</i>		8,83	12,71	21,59	24,08	32,03	38,78	43,69	34,43	28,05	19,11	12,21	7,28	
	<i>ETM moyenne</i>						32,03	38,78	43,69	34,43	28,05				
	<i>ETM moy Durant la période sèche</i>								35,40						
<i>Arboriculture fruitières</i>	<i>Agrumes</i>	<i>sarclé</i>	7,65	11,01	18,71	20,87	27,76	33,61	37,86	29,84	24,31	16,56	10,58	6,31	
		<i>non sarclé</i>	10,00	14,40	24,46	27,29	36,30	43,95	49,51	39,02	31,79	21,66	13,84	8,25	
	<i>olivier</i>		4,71	6,78	11,51	12,84	17,08	20,68	23,30	18,36	14,96	10,19	6,51	3,88	
	<i>raisin</i>		12,32	17,49	29,33	32,65	43,26	52,26	58,8	46,46	37,95	26,03	16,83	10,25	
	<i>ETM moyenne</i>						31,10	37,63	42,37	33,42	27,25				
	<i>ETM moy durant la période sèche</i>								34,35						

- **Pluviométrie effective moyenne durant la période sèche**

$$Pe_m = 0.8 * P$$

Pe_m : Pluviométrie effective moyenne durant la période sèche

P : Moyennes mensuelles et annuelle des Précipitations

Tableau IV.5 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
P (mm)	131,9	90,86	71,13	66,92	32,08	9,56	14,37	14,93	53,9	66,21	96,58	162,81	811,25

(Période : 2008-2018)Source : ONM

Tableau IV.6: (Pe_m) Pluviométrie effective moyenne durant la période sèche

Mois	Jan	fév.	mar.	Avr	mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
Pe_m (mm)	--	--	--	--	25,66	7,65	11,50	11,94	43,12	--	--	--
$Pe_{m,moy}$ (mm)	--						19.97				--	

(Période : 2008-2018)Source : ONM

- **Estimation des besoins d'irrigation des cultures maraîchères**

ETM moyenne durant la période sèche est de **35.40mm** (Tableau IV.4) pour les cultures maraîchères

D'où les besoins en eau nets (**Bn**) pour les cultures maraîchères

$$(\mathbf{Bn}) \text{ d'irrigation /mois} = ETM_m - Pe_m$$

$$(\mathbf{Bn}) \text{ du mois durant la période sèche} = 35.40 - 19.97 = \mathbf{15.43 \text{ mm}}$$

Les besoins net en eau d'irrigation annuellement est de :

$$(\mathbf{Bn}) \text{ d'irrigation annuel} = 15.43 \times 10 \times 5 = \mathbf{771.5m^3/ha/an}$$

NB : 1mm = 10 m³/ha

Pour une estimation majorée des besoins en irrigation on ajoute deux mois d'irrigation, un mois avant la période sèche (avril) et un mois après la période sèche (mois d'octobre).

Estimation majorée annuelle des (**Bn**) d'irrigation pour les cultures maraîchères
 = 15.43 x 10 x 7 = **1080.1m³/ha/an**

Tableau IV.7: Besoins d'irrigation des cultures maraîchères

Mois	Jan	fév.	mar.	Avr	mai	Juin	Juil.	Aout	Sep	Oct.	Nov.	Déc.
(Bn) d'irrigation	--	--	--	--	6,37	31,13	32,19	22,49	-	--	--	--
(Bn) d'irrigmoy	--			18,44						--		

- **Estimation des besoins d'irrigation pour l'arboriculture fruitière**

ETM moyenne durant la période sèche est de **34.35mm** (Tableau IV.4) pour les cultures maraîchères.

D'où les besoins en eau nets Bn pour les cultures arboriculture fruitière

$$(Bn) \text{ d'irrigation /mois} = ETM_m - Pe_m$$

$$(Bn) \text{ du mois durant la période sèche} = 34.35 - 19.97 = \mathbf{14.38 \text{ mm}}$$

Les besoins net en eau d'irrigation annuellement est de :

$$(Bn) \text{ d'irrigation annuel} = 14.38 \times 10 \times 5 = \mathbf{719 \text{ m}^3/\text{ha/an}}$$

NB 1mm = 10 m³/ha

Pour une estimation majorée des besoins en irrigation on ajoute deux mois d'irrigation, un mois avant la période sèche (mars) et un mois après la période sèche (mois de novembre)

Estimation majorée annuelle des (Bn) d'irrigation pour les cultures arboriculture fruitière

$$14.38 \times 10 \times 7 = \mathbf{1006.6 \text{ m}^3/\text{ha/an}}$$

Tableau IV.8: Besoins d'irrigation pour l'arboriculture fruitière

Mois	Jan	fév.	mar	Avr	mai	Juin	Juil.	Aout	Se	Oct	Nov	Déc
(Bn) d'irrigation	--	--	--	--	5,4 4	29,9 8	30,8 7	21,4 8	-	--	--	--
(Bn) d'irrigmoy	--			17,55						--		

Les moyennes des besoins en eau varient entre 5000 et 6000m³/ha/an pour les cultures maraîchères, et entre 8000 et 10000 m³/ha/an pour l'arboriculture, avec un cycle végétatif de 6 mois pour les cultures saisonnières et d'un an pour l'arboriculture.

La répartition de l'irrigation par type de cultures et les superficies irriguées reste tributaire de l'aspect quantitatif et qualitatif des eaux épurées mais aussi des conditions climatologiques de la région.

Une estimation préliminaire de la superficie irrigable basée seulement sur l'aspect quantitatif est illustrée dans le tableau ci-dessous

Tableau IV.9: Estimation préliminaire de la superficie irrigable

<i>ANNEE</i>	<i>2018</i>	<i>2025</i>
<i>Habitant (hab.)</i>	<i>318 367</i>	<i>422 143</i>
<i>Dotation (l/hab/j)</i>	<i>250</i>	<i>250</i>
<i>Débits des eaux usées moyen (m³/j)</i>	<i>17000</i>	<i>57 630</i>
<i>Volume annuel d'eau usée (m³/an)</i>	<i>6 205 000</i>	<i>21 034 950</i>
<i>Taux de déperdition en cours d'épuration</i>	<i>20%</i>	<i>20%</i>
<i>Débit disponible en eaux épurées m³/an</i>	<i>4 964 000</i>	<i>16 827 960</i>
<i>Pour l'estimation du débit des Besoins municipaux on prend 5 % du débit des eaux épurées et 5 % pour divers</i>		
<i>Besoins municipaux m³/an</i>	<i>248200</i>	<i>841398</i>
<i>Divers m³/an</i>	<i>248200</i>	<i>841398</i>
<i>Pour l'estimation du débit des Besoins d'irrigation on prend 90 % du débit des eaux épurées</i>		
<i>Besoins d'irrigation m³/an</i>	<i>4 467 600</i>	<i>15 145 164</i>
<i>Cycle végétatif</i>	<i>06 mois</i>	
<i>Cultures Maraîchères (Dotation de 5000 m³/ha/an)</i>		
<i>Superficie à irriguer (ha)</i>	<i>894</i>	<i>3029</i>
<i>Cultures arboriculture, (Dotation de 8000 m³/ha/an)</i>		
<i>Superficie à irriguer (ha)</i>	<i>559</i>	<i>1893</i>

IV1.2.2.Calcul des besoins en eau :

Tableau IV.10: les besoins en eau des cultures

Mois	Blé	Orge	Luzerne	sorgho	amandier	olivier	Bes/max	total
Septembre	0,00	0,00	0,00	0,00	165,1	165,1	165,1	330,2
Octobre	0,00	0,00	12,08	0,00	0,00	0,00	12,08	12,08
Novembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Décembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Janvier	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Février	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mars	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Avril	58,49	48,15	42,09	0,00	0,00	0,00	58,49	148,73
Mai	106,1	106,3	161,2	38,49	56,79	56,79	161,2	525,7
Jun	83,3	83,13	241,13	221,5	161,9	161,9	241,13	952,9
Juillet	0,00	0,00	0,00	191,8	256,9	256,9	256,9	705,6
Août	0,00	0,00	0,00	0,00	248,5	248,5	248,5	497,0
							TOTAL	3172.21

IV.2.1 Calcul du débit spécifique :

Les débits spécifiques sont définis d'après les besoins en eau de chaque culture évaluée précédemment à partir de la répartition culturale. La dose d'arrosage de la consommation de pointe est donnée sous forme de débit permanent fourni 24 heures sur 24 afin d'assurer les besoins de la consommation mensuelle.

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} \quad (l/s/ha)$$

Telle que :

- **Bnet** : besoin net du mois de pointe en mm/mois.
- **Ni** : nombre des heures d'irrigation=24h
- **Nj** : nombre de jours du mois de pointe =30 jours
- **Ei** : Efficience d'irrigation (75%)

D'où les besoins de pointe correspondent au mois de juin , soient donc

Bnet =952.9mm/mois. Donc on trouve :

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} = \frac{952.9 \cdot 10 \cdot 1000}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0.75} = 4.9(l/s/ha) \quad \text{Donc : } q_s = 4.9 (l/s/ha)$$

- ❖ $q_s=4.9 l/s/ha > 1.5 l/s/ha$, donc Il y a un risque de surdimensionnement car le débit spécifique calculé est très important :

Pour y remédier, nous avons trois méthodes pour estimer le débit spécifique :

- ✓ Prendre la moyenne des débits spécifiques de l'ensemble des cultures ;
- ✓ Prendre en considération le débit spécifique de la culture la plus exigeante
- ✓ Prendre en considération la moyen des débits spécifiques des cultures les plus exigeantes ;
 - Pour notre cas on prend le débit spécifique de la culture la plus exigeante pour le mois de pointe (juin) qui est : la luzerne avec un besoin de 241.13mm/mois.
 - **Donc le débit spécifique pris en considération pour notre périmètre est de :**

$$q_s = \frac{B_{net} \cdot 10 \cdot 1000}{N_j \cdot N_i \cdot 3600 \cdot E_i} = \frac{241.13 \cdot 10 \cdot 1000}{30 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0.75} = 1.2 \text{ (l/s/ha)} \quad \text{Donc } q_s = 1.2 \text{ l/s /ha}$$

Ce débit est largement inférieur à 1,5 l/s/ha donc le choix de ce débit reste valable.

Donc le débit spécifique pour le périmètre du EL HADAIEK est de **1.2** l/s/ha.

IV.2.2 Evaluation du débit caractéristique :

Le calcul du débit caractéristique permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile, voir la formule suivante :

q_s : débit spécifique de mois de pointe en (l/s/ha) $q_s = 1.2$ (l/s/ha)

S : la superficie nette à irriguer = 357 ha

$Q_{car} = q_s \cdot S = 1.2 \cdot 357 = 428.4$ l/s donc : $Q_{car} = 428.4$ l/s

➤ Besoin en eau des cultures

Tableau IV.11: Besoin en eau d'irrigation des cultures pratiquées

Cultures	Besoins en eau d'irrigation (m ³ /ha/an)	Moyen des besoins en eau d'irrigation (m ³ /ha/an)
Agrumes	10.400	9300
Arbre fruitier (APN)	8200	9300
Maraichage (poivron, piment, pomme de	8800	6000
Pastèque	8300	
Melon	3800	
Industrielle (tomate, coton)	5300 et 5500	6000

Source : O.N.I.D

D'après les services qui gèrent le périmètre de SAF-SAF les volumes d'eau attribués aux cultures sont en moyenne ; pour l'agrumiculture et arboriculture fruitière, de **9300 m³/ha/an** et pour les cultures maraichères et industrielles de **6000 m³/ha/an**.

IV.2.3. Affectation des EUE de la STEP de SKIKDA et priorité des domaines de réutilisation

D'après les services de l'Office National d'Irrigation et de Drainage (O.N.I.D), organisme qui gère le périmètre **SAF-SAF**, les trois secteurs (II, III, IV) arrivent à pilote l'irrigation par le réseau qui est déjà installé. Le secteur qui n'est pas encore alimenté en eau d'irrigation est bien le **secteur I**. La deuxième partie concerné par la réutilisation des EUE de la STEP de SKIKDA est la plaine d'EL HADAÏK dans sa partie limitrophe au **secteur I** du périmètre **SAF-SAF**.

Tableau IV.12: Surfaces agricoles concernées par la réutilisation des EUE DE la STEP DE SKIKDA

Zone de réutilisation des EUE	Surface agricole à irriguer (ha)	Les Besoins moyen en eau d'irrigation a base de 70 % agrume et arbre fruitier (Hm ³)
Secteur I du périmètre SAF-SAF	1638,32	13,70
Partie plaine ELHADAIK	500	4,20
Total	2138,32	17,90

La production moyen annuelle de la STEP de SKIKDA en EUE sera 17 millions de mètre cube par an en 2025, les besoins estime des eaux en irrigation pour les terres agricoles du secteur I du périmètre SAF-SAF et la partie limitrophe de la plaine El Hadaik, sont de 17,90 millions de mètre cube par an.

Tableau IV.13: Terre agricoles sises à l'intérieur du périmètre irrigué

N°	Dénomination	S.A.T	S.A.U
01	EAC 1 Domaine BOUHADJA YUCEF	11,55	10,50
02	EAC 2 Domaine BOUHADJA YUCEF	18,33	18,33
03	EAC 3 Domaine BOUHADJA YUCEF	11,80	11,80
04	EAC 5 Domaine BOUHADJA YUCEF	13,02	13
05	EAC 6 Domaine BOUHADJA YUCEF	10,37	10
06	EAC 7 Domaine BOUHADJA YUCEF	9,47	9,40
07	EAC 8 Domaine BOUHADJA YUCEF	15,83	15,83
08	EAC 10 Domaine BOUHADJA YUCEF	14,30	14,30
09	EAC 11 Domaine BOUHADJA YUCEF	13,62	13,62
10	EAC 4 Domaine BOUHADJA YUCEF	2,67	2,67
11	EAC 12 Domaine BOUHADJA YUCEF	2,97	2,97
12	EAC 13 Domaine BOUHADJA YUCEF	0,87	0,87
13	EAC 14 Domaine BOUHADJA YUCEF	0,92	0,50
14	EAC 03 Domaine Ali ABD ENOUR	4,50	4,50
15	EAC 04 Domaine Ali ABD ENOUR	5	5
16	EAC 05 Domaine Ali ABD ENOUR	2,55	2,55
17	EAC 07 Domaine Ali ABD ENOUR	55,10	55,10
18	EAC 08 Domaine Ali ABD ENOUR	10,12	10,12
19	EAI 10 Domaine Ali ABD ENOUR	4,22	4,22
20	EAI 11 Domaine Ali ABD ENOUR	4,05	4,02
21	EAI 14 Domaine Ali ABD ENOUR	3,32	3,32
22	EAI 13 Domaine Ali ABD ENOUR	3,52	3,52
23	EAI 15 Domaine Ali ABD ENOUR	3,85	3,85
24	EAI 16 Domaine Ali ABD ENOUR	2,92	2,92
25	EAI 17 Domaine Ali ABD ENOUR	1,25	1,25
26	Hocini Hocine	2	2
27	Boulkeroua Salah	4,5	4,5
28	Boulkeroua Majid	1,40	1,40
29	Boulkeroua Khadoudja	2,50	2,50
30	Boulkeroua Ali	4	4
31	Merabet Messaoud	2	2
32	Nakab Mohamed	2	2

IV.2.4. Exploitation et gestion du système de réutilisation des EUE en irrigation

IV.2.4.1. Conception d'un projet d'irrigation :

Pour la conception d'un projet d'irrigation, l'agriculteur et le concepteur devront disposer de suffisamment d'informations sur :

- a.** La disponibilité et la nature de la ressource en eau ;
- b.** Le type de sol et les caractéristiques des parcelles à irriguer ;
- c.** Le type de cultures à irriguer et leurs besoins en eau ;
- d.** Choix de la technique et du système d'irrigation.

La gestion des périmètres de réutilisation et leur suivi et la coordination entre les différents intervenants nécessitent la mise en place d'un cadre organisationnel. Ainsi, un cadre organisationnel adapté au périmètre contrôlé doit être établi.

Certaines actions doivent être menées pour garantir la réussite du projet :

- L'implication des agriculteurs au stade de la conception du projet et leur organisation ;
- L'établissement de fiches de déclaration d'engagement des agriculteurs pour exploiter les terres irriguées par les eaux usées épurées pendant la durée du projet ;
- L'organisation d'une campagne d'information des agriculteurs ;
- L'incitation des agriculteurs par l'achat de semences sélectionnées et la réalisation de quelques travaux (labour, semis, préparation des calants) ;
- L'encadrement des agriculteurs, par les Techniciens de l'organisme de gestion, pour adopter les pratiques agricoles optimales.

L'appui technique aux équipes chargées de l'exploitation du futur système de réutilisation consistera à analyser et définir les adaptations potentielles des normes de réutilisation afin de les soumettre aux instances concernées.

En raison de l'importance des infrastructures de la réutilisation des eaux épurées (traitement, transfert et stockage) et conformément aux exigences du décret exécutif N°07-149 du 3 Jomada El Oula 1428 correspondant au 20 Mai 2007 fixant les modalités de concession d'utilisation des eaux usées épurées à des fins d'irrigation, l'exploitation et la gestion du système de réutilisation doit se faire par une structure spécialisée dans la gestion et l'exploitation dotée de moyens humains et matériels

Ce décret exécutif, précise (art. 27) que la qualité des eaux épurées destinées à l'irrigation doit faire l'objet d'un contrôle régulier par le concessionnaire, l'exploitant agricole, le gestionnaire de la station d'épuration, les directions de wilaya de l'hydraulique, de la santé, de l'agriculture et du commerce et ce afin de s'assurer que leur qualité est conforme aux spécifications fixées par la réglementation en vigueur.

Les analyses et fréquence d'analyses sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau IV.14: Analyses et fréquence d'analyses

Paramètres	Fréquence	Période de prélèvement
Analyses de contrôle des EUE à la sortie de la STATION D'ÉPURATION		
Coliformes fécaux	2 échantillons composites par semaine	Pendant la période d'irrigation
Œuf d'helminthe	2 échantillons composites par semaine	
pH, Oxygène dissous, Turbidité, température, N-Total, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , MES, DCO	2 échantillons composites par semaine	
Éléments Traces	1 échantillon composite par an	Un mois avant la période d'irrigation
Analyses de contrôle des EUE à la sortie des bassins de stockage intersaisonnier et de régulation		
Coliformes fécaux	5 échantillons composites par mois	Pendant la période d'irrigation
Œuf d'helminthe	5 échantillons composites par mois	
pH, Oxygène dissous, Turbidité, température, N-Total, NH ₄ ⁺ , NO ₃ ⁻ , MES, DCO	1 échantillon composite par semaine	
Salinité, SAR et toxicité Éléments Traces	1 échantillon composite par an en cas de présence industrielle et 1 fois par 3 ans en cas d'absence d'industries polluantes	Un mois avant la période d'irrigation
Production agricole		
Coliformes fécaux et parasites	1 échantillon par type de produits agricoles et par producteur ⁽¹⁾	À la cueillette et/ou avant le transport vers le marché des fruits et légumes
Protection des sols⁽²⁾		
Éléments Traces ⁽³⁾	Une fois par an	À la fin de la saison agricole
Protection des ressources en eaux souterraines		
Salinité, SAR et toxicité Éléments Traces	Une fois par an	À la fin de la saison agricole

Source : Etude de REUE à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national (TECSULT année 2007)

- (1) : L'identification des agriculteurs et la taille de l'échantillon des produits agricoles devront se faire en tenant compte du nombre de types de récoltes et du nombre d'exploitations agricoles du périmètre irrigué.
- (2) : L'emplacement des points de prélèvement des échantillons devra faire l'objet d'une étude pédologique au préalable.
- (3) : L'USEPA rapporte que les métaux lourds n'ont pas causé d'effets négatifs sur les cultures irriguées avec des EUE aux USA au cours des 38 dernières années. Pradhan, 2006, note en effet que les métaux lourds tendent à demeurer au niveau des racines et que seule une petite fraction est dirigée en réalité vers les tiges et zones de croissance (légumes et fruits). Une fraction encore plus faible atteint les fruits mais sans risques d'accumulation grâce à la récolte régulière.

