

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

Option : Conception Des Systèmes d'Irrigation et de Drainage

THEME :

**IRRIGATION DU PERIMETRE DE CHERAGA A PARTIR
DE LA STATION D'EPURATION DE BENI MESSOUS.
(W.ALGER)**

Présenté par :

M^r BEN AMARA ADEL

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M^r M.MESSAHEL	M C	Président
M^{me} L.S BAHBOUH	M A.A	Examinatrice
M^{me} H.BOUCAMA	M A.A	Examinatrice
M^{me} S.HARKAT	M A.B	Examinatrice
M^r A.AYAD	M A.A	Examineur
M^{me} D.DJODAR	M A.A	Promotrice

Septembre 2012

DÉDICACES

À travers ce modeste travail, je rends un grand hommage, en signe de respect et de reconnaissance à :

✓ Mes très chers parents, qui ont cru en moi et pour tous les sacrifices et le soutien moral qu'ils m'ont apporté durant mes études, que Dieu les protège ;

✓ Mes très chers frères *RADHOUAN, HAFID, KAMEL, MOUKHTAR* qui ont toujours été là quand j'avais besoin ;

✓ mes très chères sœurs *SALIMA, NADIA, ALIMA, HOURIA, FATIHA* qui ont toujours été là pour m'encourager;

✓ Mes très chères nièces *MYADA, YASMINA, ABLA, LINA, SIRINE*

✓ Mes très chères neveux *BADROU, HOUSSAME, ALA, NASSIM, NABIL, MAMADOU, KHALED*

✓ Mes amis *RAMZI, SOUFIAN, KMOUDA, SAAD, SALAH, KHIROU, BACHIER, TAREK, AZZEDDINNE, BADIS, HOUFA, AIMAD, AIMAD, GHEZALA, HASSANE, MOUSTAFA, ISAK, HAKIM, RAMZI, MOUNIR*

Sacher que je ne vous oublierai jamais;

✓ Sans oublier tous mes amis la liste est longue ;

✓ En un mot, à toute ma famille et mes amis qui ont contribué de près ou de loin à ma réussite.

REMERCIEMENTS

Ces quelques lignes ne vont jamais exprimer à la juste valeur ma reconnaissance à l'égard de ma promotrice, Mme F.DJOUJAR, pour toute son aide, sa générosité et sa compréhension.

J'exprime mes vifs remerciements aux membres de jury qui m'ont fait l'honneur de juger ce travail :

Je tiens à remercier vivement :

- ✓ Mme L.S. BAHBOUH, enseignante à l'E.N.S.H, pour son aide et son orientation;
- ✓ Mr KOLIAI.D, enseignant à l'E.N.S.H, pour son aide et ses précieux conseils
- ✓ Mr MESSAHEL.D ,enseignant à l'E.N.S.H, pour son aide et ses précieux conseils
- ✓ M^r BOUFGANE .A ; enseignant à l'E.N.S.H, pour ses orientations ;
- ✓ Les membres de la bibliothèque de l'E.N.S.H, pour leurs précieuses aides ;

Mes remerciements vont à tous les enseignants de l'École Nationale Supérieure de l'Hydraulique et particulièrement à ceux et celles qui ont contribué à ma formation.

ملخص:

في هذه المذكرة درسنا إعادة استعمال مياه الصرف الصحي لمحطة تصفية المياه ببني مسوس، وتحديد أبعاد شبكة التوزيع لمحيط ري الشراكة. وابتداء من المعلومات المتحصل عليها ، عملنا على دراسة نظام يسمح لنا بسقي جزء من محيط الشراكة انطلاقا من محطة تصفية مياه ببني مسوس.

Résumé:

Dans ce présent mémoire, nous avons présenté la technique de la réutilisation des eaux usées épurées avec une description de la station d'épuration de BENI MESSOUS, et le dimensionnement du réseau de distribution du périmètre de CHERAGA.

A partir de ces données, nous avons projeté un système qui permet de mettre en valeur une partie du périmètre d'irrigation de CHERAGA à partir des eaux usées épurées de la station d'épuration de BENI MESSOUS.

Abstract:

In this memory, we have presented the technical of reusing treated wastewater with description of the treatment plant of BENI MESSOUS, and sizing the distribution network of perimeter of CHERAGA.

From these data, we proposed a system that allows to highlight some of the irrigation perimeter of CHERAGA from treated wastewater.

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES :

1- INTRODUCTION	1
I-2- ORIGINE ET NATURE DES EAUX USEES A TRAITER	1
I-2-1 ORIGINE DES EAUX USEES	1
a) Les eaux usées domestiques :	1
b) Eaux usées industrielles :	1
c) Eaux de ruissellement :	1
c) Eaux de caractéristiques mixtes :	2
d) Eaux usées agricoles	2
I-2-2 COMPOSITION DES EAUX USEES	2
a) Pollution minérale :	2
b) Pollution organique :	2
c) Pollution microbiologique :	3
I-3- PRINCIPAUX PARAMETRES DE LA POLLUTION	3
I-3-1 LES PARAMETRES PHYSIQUES	3
a) Température :	3
b) La turbidité :	3
c) La conductivité :	3
d) Couleur et odeur :	3
e) Les matières en suspension (M.E.S) :	4
f) Les matières volatiles en suspension (MVS) :	4
g) Les matières minérales (M.M) :	4
I.3.2 LES PARAMETRES CHIMIQUES DE LA POLLUTION :	4
a) Le potentiel hydrogène (pH) :	4
b) La demande biochimique en oxygène (DBO ₅) :	4
c) La demande chimique en oxygène :	5
d) Relation entre DCO et DBO ₅ :	5
I-3-3 PARAMETRES COMPLEMENTAIRES :	5
a) Le phosphore :	5
b) Azote :	6
c) Les métaux lourds :	6
d) L'équilibre nutritionnel :	6
I-3-4 PARAMETRES BIOLOGIQUES DE LA POLLUTION	7

I-3-6 CONCLUSION	7
CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES EAUX USEES :	
II -1-Introduction :.....	8
II -2- Objectifs de la réutilisation des eaux usées :.....	8
II -3-Historique de la réutilisation des eaux usées :.....	9
II-4 - Espaces géographique de la réutilisation des eaux usées :.....	9
II-4-1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde :.....	10
II-4-1-1-L'Europe du Nord :.....	10
II-4-1-2- Le continent américain :.....	10
II-4-1-3-Le bassin méditerranéen :.....	11
II-4-1-3-1-La Grèce :.....	11
II.4.1.3.2- La Tunisie :.....	12
II.4.1.3-3 Possibilité d'approche en Algérie :.....	13
II-4-1-4-Aperçu général sur le problème d'eau :.....	13
II-4-1-4-1-Accroissement des problèmes de l'eau: Le concept de vulnérabilité :.....	13
II -5-Conclusion :	16
CHAPITRE III : PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE :	
Introduction:	17
III.1. Cadre climatique :	21
III.1.1. Les précipitations:.....	21
III.1.2. La température:.....	22
III.1.3. L'ensoleillement:.....	23
III.1.4. L'évaporation :.....	24
III.1.5. Les Vents :.....	25
III.1. 6. L'humidité :.....	26
III.1.7. L'évapotranspiration :.....	27
III.2. Synthèse climatique:.....	28
III.2.1. L'indice d'aridité de DEMARTON :.....	28
III.2.2. Diagramme Ombrothermique :.....	28
III.2.3. Classification du climat selon l'indice De MARTON:.....	29
III.2.4. Diagramme D'EMBERGER:.....	30
Conclusion :.....	30
III -3- Paramètres physico-chimiques et bactériologiques :.....	32
III -3-1- Paramètres physico-chimiques :.....	32
3-1.1 La conductivité électrique :.....	33

3-1.2 Le PH :	33
3-1.3 La température :	33
3-1.4 L'oxygène dissous :	33
3-1.5Le chlorure :	33
3-1.6 Coefficient d'adsorption du sodium :	33
3-1-7-Les matières organiques :	34
3-1-8- Matières azotées :	35
3-1-9- Composés phosphorés :	36
3-1-10- Le potassium :	36
3-1-11- Métaux lourds :	37
III 4-Caractéristiques sismiques:	37
III 5 Hydrologie et hydrogéologie:	40
III.5.1. Hydrologie:	40
III.5.2. Hydrogéologie :	41

CHAPITRE IV : TECHNIQUE D'IRRIGATION :

Introduction :	43
I. Systèmes d'irrigation par aspersion :	43
I.1 Principaux types d'installation individuelle d'arrosage par aspersion :	43
a) Un groupe de pompage :	43
b) Une canalisation primaire:	43
c) Une ou plusieurs canalisations secondaires :	43
d) Une ou plusieurs canalisations tertiaires :	43
I.2 Eléments d'une couverture intégrale :	43
a) Les portes rampes :	43
b) Les rampes :	44
c) L'aspersion :	44
I.3 Différentes installations des systèmes aspersion :	44
a) Une installation est mobile :	44
b) Une installation est semi – mobile :	44
c) Une installation est semi-fixe :	44
d) Une installation est fixe :	44
e) installation mobile, automotrice :	44
I.4 principaux agencements des éléments d'une installation d'arrosage par aspersion :	45
a) Disposition en peigne :	46

b) Disposition en `` L `` :	46
c) Disposition en `` H `` :	46
I.5 Arroseurs et leurs dispositions :	46
a) En carré :	46
b) En triangle :	46
c) En rectangle :	46
I.6 Arroseurs rotatifs :	46
a) Arroseurs à bars axillants ou `` sprinklers `` :	46
b) Canaux d'arrosage :	47
c) L'asperseur :	47
II. Goutte à goutte :	47
II.1 Organes de distribution :	47
a) Les goutteurs :	47
b) Les mini -diffuseurs :	48
c) Les ajutages calibrés :	48
d) Gains et tube poreux :	48
III. Techniques d'irrigation à la parcelle :	48
III.1 Techniques d'irrigation de surface :	48
a) Irrigation par ruissellement :	49
b) Planches de ruissellement sur terrain nivelé :	49
c) Les rigoles de niveau :	51
d) Arrosage par rigole en pente ou rases :	52
e) les plans inclinés :	53
f) Les ados :	54
g) l'arrosage à la raie par sillon :	54
h) Corrugation :	55
III.2 L'irrigation par submersion :	56
III.3 Irrigation mixte :	56
a) L'épandage de crue :	57
b) Irrigation par raies courtes :	58
III.4 Techniques d'irrigation par sub-irrigation :	59
Conclusion :	59
CHAPITRE V ESTIMATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION :	
Introduction	60
V.1. HYDROLOGIE	60
V.1.2Ajustement de la série pluviométrique :	60