➤ **Les cultures irriguées par les EUE suivant les normes Algériennes :**

Une autre réglementation a été mise en œuvre, c'est l'arrêté interministériel du 8 Safar 1433 correspondant au 2 janvier 2012 fixant la liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

Ce texte est promulgué par les ministres chargés des ressources en eau, de l'agriculture et de la santé. Les parcelles destinées à être irriguées avec des eaux usées épurées ne doivent porter aucune culture, autre que celles figurant sur la liste indiquée (**Tableau IV.4**).

Tableau IV.15 : Liste des cultures pouvant être irriguées avec des eaux usées épurées.

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

(*) L'irrigation avec des eaux usées épurées est permise à condition que l'on cesse l'irrigation au moins deux (2) semaines avant la récolte. Les fruits tombés au sol ne sont pas ramassés et sont à détruire.

(**) Le pâturage direct dans les parcelles irriguées par les eaux usées épurées est strictement interdit et, ce afin de prévenir toute contamination du cheptel et par conséquent des consommateurs.

IV.2.4.2. Mode d'irrigation

Il y a trois systèmes les plus répandus, qui sont : l'irrigation gravitaire, l'irrigation par aspersion et l'irrigation localisée.

a/ Irrigation gravitaire : L'irrigation gravitaire est l'opération consistant à apporter artificiellement de l'eau à des végétaux cultivés pour en augmenter la production, et permettre leur développement normal en cas de déficit d'eau induit par un déficit pluviométrique, un drainage excessif ou une baisse de la nappe, en particulier dans les zones arides, l'écoulement de l'eau se fait selon la pente naturelle du sol, s'il peut être fait appel à des ouvrages de type siphon, aucune force extérieure n'est utilisée pour amener l'eau aux endroits désirés

Il y a trois types d'irrigation gravitaire :

- L'irrigation par planche
- L'irrigation par bassin

- L'irrigation à la raie qui est divisée aussi en quatre types : Par siphon ; par gaines souples ; par rampe à vannettes ; transirrigation.

L'irrigation de surface présente plus d'inconvénients que d'avantages :

Les avantages :

- coût d'investissement faible à la parcelle pour l'agriculteur.
- pas d'apport énergétique extérieur.
- alimentation des nappes phréatiques.

Les inconvénients :

-temps de main d'œuvre pour la répartition et la surveillance importante. -pertes d'eau importantes - nécessite un terrain plat ou un nivellement. -faible efficacité. -pollution possible par déversement.



Figure IV.1 : illustrant l'irrigation gravitaire

b/ Irrigation par aspersion : L'irrigation par aspersion reproduit le phénomène naturel de la pluie, en maîtrisant l'intensité et la hauteur de la précipitation, cette technique nécessite des conditions de pression moyenne à forte (de 3 à 6 bars à la buse). Au niveau de l'asperseur, pièce maîtresse du dispositif, une buse crée un jet et l'oriente vers la cuillère, le bras mobile est activé par le jet, le ressort de rappel provoque le retour du bras mobile et assure ainsi la rotation de l'asperseur (Figure IV.2).



Figure IV.2 : illustrant l'irrigation par aspersion

c/ Irrigation localisée : L'irrigation localisée ou micro-irrigation (Figure IV.3) consiste à apporter l'eau sur une partie du sol seulement par petites doses fréquentes. A la limite, la compensation de l'évapotranspiration se fait quotidiennement et l'eau est apportée par des distributeurs, ce qui crée dans le sol des zones humides appelées « bulbes d'arrosage ou d'humidification ».

Plusieurs techniques sont développées :

- l'irrigation localisée par goutteurs : le goutte à goutte.
- l'irrigation localisée par rampes perforées fixes.
- l'irrigation localisée par diffusion (micro jet, microdiffuseur).



Figure IV.3 : illustrant l'irrigation localisée

L'irrigation localisée présente plus d'avantages que d'inconvénients, le tableau 1 illustre les avantages et les inconvénients de ce type d'irrigation.

Les avantages :

- L'économie en eau 50 à 70% par rapport au gravitaire et 30% par rapport à l'aspersion.
- La réduction de la pollution de la nappe phréatique par les engrais ainsi qu'une économie en engrais.
- Facilite l'exploitation des sols très légers filtrant à forte percolation et des sols lourds fissurant en été.
- La Possibilité d'exploitation des terrains à topographie et configuration irrégulières.
- L'accès facile aux parcelles pour la réalisation des différentes opérations culturales.
- L'augmentation du rendement de l'ordre de 20 à 40%, et une amélioration de la qualité des produits.

Les inconvénients :

- La difficulté de la gestion de l'irrigation localisée, qui exige une technicité élevée.
- Le risque d'un dessèchement rapide des plantes en cas d'arrêt spontané et prolongé de l'apport d'eau.
- Le cout d'installation d'équipement et de matériel d'irrigation est plus élevé.
- Le risque de colmatage ou de bouchage du distributeur constituant l'inconvénient majeur de ce système.

IV.2.4.3. Choix du système d'irrigation

Le choix du système d'irrigation approprié dépend de la qualité de l'eau usée, de la culture, des coutumes, de l'expérience, de la compétence, de la capacité des agriculteurs à gérer les différentes méthodes et du risque potentiel sur l'environnement et sur la santé des agriculteurs et du public.

Tableau IV.15 qui évalue la convenance des méthodes d'irrigation, à savoir, la planche, la raie (ou sillon), l'aspersion, le goutte à goutte, par rapport à l'eau saumâtre est également valable pour l'eau usée traitée, en particulier en ce qui concerne la salinité.

Les problèmes de colmatage des asperseurs, des mini asperseurs, des goutteurs et des systèmes d'irrigation souterrains peuvent être sérieux. Son développement (dépôts biologiques, bactéries, etc.) dans les asperseurs, les orifices d'émission ou les canalisations d'alimentation, produit le colmatage. Les sels et les solides en suspension peuvent également produire le colmatage. Le colmatage le plus sérieux se produit avec l'irrigation goutte à goutte, qui est considérée comme le système idéal en ce qui concerne la protection sanitaire et la contamination des plantes, mais pourrait être difficilement utilisable si l'eau usée contient de fortes concentrations de matières en suspension (MES).

Tableau IV.16: Évaluation des méthodes d'irrigation pour leur aptitude à utiliser l'eau saumâtre (Kandiah, 1990)

Parameters d'évaluation	Irrigation à la raie	Irrigation à la planche	Irrigation par aspersion	Irrigation par aspersion Irrigation localisée
Le mouillage foliaire et endommagement des feuilles ayant pour résultat un rendement faible	Aucun dommage foliaire si la culture est plantée sur la crête du billon	Quelques feuilles inférieures peuvent être affectées, mais les dommages ne sont pas suffisamment sérieux pour réduire le rendement	Les feuilles peuvent être sévèrement endommagées ayant pour résultat une perte significative de rendement	Aucun dommage foliaire ne se produit avec cette méthode d'irrigation
Accumulation de sels dans la zone des racines avec les applications répétées	Les sels tendent à s'accumuler sur la crête du sillon, ce qui peut nuire à la culture	Les sels se déplacent vers le bas et ne sont pas susceptibles de s'accumuler dans la zone des racines	Les sels se déplacent verticalement et la zone racinaire n'est pas susceptible d'accumuler des sels	Les mouvements de sel sont radiaux le long de la direction du mouvement de l'eau. Une zone salée est formée entre les points de goutte à goutte
Capacité de maintenir un potentiel élevé de l'eau dans le sol	Les plantes peuvent être sujettes à un stress hydrique entre les irrigations	Les plantes peuvent être sujettes à un stress hydrique entre les irrigations	Il n'est pas possible de maintenir un potentiel en eau du sol élevé tout au long de la saison de croissance	Possibilité de maintenir un potentiel élevé en eau du sol tout au long de la saison de croissance et de réduire au minimum l'effet de la salinité
Convenance pour manipuler l'eau saumâtre sans perte significative de rendement	Faible à moyenne. Avec une bonne gestion et un bon drainage, il est possible d'obtenir des rendements acceptables	Faible à moyenne. Les bonnes pratiques en matière d'irrigation et de drainage peuvent produire un niveau de rendement acceptable	Très faible à faible. La plupart des récoltes souffrent de dommages sur des feuilles et d'un faible rendement.	Excellent à bon. Presque toutes les cultures peuvent se développer avec une réduction de rendement faible.

Tableau IV.17: Facteurs affectant le choix de la méthode d'irrigation et les mesures spéciales nécessaires quand l'eau usée est utilisée, en particulier

* Les catégories de cultures sont présentées aux chapitres suivants

Méthode d'irrigation	Facteurs affectant le choix	Mesures spéciales pour les eaux usées
Irrigation à la planche	Plus faible coût, planage précis non nécessaire	Protection complète pour les ouvriers agricoles, les ouvriers qui manipulent les produits agricoles et les consommateurs
Irrigation à la raie	Faible coût, planage précis peut être nécessaire	Protection pour les ouvriers agricoles, éventuellement pour les ouvriers qui manipulent les produits agricoles et les consommateurs
Irrigation par aspersion	Efficacité moyenned'utilisation de l'eau,nivellement non requis	Quelques cultures de la catégorie B*, principalement les arbres fruitiers, ne devraient pas être irrigués. Distance minimum de 50 – 100m des maisons et des routes. Des eaux ayant été traitées par voie anaérobie ne devraient pas être employées, en raison des nuisances olfactives.
Irrigation souterraine etlocalisée	Coût élevé, efficacité d'utilisation de l'eau élevée, rendements plus élevés	Filtration pour prévenir le colmatage des distributeurs

Conclusion

D'après les estimations calculées précédemment, les besoins d'irrigation pour les cultures maraichères sont de **1080.1m³/ha/an**

Et **1006.6 m³/ha/an** pour les arboricultures fruitières.

Le débit des eaux usées épurées actuel de la STEP de SKIKDA est à 17000m³/j ce qui peut recouvrir, **894ha** des besoins en eaux d'irrigations pour les cultures maraichères et **559ha** pour les arboricultures fruitières, donc de total de **1453ha**. Sachant que les potentialités en terre agricole utile à voisinant de la STEP de SKIKDA est de **5 742ha**(Source : DSA SKIKDA).

Suivant l'analyse de potentialité de périmètre de la zone d'étude, et les résultats des enquêtes des besoins en eau d'irrigation au prêt des exploitants, les secteurs susceptibles à l'irrigation sont les terres situés dans le **secteur I** qui regroupe les communes **SKIKDA, HAMMADI KROUMA et ELHADAEIK**, qui s'étale sur une superficie totale de 8705 ha et 5742ha comme superficie agricole utile.

Chapitre V :
Étude du système
d'adduction

V.1 : Choix de la variante retenu :

La STEP de SKIKDA existante produit un débit journalier de 17000m³/j qui peut recouvrir les besoins d'irrigations des parcelles situées au niveau des communes suivantes : Skikda , El Hadaik et Hammadi Karouma :

1 variante :

Projeter une station de pompage d'une cote de 40m à proximité de la STEP qui permet de pomper les eaux épurées de cette STEP vers le bassin de rétention projetées d'une capacité de 1.000 m³ au niveau de Djebel Soubouya d'une cote de 310m, ce dernier seront reliés à partir de la station de pompage projetée (d'un débit de 80,49 l/s et une HMT de 290m) citée en haut par des conduites de diamètre 350 mm en PEHD PN16 sur un linéaire de 4300 m pour irriguer le parcelle de la commune d'El hadaiek, par de conduite de diamètre DN250 en PEHD PN16 , cette variante est estimé d'un montant en TTC de **88.008.041,00 DA**

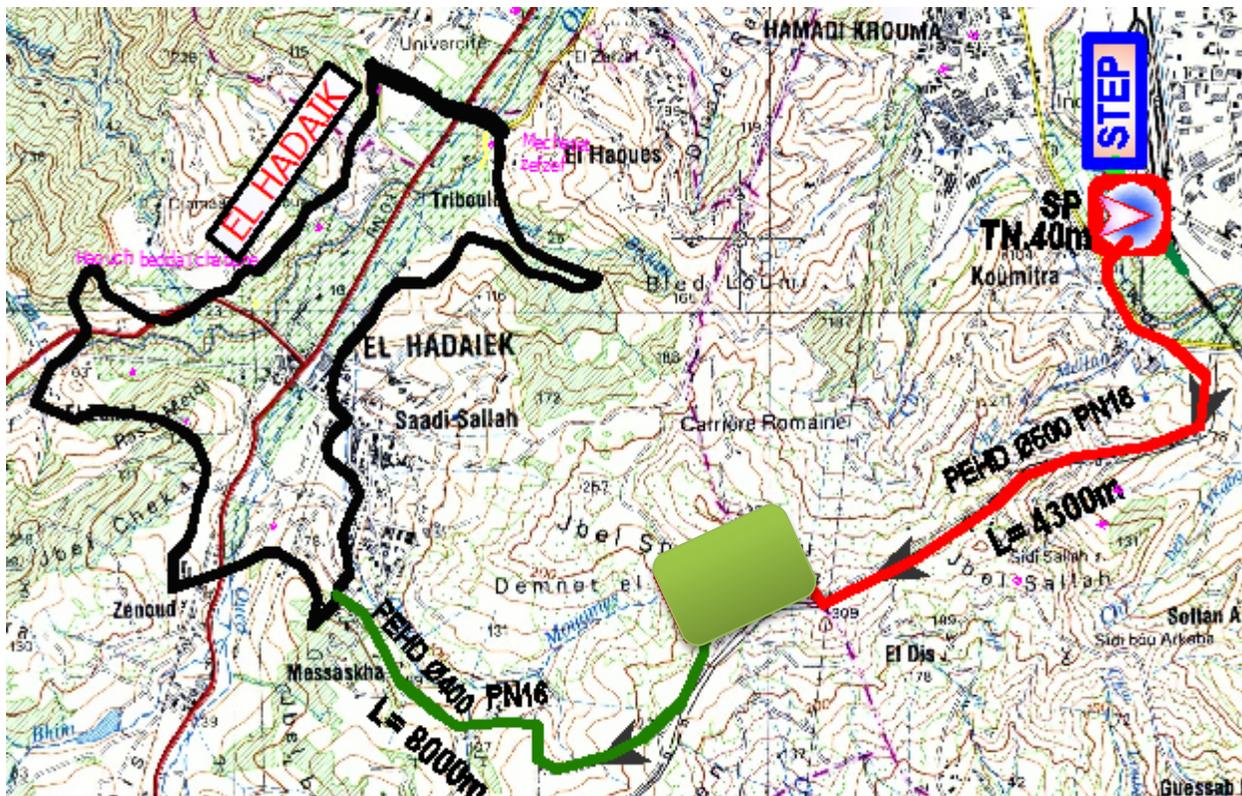


Figure V.1:alimentation le Bache a eau a partir de la STEP

2ème variante :

Sur la base de la variante 1 et suite à l'existence d'un réseau d'irrigation d'une cote de 50m provenant du barrage Zardezas, près de la station de pompe projetée dont la cote ne dépassant pas les 40m, ce réseau d'irrigation peut-être relié à la station de pompe par des conduites gravitaires de diamètre 400 mm sur un linéaire de 900m, cette proposition a été présentée dans le cas où la STEP débite une partie du besoin total, alors la nécessité de renforcer ce manque par le raccordement du réseau d'irrigation suscité à la station de pompe projetée, cette dernière refoulera le débit arrivant du barrage en ajoutant celui de la STEP (débit total sera de 80,49 l/s et une HMT de 290m) vers les deux bassins de rétention projetés d'une capacité de 1000 m³ au niveau de Djebel Soubouya d'une cote de 310m par des conduites de diamètre 350 mm en PEHD PN16 sur un linéaire de 4160 m pour irriguer la parcelle de commune d'El Hadaiek, par des conduites d'irrigation de diamètre DN250 en PEHD PN16, cette variante est estimée d'un montant en TTC de 99.330.358,00 DA

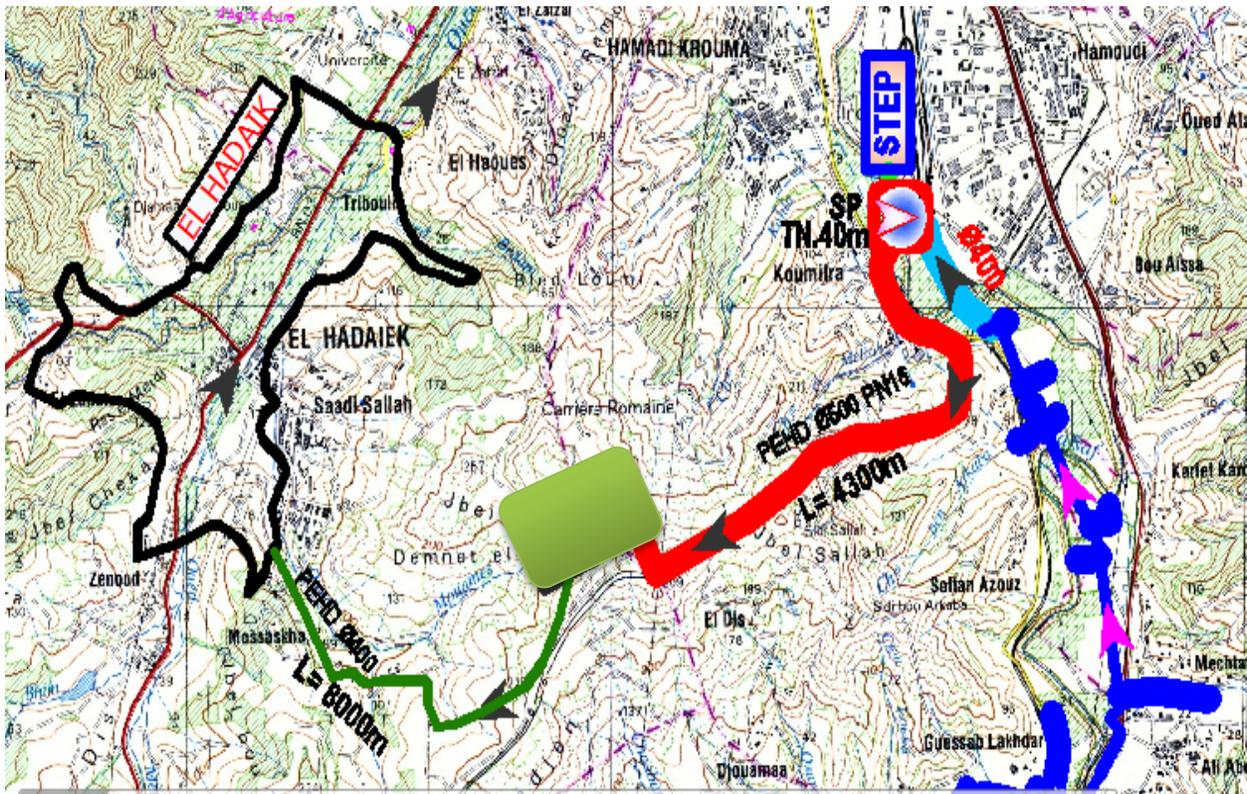


Figure V.2: alimentation le Bâche à eau a partir de la STEP et le barrage

Tableau V.1 : Avantages et inconvénients des deux variantes :

	avantages	inconvénients	Devis estimatif en TTC (DA)
Variante 1	<ul style="list-style-type: none"> -Exploitation totale des eaux épurées de la STEP -Assure l'irrigation de toutes les parcelles concernées à partir des deux bassins. -Deux bassins projetés seulement 	<ul style="list-style-type: none"> -Unicité de ressource qui est la STEP pour irriguer les parcelles -Volume de la station de pompage important -Linéaire important des conduites principales. 	88.008.041,00
Variante 2	<ul style="list-style-type: none"> -Renforce l'irrigation des parcelles concernées par les eaux du barrage Zardizas. - Assure l'irrigation de toutes les parcelles concernées à partir des deux bassins. - Deux bassins projetés seulement -Pas de rupture de débit d'irrigation en cas d'arrêt de la STEP 	<ul style="list-style-type: none"> -Augmente le linéaire des conduites de transfert vers la station de pompage - Volume de la station de pompage important -Augmente le linéaire des conduites d'irrigation des parcelles de Skikda - Exploitation partielle des eaux épurées de la STEP 	91.330.358,00

-Conclusion et choix de la variante

Selon les différentes variantes présentées ci-dessus et en tenant compte de ses avantages et inconvénients, On choisit la deuxième variante qui assure en permanence l'irrigation de parcelle même en cas d'arrêt de la STEP de SKIKDA malgré son devis estimatif qui est le plus couteux mais c'est faible par rapport au devis global, sachant que les deux variantes ont des devis estimatif très proches l'une de l'autre.

V.2 :Etude du système d'adduction.

Introduction :

L'adduction regroupe les techniques permettant d'amener l'eau depuis sa source (forage, barrage, ressource naturelle) à travers un réseau de conduites ou d'ouvrages hydraulique vers le réservoir de stockage ou de distribution afin d'alimenter le périmètre.

V.2.1. Le réseau d'adduction :

Le système d'irrigation du périmètre el hadaiek repose sur un captage de l'eau d'irrigation de la STEP de Skikda, et son adduction par refoulement vers un réservoir en terre situé à proximité du STEP avec un vanne de sectionnement a la sortie. A partir de ce dernier, l'eau sera distribuée gravitairement jusqu'aux bornes d'irrigation situées sur les parcelles exploitées.

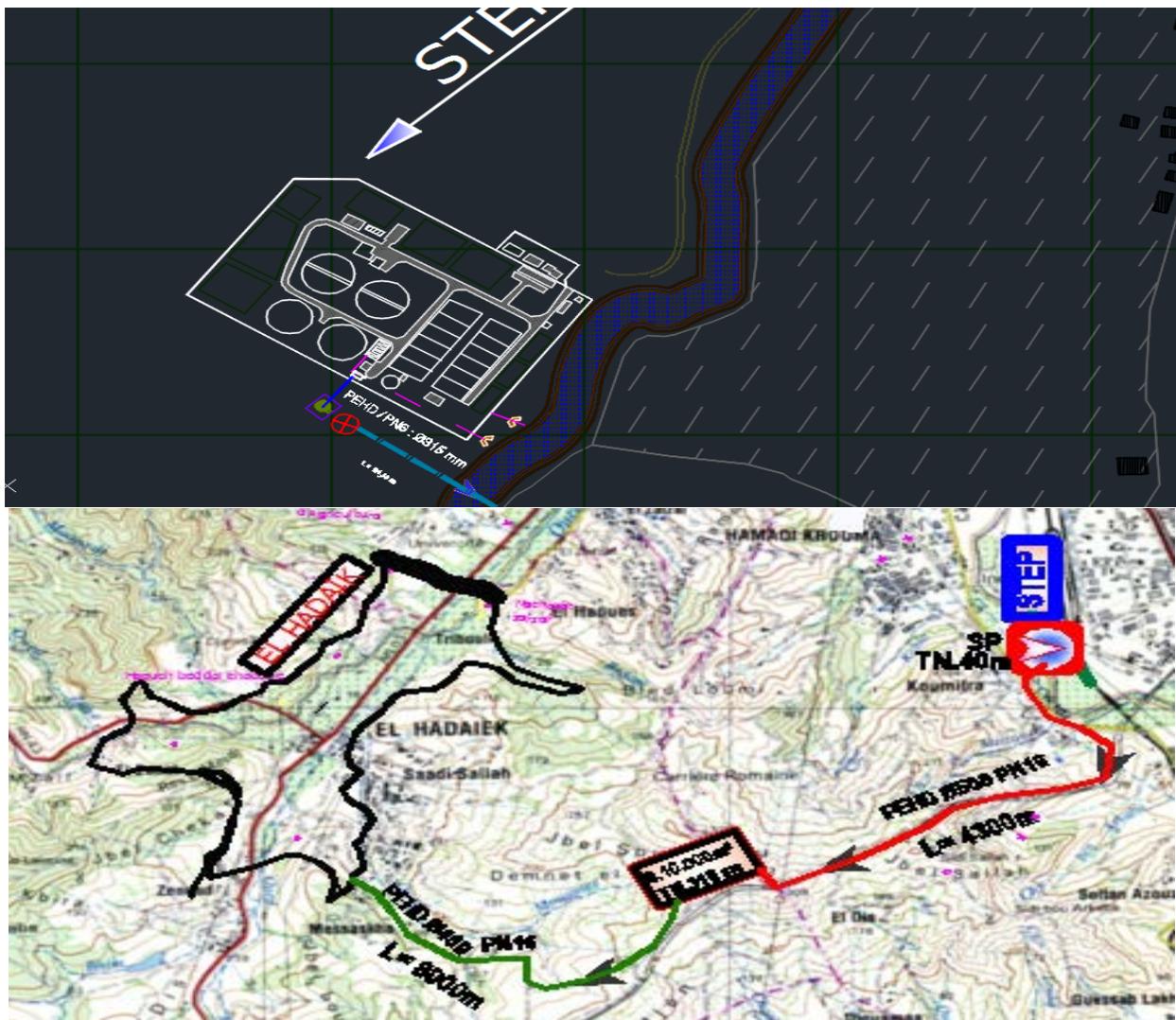


Figure V.3: Description général de la réseau d'adduction. (source :NEE ALGER)

V.3.Le Organisation du périmètre (îlots d'irrigation):

Le terme « îlot d'irrigation » décrit l'unité hydro-agricole alimentée par une seule prise d'irrigation (borne) qui représente le point limite du système de distribution ou l'administration du réseau d'irrigation intervenant dans la gestion de l'eau.

Les secteurs sont partagés entre plusieurs îlots, choisis entre parcelles adjacentes. Les limites des îlots, répondent à la réalité territoriale, en respectant les marges des parcelles et les voies de communication.

En matière de superficie et nombre de parcelles, les critères établis sont décrits ensuite :

- La taille maximale des îlots sera comprise entre 50 et 70 ha.
- L'îlot présentera un maximum de 10 parcelles (pour un même îlot).

La limitation de taille maximale des îlots répond aux critères hydrauliques et d'équipement. La limitation du nombre de parcelles par îlot répond, en outre, à critères de gestion. La plupart du périmètre est représentée par îlots de 4 ou 6 parcelles ce qui facilite la distribution des tours d'irrigation et le comptage de consommations.

Le périmètre d'el hadaiek est divisé en 06 îlots dont sa surface est entre 5 à 10 ha, il est composé de 53 parcelles dont la superficie varie de 0.5 à 3.5 ha.

V.4 :Implantation des bornes (Bornage):

L'emplacement des bornes d'irrigation est le premier problème auquel doit s'attaquer le projecteur. En effet une forte densité améliore les conditions de travail des agriculteurs en diminuant les longueurs de canalisation mobile de surface, mais il en résulte une augmentation importante des frais d'installation du réseau fixe. Une trop faible densité accroît le travail de montage et de transport de canalisation mobiles. On admet généralement que l'implantation des bornes répond aux critères suivants :

- Pour les zones de petites et moyennes exploitations:
 - ✓ Une borne par îlot d'exploitations;
 - ✓ Quatre (04) prises maximum sur une même borne soit huit parcelles au maximum;
 - ✓ Bornes implantées en limites d'îlots ou des parcelles;
 - ✓ Dénivelée maximum de 5 m entre les points les plus hauts et les plus bas du bloc d'îlots.

- Pour les zones à grande exploitation:
- ✓ La borne se situe au centre de l'ilot;
- ✓ 4 prises sur les mêmes bornes.
 - ❖ **Dans notre cas :** Dans le projet sont envisagés deux types des bornes qui seront montées :
 1. contre la conduite : au milieu de la conduite de distribution
 2. à l'extrémité de la conduite

Le nombre total des bornes sur le réseau d'irrigation est de 06, du débit variant de 8.2 l/s au 17.4 l/s

V .4.1.Role et fonction de la borne d'irrigation:

Un ouvrage de desserte appelé borne d'irrigation est nécessaire pour chaque ilot, cet organe présente une ou plusieurs sorties < prises > suivant le nombre d'arrosages qu'elle doit assurer simultanément, chaque sortie de la borne doit assurer tous les fonctions :

- ✓ Réglage et limitation du débit de l'ilot.
- ✓ Réglage de la pression et encaissement des suppressions accidentelles.
- ✓ Comptage des volumes distribués par la prise.

V .4.2.Calcul du débit aux bornes :

Le débit de chaque borne desservant un ilot est calculé comme suit :

$$Q_b = q_s \cdot S_i \dots\dots\dots(V.1)$$

Avec :

Q_b : Débit de chaque ilot (l/s)

q_s : Débit spécifique (l/s/ha)

S_i : Superficie de l'ilot (ha)

VII .4.3.Choix du diamètre et du type des bornes :

Le choix du type de borne dépend de la surface de l'ilot et du nombre de parcelles.

Généralement on admet :

- ✓ Pour les ilots qui ont un nombre de parcelles entre [4 -8], et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à quatre prises (Borne de type A4).

- ✓ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie est inférieure à 15 ha, on prend la borne à deux prises (borne de type A2).
- ✓ Pour les ilots qui ont deux parcelles et dont la superficie dépasse 15 ha, on prend la borne à deux prises (Borne de type B).
- ➔ Pour les grands ilots ($S > 50$ ha) on prévoit des bornes de type C. La borne se situe au centre de l'ilot.
- ➔ 4 prises sur la même borne.

Tableau V.2: Type de bornes en fonction de superficies des ilots

Type	Débit fourni	Entrée (mm)	Sortie (prise) (mm)
Type A2	$Q < 40$ m ³ /h (11.11) l/s	1 Entrée $\Phi 80-100$	2 Entrée $\Phi 65$
Type A4	$Q < 40$ m ³ /h (11.11) l/s	2 Entrée $\Phi 80-100$	4 Entrée $\Phi 65$
Type B	40 m ³ /h (11.11) l/s $< Q < 80$ m ³ /h (22.22 l/s)	2 Entrée $\Phi 80, 100-125$	2 Entrée $\Phi 100$
Type C	$Q > 80$ m ³ /h (33.33 l/s)	2 Entrée $\Phi 80, 100-125$	1 Entrée $\Phi 150$

➤ Pour notre périmètre on trouve :

Tableau V.3 : Calcul des débits des ilots et choix du type de bornes

ILOT S	Parcelles	Superficie (ha)	superficie cum(ha)	Q _{pi} (l/s)	Q (l/s)	Marerial	Borne type
I1	43	2.57	21.13	3.084	23.47	Fonte	B2
	44	1.8		1.92			
	45	1		1.2			
	46	1.40		1.4			
	56	1.60		1.55			
	57	1.90		1.60			
	58	1.14		1.368			
	59	1.6		1.61			
	60	1.46		1.752			
	61	1.3		1.52			

	63	1.46		1.752			
	64	1.8		2.16			
	65	2.1		2.52			
	62	1.24		1.488			
	66	1.2		1.44			
	67	1.26		1.512			
	68	1.25		1.5			
	69	1.25		1.5			
	75	1.58		1.896			
	76	1.35		1.62			
	77	1.78		2.136			
	78	1.01		1.212			
	79	1.72		2.064			
	80	1.22		1.464			
	103	1.14		1.368			
I2	104	1.1	17.1	1.32	20.52	Fonte	B2
	70	3.35		4.02			
	71	1.01		1.212			
	72	1.29		1.548			
	73	1.51		1.812			
	74	3.39		4.068			
	81	1.5		1.8			
	82	1.22		1.46			
	83	1.56		1.88			
	84	1.3		1.366			
	85	1.94		2.328	23.41		
I3	86	1.6	19.67	1.92	4	Fonte	B2
	88	2.9		3.48			
	90	2.03		2.436			
	91	2.3		2.76			
	92	1.97		2.364			
	101	1.1		1.32	13.66		
I4	102	1.09	11.39	1.308	8	Fonte	B2
	87	1.29		1.548			
	89	6.19		7.428			
	93	2.005		2.406			
I5	94	1.32	10.8	1.584	12.97	Fonte	B2
	95	2.2		2.64			
	96	1.9		2.28			
I6	97	1.3	10.62	1.56	8.87	Fonte	A2

98	2	2.4		
99	1.17	1.404		
100	2.05	12.744		

- Le périmètre exige pour notre secteur 06 bornes pour permettre l'alimentation de l'ensemble des 53 parcelles sur une surface total de 500 ha.

V.5. Le réservoir en terré (1000 m³):

V.5.1. Définition et l'objectif d'un réservoir en terre :

Un réservoir est un récipient destiné à contenir l'eau ou un autre liquide à une hauteur bien précise dans le but d'augmenter la pression

- Le projet consiste à concevoir un réservoir en terre (sur voiles circulaires) en béton armé pour l'alimentation en eaux potables d'une capacité de **1000 m³** sur un sol avec une contrainte admissible maximale de 1.50 Bars
- Ce réservoir, sera alimenté par pompage à partir de la station de pompage (au niveau du STEP).
- A la sortie de ce réservoir en trouve une veine de sectionnement pour la régulation des quantités d'eau sortie du réservoir.

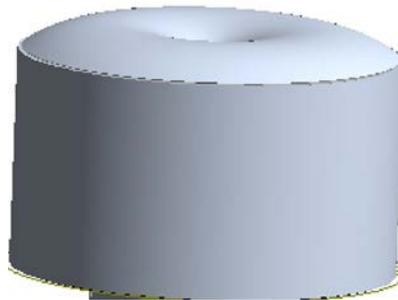


Figure V.3.: Simulation général du réservoir.

V.5.2. Dimensionnement du réservoir :

- a- **Pré dimensionnement :** Dans le plan on a donné un réservoir en terre (sur voiles circulaires) de capacité de 1000m³ de forme circulaire

1.La cuve :

$$d=1.405x(V)1/3.....(V.2)$$

Avec:

d = diamètre intérieur de la cuve

V = volume de la cuve.

- Comme nous disposons d'un réservoir de 1000 m³, alors on a :

$$d = 1.405*(1000)^{1/3} = \mathbf{14.05m} \quad \mathbf{on\ prend: d= 14\ m}$$

- **La hauteur maximale d'eau dans le réservoir** par la formule :

$$V = \pi r^2 h a \Rightarrow h a = \frac{V}{\pi r^2} = \frac{1000}{\pi * 4^2} = 19.9\ m \quad \text{donc : Hmax}=20m$$

- **la forme et de l'épaisseur de la cuve** : peut se faire à partir de l'étude des forces qui s'exercent sur les parois.

Pour l'ensemble des calculs, on estime que la base du réservoir est fixe et que les forces qui s'appliquent sont:

- Force hydraulique ($\rho * g * (h-z)$)
- Force exercée par le sol sur les voiles qui supportent le réservoir ($1200 * g * (h-z)$).

La valeur prise pour la masse volumique du sol est 1200 kg/m³(valeur classique pour la terre). Les simulations sont faites en trois dimensions et dans le cas statique.

Pour chaque simulation, on doit noter les trois contraintes maximales ainsi que le déplacement maximal total.

2.Les voiles porteurs (le fut) :

Pré dimensionnement des voiles porteurs en béton armé justifiés par l'article 7.7.1 du RPA2003 ils servent d'une part à contreventer le bâtiment en reprenant les efforts horizontaux (séisme) et d'autre part de reprendre les efforts verticaux qu'ils transmettent aux fondations.

- ❖ Les charges verticales, charges permanentes et surcharges.
- ❖ Les actions horizontales, effet de séisme.
- ❖ Les voiles assurant le contreventement sont supposés pleins.

Seuls les efforts de translation seront pris en compte ceux de la rotation ne sont pas connues dans le cadre de ce pré dimensionnement.)

- ✓ **D'après RPA 2003** « les éléments satisfaisants la condition ($L \geq 4 e$) sont considérés comme des voiles, contrairement aux éléments linéaires. » avec :

L : hauteur du voile

e : épaisseur du voile.

- ✓ **D'après RPA 2003** « l'épaisseur minimale est de 15 cm » .de plus l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la sur élévation du réservoir h_e et des conditions de rigidité aux extrémités alors en divise la hauteur du voile porteur en deux :

$$e \geq h_e/25$$

$$e \geq h_e/25=500/25= 20 \text{ cm}$$

On adopte Alors $e = 35 \text{ cm}$

3.Les poutres :

Le prédimensionnement des poutres est effectué selon les formules de **BAEL91** et vérifié selon le **RPA99-2003**.

- ✓ **Selon BAEL91 :**

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10} \\ 0.3h \leq b \leq 0.7h \end{array} \right.$$

- ✓ **Vérification d'après RPA99 version 2003 :**

$$\left\{ \begin{array}{l} b \geq 20 \text{ cm} \\ h \geq 30 \text{ cm} \quad \frac{h}{b} \leq 4 \end{array} \right.$$

Avec: L : la portée de la poutre.

h : la hauteur de la poutre.

b : la largeur de la poutre.

Donc : $L = L_{max} = 3.80m$

On prend : $h = 40 \text{ cm}$ $b = 40 \text{ cm}$

b.Note de calcul :

L'étude de ce réservoir est faite avec les étapes suivantes :

- 1- La modélisation du réservoir
- 2- Chargement statique et dynamique
- 3- Lancement de calcul et interprétation des résultats

1.La modélisation du réservoir

La première étape consiste à la modélisation du réservoir qui est une simulation ou schématisation des différents éléments constitutifs (les supports du réservoir, les parois qui sont des voiles circulaires en béton armé, la cuve, la coupole qui sont des dalles pleines).