V.1.3. Détermination de l'année de calcul :.....	62
V.2.1. Calcul de l'évapotranspiration (ETP) :.....	63
V.2.2. Méthode de Penman&Monteith modifiée :.....	64
V.3.Calcul de la pluie efficace :	66
V.4 Calcul de la réserve utile et la réserve facilement utilisable dans le sol :.....	68
V.5.Estimation des besoins en eau d'irrigation pour la végétation bassepérimètre de cheraga :	70
Conclusion :.....	73
CHAPITRE VI : DIMENSIONNEMENT DU RESEAUD'IRRIGATION :	
VI Dimensionnement de la Station de pompage :.....	74
VI.1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage :	74
VI.2 Détermination de la hauteur d'élévation :.....	75
VI.3 Détermination du nombre des pompes:.....	76
VI.4 Critères du choix du type de pompes:	76
VI.5 Courbes caractéristiques de la pompe choisie :.....	77
VI.6 Choix du moteur électrique :.....	77
VI.7 Calcul de la puissance fournie par le moteur électrique :.....	78
VI.7 Détermination du diamètre économique de refoulement :	78
VI.8 Rendement de la station de pompage :.....	79
VI-9 Calcul des pertes de charges :	80
VI-10. Dimensionnement du réservoir :.....	82
VI-11. Dimensionnement du réseau de distribution :.....	83
VI -12 . Projection d'un système d'irrigation localisée sur une parcelle de Vignes :	89
VI- 13. 1 Besoins en eau de la parcelle :	89
Calcul des besoins bruts :	89
Pourcentage du sol humidifié :	89
Fréquence des arrosages :	89
La dose nette :.....	90
La durée d'arrosage :.....	90
VI- 13.2 Nombre de goutteurs par position :.....	90
VI- 13.3 Nombre de rampes :	90
VI- 13.4 débit moyen par rampe :	90
VI- 13.5 Débit de la porte rampe :.....	91
VI- 14. Calcul hydraulique :.....	91
VI- 14.1 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes :.....	91
Le diamètre de la rampe :	91
VI- 14.2 Paramétrés hydrauliques :.....	91
Conclusion :.....	93

CONCLUSION GENERAL

Liste des Tableaux

Tableau II.1 : Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays (Année 2000).	15
Tableau N° III.1 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations	21
Tableau N° III.2: Moyennes mensuelles et annuelles des températures	22
Tableau N° III.3 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement	23
Tableau N° III.4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation	24
Tableau N° III.5 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents.....	25
Tableau N° III.6 : Fréquences et directions des vents	25
Tableau N° III.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité	26
Tableau N° III.8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	27
Tableau N° III.9 : Indice d'aridité.....	28
Tableau III.10: classification de climat selon MARTON.....	30
Tableau N° III.11 : Quotient pluviométrique	31
Tableau III -12: Valeurs des paramètres température, pH, conductivité et oxygène dissous....	32
Tableau III -13 : Résultats des paramètres de l'eau brute et épurée déterminés dans le laboratoire de la STEP.....	34
Tableau III - 14 : Résultats d'analyses des métaux lourds dans les eaux usées épurées de la STEP. 37	
Tableau N° III.15 : principaux séismes de forte magnitude	38
TABLEAU V-1 : Ajustement à la loi de Gumbel	61
Tableau V-2:L'Année de calcul.	63
Tableau V.3: Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman&Monteith .	66
Tableau V-4 : Les précipitations efficaces dans les zones de projet	67
Tableau V.5 : densité apparente de l'ensemble de type de sol en fonction de la texture	68
Tableau V.6 : Représentation de la texture et l'humidité pondérales à pf2,5 et pf4,2 des profils échantillonné et analysés	69
Tableau V. 7: Besoins en eau des cultures en mm	71
Tableau V.8: récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute	72
la surface de la culture.....	72
Tableau VI.1 : Caractéristique des pompes	76
Tableau VI.2 : Caractéristique du moteur électrique.....	78
Tableau VI.3 : Variation du coefficient K en fonction de la puissance P	78
Tableau VI.4 : Détermination du diamètre économique de la conduite de refoulement	81
Tableau VI-5 : Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation	84
Tableau VI.6 : Caractéristiques des conduites de distribution	86
Suite tableau VI.7:.....	87
Tableau VI -8 : caractéristiques des rampes.....	93
Tableau VI .9 : caractéristiques de la porte rampe	93

Liste des Figures

Figure . III 3 -1.le déversoir d'orag de La Step de Béni Messous (Source Google Earth).....	19
Figure . III 2.Step de Béni Messous.....	20
Figure . III.4 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations	Erreur ! Signet non défini.
Figure . III.5 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures	23
Figure .I.6 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement	24
Figure . III.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation	24
Figure . III 8 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents.....	25
Figure . III.9: Répartition saisonnière Des vents.....	26
Figure .I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité.....	27
Figure . III.11 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration.....	27
Figure III.12 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER.....	31
Figure III.13:carte de sismicité de la région d'Alger (source RP.A 2003).....	39
Figure III.14: carte de zonage sismique du territoire algérien	
LA REGION D'ALGER Echelle:1/500. (Source ANRH).....	40
Figure IV.1 : Schéma de l'irrigation par planches.....	50
Figure IV.2 : Schéma de l'irrigation par rigole de niveau.....	51
Figure IV.3 : Schéma de l'arrosage par rases	52
Figure IV.4 : Schéma de l'irrigation par plans inclinés.....	53
Figure IV.5 : Schéma de l'irrigation par ados.	54
Figure IV.6 : Schéma de l'irrigation par corrugation.....	55
Figure IV.7 : Schéma de l'irrigation par épandage de crue avec circulation de l'eau en chicanes.	57
Figure IV.8 : Schéma de l'arrosage a la raie par sillon.....	58
Figure V-1 ajustement a une loi de Gumbel.....	62
Figure VI.1 : Diamètre économique	82
Figure VI.2 : représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur maximale dans le réservoir.....	88
Figure VI.3 : Représentation du réseau d'irrigation par goutte a goutte de la parcelle 24	93

Liste des Planches

Planche N°01 : Plan de situation.

Planche N°02 : Plan topographique.

Planche N°03 : Plan de simulation numérique.

Planche N°04 : Profil en long d'adduction par refoulement (la STEP vers le réservoir).

Abréviations

Abréviations	Significations
STEP	Station d'épuration
DBO ₅	Demande biologique en oxygène au bout de 5 jours
OMS	Organisation mondiale de la santé
FAO	Food Agriculture Organisation (Organisation Mondiale de l'Alimentation et de l'Agriculture)
MRE	Ministère des ressources en eaux
MVS	Matières Volatiles Sèches
C _m	Charge Massique
MES	Matières en Suspension
CE	Conductivité Electrique
ANRH	Agence Nationale des réserves Hydrique
DCO	Demande Chimique en Oxygène
PVC	polychlorure de vinyle
D.H.W	Direction de l'hydraulique de la wilaya

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERAL

Le problème de l'eau se pose avec acuité aussi bien au Nord qu'au Sud, chez les uns en terme de qualité, chez les autres en terme de quantité.

L'accroissement démographique, les activités anthropiques et les changements climatiques exercent une grande pression sur la ressource «eau ». Celle-ci diminue à cause de la surexploitation des nappes, de la pollution des lacs et des rivières, etc. Pour disposer de plus d'eau douce pour les usages industriels et d'eau potable, l'agriculture, qui consomme près de 70% de toute l'eau douce utilisée, doit réutiliser davantage les eaux usées en irrigation. Cette réutilisation permet, en plus de l'eau, d'apporter des fertilisants et de la matière organique . La réutilisation des eaux usées a toujours existé, mais elle a toujours été traitée d'une façon monodisciplinaire, le seul critère retenu étant la santé humaine. Toutes les normes de l'OMS ont été élaborées dans un souci sanitaire. Celles-ci ont été d'une part contraignantes, car difficile à respecter par les pays en voie de développement et, d'autre part, ont posé le problème d'acceptabilité sociale (image négative d'une eau considérée dangereuse).

Le travail consiste à élaborer un outil de prise de décision qui, d'une part, intègre le nombre maximum de systèmes dans lesquels s'inscrit la réutilisation des eaux usées, et donc plusieurs critères et, d'autre part, permet de s'assurer que ce type de projet s'inscrit dans une perspective de développement durable et ce dès son élaboration.

Une approche théorique a été adoptée, elle consiste à inventorier les systèmes mis en jeu dans le projet, à choisir les principes du développement durables qui cadrent avec le projet et d'élaborer une grille pour aider à la prise de décision. Cette approche doit pouvoir se généraliser à d'autres problématiques environnementales présentant des similitudes. Le présent travail ne présente aucune validation sur le terrain.

Les difficultés rencontrées sont d'ordre théorique, notamment la définition des paramètres liés aux systèmes, le nombre de principes à choisir parmi les vingt sept du développement durable, la formulation de la question et l'évaluation au niveau de la grille.

Mots-clés: réutilisation des eaux usées, irrigation, développement durable, grille décisionnel.

CHAPITRE I

Caractéristiques des eaux usées

I-1- INTRODUCTION

Les eaux usées quelle que soit leur origine, sont généralement chargées en éléments indésirables, qui selon leur quantité et selon leur composition, représentent un danger réel pour les milieux récepteurs ou leurs utilisateurs. L'élimination de ces éléments toxiques exige de concevoir une chaîne de traitement. Toute fois, avant de concevoir tout procédé d'épuration, il est impératif de caractériser l'effluent à traiter, quantitativement et qualitativement.

I-2- ORIGINE ET NATURE DES EAUX USEES A TRAITER

I-2-1 ORIGINE DES EAUX USEES

Les eaux usées proviennent principalement de quatre sources :

- Les eaux usées domestiques ;
- Les eaux usées industrielles ;
- Les eaux de pluie et de ruissellement dans la ville;
- Le ruissellement dans les zones agricoles.

a) Les eaux usées domestiques :

Ces eaux sont constituées par :

- Eaux usées ménagères provenant des usages domestiques : eaux de bain, de lessive.
- Eaux vannes : urines, fèces.

En général, ces eaux sont chargées en matières organiques, graisses et des produits d'entretiens ménagers. Elles présentent une bonne biodégradabilité.

b) Eaux usées industrielles :

Ces eaux proviennent des différentes usines de fabrication ou de transformation. La qualité de ces eaux varie suivant le type d'industrie, elles peuvent

être chargées en matières toxiques difficilement biodégradables qui nécessitent un traitement spécifique.

c) Eaux de ruissellement :

Ce sont des eaux de pluies et de lavage des chaussées. Ces eaux sont caractérisées par la présence des matières en suspension en grande majorité ainsi que des hydrocarbures provenant de la circulation automobile.

d) Eaux de caractéristiques mixtes :

Ces eaux issues d'un mélange entre les deux sources d'eaux usées, industrielles et urbaines.

Ces eaux sont parfois très chargées, ce qui rend leur composition variable.

e) Eaux usées agricoles :

Ce sont des eaux de drainage et des rejets de fermes.

Ces eaux sont caractérisées par la présence de fortes concentrations de pesticides et d'engrais. Elles ont une valeur fertilisante très importante.

I-2-2 COMPOSITION DES EAUX USEES

La pollution des eaux usées se manifeste sous forme minérale organique et microbiologiques.

a) Pollution minérale :

Elle est constituée essentiellement des métaux lourds en provenance des industries métallurgiques, de traitement de minerais. On peut citer quelques-uns, comme le plomb, le cuivre, le fer, le zinc, le mercure.

Il y'a aussi le cas de certains sels à forte concentration. Ces éléments sont non biodégradables et de ce fait un traitement tertiaire devient plus que nécessaire.

b) Pollution organique :

La pollution organique des eaux urbaines se compose principalement de protides, de glucides et de lipides ainsi que des détergeants utilisés par les ménages. Il est à noter l'existence d'autres substances organiques utilisées ou fabriquées industriellement, c'est le cas des phénols, des aldéhydes, des composés azotés.

c) Pollution microbiologique :

Le rejet urbain en général présente des conditions très favorables à la prolifération de certains germes pathogènes et d'organismes vivants. On peut citer les virus, les bactéries, les protozoaires, les vers et les microchampignons. Ces différents éléments garantissent une masse permanente en germes utiles à l'épuration par biodégradation.