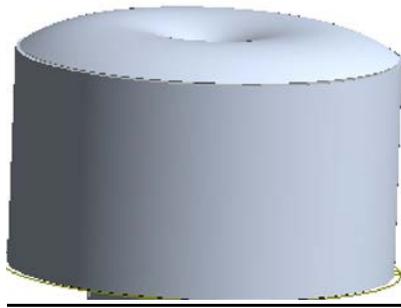


Figure V.4: Simulation du réservoir

2.Le Chargement statique et dynamique :

➤ **Tableau des Combinaisons :**

Tableau V.4 : tableau de combinaison des forces exercé

Combinaison	Nom	Type d'analyse	Nature de la combinaison	Nature du cas	Définition
7	1.35G+1.5Q	Combinaison linéaire	ELU	permanente	$(1+2)*1.35+6*1.50$
8	G+Q	Combinaison linéaire	ELS	permanente	$(1+2+6)*1.00$
9	G+Q+1.2Ex	Combinaison linéaire	ACC	sismique	$(1+2)*1.00+4*1.20$
10	G+Q+1.2Ey	Combinaison linéaire	ACC	sismique	$(1+2)*1.00+5*1.20$
11	0.8G+Ex	Combinaison linéaire	ACC	sismique	$(1+2)*0.80+4*1.00$
12	0.8G+Ey	Combinaison linéaire	ACC	sismique	$(1+2)*0.80+5*1.00$

➤ **Caractéristiques de l'analyse du réservoir :**

Type de structure : Coque

➤ **Coordonnées du centre géométrique du réservoir:**

X = -0.001 (m)

Y = 0.001 (m)

Z = 7.650 (m)

V.6. Etude du système de pompage :

V.6.1. Le site groupe (station) de pompage :

. Cette station est implanté au sud de la STEP a environ de 4160 m du réservoir et de 6000 m au périmètre d'étude.

Cette station reprend les eaux usées traitées de la STEP et les restituent vers le réservoir en terré

V.6.2. Le groupe (station) de pompage :

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un fluide. Il existe deux grands types de pompes: les pompes volumétriques qui sont utilisées pour pomper les eaux usées et les turbopompes (pompes centrifuge)

- **les pompes volumétriques :** qui sont utilisées pour pomper les eaux usées fortement chargé de la station de relevage vers la STEP il sont des pompe a grand débit.

- **Les turbopompes (pompes centrifuge):** sont trois types :

1. Les pompes à écoulement radial :

Elles permettent de relever des faibles débits sur de fortes hauteurs. La hauteur de refoulement croit avec le diamètre extérieur de la roue. Dans ce cas, l'écoulement est radial et les aubages sont des surfaces planes.

2. Les pompes axiales :

Ce sont les pompes hélices où les pales sont constituées par des surfaces gauches. Ces pompes conviennent pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs.

3. Les pompes semi-axiales :

Pour relever de forts débits sur de faibles hauteurs on montre que les vitesses d'entrée doivent être faibles. La hauteur de refoulement étant faible le diamètre de sortie est relativement faible d'où la construction d'une pompe hélico-centrifuge avec des dimensions importantes.

V.6.3. Critères du choix du pompe (type, nombre):

➤ **Choix du Type de pompe:** Le choix du type de pompe se base sur plusieurs critères à savoir :

- ✓ Assurer le débit appelé Q_{app} et la hauteur HMT
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Vérifier la condition de non cavitation
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles
- ✓ Vitesse de rotation la plus élevée
- ✓ Puissance absorbée minimale
- ✓ $(NPSH)_r$ minimal
- ✓ Etre fabriquée en série.

➤ **Choix du Nombre de pompe:** Le choix du nombre de pompe se base sur plusieurs critères à savoir :

- nombre minimal de pompes.
- puissance absorbée minimale.
- $(NPSH)_r$ minimal.
- meilleur rendement.
- Vitesse de rotation élevée.

Les intervalles des nombres de pompes sont :

$NP \leq 4 \rightarrow 1$ pompe de secours

$4 < NP \leq 6 \rightarrow 2$ pompes de secours

$NP \geq 6 \rightarrow 3$ pompes de secours

V.6.4. Choix du pompe pour notre réseau (type, nombre) :

1. Détermination de la hauteur d'élévation calculée :

La hauteur d'élévation se calcule comme suivant :

$$H_{cal} = h_g + [\sum h_p (asp) + \sum h_p (ref)]$$

Avec :

- ✓ h_g : Hauteur géométrique (m) ;
- ✓ $\sum h_p (asp)$: Pertes de charges à l'aspiration (m) ;
- ✓ $\sum h_p (ref)$: Pertes de charges au refoulement (m) ;

2.La hauteur manométrique total HMT:

La hauteur manométrique est donnée par la formule :

$$HMT= H_g+ \Delta h_p \dots \dots \dots (V.3)$$

Avec:

- ✓ HMT : Hauteur Manométrique Totale en (m).
- ✓ Δh_p : perte de charge totale
- ✓ H_g : Hauteur géométrique en (m). $H_g = h_a - h_r$ dont :
 - h_a : hauteur d'aspiration ;
 - h_r : hauteur de refoulement

Donc : $H_g = (\text{cote réservoir} + \text{hauteur réservoir}) - \text{cote STEP} = (310+20) - 40 = 290\text{m}$

$$H_g = 290 \text{ m}$$

Donc la hauteur géométrique entre le réservoir et la STEP est : 290 m

3.La Dimensionnement de la conduite de refoulement

➤ **Calcul de la longueur de refoulement L_{ref} :**

$L_{ref} = \text{longueur (SP-réservoir)} = 4160\text{m}$.

➤ **Calcul du débit de refoulement Q_{rf} :**

$Q_{rf} = Q_c * (1.05 - 1.1)$; avec : Q_c : c'est le débit caractéristique. = 120 l/s

$Q_{rf} = 1.05 * Q_c = 1.05 * 120 = 126 \text{ l/s} = 0.126 \text{ m}^3/\text{s}$; alors $Q_{rf} = 0.126 \text{ m}^3/\text{s}$

Pour dimensionner la conduite de refoulement, on applique la formule de Bonin pour une première approximation :

$$D = \sqrt{Q_{ref}} \dots \dots \dots (V.4)$$

Avec: D : Diamètre intérieur de la conduite (m)

Q_{ref} : Débit de refoulement en m^3/s

Alors : $D = \sqrt{0.126}$

Donc nous avons : $D = 0.35 \text{ m} = 350 \text{ mm}$

Ce diamètre est approximatif, on doit établir une analyse technico-économique pour choisir le meilleur diamètre économique.

4.1. La Calcul des pertes de charge total Δ_{tot} :

$$\Delta_{tot} = \Delta_{lin} + \Delta_{sing} \dots \dots \dots (V.5)$$

Avec :

- Δ_{lin} : les pertes de charge linière
- Δ_{sin} : les pertes de charge singulière

1- Pertes de charges linéaires Δ_{Lin} : Pour déterminer les pertes des charges linéaires on utilise la formule de **Hazen-Williams** :

$$\Delta H_{lin} = \left(\frac{3.592}{C} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} \dots \dots \dots (V.6)$$

Avec :

- ΔH_{Lin} : perte de charge linéaire
- L : Longueur de conduite (m)
- Q : Débit (m³/s)
- D : Diamètre (m)
- C : Coefficient de Hazen-Williams

Dans notre cas, les conduites en fonte donc on prend C=140

Pertes de charges singulières Δ_{sing} :

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite (Coude, vannes, clapets,.....) Elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires pour une adduction ou conduite longe.

$$\Delta_{sing} = 0.1 * \Delta_{Lin}$$

on trouve :
$$\Delta H_{lin} = \left(\frac{3.592}{C} \right)^{1.852} * \frac{L}{D^{4.87}} * Q^{1.852} = \left(\frac{3.592}{140} \right)^{1.852} * \frac{40}{0.35^{4.87}} * 0.126^{1.852} (V.7)$$

$\Delta H_{lin} = 0.16m$

$\Delta_{sing} = 0.1 * 0.16 = 0.016$

$\Delta_{sing} = 0.016m$

$$\Delta_{tot}=0.16+0.016=0.18\text{m donc:} \quad \Delta_{tot} =0.18 \text{ m}$$

V.6.4. Calcul du diamètre économique :

Le calcul du diamètre économique se fait en faisant un bilan technico-économique sur les frais d'exploitation et d'investissement.

a-Le calcul de diamètre pour différent HMT :

Tableau V.5 : Calcul de la HMT pour divers diamètres de la conduite :

D (mm)	D (m)	L(m)	Q (m3/s)	C _{HW}	ΔH_1 (m)	ΔH_{sing} (m)	ΔH_t (m)	Hg (m)	HMT (m)
250	0.250	4160	0.126	140	0.84	0.08	0.92	290	290.92
300	0.300	4160	0.126	140	0.34	0.034	0.38	290	290.38
350	0.350	4160	0.126	140	0.16	0.016	0.18	290	290.18
400	0.400	4160	0.126	140	0.08	0.008	0.09	290	290.09

Puissance absorbée par la pompe :

C'est la puissance fournie à pompe définie comme suit :

$$P_{abs} = \frac{g*Q*HMT}{\eta} \dots\dots\dots(V.8)$$

η : Rendement de la pompe en (%) (n=80%)

Q : Débit refoulé par la pompe en (m³/s)

g : la gravité (m/s²)

Energie consommée par la pompe :

$$E = P * T * 365 [KWh] \dots\dots\dots(V.9)$$

P : Puissance de la pompe en(KW).

T ; C'est le temps de pompage par jour en (heure), dans notre cas T=22h.

Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{ex} = E * e [DA]$$

E : L'énergie consommée par la pompe en (KWh)

e : Prix unitaire d'un KWh imposé par la SONELGAZ (e=4.69DA)

Tableau V.6 : Calcul des frais d'exploitation

D (mm)	Q (m3/s)	HMT (m)	P (KWatt)	E (KWh)	Prix du KWh (DA)	F _{EX}
250	0.126	290.92	449.44	3609003.2	4,69	16926225.01
300	0.126	290.38	448.69	3602980.7		16897979.48
350	0.126	290.18	448.36	3600330.8		16885551.45
400	0.126	290.09	448.2	3599046		16879525

a- Frais d'amortissement : Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante :

$$F_{am} = Prc * A[DA].....(V.10)$$

Avec :

- ✓ Prc : Prix de la conduite en (DA)
- ✓ A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(i+1)^n} + i \quad(V.11)$$

i : Taux d'annuité annuel. i= 8%.

n : nombre d'année d'amortissement. n=30ans

Tableau V.7 : Variation des frais d'investissement en fonction du diamètre.

Diamètre en (mm)	Prix de pose (DA)	Prix du ml (DA)	L (m)	Prix total (Da)	A	Frais invest (DA)
250	400	5000	40	216000	0.0888	191808
300	620	7100	40	308800	0.0888	274214.4
350	630	8750	40	375200	0.0888	333177.6
400	810	11200	40	480400	0.0888	426595.2

Choix du diamètre :

F1 : frais investissement

F2: frais d'exploitation.

Tableau V.8 : Bilan technico-économique des diamètres choisis.

Diamètre en (mm)	F1 (DA)	F2(DA)	BILAN (DA)
250	191808	926944.5	1118752
300	274214.4	895522.6	1169737
350	333177.6	88388.9	1217063
400	426595.2	878648	1305243

- D'après le graphe ci-dessous, on s'aperçoit que le diamètre optimal est de **D=350 mm**. On prend donc ce diamètre pour la conduite de refoulement du STEP avec un **HMT= 290.92 m**.

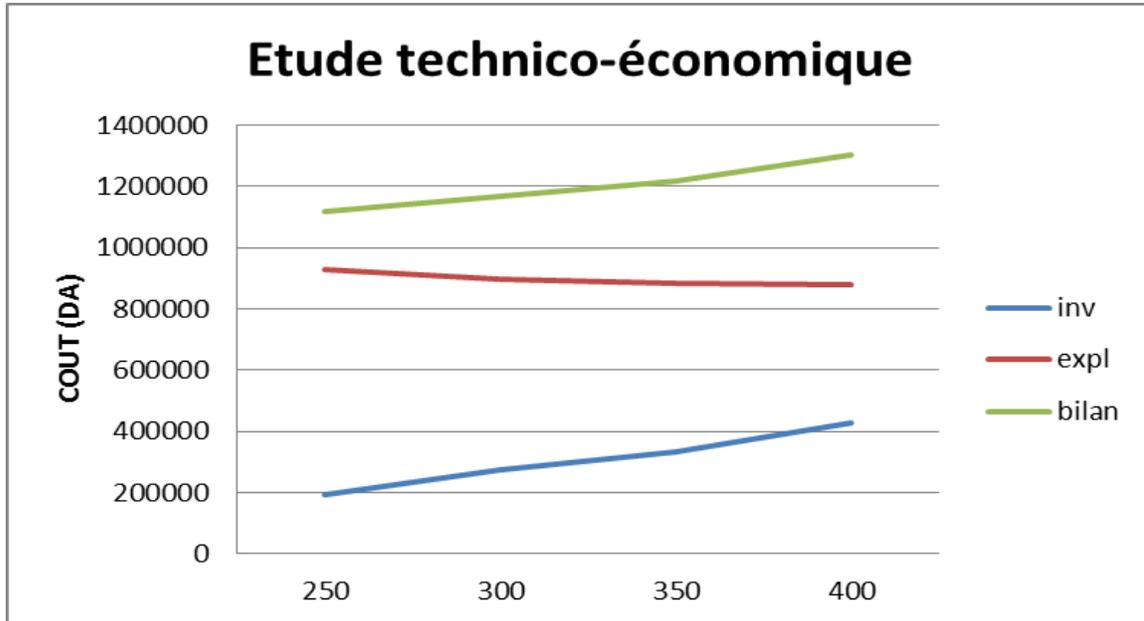


Figure V.5: Etude technico-économique

V.6.4. Nombre et choix des pompes :

Le choix de nombre de pompes se fait sur la base de plusieurs critères, qui sont :

- ✓ Nombre de pompes minimal
- ✓ Meilleur rendement
- ✓ Charge nette d'aspiration requise (NPSH) r minimale
- ✓ Nombre d'étage minimal
- ✓ Puissance absorbée minimale
- ✓ Encombrement et poids les plus faibles
- **Dans notre cas**, nous avons utilisé le logiciel **CAPRARI** pour le choix du type et du nombre des pompes.

Le **Tableau V.8** englobe le type, le nombre et les caractéristiques de chaque pompe choisie.

Tableau V.9 : Variantes pour le choix du nombre de pompes.

N	Q (l/s)	HMT(m)	Type de la Pompe	η (%)	P abs (KW)	NPSHr (m)	\varnothing mm
1	136.8 l/s	291.1	P16C/10/35/1E	81.1	30	8.42	250
2	68.62*2	290.11	P14C/8/35/1E	77.1	15	4.91	200
3	44.45*3	289.6	P9L/6/24/1G	77	11	6.6	125

Conclusion :

Le choix des pompes est porté sur la **variante n°1** avec une pompe secours pour les raisons technico-économiques suivantes :

1. **Nombre de pompes minimal=1**
2. **Meilleure Rendement= 81.1%**
3. **Puissance absorbée minimal 30 Kw**
4. **NPSHr est de 8.42 m**

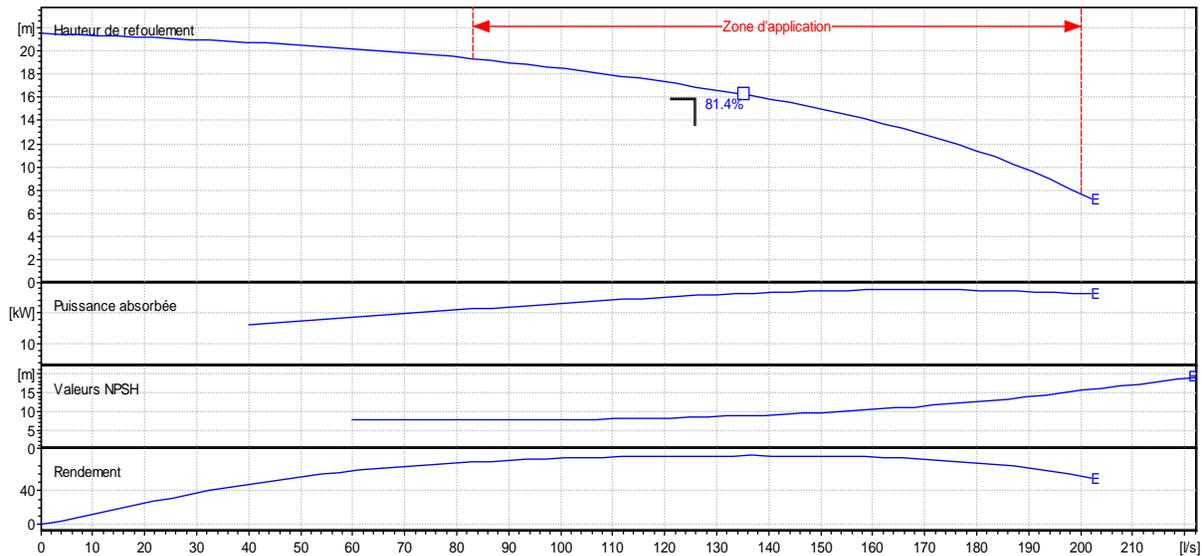


Figure V.6: La courbe caractéristique de la pompe

V.6.5. Protection contre la cavitation :

❖ **Définition de la cavitation :** Au cours de l'écoulement des veines liquides à travers l'étranglement d'une tuyau ca-à-dire sa vitesse augmente tandis que la pression diminue ; au cas où la pression de liquide atteint la tension de vapeur à la température ambiante il se produit à cet endroit du courant liquide une évaporation et un dégagement de gaz ou de l'air donc l'ébullition du liquide ; le phénomène de cavitation peut se produire juste à l'entrée de la pompe .

Vérification du risque de la cavitation :

La cavitation est la perturbation du courant liquide juste à l'entrée de la pompe en fonctionnement, cela se produit pour à une température constante, la pression absolue est inférieure ou égale à la tension de vapeur d'eau.

La condition suivante doit être vérifiée : $(NPSH)_r < (NPSH)_d$

Avec :

(NPSH) r : Charge nette d'aspiration requise, elle est fournie par le constructeur.

(NPSH) d : Charge nette d'aspiration disponible, elle est fournie par l'installateur

Dont : $(NPSH)_d = (NPSH)_r + r$

r : marge de sécurité, $r = (0,3 - 0,5)$ m. On prend : $r = 0,5$ m

$$(NPSH)_d = \frac{p_{at}}{\bar{w}} - \frac{p_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - h_{adm}^{asp} = (NPSH)_r + 0,5 \dots\dots(V.12)$$

$$h_{adm}^{asp} = \frac{p_{at}}{\bar{w}} - \frac{p_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

V (m/s): vitesse d'écoulement dans la conduite d'aspiration;

$\frac{p_{at}}{\bar{w}}$: Dépend de l'altitude d'implantation de la station de pompage (voir **Tableau V.9**)

$\frac{p_v}{\bar{w}}$: dépend de la température du liquide pompé (voir **Tableau V.10**)

Tableau V.10: Pression atmosphérique en fonction de la côte

H (m)	- 50	0	100	300	500	1500	2000
$\frac{p_{at}}{\bar{w}}$ (m)	10.86	10.33	10.2	10.06	9.7	8.6	8.4

Tableau V.11: Pression de vapeur en fonction de la température

T (°C)	5	10	20	30	40	50	80	100
$\frac{p_v}{\bar{w}}$ (m)	0.09	0.12	0.24	0.43	0.75	1.25	4.82	10.33

On a :

- (NPSHr) : Déterminé graphiquement égal à 7.95 m
- La côte de la station de pompage est de 40 m.
- $\frac{p_{at}}{\bar{w}} = 10.21$ m.
- La température ambiante est considérée égale à 20°C donc = 0.24 m.

Avec:

$$V_{asp} = \frac{4.Q}{\pi.D_a^2} = \frac{4.0.126}{3,14.0,264^2} = 1.44m / s$$

$$\Delta H_{\left(\frac{m}{100m}\right)} = 1.23 \times 10^{12} \times \frac{Q^{1.85}}{C_{wh} D^{4.87}} \dots\dots(V.13)$$

$$= 0,000719$$

$$h_{adm}^{asp} = \frac{P_{at}}{\bar{w}} - \frac{P_v}{\bar{w}} - \sum h_p^{asp} - \frac{V_{asp}^2}{2g} - (NPSH)_r - 0,5$$

$$h_{adm}^{asp} = 10.21 - 0.24 - 0.105 - 0.000719 - 7.95 - 0.5 = -1.42m.$$

Pour éviter tout risque de cavitation il suffit de respectée l'inégalité suivante:

$$(NPSH)_d > (NPSH)_r$$

Alors :

$$(NPSH)_d = 10.21 - 0.24 - 0.000719 - 0.105 - (1.42) = 8.45m$$

On remarque que : $(NPSH)_d = 8.45 \text{ m} > 7.95 = (NPSH)_r$

Donc notre pompe est bien protégée contre le risque de cavitation.

Conclusion :

Donc notre système de pompage est composé de une pompe de type **P16C/10/35/1E**

V.7.Le réseau de distribution:

V.7.1. Tracé du réseau de distribution :

Pour le choix du tracé du réseau de distribution, il est impératif de s'assurer de certaines considérations, qu'on résume en :

- ✓ Il est important de chercher un profil en long aussi régulier que possible pour éliminer les contres pentes ;
- ✓ Dans le but d'économie du projet, le tracé doit être le plus court possible ;
- ✓ Éviter le phénomène de cavitation qui peut engendrer les éclatements et vibration de la canalisation au cours de la phase de surpression ;

- ✓ Éviter les forêts, bois et zones marécageuses, ainsi que la traversée des obstacles (routes, voies ferrées, canaux, oueds,).

Le tracé escompté est un réseau ramifié qui conduit à un coût d'investissement optimum.

V.7.2. Choix des matériaux de canalisation :

Trois classes de conduites disponibles sur le marché et qui font l'objet de la présente analyse. Les conduites sont en PEHD, destinées à la pression de 6 bars et Les conduites en PRV pour les conduites d'irrigation avec un diamètre de 315 à 110mm et la Fonte et le . Pour ce faire, les calculs hydrauliques ont été effectués et ils sont figurés en Section. Les conduites secondaires se terminent par les bornes sur les parcelles.

PEHD :

Les tuyaux en matière plastique sont les plus légers de tous les tuyaux. Ils sont faciles à couper, à poser et à assembler si certaines précautions sont prises. Ils ont de très bonnes propriétés hydrauliques et ne sont pas sujets à la corrosion. Toutefois leur résistance mécanique présente une limitation plus sévère que les autres matériaux (Casse pour le PVC, écrasement pour le PEHD).

PRV (polyester renforcé verre) :

C'est un matériau composite constitué d'une matrice polymère (appelée résine) renforcée par des fibres ou parfois par des microsphères de verre, Ses propriétés de résistance (mécanique, chimique) et sa densité sont très favorables, comparé aux métaux. et sa résistance à la corrosion.

Fonte :

La fonte est un matériau noble apte à prendre en charge les grandes pressions, il n'est pas sensible à la corrosion et sa pose se fait sans grande contrainte. Néanmoins elle nécessite beaucoup de pièces spéciales ainsi son prix devient onéreux mais acceptable par rapport à la longévité de la conduite.

V.7.3. Dimensionnement du réseau de distribution :

Calcul des diamètres :

Le calcul des diamètres est réalisé sur la base des débits véhiculés par le tronçon de conduite, et les vitesses. La formule de « LABYE » nous donne une approche du diamètre économique qu'on normalise :

$$D = \sqrt{\frac{4 \times Q \times 0.001}{\pi \times V}} \times 1000 \dots\dots(V.14)$$

Avec :

- ✓ **Q** : débit, exprimé (m³/s) ;
- ✓ **D** : diamètre exprimé (mm)
- ✓ **V** : vitesse d'écoulement dans les conduites.

La vitesse admissible :

La vitesse admissible varie entre 0.5 m/s, comme vitesse inférieure, et 2.5 m/s comme vitesse maximum.

- ❖ Dans notre étude, on prend une vitesse moyenne dans la conduite égale à 1.2 m/s.

Calcul de perte de charge (unitaire, singulière) :

- 1-** *Les pertes de charge unitaires* : ont été définies par la formule de « LECHAPT et CALMON », qui est donnée par la formule suivante :

$$h_{Pu} = \frac{L \times Q^M}{D^N} \times C \dots\dots(V.15)$$

Avec :

- ✓ **h_{Pu}** : Pertes de charge unitaire en mm/ml
- ✓ **Q** : Débit en m³/s
- ✓ **D** : Diamètre de la conduite considérée.
- ✓ **L, M et N** : Paramètres en fonction de la rugosité absolue (Ks) des canalisations
- ✓ **C** : coefficient compris une majoration de 10 %

2-les pertes de charge singulière j dont: $J=L \times (Q^M/D^N) \dots\dots(V.16)$

Tableau V.12 : Paramètres de pertes de charge de la loi de Lechapt-Calmon

Ks (mm)	L	M	N
0,1	1,15	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

La rugosité équivalente : K=0.1 mm, donc : L=1.15 M=1.89 N=5.01.

- **Dans notre cas :** les conduites seront en fonte si leur diamètre est inférieure ou égal à 315mm et en PEHD dans le cas contraire

Tableau V.13 : Calculs hydrauliques du réseau de distribution

tronçon	L(m)	L(Km)	debit (l/s)	debit (m3/s)	diam calculé	DN	V réelle	matériaux	pdctot	pdcmajorée	cote terrain aval	cote piezo	pression(m)	pression (bars)
V-N1	190	0.19	428.4	0.428	319.2	400	1.54	PEHD	1.296	1.425	140	161	21.00	2.10
N1-N2	285	0.285	428.4	0.428	319.2	400	1.54	PEHD	1.944	2.138	127.00	154.00	27.06	2.71
N2-B1	25	0.025	115.6	0.116	114.9	125	1.27	PEHD	0.368	0.405	123.00	154.7	31.70	3.17
N2-N3	132	0.132	104.4	0.104	297.8	315	1.48	PEHD	0.884	0.973	135.00	177.69	42.69	4.27
N3-N4	180	0.18	104.4	0.104	297.8	315	1.48	PEHD	1.206	1.326	132.20	186.57	54.37	5.44
N4-B2	30	0.03	112.5	0.113	103.1	110	1.32	PEHD	0.557	0.612	131.60	190.38	58.78	5.88
N4-N5	220	0.22	91.91	0.092	279.3	315	1.30	PEHD	1.157	1.273	119.2	192.02	72.51	7.25
N5-B3	25	0.025	17.79	0.018	122.9	125	1.45	PEHD	0.474	0.522	100.20	177.96	77.96	7.80
N5-N6	300	0.3	74.12	0.074	250.8	250	1.51	PEHD	2.620	2.882	85.3	97.97	12.67	1.27
N6-N7	150	0.15	74.12	0.074	250.8	250	1.51	PEHD	1.310	1.441	73.5	85.99	12.49	1.25
N7-B4	25	0.025	112.5	0.112	102.9	160	0.62	PEHD	0.070	0.077	55.90	92.29	36.39	3.64
N7-N8	62	0.062	61.65	0.062	228.8	250	1.26	PEHD	0.382	0.421	36.00	55.08	19.08	1.91
N8-B5	25	0.025	113	0.113	104.9	110	1.37	PEHD	0.495	0.545	31.00	50.81	19.81	1.98
N8-N9	246	0.246	88.68	0.088	203.3	250	0.99	PEHD	0.971	1.068	35.55	59.1	23.55	2.36
N9-N10	42	0.042	88.68	0.088	203.3	250	0.99	PEHD	0.166	0.182	34.54	58.02	23.48	2.35
N10-N11	162	0.162	88.68	0.088	203.33	250	0.99	PEHD	0.639	0.703	33.65	57.32	23.67	2.37
N11-N12	75	0.075	88.68	0.088	203.33	250	0.99	PEHD	0.296	0.326	32.39	57.95	25.56	2.56
N12-N13	135	0.135	88.68	0.088	203.33	250	0.99	PEHD	0.533	0.586	30.00	55.11	25.11	2.51
N13-B6	25	0.025	18.78	0.019	86.35	110	0.92	PEHD	0.237	0.261	20.00	45.10	25.10	2.51

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons abordé les variantes d'aménagement du système d'adduction et détaillé les structures et facteurs régissant la conception et la gestion d'un système d'adduction ainsi que les calculs hydraulique des canalisations.

Dans le cadre de la réalisation du projet, le périmètre est découpé en 6 îlots d'irrigation alimentés chacun par une borne d'irrigation, avec une superficie totale de 500 ha.

En deuxième phase, nous avons entamé le calcul hydraulique des canalisations du système d'adduction du périmètre d'étude, ce qui a permis d'estimer les pressions aux bornes.

Chapitre VI :

Dimensionnement à la parcelle

Introduction :

Dans le but d'économiser le maximum d'eau et d'avoir une haute performance du réseau d'irrigation, nos parcelles seront dimensionnées par les deux techniques les plus efficaces des systèmes d'irrigation à savoir l'aspersion et le goutte à goutte et cela, vu leurs économies d'eau et leurs avantages sur les rendements des cultures.

VI.1. Dimensionnement d'un réseau d'irrigation par aspersion :

Avec l'aspersion, l'eau d'irrigation est amenée aux plantes sous forme de pluie artificielle, grâce à l'utilisation d'appareils d'aspersion alimentés en eau sous pression

Le dimensionnement des ouvrages cités, nécessite au préalable de quantifier certains paramètres nécessaires à la mise en œuvre de cette technique, tels que le choix de la culture et les caractéristiques de la parcelle choisie.

VI.1.1. Choix de la culture:

Dans notre cas nous avons choisi l'irrigation des carottes, Pour laquelle la totalité des canalisations et des asperseurs est mise en place sur la parcelle, durant toute la campagne d'irrigation.

VI.1.2. choix et caractéristiques de la parcelle :

On va choisir la parcelle n° 1 de l'ilot n°1 dont :

- ✓ La culture mise en place est **les carottes** sur une surface de **1.44ha**.
- ✓ La pression du service de la borne **B1** est de **3.2 bar**.

Tableau VI. 1 : tableau récapitulatif des données nécessaires pour le dimensionnement.

Caractéristique du périmètre		Caractéristique du sol et de la culture	
Longueur	120	Besoins en de pointe	302.3 mm/mois
Largeur	120	Perméabilité du sol	9.1 mm/h.
Temps de travail	26jours/mois	Temps de travail	22 h/jr

- **Calcul de la dose pratique la RFU** : elle est calculée comme suit :

$$RFU = Y \cdot (H_{cc} - H_{pf}) \cdot Da \cdot Z \dots \dots \dots (VI.1)$$

Avec :

Y: degré de tarissement : égal à 2/3 ;

Da: densité apparente : égale à 1.35

Z: profondeur d'enracinement mm (0.60m)

Hcc: humidité à la capacité au champ (38%)

Hpf : humidité au point de flétrissement (16%).

Donc : RFU= (38-16)/100 x 1.35 x 600 x 2/3= 118.8mm

VI.1.3. Dimensionnement théorique :

Calcul du diamètre de l'ajutage :

La perméabilité du sol K= 9.1 mm/h; On pose $p \leq k$ tel que p : pluviométrie de la buse.

Le diamètre de la buse se calcule par la formule suivante :

$$p = \frac{1,5 \cdot d}{1,04} \text{ donc: } d = \frac{p \cdot 1,04}{1,5} \dots \dots \dots (VI.2)$$

D'où : $d = \frac{9.1 \cdot 1,04}{1,5} = 6.3mm$

D'après la fiche technique d'un arroseur de type PERROT type **PR24 (Annexe 4)**, le diamètre de la buse normalisé le plus proche est de 6 mm.

Calcul de la portée du jet (L);

La portée du jet est la distance de l'appareil au point du rayon arrosé, permet de définir la surface circulaire arrosée par l'appareil, se calcule par l'équation suivante :

$$L = 3 \cdot d^{0,5} \cdot h^{0,25} \dots \dots \dots (VI.3)$$

Avec :

d : le diamètre de la buse (mm)

h : pression à la buse (m), dans notre cas la pression min P= 3 bars, hauteur d'eau =32m.

$$L = 3 \cdot (6)^{0,5} \cdot 30^{0,25} = 17.47$$

Théoriquement, cette formule est valable, mais demande encore plus de précisions en fonction du diamètre choisi et recommandé par le fournisseur.

Pour le diamètre de la buse de 6 mm à une pression minimale de 3 bars, la portée calculée est de 17.5m.

Ecartements entre les rampes et arroseurs :

En fonction de la vitesse du vent, les normes américaines recommandent l'écartement maximum suivant :

- El entre les lignes d'arrosage : 1,25L (vent faible) à 1,02 L (vent fort).
- Ea entre les arroseurs sur la rampe : 0,8 L (vent faible) à 0,5 L (vent fort).

Les valeurs maximales correspondent à des conditions de vent peu violent (<10Km/h).

Notre zone d'étude présente des vitesses maximales de vents de l'ordre de 1.8 m/s=6.5Km/h, donc on prend les valeurs suivantes :

$$E_l = 1,25 \cdot 17.5 = 21.9m$$

$$E_a = 0,8 \cdot 17.5 = 14.0 m$$

➤ Les valeurs normalisées des écartements sont comme suit :

$$E_l=22m, \quad E_a=14m, \text{ soit donc un ecartement } 22 \times 14m.$$

Débit de l'asperseur :

Le débit d'un asperseur se calcule, par la relation suivante :

$$q = 0,95 \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot h}.$$

$$q = 0,95 \cdot \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4} \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 30} \quad \dots\dots\dots(VI.4)$$

$$q = 2.35m^3 / h$$

Avec q débit de l'asperseur (m3/h).

Vérification de la pluviométrie de la buse :

Si on admet que l'écartement est proportionnel à la portée, la pluviométrie horaire p en (mm/h) peut être appréciée via la relation :

$$p = \frac{q}{E_l \cdot E_a}$$

Q : est le débit de l'asperseur choisi, $q=2.37 \text{ m}^3/\text{h}$

$$D'où \quad p = \frac{2,37}{22 \cdot 14} = 0.0077 \text{ m} / \text{h} = 7.7 \text{ mm} / \text{h}$$

Donc le diamètre de la buse (6 mm) choisi, assurera une pluviométrie $P \leq K=9.1 \text{ mm/h}$.

Calcul du tour d'eau :

La durée du tour d'eau correspond à la durée nécessaire à l'arrosage de l'ensemble des parcelles.

$$T_{eau} = \frac{Dose_{RFU} \cdot N_J}{B_{mp}} \quad \dots\dots\dots(VI.5)$$

$$Teau = (118.8 * 26) / 302.3 = 10.22 \text{ jours.}$$

On prend un tour d'eau de 11 jours.

Donc on irrigue trois fois par mois.

La dose réelle :

$$Dr = Teau \cdot \text{les besoins journalies} = 11 \cdot (302.3/30) = 110.84 \text{ mm}$$

$$Dr = 110.84 \text{ mm.}$$

Calcul de la dose brute :

$$Db = \text{La dose réelle} / 0,75 = 110.84 / 0,75 = 147.79 \text{ mm}$$

Temps d'arrosage :

Le temps T pour donner une dose par un asperseur sans dépasser la capacité d'infiltration se calcule d'après la relation suivante :

$$T = \frac{dose_brute}{pluviometrie} = 147.79 / 6.2 = 23.83 \text{ h}$$

$$T = 24 \text{ h avec une dose brute de de } 147.79 \text{ mm}$$

Donc on pourra adopter 1 post par jour pour un asperseur.

Calcul du débit d'équipement (Qeq) :

$$Qeq = \frac{S(\text{ha}) \cdot B(\text{mm}) \cdot 10}{T \cdot n \cdot Nj} = \frac{1.21 \cdot 302.3 \cdot 10}{24 \cdot 1 \cdot 26} = 5.86 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Calcul de l'unité d'arrosage (SU) :

$$\text{La surface unitaire arrosée : } SU = \frac{S}{Teau \cdot n} = \frac{1.44}{11 \cdot 1} = 0.13 \text{ ha}$$

Nombre d'asperseur requis (N_{asp}) :

$$N_{asp} = \frac{SU \cdot 10000}{El \cdot Ea} = \frac{0.13 \cdot 10000}{22.14} = 4.22 \text{ asp}$$

Donc on prend 5 asperseur.

VI.1.4. Dimensionnement hydrauliques des rampes :

Longueur de la rampe :

Cette étape de dimensionnement diffère d'une parcelle à une autre car elle basée sur les dimensions de la parcelle ainsi que la façon dont on projette le réseau d'aspersion.

Il est envisagé deux dispositifs d'installation des asperseurs sur la rampe :

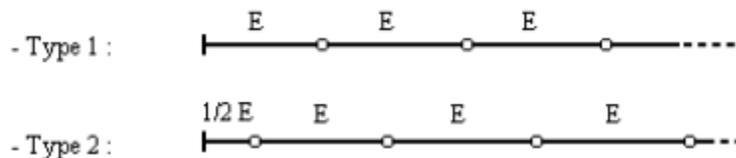


Figure VI.1. Dispositifs d'installation des asperseurs.

La longueur de la rampe est donc :

Pour le type 1 : $L = n \cdot E$ (VI.6)

Pour le type 2 : $L = (n-0,5) \cdot E$ (VI.7)

D'où :

on installe selon le type 1 : $L = n \cdot E$

d'où :

$$L = \text{largeur de terrain} / 2 - Ea/2 = 120/2 - 14/2 = 53 \text{ m}$$

Nbre asperseur/rampe (N) :

$$N = \text{largeur} / Ea = Lr / Ea = 53 / 14 = 3.7 \text{ asperseurs} = 4 \text{ aspr/rampe}$$

Nombre de rampes(Nr):

$$N_r = N_{asp} / (\text{nbr asp/ rampe}) = 2 \text{ rampes.}$$

On travaille avec 02 rampe

Calcul du débit de la ramp(Q_r) :

Q_r = le débit de l'asperseur \times le nombre d'asperseur/ rampe.

$$\text{Le débit de la rampe : } Q_r = 2,35 \cdot 4 = 9.4 \text{ m}^3/\text{h} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s}$$

Nombre de position des rampes :

$$N_r = \frac{l_r}{E_l} = \frac{120}{22} \approx 6$$

Lr : longueur du terrain = 120 m, El : espacement entre les rampes (=22m).