I-3- PRINCIPAUX PARAMETRES DE LA POLLUTION**I-3-1 LES PARAMETRES PHYSIQUES**

a) Température :

Elle a une influence déterminante sur l'activité des micro-organismes et sur la réserve d'oxygène pour le processus d'auto-épuration.

Pour garantir le bon fonctionnement de certains ouvrages de la chaîne de traitement (dégraisseurs), cette température ne doit pas dépasser 30°C.

b) La turbidité :

Elle indique la présence plus ou moins importante des M.E.S d'origine organique ou minérale.

c) La conductivité :

La mesure de la conductivité donne une idée sur la salinité de l'eau. Plus la concentration ionique des sels dissous est grande et plus la conductivité est grande.

d) Couleur et odeur :

En général, la couleur et l'odeur ont été utilisées comme les premiers indicateurs de la pollution de l'eau.

La couleur d'une eau usée urbaine est grisâtre, mais certains rejets industriels (teinture, papeteries...) contiennent des colorants particulièrement stables. Il existe plusieurs gaz qui donnent des odeurs, résultant d'une fermentation ou décomposition, parmi lesquels on peut citer NH_3 , H_2S ...

e) Les matières en suspension (M.E.S) :

Ce sont des matières solides contenues dans les eaux usées qui sont séparables par filtration décantation ou centrifugation. Les teneurs en MES sont obtenues après séchage à 105°C .

f) Les matières volatiles en suspension (MVS) :

Elles sont constituées par la partie organique des MES, elles sont mesurées par calcination à 600°C en deux heures et présentent en moyenne 70% des MES.

g) Les matières minérales (M.M) :

Elles représentent la fraction minérale des M.E.S. C'est la différence entre les matières en suspension et les matières volatiles en suspension.

Elles représentent par conséquent le résidu de la calcination.

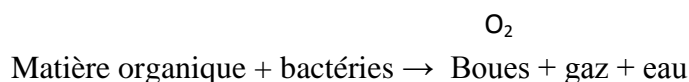
I.3.2 LES PARAMETRES CHIMIQUES DE LA POLLUTION :

a- Le potentiel hydrogène (pH) :

Le pH indique la concentration en ions H^+ présent dans l'eau. Les micro-organismes autorisent une gamme de pH allant de 5 à 9 en milieu aérobie et de 6 à 8 en milieu anaérobie.

b- La demande biochimique en oxygène (DBO_5) :

Elle représente la quantité d'oxygène nécessaire pour décomposer par oxydation (Avec l'intervention des bactéries) les matières organiques contenues dans une eau usée.



Généralement la pollution est dégradée d'une manière significative pendant une durée de 5 jours, au-delà de 5 jours la consommation en oxygène diminue énormément ainsi on a adopté la notion DBO_5 obtenue après 5 jours d'incubation à 20°C et dans l'obscurité.

c) La demande chimique en oxygène :

Elle représente la quantité d'oxygène consommée par oxydation chimique de la totalité des matières organiques et minérales dissoutes dans l'eau.

Le bichromate de potassium agissant en milieu sulfurique pendant deux heures à ébullition, oxyde presque entièrement les matières réductrices.

d) Relation entre DCO et DBO_5 :

Le rapport DCO/DBO_5 donne une estimation de la biodégradabilité des eaux usées.

La notion de la biodégradabilité représente la capacité d'une substance ou son aptitude à être décomposée par les micro-organismes (bactéries, champignons...)

- Si $2 < DCO/DBO_5 < 5$: Traitement biologique avec adaptation de souches.
- $DCO/DBO_5 > 5$: Traitement physico-chimique. L'eau est pratiquement non traitable par voie biologique.
- $DCO/DBO_5 < \text{ou} = 2$: Le traitement se fait biologiquement.

I-3-3 PARAMETRES COMPLEMENTAIRES :

a) Le phosphore :

Le phosphore se trouve dans l'eau usée sous deux formes.

- De sels minéraux (Orthophosphates, polyphosphates)
- De composés organiques.
- La présence des orthophosphates dans les eaux naturelles est liée à la nature des terrains traversés, à la décomposition de la matière organique, aux engrais phosphatés industriels entraînés par lessivage ou par infiltration.
- Les polyphosphates sont utilisés dans des nombreuses unités industrielles, industries pharmaceutiques.

Les polyphosphates peuvent être toxiques pour l'homme et sont considérés responsables des accidents cardiaques et vasculaires.

b) Azote :

L'azote se présente sous diverses formes dans les eaux usées.

- Forme oxydée : azoté nitreux (NO_2^-) et nitrique (NO_3^-) ;
- Forme moléculaire : azote dissous ; N_2
- Forme réduite : azote organique, NH_4^+ .

L'azote est l'un des éléments qui favorise la prolifération d'algues, par conséquent la réduction de sa teneur avant le rejet des eaux est plus que nécessaire.

c) Les métaux lourds :

Les métaux lourds se trouvent dans les eaux usées urbaines à l'état de trace. Des concentrations élevées sont en général révélatrices d'un rejet industriel sans aucun doute.

Leur présence, est nuisible pour l'activité des micro-organismes donc perturbe le processus d'épuration biologique.

Leur élimination se fait au cours de la phase de décantation filtration du traitement.

d) L'équilibre nutritionnel :

Le traitement biologique exige un certain équilibre nutritionnel qui permet la prolifération des micro-organismes responsables de la dégradation de la matière organique. Tout déséquilibre entraîne un faible rendement.

L'azote et le phosphore sont utiles pour le bon fonctionnement de l'épuration biologique.

Equilibre nutritionnel :

$$\text{DBO}_5 / \text{N/P} = (100 \text{ à } 150) / 5/1$$

$$\text{DBO}_5 / \text{N} = 20$$

$$\text{DBO}_5 / \text{P} = 100$$

$$\text{DCO} / \text{DBO}_5 = 2,5 \text{ [5]}$$

I-3-4 PARAMETRES BIOLOGIQUES DE LA POLLUTION

Les micro-organismes présents dans les eaux usées sont à l'origine du traitement biologique, ils sont constitués :

- Des germes pathogènes (mycobactéries, colibacilles etc...);
- Des parasites (Kyste d'amibes, des œufs de vers etc...);
- Des champignons.

I-3-6 CONCLUSION

Pour déterminer les caractéristiques d'une eau usée et connaître son degré de pollution, il est impératif de déterminer ses différentes composantes et les paramètres qui sont mis en jeu. Cependant, selon le besoin, nous sommes, souvent, amené à déterminer les paramètres essentiels qui entrent directement dans la conception d'un procédé d'épuration.

CHAPITRE II

Généralité sur la réutilisation des eaux usées

II -1-Introduction :

On appelle réutilisation des eaux l'emploi nouveau des « eaux de deuxième main » pour un usage différent de celui de son premier emploi grâce à des actions volontaires.

La réutilisation peut être réalisée de manière directe ou indirecte :

- La réutilisation directe correspond à l'emploi immédiat des eaux déjà utilisées, après épuration, sans passage ni dilution de ces eaux dans le milieu naturel,
- La réutilisation indirecte correspond à l'emploi, sous forme diluée, des eaux déjà utilisées, après leur rejet et dilution dans le milieu naturel.

La définition stricte de la réutilisation exclut donc le recyclage. Il s'agit, dans ce cas d'une réutilisation interne des eaux dans un cycle de production dans le but du contrôle de pollution et de l'économie des ressources en eau. Le recyclage est en conséquence l'affaire de l'utilisation initiale.

La réutilisation des eaux sert à des usagers nouveaux par rapport aux usagers initiaux. Le nouvel usage nécessite en général un traitement des eaux pour les ramener à une qualité satisfaisante et compatible avec l'usage envisagé.

II -2- Objectifs de la réutilisation des eaux usées :

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

En effet, les volumes d'eau issus des traitements sont, en grande partie destinés dans le domaine agricole, vu sa demande en eau élevée. Les besoins industriels (centrales nucléaires, centrale hydroélectrique les usines de fabrication d'acier, ...) pour le refroidissement de moteurs des machines, peuvent être couverts.

II -3-Historique de la réutilisation des eaux usées :

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

A partir de 1910 sous l'influence de l'extension urbaine, les nuisances générées par l'épandage d'eaux brutes, la pratique est entrée en régression sans que ce déclin soit dû à des considérations sanitaires objectives et précises.

Au milieu du siècle, une meilleure compréhension des phénomènes biologiques et physico chimiques qui préside au processus de l'évolution et de la dégradation de la matière organique,

a favorisé, dans les pays industrialisés, de techniques épuratoires, qui avaient pour but de protéger le milieu naturel et en particulier, les cours d'eau récepteurs.

Ces techniques ont été ensuite, peu à peu, utilisées pour le recyclage direct ou indirect, dans les pays semi arides, à déficit hydrique chronique.

C'est ainsi que les états comme la Californie, l'Arizona ont développé à partir des années soixante et, plus radicalement, ces deux dernières décennies, l'irrigation avec les eaux résiduaires, après traitement physico-chimique et biologique.

Aux états unis, un milliard de mètre cube était recyclé annuellement en 1975, dont 60% pour l'agriculture (7 milliards pour l'année 2000). En Californie environ 180 millions de mètre cube par an était réutilisés dans l'agriculture en 1975.

Des pays du bassin méditerranéen ont suivi rapidement l'exemple : Espagne, Chypre, Grèce, Palestine, Tunisie (2000ha irrigués à partir des eaux usées épurées près de Tunis) (PUIL C, 1998).

II-4 - Espaces géographique de la réutilisation des eaux usées :

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. Elle est liée aux développements de l'ingénierie des eaux usées, couplés aux pressions croissantes exercées sur les ressources en eau. De nos jours près de la moitié de la population mondiale vit en zone urbaine et leurs besoins en eau ne cessent d'augmenter alors que les ressources en eau continuent à se dégrader (PUIL C, 1998).

Ainsi pour établir un équilibre entre les différents utilisateurs de l'eau, les rejets urbains sont recyclés pour couvrir une partie des volumes d'eau d'irrigation. En effet la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît des applications variables suivant les pays. Elle est appelée à se développer dans le cadre d'une approche intégrée de la gestion des ressources en eau, supposant la prise en compte de facteurs techniques, socio-économiques, réglementaires et environnementaux.

II-4-1- Quelques exemples de réutilisation dans le monde :

Comme il a été noté dans la partie introductive de ce chapitre, la réutilisation des eaux usées à des fins agricoles connaît une large expansion de part le monde. Pour bien fixer les idées nous donnerons à titre illustratif le cas de certaines régions.

II-4-1-1-L'Europe du Nord :

En Europe du nord, l'épandage des eaux usées était une tradition. Cette pratique qui datait de très longtemps est sur le point de disparaître avec l'avènement des nouvelles technologies de traitement.

Ainsi, en Grande Bretagne, la recharge des nappes par des eaux usées traitées constitue une forme de recyclage des eaux. L'Allemagne est également concernée par l'irrigation avec des eaux usées urbaines. Dans ce pays on utilise les eaux usées urbaines pour l'irrigation de céréales, de betteraves, de pommes de terres ou des prairies.

On peut aussi citer l'exemple de la Hongrie où 200 millions de mètres cubes d'eaux usées ont été utilisées en 1991 pour l'irrigation de diverses cultures, de prairies, de rizières et de peupleraies. (M. Trad Raïs et al, Septembre 2003)

II-4-1-2- Le continent américain :

La réutilisation aux fins d'agrément est pratiquée depuis 1955 aux Etats-Unis. Outre l'arrosage de parcs, de parcours de golf et de jardins publics, on peut souligner comme exemple singulier la création de lacs artificiels alimentés en tout ou partie par des eaux usées épurées. Des études publiées en 1994 ont montré que les traitements

poussés des eaux usées par des procédés à membranes étaient appropriés pour respecter les réglementations. (M. Trad Rais et al, Sept 2003)

En effet les réglementations concernant la réutilisation aux états unis sont très sévères, par exemple, 2.2 coliformes fécaux par 100 millilitres en 1993 (état de Californie).

Ce qui est très loin de la réglementation imposée par l'organisation mondiale de la santé (OMS) qui est de 1000 coliformes fécaux par 100 millilitres. Dans ce pays 34 états disposent des réglementations ou des recommandations relatives à l'utilisation des eaux usées à des fins agricoles. (M. Koliai)

Sur le continent américain, cette pratique est également réalisée dans plusieurs pays d'Amérique du Sud ainsi qu'au Mexique. Par exemple, la ville de Mexico utilise les effluents traités par ses 16 stations d'épuration pour l'irrigation des parcs, des jardins publics et des équipements de loisirs. Il faut souligner que seulement 6% des eaux usées brutes sont épurés. En 1996, les eaux usées brutes de Mexico étaient encore utilisées en irrigation agricole et notamment dans le cadre du plus grand plan d'irrigation du monde (irrigation de 85000 hectares de maïs, d'orge et de tomates).

Mais les critères sanitaires de la législation mexicaine concernant l'utilisation des eaux usées en agriculture ont été modifiés et reprennent désormais les recommandations de l'OMS (FAO, septembre 2003).

II-4-1-3-Le bassin méditerranéen :

La réutilisation agricole des eaux usées a toujours existé et est aujourd'hui une pratique largement répandue sur le pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie. En effet, le bassin méditerranéen est une région où la pénurie en eau est particulièrement ressentie. Par conséquent c'est l'une des régions où la réutilisation agricole des effluents urbains est la plus pratiquée (PUIL.C 1998)

II-4-1-3-1-La Grèce :

La Grèce a développé dès 1996, une stratégie de réutilisation des eaux usées. Dans la ville d'Athènes l'usage des eaux usées traitées dans l'irrigation des cultures est prédominant, près de 71% des volumes. Ces eaux sont également utilisées dans le domaine de l'industrie et pour l'alimentation des chasses d'eau. Dans ce pays les eaux usées subissent un traitement un peu poussé, après la filière biologique, les eaux passent à travers un filtre à sable, elles sont ensuite conduites dans des bassins de désinfection par chloration. Ces faits permettent d'obtenir une qualité de l'eau sans préjudice sur le milieu récepteur.

II.4.1.3.2- La Tunisie :

Au niveau industriel, le secteur n'est pas encore attiré par la réutilisation des eaux usées traitées (EUT). Il faut dire que la fin de la dernière décennie, « les sites industriels offrant une opportunité pour cette réutilisation ne sont pas encore identifiés ». Dans ce cadre, il s'agit d'évaluer la possibilité de substituer les ressources en eau conventionnelle par les eaux usées traitées (EUT), outre l'étude de faisabilité économique et technique de tels projets. Cela peut se faire par la coopération entre l'Agence de réutilisation des eaux usées traitées (EUT), l'ONAS et les bénéficiaires du côté industriel.

Par contre, dans le secteur agricole, l'expérience est déjà en constante progression. « Le potentiel mobilisable des ressources en eau identifiées (1999) est de quatre milliards de mètres cubes dont 80 % ou plus sont déjà mobilisées ».

Ce volume « est potentiellement disponible sous forme d'eau usée traité (EUT) à partir du parc des 55 stations d'épuration existantes. Ils subissent un traitement secondaire et sont fournis gratuitement par l'ONAS ».

« La principale filière de réutilisation des eaux usées traitées (EUT) est l'irrigation. Les périmètres irrigués par ces eaux couvrent actuellement une superficie totale d'environ 6400 ha. Les volumes réutilisés demeurent très variables d'une année à l'autre allant de 12,5 M m³ en 1994 à 35 M m³ en 1996.

Les principales cultures irriguées sont les cultures fourragères et les céréales – cultures à faible plus-value - qui couvrent plus de 2/3 de ces terres. Il y a aussi l'arboriculture et les cultures industrielles. Enfin, cette irrigation avec les eaux usées traitées (EUT) s'étend aux terrains de golf qui couvrent une superficie d'environ 6000 ha. Le volume total réutilisé sur l'ensemble de terrain de golf a été de 4 Mm³ en 1996. Ainsi, les principaux exploitants des eaux usées traitées (EUT) sont le Ministère de l'Agriculture et l'Agence Foncière du Tourisme (AFT). Cette dernière se charge de l'adduction des eaux usées traitées (EUT) pour l'arrosage des terrains de golf et de quelques jardins d'hôtels dans les grandes zones touristiques ». (Zargouni, 1999)

II.4.1.3-3 Possibilité d'approche en Algérie :

En Algérie, un certain nombre d'actions sont entreprises pour promouvoir la réutilisation des eaux usées. Pour le cas de la ville d'Alger, grande agglomération, une station est conçue pour le traitement des effluents de la ville par la méthode conventionnelle des boues activées suivie des traitements de désinfection et de clarification par le chlore. Des traitements complémentaires sont envisagés pour permettre la pratique des cultures sans restriction.

Les autres pays du pourtour sud de la Méditerranée, de l'Espagne à la Syrie, réutilisent le plus souvent leurs eaux usées urbaines sans traitement. L'arrosage de cultures maraîchères n'y est pas exceptionnel. L'Espagne se dote néanmoins progressivement, région par région, d'une réglementation et améliore la qualité des eaux réutilisées. Les réutilisations sont alors l'occasion d'un effort pour répondre à des standards sanitaires existants ou en cours d'élaboration. C'est le cas pour l'arrosage des parcours de golf ou d'espaces verts aux Canaries, à Majorque, en Catalogne espagnole (FAO, 2003).

II-4-1-4-Aperçu général sur le problème d'eau :

II-4-1-4-1-Accroissement des problèmes de l'eau: Le concept de vulnérabilité :

La concurrence entre l'agriculture, l'industrie et les villes pour les disponibilités limitées en eau est déjà un frein aux efforts de développement dans de nombreux pays. A mesure que les populations et les économies s'accroissent, la concurrence pour les disponibilités limitées ira en s'intensifiant de même que les conflits entre usagers.

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

Bien que la qualité de l'eau et sa répartition dans le temps soient des facteurs difficiles à mesurer pour procéder à des comparaisons entre pays, les disponibilités et la demande en eau peuvent être étalonnées à la fois entre les pays et dans le temps et on peut en tirer des conclusions sur la vulnérabilité d'une région donnée. Il faut cependant être prudent dans l'interprétation des données lorsqu'on procède à des comparaisons entre des pays de zones climatiques et de pratiques agricoles différentes - par exemple, un pays tempéré reposant sur une culture pluviale comparé à un autre utilisant l'irrigation.

Quand les ressources internes renouvelables en eau sont inférieures à 1000 m³ par habitant, le manque d'eau est alors considéré comme un grave frein au développement socio-économique et à la protection de l'environnement. (FAO, 1993)

Le tableau II - 1 : illustre la statistique des pays où les disponibilités internes renouvelables en eau étaient sous la barre des 1000 m³ par an et par habitant avant la fin du 21^e siècle.

Tableau II.1 : Statistiques de disponibilité en eau de quelques Pays
(Année 2000).

PAYS	DISPONIBILITES EN EAU m ³ /habitant		POPULATION millions
	Ressources internes renouvelables	Débits issus des pays voisins inclus	
Egypte	29	934	62.4
Arabie Saoudite	103	103	21.3
Libye	108	108	6.5
Emirats Arabes Unis	152	152	2.0
Jordanie	153	240	4.6
Mauritanie	154	2 843	2.6
Yémen	155	155	16.2
Tunisie	384	445	9.8
Syrie	430	2 008	17.7
Kenya	436	436	34.0
Burundi	487	487	7.4
Algérie	570	576	33.1
Hongrie	591	11 326	10.1
Rwanda	604	604	10.4
Botswana	622	11 187	1.6
Malawi	760	760	11.8

Oman	880	880	2.3
Soudan	905	3 923	33.1
Maroc	943	943	31.8
Somalie	1 086	1 086	10.6

Source: Calculs de la FAO sur la base de données
de la Banque Mondiale et d'autres organismes

II -5-Conclusion :

A travers ce chapitre, nous avons vu que la réutilisation des eaux usées est une pratique ancienne très répandue. Elle connaît une révolution ces dernières années surtout dans les pays à déficit hydrique. Des recommandations internationales et locales sont adoptées à cette pratique en vue de minimiser les risques sanitaires et environnementaux.

CHAPITRE III

Présentation de la zone d'étude

Introduction

Ce chapitre est une présentation générale du site d'étude (périmètre du cher -aga.), Du point de vue situation géographique et conditions climatiques. L'étude détaillée des principaux facteurs climatiques, vont nous permettre de déterminer le type de climat caractérisant la zone d'étude.

L'analyse des différents facteurs climatiques du périmètre est indispensable pour une conception d'un réseau d'irrigation, puisque ses réseaux sont à la base de divers calculs, tels que : le calcul des besoins en eau des cultures

Localisation géographique de périmètre de cheraga périmètre de cheraga est situé le long de l'axe autoroutier Est-Ouest de la ville d'Alger, véritable poumon pour la capitale, dans une zone où les vents sont si importants et si violents par moments.

Le site du périmètre de cheraga se localise sur le territoire de trois communes de la wilaya d'Alger à savoir ; Staoueli, Beni messous ,Ain Benian, Il s'étend sur une superficie de 800 hectares

Le littoral représente, dans ce secteur, l'une des plus importantes régions touristiques de la zone du projet.



Figure .III.1 Carte de situation de la zone d'étude extrait de la carte d'Algérie (cheraga)
Echelle:1/500.000 Source:(NEE)

- **La STEP de BENI MESSOUS**

La STEP de BENI MESSOUS est destinée à épurer les eaux usées de la partie Ouest de la wilaya d'Alger. Elle est située sur la route nationale N°11, en bordure de la mer à une côte du terrain variant de 7 à 10 NGA environ. La STEP est délimitée par la mer Méditerranée, à (Ouest, par l'Oued Béni Messous et au Sud et la RN 11 reliant Ain Benian à Staoueli à l'Est la station dépuratoire de Beni Messous. Cette dernière occupe une superficie totale d'environ 17 ha

Le paysage local se caractérise par une bande côtière inclinée vers l'Ouest, en direction de la mer. Le site de la STEP s'étend sur un terrain légèrement en pente, partant d'une altitude de 4 à 15m au niveau de la plage.