Le nombre de poste égale à 6 postes.

Calcul du Diamètre de la rampe :

$$\text{Diamètre de la rampe : } D_R = \sqrt{\frac{4Q_R}{\pi.V}} \dots\dots\dots(\text{VI.8})$$

Avec

V : vitesse de l'écoulement à travers la rampe

$$\text{Ou : } V \leq V_{ADM} ; V_{adm} \in [0.5 \div 2.5]m/s$$

On suppose que V= 1 m/s et on calcule D_R

$$D_R = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1}} = 0,0393m = 39mm$$

Les conduites en PEHD disponibles sur le marché ont les diamètres suivants:

50 ; 63 ; 75 ; 90 ; 110 ; 125 ; 160 et 200mm.

Le diamètre normalisé ($D_R=50$ mm).

La nouvelle vitesse sera :

$$v = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 2,6 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot (50 \cdot 10^{-3})^2} = 1,32m/s \quad \text{Ce qui est conforme.}$$

Dimensionnement de la porte-rampe :

La longueur de la porte-rampe est calculée par :

$$L_{pr}=120-22/2 =109 \text{ m}$$

On recalcule avec le porte-rampe :

$$Q_{p_rampe} = Q_{asp} \cdot (n_{asp}/rampe) \cdot N_{rampe} = Q_r \cdot N_{ramp} = 0.0026 \cdot 2 \cdot Q = 0.0052m^3/s$$

$$\text{Ou : } V \leq V_{ADM} ; V_{adm} \in [0.5 \div 2.5]m/s$$

On suppose que V = 1.5 m/s et on calcule D_R

$$D_{pr} = \sqrt{\frac{4,5 \cdot 2 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 1,5}} = 0,066m = 75mm ,$$

Donc le diamètre normalisé ($D_{pr}=75$ mm), et les pertes de charges n'ont pas dépassent les normes de Christiansen

On prend donc un diamètre de la porte rampe de 75mm.

Calcul des pertes de charge :

L'expression générale des pertes de charges linéaire dans les conduites est calculée généralement par une formule de type Hazen Williams :

$$\Delta H = \left(\frac{3.592}{C_H}\right)^{1.852} \frac{Q^{1.852}}{D^{4.87}} \dots\dots\dots(VI.9)$$

Ou ΔH = Perte de charge unitaires (m/m)

Q : Debit de la conduite en m³/s

CH : coeffcient equivaut à140.

Pour la rampe on a : L=53m, D= 0.050 m, Q= 0.00288 m³/s

ΔH_{rampe} = 2.2 m .

Pour la porte rampe on a : L=109m, D=0.075m, Q=0.0026m³/s

ΔH porte-rampe = 1.27 m.

Les pertes de charges totales pour les rampes sont de 2.2m et 1.27m pour la porte rampe.

Donc :

$\Delta H_t=2.2+1.27=2.47$ m de perte de charge, la règle de Christiansen est donc respectée.

VI.1.5. Calcul de la pression en tête du réseau:

C'est la pression nécessaire pour le bon fonctionnement du dernier asperseur.

$$H = H_1 + H_2 + H_3$$

H : pression à la tête de la parcelle.

H1 : pression nécessaire pour le bon fonctionnement d'un asperseur (3bar).

H2 : perte de charge totale de la rampe

H3 : la dénivelée. (0 m. terrain relativement plat)

H=30+2.47+0=32.47m.

P=3,3 bar, ce qui est largement suffisant vu la pression aux bornes qui est de 3.5 bars.

VI.2 : Dimensionnement d'un réseau d'irrigation goutte à goutte :

VI.2.1. données nécessaire pour le dimensionnement :

On va choisir la parcelle n° 1 de l'ilot n°1 dont :

- ✓ la pression du service de la borne **BG1** est de **3.2 bar**.
- ✓ La culture mise en place est **l'olivier**, dont :
 - Besoins en de pointe **256.9 mm/mois**
 - surface de **1.46ha**
 - Longueur: **120 m**.
 - largeur : **80 m**.
 - avec un écartement de **2*2,2m**
 - un espacement des goutteurs **2 m**:
- **Caractéristique du goutteur ;**
 - Débit nominal : 1 l/h
 - Pression nominale : 10 m.c.e
 - Espacement des goutteurs : 1 m
 - Le nombre de goutteurs par arbre : 2

VI.2.2 Besoins d'irrigation des cultures en irrigation localisée :

Influence du taux de couverture du sol :

En micro-irrigation, les apports d'eau étant localisés sur une portion très faible de la surface du sol située au voisinage des plantes, donc à l'ombre du feuillage, la part d'évaporation directe à partir du sol est réduite On applique alors à L'ETM un coefficient de réduction K_r :

K_r dépend du taux de couverture du sol ($C_s = 60\%$) pour les plantes adultes.

K_r peut être calculé par diverses formules proposées ci-après :

La formule de Freeman et Garzoli :

$$K_r = C_s + 0.5(1 - C_s) \dots\dots\dots(\text{VI.10})$$

La formule de Decroix (CTGREF) :

$$Kr = 0.1 + Cs \quad \dots\dots\dots(VI.11)$$

- Pour notre cas on considère un taux de couverture égale à 60% (pour les arbres adultes) donc :

Kr =0.80 selon Freeman et Garzoli

Kr =0.70 selon Decroix (CTGREF)

On prendra un coefficient Kr = 0.80

$$B_{jl}=B_j*K_r \quad \dots\dots\dots(VI.12)$$

$$B_j=ETM_c= 8.69*0.8=6.95 \text{ mm/j}$$

Dose nette pratique :

La deuxième étape en micro-irrigation, est la détermination d'une fraction ou pourcentage d'humidification du bulbe humide dans la zone racinaire. La différence par rapport aux autres systèmes (gravitaire ou par aspersion) est qu'il ne s'agit plus d'humidifier uniformément la totalité du sol sur une même profondeur h :

La dose (RFU) étant définie par la hauteur d'eau P :

$$Dp = (Hcc-Hpf).Y.Z.P\% =RFU*P\% \dots\dots\dots(VI.13)$$

Tel que : Hcc : (28%), Hpf : (16%) ; Y : (2/3) ; Z : profondeur des racines (1500 mm)

P : Pourcentage du sol humidifié

$$P\% = \frac{n.Spd.Sh}{Sa.Sr}$$

P : Volume du sol humidifié

N : Nombre de point (goutteurs) de distribution par arbre =2

S_{pd} : Distance entre deux points de distribution voisins du même arbre = 1

S_h : Largeur de la bande humidifiée = 0.5m

S_r : Ecartement entre rangs d'arbre =2.20

S_a : espacement des arbres sur les rangs= 2

$$P\% = \frac{2 \cdot 2 \cdot 0.5}{2,2 \cdot 2} = 41\%$$

$D_p = (28-16) / 100 \times 1500 \times 2/3 \times 1.35 \times 0.41$ donc : **$D_p=66.42$ mm**

Fréquence des arrosages (Fr_{jours}) :

La fréquence d'arrosage est donnée par la formule suivante :

$$Tr = \frac{Dose\ nette}{ETMc} = \frac{66.42}{8.69} = 7.6\ jours$$

Donc on prend $Tr = 8$ jours.

Calcul de la dose réelle :

On recalcule la nouvelle dose réelle (dose brute): $D_{brute} = B_j * Tr / (E_f \cdot C_u)$

C_u : coefficient d'uniformité $C_u=90\%$

E_f : efficacité du réseau d'irrigation $E_f=90\%$

$$D_{brute} = \frac{Dr}{C_u * e_f} = \frac{6.95 \times 8}{0.9 * 0.9} = \mathbf{68.6\ mm}$$

Avec: $Dr = B_j * Tr$

I Durée de fonctionnement par d'arrosage (h) :

$$\theta = \frac{D_{br} * S_d * S_r}{n * q_g}$$

Avec :

S_r et S_d espacement entre rang et distributeur, n et q_g nombre et débit du goutteur.

$$\theta = \frac{63 * 1 * 2.2}{1 * 2} = 69.3\ heures \approx 70\ heures$$

Durée d'arrosage journalier :

$$D_j = \frac{\text{durée d'arrosage}}{T_r} = \frac{70}{8} = 9 \text{ heures/jour}$$

Nombre de poste

Le nombre de poste par jour est défini comme suit :

$$N = \frac{\text{Temps de travail}}{\text{Durée d'arrosage journalier}} = \frac{20}{9} = 2.22. \dots\dots\dots(\text{VI.14})$$

On prend 02 postes.

➤ **Surface du poste**

$$S_p = \frac{\text{Surface totale}}{\text{Nombre de poste}} = \frac{1.4}{2} = 0.7 \text{ ha} \dots\dots\dots(\text{VI.15})$$

VI.2.3. Calcul hydraulique :

Les calculs hydrauliques consistent à déterminer les paramètres suivants :

- ✓ Les débits au niveau de chaque tronçon et à la tête du réseau.
- ✓ Les diamètres des conduites.
- ✓ Les vitesses d'écoulement de l'eau dans les conduites.
- ✓ Les pertes de charges totales.

La variation maximale du débit entre goutteur ne doit pas dépasser 10% selon la règle de Christiansen :

$$\frac{\Delta q}{q} = 10\%$$

➤ **La variation maximale de la pression :**

$$q = K.H^x \quad \text{avec } x=0.5 \text{ (caractéristique du goutteur)}$$

$$\frac{\Delta q}{q(g)} = x \frac{\Delta H}{H(n)} \dots\dots\dots(\text{VI.16})$$

Avec :

q(g) : débit nominal du goutteur

H(n) pression nominal x=0.5 pour les goutteurs (circuit court) et H(n) =10 mce (1 bar)

$$0.1 = 0.5 \frac{\Delta H(\max.)}{10} \dots\dots\dots(\text{VI.17})$$

$\Delta H(\max.)=1/0.5 = 2$ mce.

Donc selon la règle de Christainsen 10% ΔH singulières = 0.2 m

Le reste 1.8 ΔH linéaire = 1.8 m

Donc pour les rampes 2/3. 1.8 = 1.2 m

Pour le porte rampe = 1/3. 1.8 = 0.6 m

VI.2.4. Dimensionnement des canalisations du réseau :

Pour le calcul des dimensions des canalisations (rampe et porte rampe), on propose que les rampes soient en PEBD ou PEHD.

Les rampes :

Qui sont toujours en PEBD (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations ou l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre.

Les portes- rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

- Le diamètre de rampes ainsi que des portes rampes est calculé d'après les formules suivantes :

$$\varnothing r(cal) = \left[\frac{P.d.c (r)*2.75}{0.478*Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

$$\varnothing pr(cal) = \left[\frac{P.d.c (pr)*2.75}{0.478*Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}}$$

Avec:

- $P_{dc}(r)$: la perte de charge dans la rampe
- $Q(r)$: le débit de la rampe en l/h
- $L(r)$: la longueur de la rampe en m
- \varnothing_r (cal) : le diamètre de rampes
- \varnothing_{pr} (cal) : le diamètre de porte rampe

❖ **Pour les rampes : L= 80 m :**

- . Q_r : Débit de rampe.
- . Q_g : Débit du goutteur
- . $N_{g/r}$: Nombre des goutteurs par rampe
- . N_r : Nombre des rampes
- Q_{pr} : Débit de porte rampe

Le nombre d'arbres par rampe :

$$N_{\text{arbres}} = L_r/E_a = 80/2 \Rightarrow 40 \text{ arbres}$$

Nombre des goutteurs par rampe :

$$N = N_{\text{arbres}} * n = 40 * 2 = 80 \text{ goutteurs}$$

Débit de la rampe :

$$Q_r = N_{g/r} * Q_g \quad Q_r = 1 * 80 = 80 \text{ l/h}$$

Diametre de la rampe :

$$\varnothing_r(\text{cal}) = \left[\frac{P.d.c(r) * 2.75}{0.478 * Q(r)^{1.75} L(r)} \right]^{\frac{1}{4.75}} = 8.41 \text{ mm}$$

$D_{\text{rampe}} = 8.41 \text{ mm}$, on prend DN = **16 mm**

❖ -Pour le porte rampe : $L=120$ m

Le nombre des rampes :

$$N_r = L_{pr}/E_r = 120/2.2 = 54 \text{ rampes.}$$

Débit du porte rampe :

$$Q_{pr} = Q_r * N_r = 80 * 54 = 4320 \text{ l/h}$$

Nombre de porte rampe :

$$N_{pr} = 1 \text{ (1 seul porte rampe)}$$

diamètre de porte rampe :

$$Q_{csl} = Q_{pr} * N_{pr} = 4320 * 1 = 4320 \text{ l/h} = 0.0026 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\phi_{pr}(cal) = \left[\frac{P.d.c(pr) * 2.75}{0.478 * Q(pr)^{1.75} L(pr)} \right]^{-\frac{1}{4.75}} = 66.11 \text{ mm}$$

Donc on prend $\phi_{pr} = 75 \text{ mm}$

Conclusion :

A travers ce chapitre, une application du dimensionnement de deux systèmes d'irrigations a été réalisée afin de permettre une augmentation des rendements des cultures et une économie d'eau. Un système goutte à goutte pour la culture de l'olivier et l'aspersion pour le luzerne, les pressions nécessaires au fonctionnement ont été bien vérifiées.

Chapitre VII :

Aspect technico-économique

Introduction :

Dans ce chapitre on va procéder à un calcul détaillé qui consiste à déterminer toutes les quantités des matériaux ainsi que le cout global du projet de l'aménagement du notre périmètre, pour se faire il est important d'estimer toutes les opérations nécessaires à la réalisation d'ouvrage hydro-agricole des lots suivants :

- lot n°1 : Le système de pompage avec la conduite de refoulement.
- lot n°2 : Le réservoir de stockage.
- lot n°3 : Le système d'adduction.

VII.1. Différents travaux à entreprendre :

VII.1.1 Exécution des tranchées :

C'est une opération de terrassement (déblais) qui consiste à faire des excavations. Ces excavations seront faites par une pelle hydraulique et les déblais seront posés à côté de la tranchée, l'autre côté étant réservé au bardage des conduites.

VII.1.2 Pose du lit de sable

Cette opération consiste à poser un lit de sable au fond de la tranchée, ce lit aura une épaisseur de 20cm dans notre cas.

VII.1.3 Pose des conduites

Avant la pose des conduites dans chaque fouille, on procède à un tri des conduites de façon à écarter celles qui ont subies des chocs ; et on les descend lentement à l'aide d'un engin de levage, dans le fond de la fouille. Au cours de pose, on vérifie régulièrement l'alignement des tuyaux pour n'avoir pas des difficultés au raccordement des conduites.

VII.1.4 Epreuve de joint et de la canalisation

Pour plus de sécurité, l'essai de pression des conduites et des joints se fait avant le remblaiement, on l'effectue à l'aide d'une pompe d'essai qui consiste au remplissage en eau de la conduite sous une pression de 1,8 fois la pression de service à laquelle sera soumise la conduite lors du fonctionnement. Cette épreuve doit durer 30 minutes environ où la variation ne doit pas excéder 0.2 bar.

VII.1.5 Remblayage des tranchées

C'est une opération de terrassement qui consiste à enterrer la conduite, en utilisant le remblai résultant de l'excavation.

VII.1.6 Nivellement et compactage

Le nivellement consiste à étaler les terres qui sont en monticule, ensuite au compactage pour augmenter la densité des terres et éviter le tassement par la suite.

VII.2. Estimation du système de pompage immergé et la conduite de refoulement:

VII.2.1 Système de pompage :

Notre système de pompage est composé électropompes monobloc a axe vertical:

- ✓ des groupes électropompes immergé.
- ✓ petit bâtiment de protection.

Devis pour le système de pompage :

1-groupes électropompes :

Une pompe monobloc (pompe pour chaque forage) et une pompe de secours.

2-Dimensions de bâtiment :

- La hauteur **H= 3.5m**
- La longueur **L= 5.5 m**
- La largeur **l = 5.5 m**
- H : hauteur de poteau = 3.5 m
- Poteaux : b×b=30×30 cm
- Poutres : b×b= [(40à50) ×30] cm
- Brique **30×20×15 cm**

(L = 4.9m ; l =4.9 m ; n_p=4)

3-Volume des travaux :

- **Décapage :** $V_d = L \times l \times e_d$
 $V_d = 5 \times 5 \times 0.1 = 2.5 \text{ m}^3$
- **Excavation :** $V_{ex} = 1 \times 1 \times 0.9 \times n_p$
 $V_{ex} = 0.9 \times 4 = 3.6 \text{ m}^3$
- **Déblai :** $V_D = 2.5 + 3.6 = 6.1 \text{ m}^3$
- **Béton de propreté :** $V_{b,p} = 10 \text{ cm} * 1\text{m} * 1\text{m} * n_p$
 $V_{b,p} = 0,1 * 1 * 1 * 4 = 0.4 \text{ m}^3$

- **Béton ordinaire (Béton armé 350 kg /m³) semelle :**

$$V_{B.A.S} = 1 \times 1 \times 0.3 \times n_p$$

$$V_{B.A.S} = 1 \times 1 \times 0.3 \times 4 = 1.2 \text{ m}^3$$

- **Demi-Poteaux :** $V_{D.P} = (0,6 \times 0,3 \times 0,3) \times n_p = \mathbf{0.216 \text{ m}^3}$

- **Remblai fouilles**

$$V_R = n_p [V_{\text{deblai/excav}} - V_{b.p} - V_{B.A.S} - [(V_{D.P} (0,3 \times 0,3 \times 0,1))]]$$

$$V_R = 4 (6.1 - 0.4 - 1.2 - (0.216 (0.3 \times 0.3 \times 0.1))) = \mathbf{18 \text{ m}^3}$$

- **Volume béton de propreté au-dessous de la ceinture**

$$V_{B.P.C} = (2 \times (L+1)) \times 0,1 \times 0,3$$

$$V_{B.P.C} = (2 \times (4.9+4.9)) \times 0,1 \times 0,3 = \mathbf{0.504 \text{ m}^3}$$

- **Béton armé Longrines**

$$V_{B.A.Longrine} = ((2 \times (L+1)) + (n_p \times 0,3)) \times e \times 0,3 \quad e = \mathbf{50 \text{ cm}}$$

$$V_{B.A.Longrine} = ((2 \times (4.9+4.9)) + (4 \times 0.3)) \times 0.5 \times 0.3 = \mathbf{1.062 \text{ m}^3}$$

- **Nombre de Brique**

$$V_{\text{tot}q|_{\text{brique}}} = 4.9 \times 3.5 \times 2 \times 4 \times 0.15 = \mathbf{20.58 \text{ m}^3}$$

$$N_{\text{brique}} = \frac{920.58}{0.15 \times 0.2 \times 0.3} = \mathbf{2087 \text{ pièces}}$$

- **Chape (Plate-forme)**

➤ **Graviers** (épaisseur = 3 cm)

$$V_{\text{graviers}} = (L \times l) \times 0,3 = 4.9 \times 4.9 \times 0.03 = \mathbf{7.862 \text{ m}^3}$$

➤ **Chape de béton armé = 7 cm**

$$V_{B.A.chape} = (L \times l) \times 0,07 = 4.9 \times 4.9 \times 0.07 = \mathbf{1.6807 \text{ m}^3}$$

- **Poteaux (Béton armé)**

$$V_p = n_p \times (0,3 \times 0,3 \times H)$$

tq : (H= 3 à 4) On prend **H= 3.5 m**

$$V_p = 4 \times (0,3 \times 0,3 \times 3.5) = \mathbf{1.26 \text{ m}^3}$$

- **Dalle** $V_{\text{dalle}} = V_{B.A.chape} = \mathbf{1.6807 \text{ m}^3}$

- **Poutre** $V_P = 0.2 V_{\text{dalle}} = \mathbf{0.337 \text{ m}^3}$

- **Maçonnerie extérieur**

$$S_{\text{Brique}} = 0,2 * 0,3 = \mathbf{0,06 \text{ m}^2} \quad (1 \text{ pièce})$$

$$N_{\text{TOTAL.Brique}} = \mathbf{3200 \text{ pièce}}$$

➤ **Estimation du cout de la station de pompage:**

Tableau VII.1: Estimation de cout du système de pompage.