Les environs de la STEP subissent une exploitation intensive en tant que zone périurbaine de loisirs et de détente pour l'agglomération d'Alger. La zone située au Nord de la STEP est répertoriée comme zone d'expansion touristique.

Cette station a une spécificité particulière, celle d'être implantée dans un site à vocation Touristique et à développement urbain très important.



Figure . III 2. La Step de Béni Messous (Source Google Earth)

Caractéristique de la STEP:

- Capacité nominale: 250.000 EH

- Débit journalier 50.400 m³/j
- Procédé de traitement: biologique par boues activées à Moyenne charge.

Description des ouvrages de traitement :

-Déversoir d'orag :



Figure . III 3 -1.le déversoir d'orag de La Step de Béni Messous (Source Google Earth)

Dessableurs - déshuileur

- Largeur : 4m.
- Longueur : 30m.

• Hauteur d'eau moyenne: 3.6m

Le traitement biologique(secondaire) :

Bassin d'aération :

- Volume : 4702.52 m³
- Longueur : 55.5 m.
- Largeur : 18.5m.
- Hauteur d'eau : 4.58m



Figure.III -3-2. Dessableurs déshuileur Step de Béni Messous

Décanteurs secondaires diamètre : 55m

- surface : 2374m²
- profondeur : 4 m



- Le traitement tertiaire :

traitement par les ultraviolets (UV)

révoir un bassin de désinfection par UV précédé d'un filtre à sable Comme système de traitement tertiaire.

III.1. Cadre climatique

Comme la zone d'étude est dépourvue de station météorologique, l'analyse des paramètres climatiques est basée sur les données de la station la plus proche, celle de Dar El Beida présentant les mêmes caractéristiques de la région d'étude.

- Caractéristiques de la station de référence (Dar El Beida) :

<i>Indicatif</i>	390
<i>Latitude</i>	36°41
<i>Longitude</i>	03°13 ^E
<i>Altitude</i>	25 m

Source : (ONM)

Les principaux paramètres météorologiques se présentent comme suit :

III.1.1. Les précipitations:

Tableau N° III.1 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

Période 1994-2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
P (mm)	73,56	54,27	45,47	48,66	29,15	5,80	4,50	9,50	26,99	51,12	89,37	77,80	516,19

Source : ONM

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des précipitations est enregistrée au mois de Novembre (89,37 mm), tandis que le minimum est atteint au mois de Juillet (4,5 mm). La pluviométrie moyenne annuelle pour cette station est de 516,19 mm.

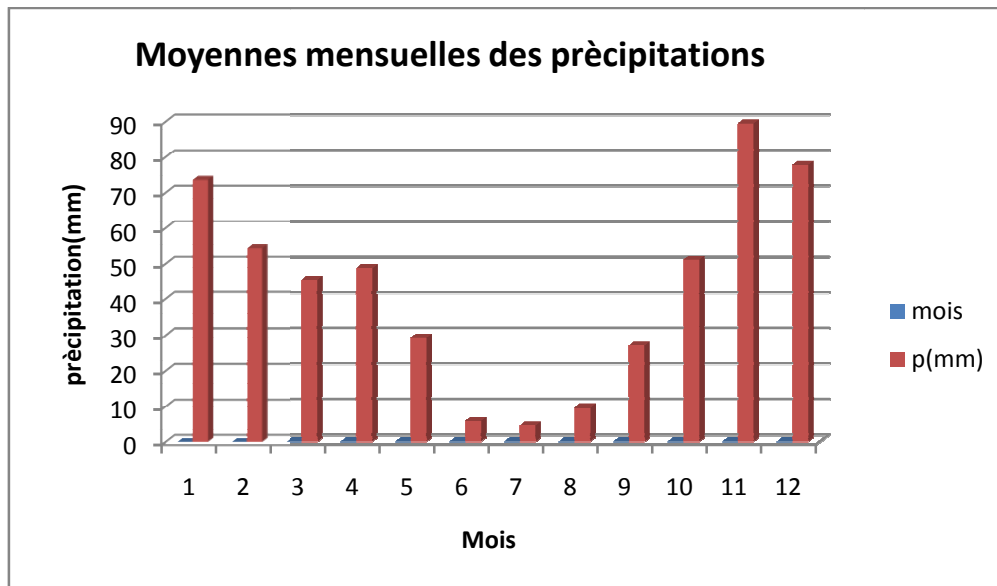


Figure . III.4 : Moyennes mensuelles et annuelle des précipitations

III.1.2. La température:

Tableau N° III.2: Moyennes mensuelles et annuelles des températures

Période : 1994-2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
T_{\max}	16,95	17,59	19,87	21,73	25,07	29,06	31,8	32,64	29,55	26,54	20,9	17,83	24,13
T moy	10,82	10,79	13,37	15,34	18,93	22,84	24,75	26,34	23,43	20,26	14,91	11,18	14,75
T min	7,58	5,24	6,62	8,18	11,66	15,27	17,7	19,03	16,39	13,47	8,72	6,42	11,36

Source : ONM

- On remarque que la température Moyennes diminue pendant les trois mois d'hiver (Décembre, Janvier, Février) et atteint un minimum de 10,82°C en Janvier, elle augmente pendant les mois d'été (Juin, Juillet, Août, Septembre) et atteint le maximum de 26,34°C en Août. La moyenne annuelle est de 14,75°C.

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

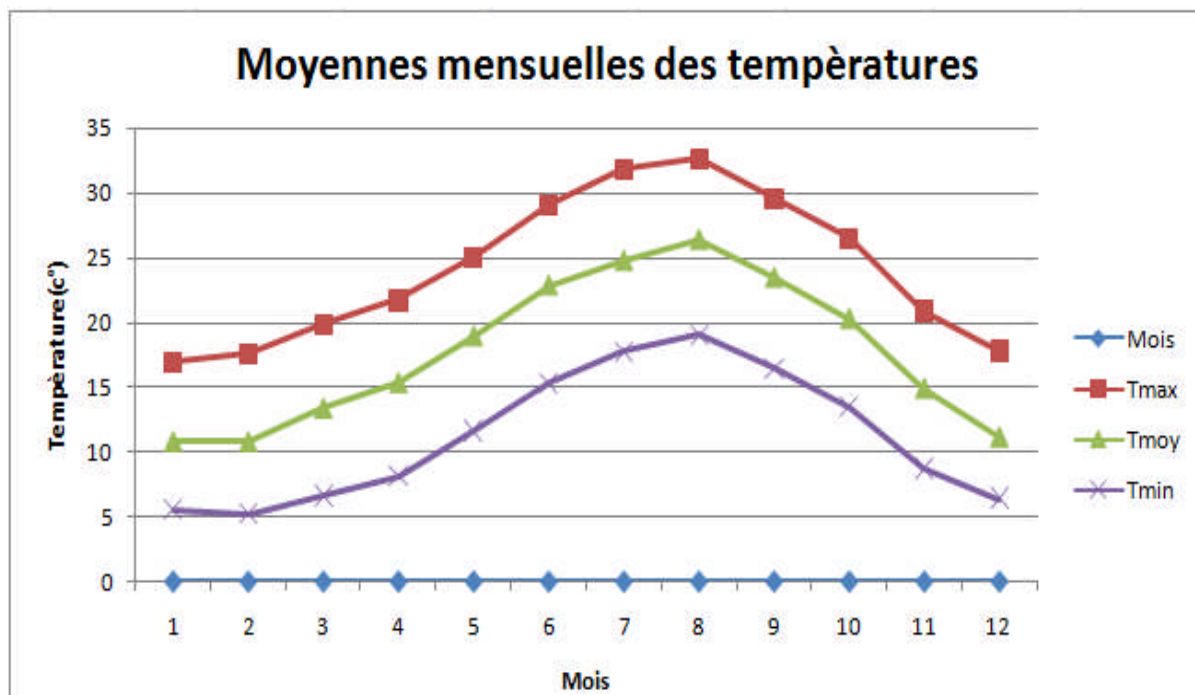


Figure . III.5 : Moyennes mensuelles et annuelles des températures

III.1.3. L'ensoleillement:

Tableau N° III.3 : moyennes mensuelles et annuelle de l'ensoleillement

<i>Période : 1994-2008</i>													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Ensoleillement (h/j)	6,04	6,57	7,22	7,4	8,31	10,3	7,25	9,85	7,55	6,56	6,07	5,13	7,35

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 juin (10,3 h/j).

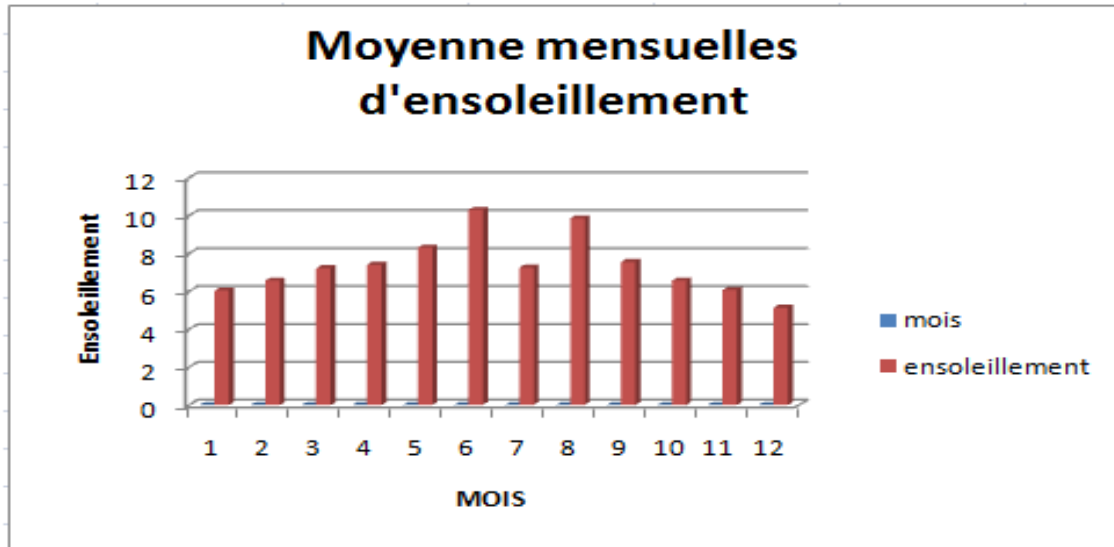


Figure J.6 : moyennes mensuelles et annuelle de l'enseillement

III.1.4. L'évaporation

Tableau N° III.4 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

Période 1994-2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Evaporation	40,00	48,07	61,27	64,87	81,10	93,50	107,17	111,00	92,07	67,60	55,90	46,50	868,68

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 111 mm. Le minimum est enregistré au mois de Février avec une valeur de 48,07 mm, celle de la moyenne annuelle est de 868,68 mm.

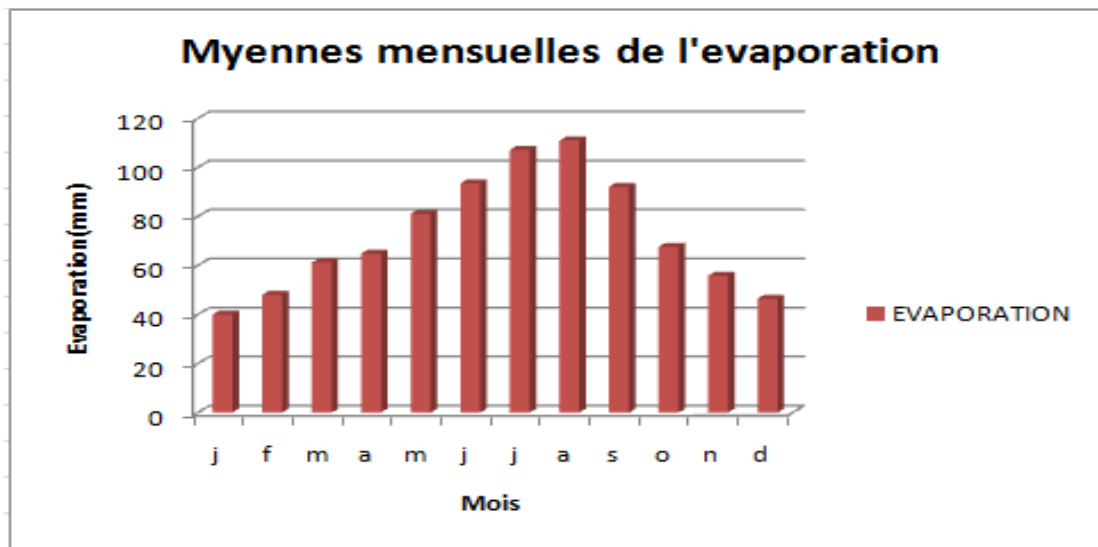


Figure . III.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'évaporation

III.1.5. Les Vents:

- **La vitesse des vents**

Tableau N° III.5 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents

<i>Période : 1994-2008</i>													
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
V (moy) m/s	1.74	2,35	2,81	2,52	2,51	2,74	2,68	2,39	2,3	1,76	2,17	2,05	2,32

Source : ONM

D'après ce tableau, on remarque que la valeur maximale des vitesses des vents est enregistrée au mois de mars (2.81 m/s), tandis que le minimum est atteint au mois de Janvier (1.74 m/s). La vitesse moyenne du vent est inférieure à 3 m/s pour toute l'année.

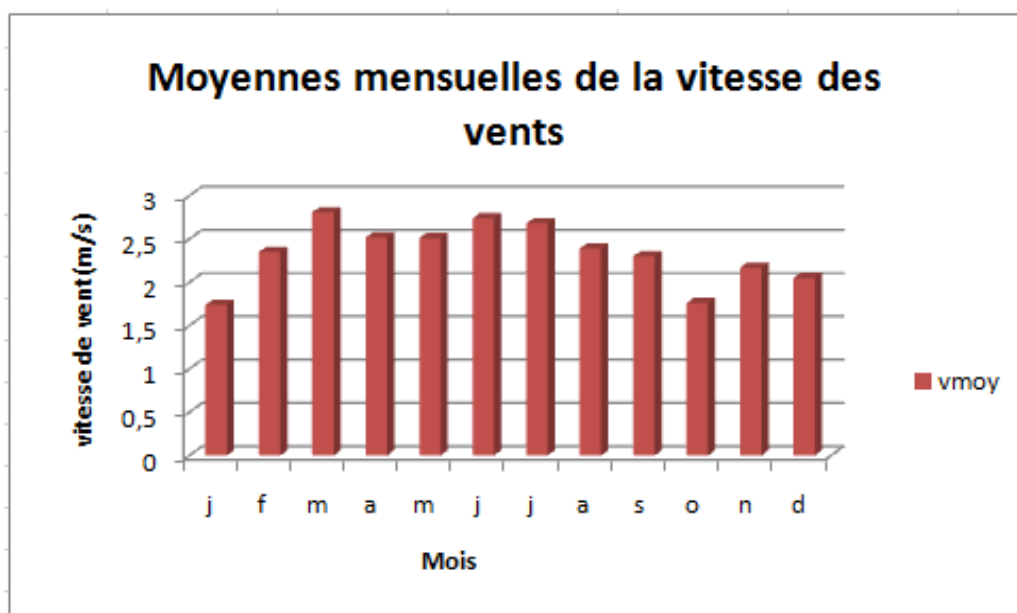


Figure . III 8 : Moyennes mensuelles et annuelle de la vitesse des vents

- **La direction des vents:**

Tableau N° III.6 : Fréquences et directions des vents

Direction Saison	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Hiver	7	3,8	2,6	1,8	11,5	25,3	15,5	5,4
Printemps	14,3	12,8	7,1	1	5,7	14,4	11,5	7,3
Eté	19,3	22,2	5,1	1	3	7,1	5,6	5,7
Automne	11,3	11,2	4,4	1,3	8,4	17,2	9,5	7,3

Source: ONM

D'après ce tableau I.6 ressort du tableau ci-dessus que durant l'Eté, la dominance des vents est de direction Nord (Nord, Nord-Est). Pour l'Automne, l'hiver et le printemps, la dominance des vents est de direction Sud (Sud -Ouest,)

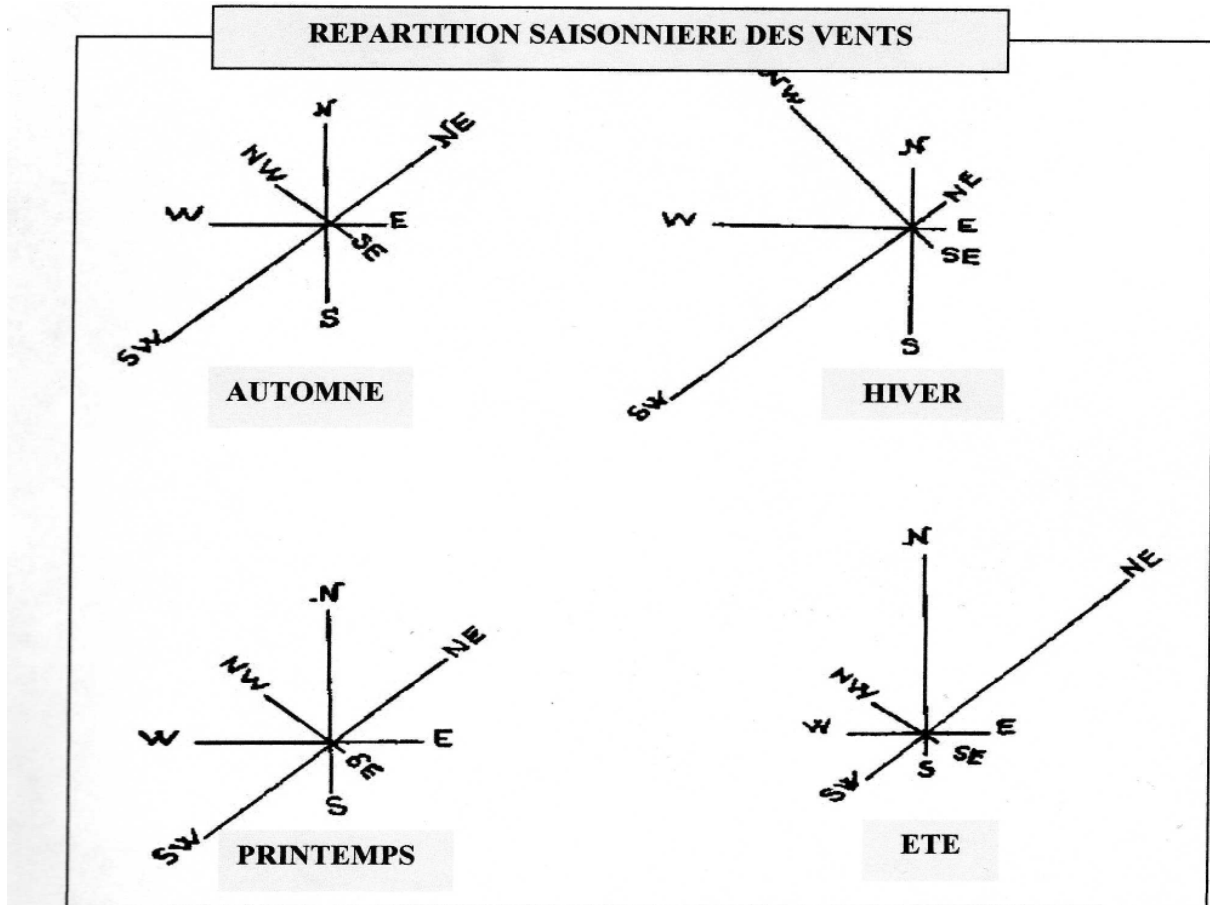


Figure . III.9: Répartition saisonnière Des vents

Source: ONM

III.1. 6. L'humidité

Tableau N° III.7: Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité

Période : 1994-2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
Hu %	75,25	73,4	73,65	75,75	69,1	66,75	65,65	66	67,15	75,3	79,3	80,1	72,1

Source : ONM

D'après ce tableau Le taux d'humidité relative de l'air dans le Sahel varie entre 65,65 et 80 %. Il diminue en direction des montagnes. En outre, l'humidité est plus faible vers midi que le matin et le soir. La valeur moyenne annuelle d'humidité est 72,1 %.

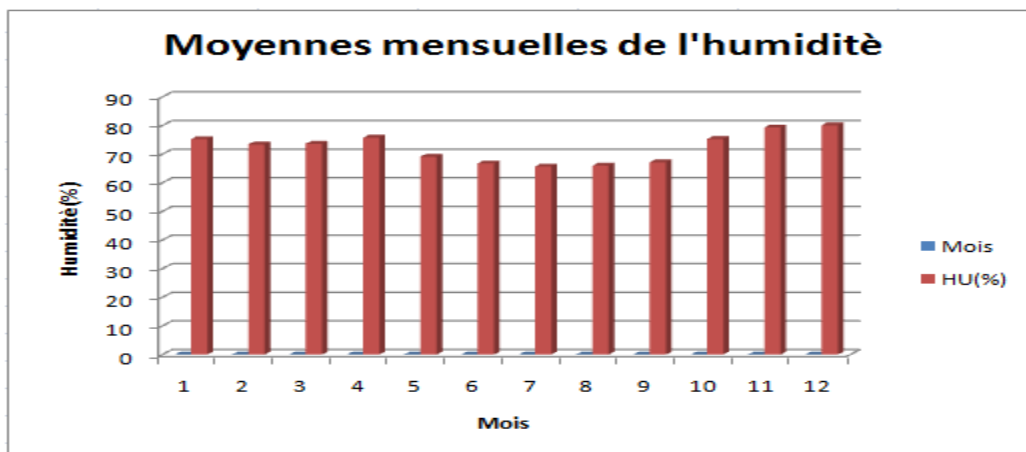


Figure .I.10 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'humidité

III.1.7. L'évapotranspiration :

Tableau N° III.8 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

Période : 2001-2008

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	M.A
ET (mm)	14,9	31,1	55,2	68,3	85,6	123,4	120,3	110,8	78,9	50,8	27,5	17,8	784,63

Source : ONM

D'après ce tableau sur les huit (08) ans d'observation, l'évapotranspiration mesurée présente un maximum de 123 mm en Juin et un minimum de 14.9 mm enregistré en Janvier. Le total annuel de l'évapotranspiration moyenne est de 784,63 mm.