Désignation des travaux	unités	Quantité	Prix unitaire	Montant (Da)
Décapage	m ³	5	250	1250
Excavation	m ³	7.2	400	2880
Béton de propreté	m ³	1.8	12000	21600
Béton armé				
Semelles	m ³	2.4	25000	60000
Demi-poteaux	m ³	0.432	25000	10800
Poutre	m ³	0.672	25000	16800
Chape	m ³	3.2	25000	80000
Poteaux	m ³	2.54	25000	63500
Longrine	m ³	2.12	25000	53000
Gravier	m ³	7.862	5000	39310
Remblai				
Fouille	m ³	36	450	16200
la dalle	m ³	28	450	12600
Maçonnerie				
Briques	U	3200	20	63000
Pompes type P16C/10/35/1E	U	4	200000	8000000
Total (DA)	8348390.00			
TVA (19%)	1586194.10			
PRIX TOTAL (DA)	9934584.10			

VII.2.2 Conduite de refoulement :

a- Calcul des volumes des travaux de l'adduction :

1- Calcul du volume de terrassement :

• **Largeur du fond de la tranchée :**

La largeur de la tranchée sera calculée en fonction du diamètre de la conduite on laisse 30 cm d'espace de chaque côté de la conduite, la largeur d'ouverture de la tranchée est obtenue par la formule :

$$B = d + 0.6 \text{ (m)}$$

Avec :

B : largeur de la tranchée (m)

d : diamètre de la conduite (m)

• **Profondeur de la tranchée :**

La profondeur de la conduite doit permettre la réalisation correcte des branchements particuliers, et d'empêcher toute intercommunication avec les autres conduites.

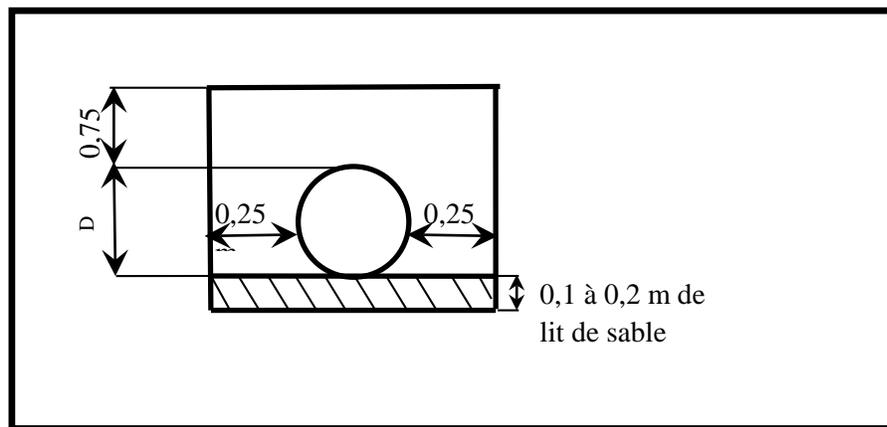


Figure VII.1: Schéma d'une tranchée.

$$H_{tr} = e + d + h \text{ (m)}$$

Avec :

H_{tr} : Profondeur de la tranchée. (m)

e : hauteur du lit de pose. (m)

d : diamètre de la conduite. (m)

h : la hauteur du remblai au-dessus de la conduite.

- **Section de la tranchée:**

Les sections des tranchées sont :

$$S_{tr} = B \times H_{tr}$$

H_{tr} : Profondeur total de la tranchée (m)

B : Largeur du fond de la tranchée (m)

- **Volume à excaver :**

Le volume d'excavation est :

$$V_d = S_{tr} \times L = (B \times H_{tr}) \times L$$

V_d : Volume du déblai (m³)

S_{tr} : La section de la tranchée (m²).

L : Longueur de la tranchée (m).

B : Largeur de la tranchée (m).

H_{tr} : La hauteur de la tranchée (m).

b- Les volumes des travaux de l'adduction :

Les calculs sont détaillés dans les tableaux suivant:

Calcul du volume de déblai :

Tableau VII.2 : Calcul du volume du déblai.

	Diamètre de la conduite (mm)	Longueur de la conduite (m)	Hauteur de la tranchée (m)	Largeur d'une tranchée b (m)	Le volume de déblai (m³)
Conduite de ref	400	4300	1.25	0.90	4297.14

Calcul du volume du lit de sable :

Ce lit correspond à une couche de sable de 12cm sur le fond de la tranché, donc c'est une

Surface constante le long de la tranchée, on calcule cette surface en utilisant la formule suivante :

$$V = e \cdot b \cdot L$$

Tableau VII.3: Calcul du volume du lit de sable.

	Hauteur (m)	Longueur (m)	Largeur (m)	Volume (m ³)
Conduite de ref	0.2	4160	0.9	774

3-Calcul du volume de remblai :

Ce volume est déduit à partir du volume du déblai, c'est le volume qu'occupe la conduite
Et le volume occupé par le lit de sable ;

$$V_r = V_d - (V + V_s)$$

tq :

V_r : Volume du remblai compacté (m³)

V_d : Volume du déblai (m³)

V_s : Volume du sable

V : Volume occupé par la conduite (m³)

Donc les volumes des travaux pour la conduite sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau VII.4 : Calcul du volume de remblai.

	Diamètre (mm)	Déblai (m ³)	Volume de la Conduite (m ³)	Volume du sable (m ³)	Volume du remblai (m ³)
Conduite de ref	400	4297.14	540.35	774	2982.78

L'adduction Le cout des travaux de l'adduction :

Tableau VII.5 : Estimation du cout de pose de la conduite d'adduction.

Désignation des travaux	Unité	Quantité	Prix unitaire DA	Montant DA
Déblai et remblai	m ³	4160	250,00	1 819 982.5
Lit de sable	m ³	774	850,00	657 900.00
Tube Ø 400	ml	4300	7000,00	30 100 000.00
Total 1 (HT)				32 577 882.5
TVA (19%)				6 189 797.675
Montant TTC				38 767 680.175

VII.3 Estimation des Frais des travaux sur le réservoir :

Les opérations à suivre pour la réalisation :

➤ Terrassements :

- Décapage des terres végétales.
- Fouille en grande masse jusqu'au bon sol.
- Remblai en terre épierrée.
- Transport des terres excédentaires.

➤ Coffrage :

- Radier.
- Voile.
- Coupole.

➤ Béton :

- Béton de propreté dosé a 150kg/m^3 .
- Béton : radier, voile (400kg/m^3) ; coupole (350kg/m^3)

VII.3.1 Terrassement :

a-Décapage :

$$S_{\text{dec}} = A*B$$

$$S_{\text{dec}} = (15+0.3*2+2) (15+0.3*2+2) = 424.36 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{dec}} = S_{\text{dec}} * e = 424.36 * 0.1$$

Avec: $e = 10 \text{ cm}$

$$\rightarrow V_{\text{dec}} = 42.436 \text{ m}^3$$

b-Les fouilles en grand masse

$$D = D_{\text{ext}} + 2 \text{ m}$$

$$D_1 = 18.6 + 2 = 20.6 \text{ m}$$

$$S_s = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi * 20.6^2}{4} = 333.13 \text{ m}^2$$

$$V = S_f * h_{\text{bs}} = 333.13 * 2.2$$

h_{bs} : hauteur du bon sol c'est 2.2m.

$$\rightarrow V_{\text{f1}} = 733 \text{ m}^3$$

c-Volume des terres :

$$V_{t1} = V_{f1} * C_{f1} = 733 * 1.3$$

$$\rightarrow V_{t1} = 953 \text{ m}^3$$

d-Les remblais des fouilles :

$$V_{rf} = S * h_{bs} - V_{bp}$$

$$V_{rf} = \frac{\pi(D_{fext}^2 - D_{ext}^2)}{4} * h_{bn} - 2$$

$$V_{rf1} = 3.14 * (22.6^2 - 20.6^2) / 4 * 2.2 - 2$$

$$\rightarrow V_{rf1} = 148 \text{ m}^3$$

e-Volume du déblai a transporté :

$$V_{t1} - V_{rf1} = 953 - 148 = 805 \text{ m}^3$$

XI.3.2 Bétonnage :

a-Volume de béton de propreté :

$$V_{bp} = S_{bp} * e_{bp}$$

$$S_{bp} = \frac{\pi(D_{ext} + 0.1)^2}{4} = \frac{\pi 18.7^2}{4} = 247.5 \text{ m}^2$$

$$V_{bp} = 247.5 * 0.2$$

$$\rightarrow V_{bp1} = 54.9 \text{ m}^3$$

b-Volume de radier :

$$V_{rad} = S_{rad} * e_r$$

$$S_r = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi 18.6^2}{4} = 271.57 \text{ m}^2$$

$$V_r = 271.57 * 0.35$$

$$\rightarrow V_{r1} = 95.05 \text{ m}^3$$

c-volume des voiles :

$$V_{bv} = \frac{\pi(D_{ex}^2 - D_{int}^2)}{4} * H_{rad} = 68.95$$

$$\rightarrow V_{bv} = 69 \text{ m}^3$$

d-Le volume de la coupole :

$$S_c = 2\pi R_{moy} * f$$

$$R_{moy1} = (R_{ext}^2 + f^2) / 2f = (9.3^2 + 1.2^2) / (2 * 1.2) = 36.63 \text{ m}$$

$$R_{moy2} = (R_{ext}^2 + f^2) / 2f = (8.8^2 + 1.2^2) / (2 * 1.2) = 32.86 \text{ m}$$

$$S1=2*3.14*36.63*1.2=276.1m^2$$

$$V_c=S*ef$$

$$\rightarrow V_{c1}= 27.61m^3$$

VII.3.3 Enduit et peinture :

$$S_{end}=\frac{\pi D_{int}^2}{4} + \pi D_{int} * Hr$$

$$\rightarrow S1_{end}= 476.3m^2$$

VII.3.4. Le cout des travaux de réservoir :

Tableau VII.6 : Coût des travaux de réalisation du réservoir

Désignation des travaux	U	Qté	Prix Unitaire	Montant en HT
Travaux de terrassement	M3	2829	200,00	565 800,00
béton de propreté dosé à 200kg/m3	m3	55	12 000,00	660 000,00
béton armé dosé à 400kg/m3 pour radier et paroi du réservoir, y compris le ferrailage.	M3	161	55 000,00	8 855 000,00
f/p de béton armé dosé à 350kg/m3 pour poutre et coupole du réservoir, selon plan remis y compris le ferrailage	M3	27.61	48 000,00	1 325 280,00
enduit et peinture	M2	476.3	1 400,00	879 200,00
une chambre de vanne de dimension intérieure de 4 m* 4 m y compris maçonnerie, enduit tous les équipements.	M2	16	45 000,00	666 820,00

fourniture et pose de fontainerie comprenant conduite d'adduction, de distribution, trop plein, vanne de vidange, ventouse sur conduite de distribution, vanne de distribution	ENS	1	1 000 000,00	1 000 000,00
TOTAL EN HT			13,352,100,00	
TOTAL EN TTC			14,352,100,00	

VII.4 : Estimation des frais du réseau de distribution :

Les prix des conduites sont détaillés comme suit :

Tableau VII.7 : Facture des différents types de conduites du réseau de distribution.

Conduites	Type de conduite	Unités de mesure	Quantité (m)	Prix unitaire (DA/m)	Montant (DA)
Ø 110	PEHD	ml	836	416,10	347 860,00
Ø160	PEHD	ml	1156	868,30	1 003 755,00
Ø 200	PEHD	ml	299	1 358,50	406 192,00
Ø 250	PEHD	ml	258	2 109,00	544 122,00
Ø 315	PEHD	ml	357	3 363,00	1 200 591,00
Total (HT)					12 995 464,20
TVA (19%)					2 469 138,20
Total (TTC)					15 464 602,40

VII.4.1. Calcul des volumes des travaux de distribution :

Pour les valeurs de (h, m) sont identiques à celles de l'adduction, il suffit juste de calculer les valeurs de b, pour les différentes gammes de diamètre, on fixe **H=1.2 m**

a- volume de déblai :

Tableau VII.8: volume du déblai.

Déblai H=1,2m2m				
Diamètre (mm)	B (m)	S (m2)	Longueur (m)	Volume du déblai (m3)
Ø 110	0.71	0.852	836	712.272
Ø160	0.76	0.912	1156	1054.272
Ø 200	0.8	0.96	299	287.04
Ø 250	0.85	1.02	258	262.65
Ø 315	0.915	1.098	357	391.986
Somme				6 155.895

b- Pose du lit de sable

Le tableau XI.9.récapitule les résultats de calculs de volume de lit de sable pour les différents Diamètres du réseau.

Tableau VII.9: volume du lit de sable.

Lit de sable h=0,2m2m				
Diamètre (mm)	B (m)	S (m2)	Longueur (m)	Volume du sable (m3)
Ø 110	0.71	0.142	836	118.712
Ø160	0.76	0.152	1156	175.712
Ø 200	0.8	0.16	299	47.84
Ø 250	0.85	0.17	258	43.775
Ø 315	0.915	0.183	357	65.331
Somme				1 026.105

c-Remblais compacté:

D'après les résultats des deux tableaux précédents on conclue le volume du remblai compacté

Pour chaque diamètre du réseau,

Le tableau VII.10 récapitule les résultats de calculs de volume du remblai compacté pour les différents diamètres du réseau

Tableau VII .10 : volume du remblai compacté.

Diamètre (mm)	Section du Conduit (m ²)	Longueur (m)	Volume de la conduite (m3)	Volume du lit de sable (m3)	Volume du déblai (m3)	Volume du remblai compacté (m3)
Ø 110	0.00950	836	7.941	118.712	712.272	585.619
Ø160	0.02010	1156	23.231	175.712	1054.272	855.329
Ø 200	0.03140	299	9.389	47.84	287.04	229.811
Ø 250	0.04906	258	12.658	43.775	262.65	206.217
Ø 315	0.07789	357	27.807	65.331	391.986	298.848
Somme						4828.734

VII.4.2. Le cout des travaux de pose de canalisation :

Tableau VII.11: Estimation du cout de pose de canalisation de la partie distribution

Désignation des travaux	Unité	Quantité M3	Prix unitaire DA	Montant DA
1) déblai	m ³	6 155.895	200	1 231 179,00
2) lit de sable	m ³	1 026.105	800	820 884,00
3) remblai	m ³	4 828.734	300	1 448 620,2
Total 1 (HT)				3 500 683,2
TVA (19%)				665 129,808
Montant TTC				4 165 813 ,01

VII.4.3. Accessoires du réseau de distribution

Tableau VII.12: Factures des pièces du réseau distribution

Pièces	Unité de mesure	Quantité	Prix unitaire (DA)	Montant (DA)
bornes d'irrigation 100 mm	U	23	52 000 ,00	1 196 000,00
filtres à sable	U	1	23 000,00	23 000,00
Vanne Ø110	U	10	11 000,00	110 000,00
Vanne Ø160	U	6	13 000,00	78 000,00
Vanne Ø315	U	2	15 000,00	30 000,00
Total 1 (HT)				1 437 000 ,00
TVA (19%)				273 030,00
Montant TTC				1 710 030,00

VII.3. Le cout totale du réseau de distribution:

Tableau VII.13:Devis estimatif total

	Montant DA
Cout de conduites du réseau de distribution	15 464 602,40
Cout des travaux de pose de canalisation	4 165 813 ,01
Cout des Accessoires du réseau de distribution	1 710 030,00
Total	21 340 445,41

VII.5 : Estimation du coût total du projet:

Le devis des différentes opérations sont comme suit :

- Devis de la partie adduction (système de pompage, conduite de refoulement)
48 702 264,275 DA
- Devis du réservoir **29 691 547,00DA**
- Devis de la partie distribution **21 340 445,41DA**

Donc le devis total du projet est estimé à : **192 805 890,685DA**

Conclusion:

L'estimation du coût total du projet a donné un montant global de **Cent Quatre-vingt deuze million huit cent cinq mille huit cent quatre-vingt-onze dinars.**

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

L'irrigation à partir des eaux usées après leur épuration à des fins agricoles est devenue l'une des solutions qui peut répondre aux problèmes de l'eau dans le monde et le besoins croissants en cette matière

Dans ce contexte d cette étude a pour objectif principal l'irrigation du périmètre EL HADAIEK a partir des eaux épurées de la station d'épuration de SKIKDA

Un réseau d'irrigation a été conçu avec un dimensionnement adapté au type de sol et de débit disponible

Lors du suivi, nous avons conclu que :

◆ Le climat de la zone d'étude est de type sub-humide tempérés avec précipitation moyenne annuelle de 811.87 mm et de température moyenne maximal de 26° en Aout

◆ La STEP de Skikda en service

◆ La superficie irriguée actuellement est de 5000 ha, mais on a trouvé que les besoins estimés des eaux en irrigation pour les terres agricoles est insuffisant pour irriguer toute la superficie, il est suffisant seulement pour 500 ha

◆ L'alimentation du périmètre EL HADAIEK se fera par une conduite gravitaire qui va acheminer les eaux usées traitées issues de la STEP DE SKIKDA, vers un réservoir.

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1-**M.R.E., 2007** - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 4: Norme de réutilisation des eaux usées épurées, D.A.P.E.

2-Baumont S Réutilisation des eaux usées épurées: risques sanitaires et faisabilité en Île-de-France. E.N.S.A.T.

3-**M.R.E., 2007** - Etude de réutilisation des eaux usées épurées à des fins agricoles ou autres sur tout le territoire national. Mission 2:Schéma directeur, D.A.P.E.

4-RÉUTILISATION DES EAUX USÉES Intérêt, bénéfices et contraintes de la réutilisation des eaux usées en France

5-FAO 1975. Les besoins en eau des cultures. Bull Fao n° 24. BULLTIN DE FAO N° 36, L'irrigation localisée (Calcul, mise en place exploitation, contrôle du fonctionnement).FAO 1983.p33

FAO. Agriculture et rareté de l'eau : une approche programmatique pour l'efficacité de l'utilisation de l'eau et la productivité agricole. COAG/2007/7, Rome, p 15 (2017).

Détection des œufs d'helminthes, AbwasserWasserwirtschaftWassertechnik, 16 ; 198-201 (1966).

6-L.Rieul: 1992, Guide pratique d'irrigation, édition, CEMAGRF Paris, pp : 219-223.

TOUAIBIA B. (Cours d'Hydrologie 3ème Année et Régularisation des débits 4ème année).

7- **ONID d'ALGER :** limites des périmètre d'irrigation

Annexes

Annexe 2 :Série pluviométrie de la station SKIKDA

années	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aout	P an
1979	38,5	52,1	82,2	12,5	89,1	8,7	8,4	163,8	48,7	20,2	0	18,2	542,4
1980	13,4	15,8	92,5	23,8	100,7	73,9	30,5	64,8	35	7,1	0	0	457,5
1981	6	80,7	93,3	21,1	56,8	72	88,7	132,8	10,1	21,9	0,5	5,3	589,2
1982	71	29,9	115	21,7	62,3	22,4	70,8	81,3	45,9	0	0	0	520,3
1983	36	50,3	66,5	141,2	67,1	59,2	49,2	40,9	8,8	0	0	8,9	528,1
1984	12,7	26	36,7	146	94,6	131,7	104,5	70,2	33,3	2,5	0	7,2	665,4
1985	8,4	160,3	150,5	99,6	17,8	4	66,4	3,6	10,7	4,9	0	0	526,2
1986	125,4	60,3	125,1	62,6	193,5	151,6	50,6	37,6	9,5	5,3	0,9	2,2	801,6
1987	31,3	234,3	45,1	232,3	79,4	34,6	155,4	43,7	44,1	0	0	0	811,0
1988	37	19	30,7	50,1	97,8	59,3	81,2	36,1	3,6	16,8	0,4	1,7	433,7
1989	13,1	66,1	99,8	148,4	97,7	117,6	86,9	37	61,2	0,5	6,6	2,5	737,4
1990	22,2	34,5	60,9	10,2	67,9	57,7	36,4	15,8	29,5	30,3	0,7	0	366,1
1991	82,5	2,5	54,8	106,4	28,4	57,1	24,3	78	25,6	10,4	1,7	16,1	487,8
1992	19,1	68,4	61,3	100,5	146,1	1,9	22,7	27,1	25,9	12,5	0	4	489,5
1993	3	28	116,3	175,4	75,5	66,8	109,6	26,5	7	40,7	0	4,8	653,6
1994	44,9	91,8	46,2	20	67,8	101,2	54,1	88,9	79,1	17,1	11,6	0,2	622,9
1995	5,6	25,6	169,5	155,5	57,3	38,6	58,2	58,2	58,2	3,9	0	1,5	632,1
1996	27,9	54,2	11,1	113,8	86	98,8	5,8	64,7	20,5	6	0	0	488,8
1997	26,8	42,8	17,3	114,8	150,2	17,7	80,5	22,2	8,2	29,4	0	21,8	531,7
1998	61,4	14,3	47,7	77,7	74,8	221,2	58,9	87,6	58,1	13,3	2,3	9,5	726,8
1999	24	40,4	45,4	69,5	74,8	23,5	30,3	33,7	6,9	31,9	0	9,1	389,5
2000	47,8	78,8	163	128,8	85,3	55,4	25,6	63,5	56,6	0	0	43,8	748,6
2001	63,5	45,7	194	49,7	136,4	61,5	36,1	41,8	42,5	4,5	9,3	2,3	687,3
2002	13,5	22,3	95,1	119,2	33,2	25	17,8	18,4	112,7	5,6	0	7,7	470,5
2003	24,9	79,4	40,5	108,4	108	68,3	14,3	46,9	23,1	0	3,2	4,4	521,4
2004	42,2	3,8	62,1	70,6	25,4	35,4	27,4	55,2	20	0	14,2	55,2	411,5
2005	18,8	84,8	242,4	141,5	196,5	88,3	32,5	109,3	19,1	0	0	0,4	811,06
2006	49,7	27,3	21,4	165,3	101,4	18,2	65,7	86,8	31,5	35,4	0,6	2,6	597
2007	58,6	15,5	187,4	166	130,6	60,9	51,5	142,2	31,5	11,9	1,9	13,5	809,5
2008	17,2	15,2	55	158,1	127,2	62,1	42,3	10,2	31,5	1,2	2,6	35,2	557,8
2009	23	28,3	39,3	143,9	35,4	72,2	195,9	35,4	12,8	62,3	1,2	2,2	651,9
2010	40,9	119,4	89,5	123,6	15	10,4	127	19	31,9	2,9	7,4	0	587
2011	69,9	43,6	49,2	91,2	228,8	89,6	75,4	120,5	79,5	0	1	21,4	809,1
2012	167,5	61	68,7	85,2	108,1	65,6	54,2	32,4	42,9	20,5	0	1,5	707,6

LABORATOIRE GUERFA & ASSOCIES

ANALYSE & CONTROLE DE LA QUALITE

Adresse : Cité Mouhous Bordj Elkiffan Alger

Mobile : 0553/56/84/06

Autorisation ministérielle n°10du 07/06/2004 et n°104 du 25/06/2007

RESULTATS D'ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUE

Nom du client : : N E.E

Adresse : Alger

Produit à analyser : Eau EPUREE STEP WILAYA DE SKIKDA»

Date de prélèvement 06/11/2018

Date D' analyse 07/11/2018

Echantillon N°prélevé par le client

1-Paramètres physico-chimiques

Parametres		R 1	Methodes et normes
		8h/30	
Ph(Unité ph)		7.3	Phmetrie HANA
Temperature(°C)		20	Phmetrie HANA
Conductivité(ds/m à20°C)		1.6	Conductimetrie
Infiltration SARds/m	0-3	0.3	Conductimetrie
	3-6	0.4	Conductimetrie
	6-12	0.9	Conductimetrie
	12-20	3	Conductimetrie
	20-40	5	Conductimetrie
Matiere totale en suspension MES à105°C (mg/l)		22	centrifugation

2-Mineralisation

Parametres	R1	Methodes et normes
chlorures (mg/l)	115	Lovibon
Bicarbonate(mg/l)	74	Titremetrique

Analyse effectuée par la chimiste

La responsable de laboratoire

LABORATOIRE GUERFA & ASSOCIES
Cité Mouhous Bordj Elkiffan - 10/11
ALGER

3-Paramètres indicateurs de Pollution

Parametres	R 1	Methode et normes
Demande biochimique en oxygene (DBO ₅) (mg/l)	28	DBO-METRE
Demande chimique en oxygene (DCO) (mg/l)	45	DCO-METRE
Azote Totale (mg/l)	22	HACH DR 2800

4-Paramètres de Toxicité (Metaux lourds)

Parametres	R 1	Methode et normes
Fer dissous (mg/lFe)	0.02	HACH DR 2010
Manganese (mg/lMn)	0.005	HACH DR 2010
Cuivre (mg/lCu)	0.080	HACH DR 2010
Pomb (mg/l Pb)	<0.05	HACH DR 2010
Aluminium	10	HACH DR 2010
Arsenic	1.01	HACH DR 2010
Beryllium	0.4	HACH DR 2010
Bore	1.01	HACH DR 2010
Cadenium	<0.01	HACH DR 2010
Chrome	<0.05	HACH DR 2010
Cobalt	<0.05	HACH DR 2010
Cyanures	<0.1	HACH DR 2010
Fluor	7.2	HACH DR 2010
Phenols	<0.001	HACH DR 2010
Litium	1.02	HACH DR 2010
Mercure	<0.01	HACH DR 2010
Molubdene	0.001	HACH DR 2010
Nickel	0.05	HACH DR 2010
Selenium	<0.01	HACH DR 2010
Zinc	0.36	HACH DR 2010

La responsable de laboratoire

ALGER
10/0
ALGER

LABORATOIRE GUERFA & ASSOCIES

ANALYSE & CONTROLE DE LA QUALITE

Adresse :Siede socialeRoute de l'Aéroport -Tébessa

Anexe Cité Mouhous Bordj Elkiffan Alger

Mobile : 0553.047.633

Autorisation ministérielle n°10du 07/06/2004 et n°104 du 25/06/2007

RESULTATS D'ANALYSES MICROBIOLOGIQUES

Nom du client : : N E.E

Adresse : **Alger**

Produit à analyser : **Eau EPUREE « EU » STEP WILAYA DE SKIKDA»**

Date de prélèvement 06/11/2018

Date D' analyse 07/11/2018

Echantillon N°prélevé par le client

Germes recherches	Resultats	Methodes utulises
Coliformes Fecaux /100ml	2.10³	RODIER analyse microbiologique de l eau
Nemathodes intestinaux oeuf/l	01	

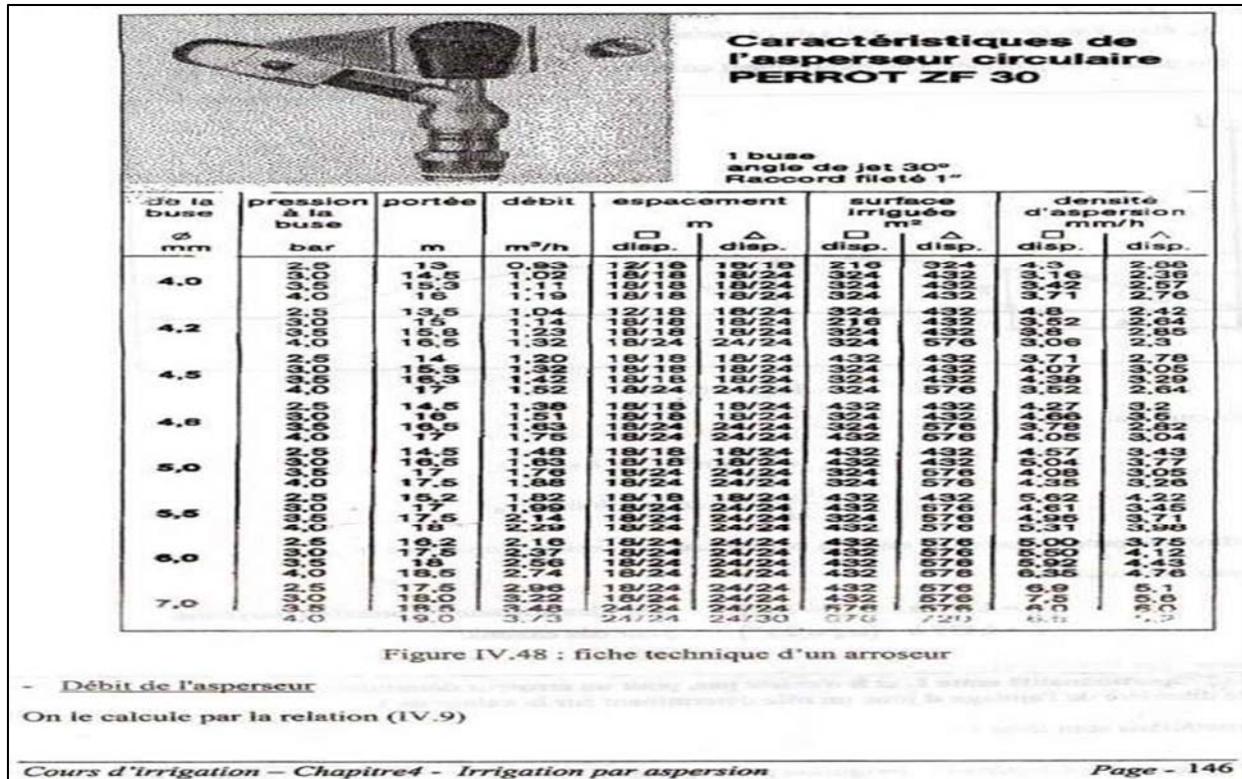
Analyse effectuée par la microbiologiste

La responsable de laboratoire



Annexe 4

Caractéristiques de l'asperseur circulaire PERROT ZF 30



Annexe 5

Point de rejet N°01

BENI BECHIR

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>08h45</i>	<i>13h10</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	14,5	14,5	14,5
PH	--	6,28	6,41	8,26	7,44	6,84
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1308	1318	5100	1400	2192
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	43,741	34,847	39,29
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	146	122	300,3	300,3	189,43
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	322	281	1881	672	626,5
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	200	55	127,5
Azote total (Nt)	mg/l	69,5	65,7	-	-	67,6
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	75	27,5	51,25
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	13,67	14,54	-	-	14,105
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	270	275	460	560	351,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	113	144	-	-	128,5
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	1460	620	1040
Rapport (DCO/DBO ₅)						3,3

Point de rejet N°02

RAMDAN DJAMEL

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>08h45</i>	<i>13h10</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	15	18	16,5
PH	--	6,67	6,3	7,72	7,64	6,88
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1295	1305	3000	3800	2000
Carboneorganique total(TOC)	mg/l	-	-	34,012	35,767	34,88
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	142	122	200,3	412,8	190,18
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	341	269	883	806	484,83
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	80	52,5	66,25
Azote total (Nt)	mg/l	38	36	-	-	37
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	27,5	17,5	22,5
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	16,95	17,1	-	-	17,025
Matières en suspension (MES, à 105°C)	mg/l	197	210	420	640	312,33
Matières en suspension (MES, à 600°C)	mg/l	98	122	-	-	110
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	1520	2600	2060
Rapport (DCO/DBO ₅)						2,5

Point de rejet N°03

BEN M'HIDI

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>09h40</i>	<i>14h15</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	14,5	17	15,75
PH	--	6,33	7,84	7,74	8,01	7,34
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1520	1480	1500	1300	1467
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	30,298	17,5	23,89
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	140	130	275,3	175,3	165,1
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	294	273	672	921	454,5
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	47,5	32,5	40
Azote total (Nt)	mg/l	60,7	64,5	-	-	62,6
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	17,5	15	16,25
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	19,4	20,3	-	-	19,85
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	189	153	180	280	190,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	96	82	-	-	89
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	980	860	920
Rapport (DCO/DBO ₅)						2,7

Point de rejet N°04

FILFILA

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>10h10</i>	<i>15h05</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	20,5	22	21,25
PH	--	6,89	6,66	7,34	7,98	7,07
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1234	1255	2400	3000	1729,67
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	63,234	49,314	56,27
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	120	110	200,3	687,8	224,68
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	234	253	1209	825	501,33
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	85	77	81
Azote total (Nt)	mg/l	30,52	32,5	-	-	31,51
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	35	50	42,5
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	14,7	16,22	-	-	15,46
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	178	225	522	480	301,33
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	98	162	-	-	130
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	1460	1840	1650
Rapport (DCO/DBO ₅)						2,2

Point de rejet N°05

MOIDER

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>08h05</i>	<i>13h20</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	13	15	14
PH	--	8,57	8,24	7,61	7,5	8,12
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1501	1546	1100	1400	1432,33
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	18,580	18,393	18,48
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	130	140	50,3	87,8	113,01
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	286	336	787	940	495,16
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	25	57	41
Azote total (Nt)	mg/l	76	71	-	-	73,5
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	10	20	15
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	18,74	20,6	-	-	19,67
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	258	225	200	260	237,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	141	141	-	-	141
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	660	920	790
Rapport (DCO/DBO ₅)						4,3

Point de rejet N°06

L'ILOT

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>11h10</i>	<i>15h50</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	15,5	17	16,25
PH	--	6,38	6,3	7,35	7,5	6,7
Oxygène dissous	mg O ₂ /l	-				
Conductivité C _{25°C}	μS/cm	1410	1305	1400	1200	1338,33
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	43,668	31,092	37,38
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	142	110	200	212,8	152,8
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	341	231	844	518	417,66
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	50	30	40
Azote total (Nt)	mg/l	51,5	36	-	-	43,75
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	17,5	10	13,75
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	11,81	17,1	-	-	14,45
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	289	210	380	360	289,66
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	195	122	-	-	158,5
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	880	720	800
Rapport (DCO/DBO ₅)						2,7

Point de rejet N°07

SNTV

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>08h40</i>	<i>13h40</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	13,5	16	14,75
PH	--	8,43	8,46	7,63	7,63	8,17
Conductivité C _{25°C}	µS/cm	1376	1376	1200	1100	1300,67
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	17,494	24,456	20,97
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	130	120	195,3	237,8	155,52
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	312	276	441	537	359
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	22,5	15	18,75
Azote total (Nt)	mg/l	64	68	-	-	66
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	7,5	10	8,75
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	16,74	17,74	-	-	17,24
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	230	235	240	100	211,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	156	124	-	-	140
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	800	740	1540
Rapport (DCO/DBO ₅)						2,3

Point de rejet N°08

MARINEL

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>09h15</i>	<i>14h20</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	14	15	14,5
PH	--	8,33	8,23	7,66	7,47	8,04
Conductivité C _{25°C}	µS/cm	1386	1412	1300	1300	1366
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	39,290	58,326	48,8
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	136	130	187,8	237,08	159,48
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	326	286	480	1401	517,5
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	47,5	37,5	42,5
Azote total (Nt)	mg/l	62	60	-	-	61
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	12,5	15	13,75
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	16,67	14,88	-	-	15,77
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	310	218	740	254	341,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	188	132	-	-	160
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	840	880	860
Rapport (DCO/DBO ₅)						3,2

Point de rejet N°09

BENI MALEK

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>09h35</i>	<i>14h50</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	13,5	15	14,25
PH	--	6,45	6,38	7,86	7,25	6,79
Conductivité C _{25°C}	µS/cm	1365	1342	1400	1400	1369
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	18,209	17,068	17,64
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	150	134	181,3	112,8	143,68
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	300	309	441	940	433,17
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	42,5	30	36,25
Azote total (Nt)	mg/l	40	42	-	-	41
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	10	10	10
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	15,63	16,2	-	-	15,91
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	198	190	180	200	192,67
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	96	92	-	-	94
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	920	980	950
Rapport (DCO/DBO ₅)						3,0

Point de rejet N°10

STORA

<i>Paramètres physico-chimiques analysés</i>	<i>Unités</i>	<i>E1 23-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E2 26-10-03 7h00 et 13h00</i>	<i>E3 15-02-04</i>		<i>Les moyennes</i>
				<i>10h00</i>	<i>15h30</i>	
Température de l'eau brute	°C	-	-	15	15	15
PH	--	7,88	7,69	7,34	7,47	7,65
Conductivité C _{25°C}	µS/cm	1260	1272	1500	1750	1385,67
Carbone organique total(TOC)	mg/l	-	-	26,863	29,747	28,3
Demande biochimique en oxygène (DBO ₅)	mg O ₂ /l	120	112	275,3	387,8	187,85
Demande chimique en oxygène (DCO)	mg O ₂ /l	276	235	1036	1363	570,17
Azote ammoniacal (NH ₄)	mg/l	-	-	50	55	52,5
Azote total (Nt)	mg/l	36	34	-	-	35
Ortho-phosphates (PO ₄)	mg/l	-	-	12,5	12,5	12,5
Phosphates/totaux (Pt)	mg/l	12,66	13,81	-	-	13,23
Matières en suspension (MES, à 105 °C)	mg/l	318	298	580	120	322
Matières en suspension (MES, à 600 °C)	mg/l	175	133	-	-	254
Résidu sec à 105°C	mg/l	-	-	990	1080	1035
Rapport (DCO/DBO ₅)						3,0