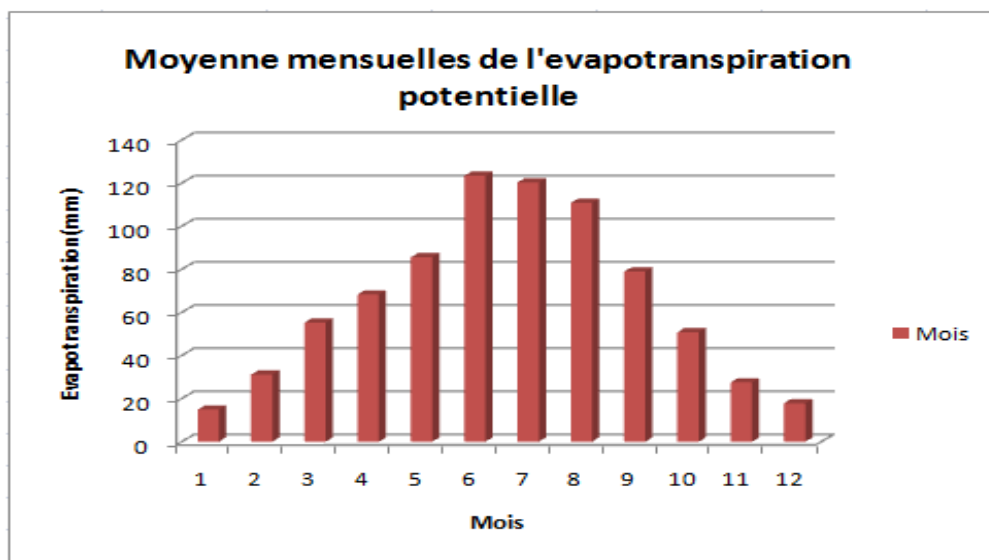


Figure . III.11 : Moyennes mensuelles et annuelle de l'évapotranspiration

III.2. Synthèse climatique:

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

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

III.2.1. L'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 N° III.9 : Indice d'aridité

Mois	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Août	Sep	Oct	Nov	Dec
I (°C)	42,40	31,33	23,35	23,04	12,09	2,11	1,55	3,10	9,69	20,27	43,05	44,07

Le tableau ci-dessus met en évidence deux catégories :

- Une saison humide et longue s'étale d'Octobre au mois de Mai dont la valeur maximale est celle du mois de décembre (44.07°C).
- Une saison sèche et courte s'étale de Mai à Septembre dont la valeur minimum est celle du mois de Juillet (1,55°C).

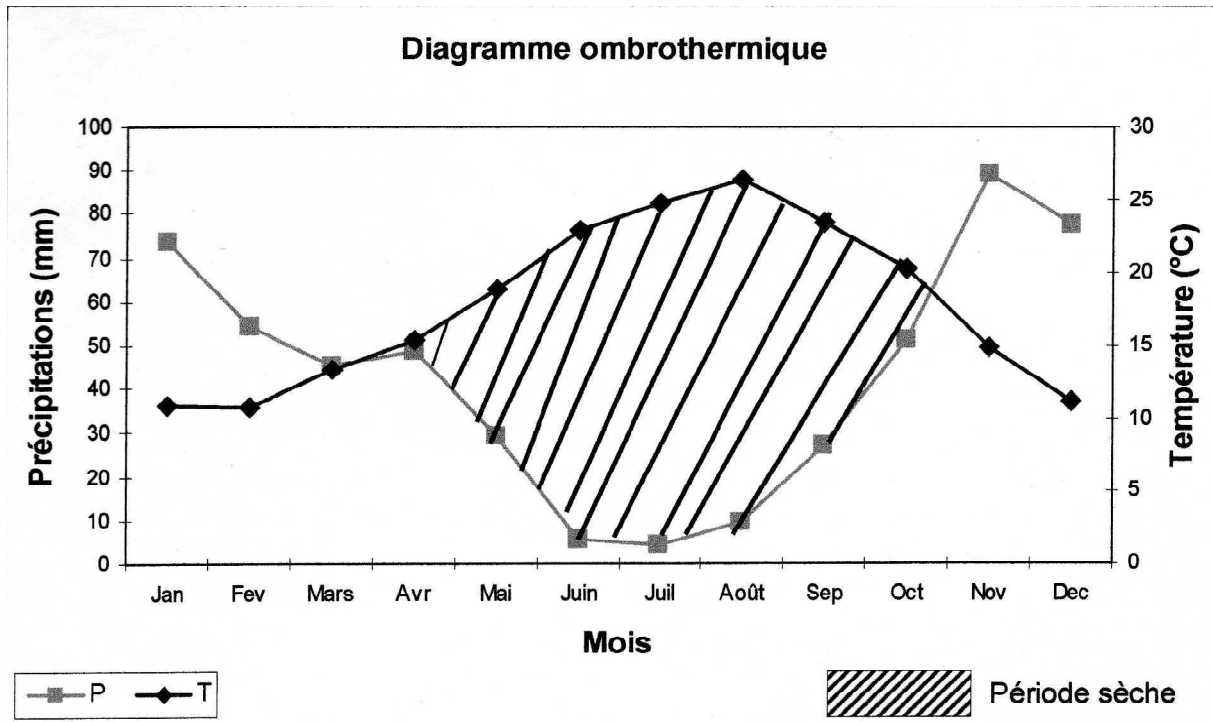
III.2.2. Diagramme Ombrothermique :

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.

Etabli pour la station de Dar El Beida, il ressort une période sèche qui s'étale du mois de Mars jusqu'au mois d'Octobre.



III.2.3. Classification du climat selon l'indice De MARTON:

L'indice d'aridité De MARTON est un paramètre de classification du climat afin de nous permettre de savoir si l'irrigation est indispensable ou pas par rapport au type de climat.

L'indice d'aridité est donné par l'expression :

$$I_A = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

IA : indice De MARTON

P : précipitation annuelle totale de la région en mm/an

T : température moyenne annuelle en °c

Tableau III.10: classification de climat selon MARTON

VALEURS DE I	TYPE DE CLIMAT	IRRIGATION
I<5	désertique	Indispensable
5<I<10	Très sec	Indispensable
10<I<20	Sec	Souvent indispensable
20<I<30	Relativement humide	Parfois utile
I>30	Humide	Inutile

Pour : P=516,19mm

T=14.75 °C

On aura :

$$I_{\bar{A}} = \frac{516.19}{14.75 + 10} = 21$$

Selon l'indice d'aridité calculé, on constate d'après la classification ci-dessus que la région est soumise à un régime Relativement humide, où l'irrigation est Parfois utile.

III.2.4. Diagramme 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 :

$$Q2 = 2000 P / (M2 - m2)$$

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 Q2 et m, EMBERGER a défini les étages bioclimatiques qui sont reconnus par référence à un diagramme comportant un réseau de lignes séparatrices dans un espace orthonormé portant en ordonnées Q2 et en abscisse le

m (Figure01).

Le calcul du quotient pluviométrique donne les valeurs suivantes :

Tableau N° III.11 : Quotient pluviométrique

Précipitations (mm)	m (°K)	M (°K)	Q2	Etage bioclimatique
516,19	283,82	299,34	114,07	Sub-humide

A l'analyse de la figure 1, on constate que la région se caractérise par un climat sub - humide très chaud.

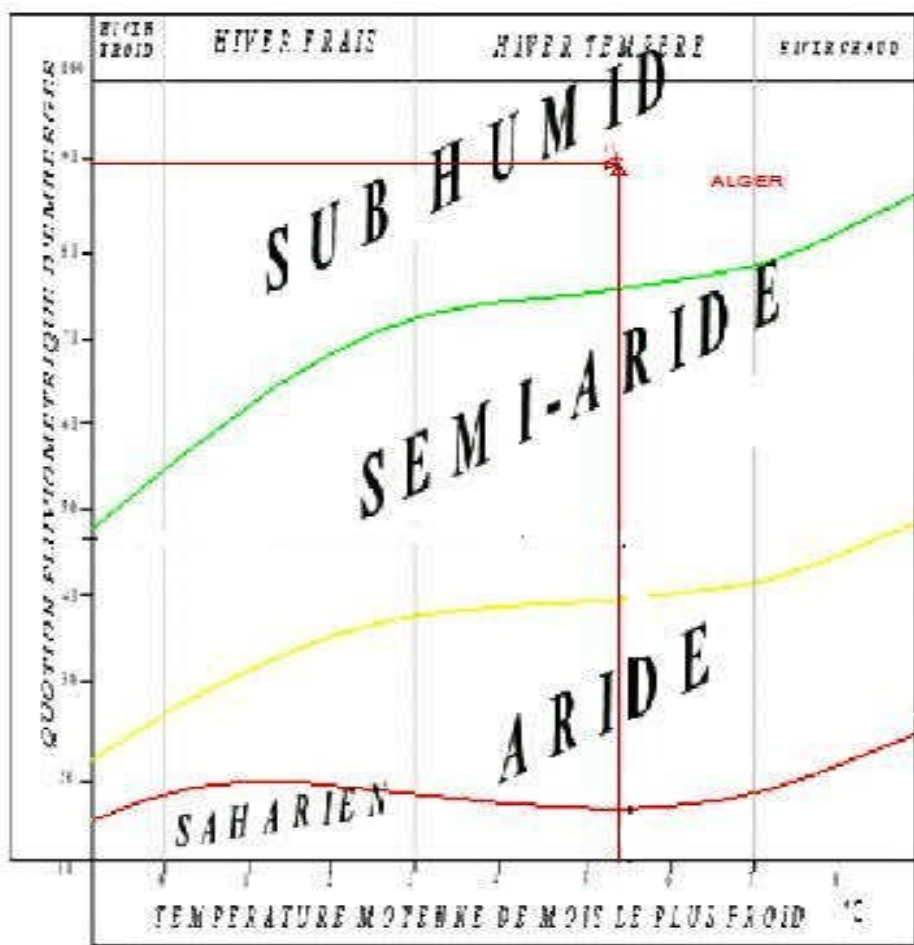


Figure III.12 Diagramme bioclimatique d'EMBERGER

Conclusion :

Le climat dans la région d'Alger peut être caractérisé comme typiquement méditerranéen. Les étés sont secs et chauds avec des températures moyennes mensuelles allant jusqu'à 26° environ. Les hivers sont frais et humides ; dans le mois

le plus froid, au mois de Janvier, la température moyenne est d'environ 11°.

L'humidité relative observée est modérée pendant toute l'année avec une valeur moyenne autour de 72%. En Décembre, la moyenne journalière atteint le maximum soit 80%, elle ne descend pas en moyenne en dessous de 65%. L'influence de la méditerranée, combinée à celles des vents de terres et de mer, se traduit par de grandes variations du taux d'humidité de l'air qui reste en moyenne assez élevé.

L'évaporation moyenne est de 869 mm avec un maximum de 111 mm au mois d'Août et un minimum de 40 mm en Janvier. L'évaporation (ET) dans la région, étant de 784 mm. La pluie moyenne observée est de 777 mm

III -3- Paramètres physico-chimiques et bactériologiques :

III -3-1- Paramètres physico-chimiques :

Le tableau suivant représente différents paramètres physico-chimiques traités dont la step avons le traitement et après le traitement.

Tableau III -12: Valeurs des paramètres température, pH, conductivité et oxygène dissous.

paramètres	Conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$)		Température ($^{\circ}\text{C}$)		P _H		Oxygène dissous (mg O ₂ /l)	
	EB	EE	EB	EE	EB	EE	EB	EE
01/04/2011	943	1214	9,8	9,2	7,7	7,8	1,5	1,9
03/04/2011	1532	1144	6,7	8	7,6	7,7	1,01	1,9
07/04/2011	1702	1539	12,1	12,7	7,8	7,9	1,01	1,5
09/04/2011	1744	1602	13	13,3	7,8	7,9	1,2	1,55
11/04/2011	1764	1671	7,2	9,6	7,8	7,7	1,3	2
13/04/2011	1566	1501	14,8	14,7	7,9	7,7	1,02	1,9
15/04/2011	1640	1577	12	14	7,9	7,9	0,9	2,21
17/04/2011	1754	1591	8	10	7,9	7,9	1,25	1,85
19/04/2011	1730	1659	12	12	7,9	7,9	1,3	1,87
21/04/2011	1777	1688	14	16	7,9	7,8	1,25	1,35
25/04/2011	1591	1617	9	16	7,8	7,9	1,75	1,9
27/04/2011	1751	1601	15,5	16,4	7,9	7,9	1,1	1,64
29/04/2011	1725	1659	16	16	7,9	8,1	1	1,2
Moyenne	1632	1543	11,6	13	7,8	7,8	1,19	1,75

3-1.1 La conductivité électrique : la conductivité électrique $C_{eMOY} = 1,5$ ds/m donc la salinité de l'eau d'irrigation est légère à modérée par rapport aux valeurs de l'intervalle $C_e \{ > 3 \text{ ds/m} \}$ [annexI]

3-1.2 Le PH : la variation de potentiel de l'hydrogène est adoptée pour la stabilité de structure de sol et augmente la performance de culture végétative. PH $\{ 6,5 ; 8,4 \}$ donc le pH de notre step d'eau épurée est dans la fourchette $pH_{MOY} = 7,8$ [annexI]

3-1.3 La température : donne une idée sur la stabilité chimique des composants et sa ions donc la variation des paramètres et sa développement est limité.

3-1.4 L'oxygène dissous : la présence de l'oxygène donne un avantage pour une meilleure qualité d'eau lors du stockage.

3-1.5 Le chlorure : La quantité de chlorure ($Cl^- = 178 \text{ mg/l}$) ne présente aucun risque pour l'utilisation des eaux épurées pour l'irrigation agricole. (Cl^- ne doit pas dépasser 1065 mg/l selon les normes FAO).

3-1.6 Coefficient d'adsorption du sodium

	Na+	Ca++	Mg++
mg/l	107	144,5	26,4

⇒ Le SAR :

C'est le critère d'efficacité des eaux pour l'irrigation, il exprime la teneur en sodium à la teneur du calcium et magnésium.

$$SAR = 2,14$$

D'après les recommandations de la FAO (1985), la valeur indiquée n'impose aucune restriction pour l'utilisation de cette eau en irrigation.

✓ Le sodium :

La valeur moyenne du sodium est de 107 mg/l . Elle est inférieure à la norme de l'OMS (920 mg/l), donc le sodium ne représente aucun obstacle pour l'utilisation des eaux traitées de la STEP de Beni-Messous pour l'irrigation.

✓ Le calcium :

En comparant la valeur de la teneur en calcium des eaux épurées $144,5 \text{ mg/l}$ avec la norme limite attribuée par la FAO (1985) pour les eaux destinées à l'irrigation (400 mg/l), on retient que la concentration du calcium épuré de la station de Beni-Messous est conforme à la norme.

✓ Le magnésium :

En comparant la valeur de la concentration du magnésium dans les eaux épurées de la STEP qui est de $26,4 \text{ mg/l}$ avec la norme donnée par l'OMS est de $60,75 \text{ mg/l}$ pour les eaux destinées à l'irrigation, on conclut que le magnésium dans l'eau épurée de la station ne présente aucun danger pour la réutilisation des eaux épurées en irrigation.

3-1-7-Les matières organiques :

Résultats des paramètres de l'eau brute et épurée déterminés dans le laboratoire de la STEP sont présentés dans le tableau 1-2 suivant :

Tableau III -13 : Résultats des paramètres de l'eau brute et épurée déterminés dans le laboratoire de la STEP

paramètre	DBO ₅ (mg O ₂ /l)			DCO (mg O ₂ /l)			MES (mg/l)		
	EB	EE	Rt%	EB	EE	Rt%	EB	EE	Rt%
eau									
date									
1	145	4	97	252	15	94	258	2	99
2								4	
3				540	19	96	230		
7	189	3	98	253	21	92	147	4	97
9	93	4	96	235	14	94	209	4	98
11				192	33	93	156	12	92
13	162	3	98	226	24	99	296	4	99
15	147	4	97	179	20	99	117	7	94
17	130	4	97	227	27	88	80	3	96
19				167	25	85	160	3	98
21	180	3	98	284	15	95	128	5	96
25	194	3	98	301	19	94	138	5	96
27				351	15	96	141	6	96
29	132	3	98	213	29	86	104	3	97
Min	93	3		167	14		80	2	
max	194	4		540	33		293	12	
Moyenne %	150	3	98	251	22	91	163	5	97

-La DBO₅:

On note dans le tableau 1-2 que le rendement en DBO₅ de l'épuration est de 98%, ce qui signifie que l'élimination de la pollution organique est efficace. L'OMS(1989) limite la DBO₅ à moins 10 mg O₂/l pour la réutilisation des EUE en irrigation; la valeur moyenne de 3 mgO₂/l pour les EUE de la station de Béni-Messous y répond.

-La DCO :

La DCO moyenne des eaux après traitement est de 22 mg O₂ /l, inférieur à la norme (<40 mg O₂ /l) fixée par la OMS(1989), ce paramètre ne présente donc pas de contre indication quand à l'utilisation de ces eaux en agriculture.

Le rendement d'élimination de la DCO est de l'ordre de 91% ce qui prouve l'efficacité du traitement biologique à boues activées

-Les MES :

- ✓ La concentration en moyenne des MES reçue par la station est de 163mg/l ;
- ✓ Le rendement d'élimination moyen des MES de l'ordre de 97 %. La concentration en MES de l'eau épurée est en moyenne de 5 mg/l, qui répond à la norme de réutilisation des eaux épurées en agriculture d'après la recommandation de l'OMS (1989).

3-1-8- Matières azotées :

L'azote rencontré dans les eaux usées peut avoir un caractère organique ou minéral, il se présente sous quatre formes :

- ✓ L'azote organique se transforme en azote ammoniacal.
- ✓ L'azote ammoniacal (NH₄) traduit un processus d'ammonification de la matière organique azotée.

Les ions ammoniums subissent une nitrification par action des bactéries nitrifiantes.

- ✓ L'azote nitreux (NO²⁻) provient d'une oxydation incomplète de l'azote ammoniacal ou par une réduction des nitrates par dénitrification. Les nitrites sont instables et sont rapidement transformés en nitrates.
- ✓ L'azote nitrique (NO³⁻) est produit par nitrification de l'azote ammoniacal. Il joue un rôle important dans le développement des algues et participe au phénomène d'eutrophisation .

Dans les eaux usées, l'azote se trouve principalement sous forme ammoniacale. Les concentrations des formes oxydées de l'azote sont faibles.

	NGL		NO ₃ -	
	EB	EE	EB	EE
Concentration (mg/l)	38	11,76	3	119

- la concentration en Azote total (NGL) a diminué significativement dans l'eau après épuration; cela est dû à l'élimination des différentes formes d'azote organique et ammoniacal par le procédé du traitement biologique.
- La concentration en Azote nitrique a augmenté, ce qui était prévisible, après la nitrification de l'azote ammoniacal grâce aux bactéries nitrifiantes.
- La quantité d'Azote nitrique dans l'eau à la sortie de la station (119 mg/l) est supérieure à la norme attribuée par l'OMS 1989 (50 mg/l).

3-1-9- Composés phosphorés :

Le phosphore est l'un des composants essentiels de la matière vivante. Les composés phosphorés ont deux origines, le métabolisme humain et les détergents.

	EB	EE	OMS(1989)
PO ₄ ⁻³ mg/l	5,1	2	<0,94

- ✓ la concentration moyenne des orthophosphates dans l'eau traitée atteint la valeur de 2 mg/l qui est supérieure à la norme (<0,94mg/l) recommandées par l'OMS(1989).

3-1-10- Le potassium :

	EE	FAO(1985)
K ⁺ (mg /l)	13,6	50

On constate que la concentration en potassium des eaux épurées est en dessous de la limite recommandée par la FAO(1985), donc la quantité du potassium ne pose pas de problème pour l'utilisation des eaux de Beni Messous en irrigation.

3-1-11- Métaux lourds :**Tableau III - 14 : Résultats d'analyses des métaux lourds dans les eaux usées épurées de la STEP.**

Éléments	Concentration dans l'eau épurée (mg/l)	Limite recommandée en éléments traces dans les eaux usées épurées destinées à l'irrigation (FAO)	
		Court terme ^a (mg/l)	Long terme ^b (mg/l)
Cadmium	0,87 x10 ⁻³	0,05	0,01
Cuivre	0,63 x 10 ⁻³	5	0,2
Plomb	0,04	10	5
Zinc	0,006	10	2
Chrome	0,02	1	0,1
Fer	0,06	10	5
Manganèse	0,03	0, 3	0,2

*« a » Pour l'eau utilisée pendant une période de plus 20 ans sur des sols de texture fine, neutres ou alcalins.

*« b » Pour l'eau utilisée sans interruption sur tous les sols.

- ✓ Les résultats des analyses effectuées sur les boues de la station de Béni-Messous, montrent que les concentrations en métaux lourds sont inférieures aux limites recommandées par la FAO(1985), et comme les métaux lourds sont les premiers à se décantent, en conséquence les eaux épurées de la station de Beni-Messous ne contiennent pas des quantités supérieures aux normes et donc ne présentent aucun risque pour l'irrigation.

III 4-Caractéristiques sismiques:

Les communes du projet se trouvent sur le bourrelet Nord du sahel. L'activité sismique de la région d'Alger est localisée essentiellement dans le bassin néogène de la Mitidja. Dans cette région, d'importants séismes se sont produits au cours de l'histoire, causant des dégâts matériels et humains. C'est notamment le cas du séisme de 1365, de 1716 et du séisme de Blida en 1825.

Les principaux séismes de forte magnitude qui ont frappées la région d'Alger (1365 - 2005) sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau N° III.15 : principaux séismes de forte magnitude

Lieu	Date	11M	M	Victimes
Alger	03/01/1365	X	-	Plusieurs victimes
Alger	10/03/1673	-	-	-
Mitidja	03/02/1716	X	-	20.000
Blida	02/03/1825	X	-	7000
Djидjelli	22/08/1856	X	-	-
Gouraya	15/01/1891	X	-	38
Tipaza	29/10/1989	VIII	6,0	22
Boumerdes-Alger	21/05/2003	X	6,8	2300

Les études effectuées dans le bassin de la Mitidja montrent que la tectonique active se manifeste le long des bordures Nord et Sud du bassin par de nombreuses failles et plis failles à jeu inverse de direction NE-SW (pli-faille du sahel), recoupés par des accidents conjugués de direction NW-SE, qui déforment peu à peu ces versants et surélèvent la Région littorale.

La région d'Ouest d'Alger où se sont produits les séismes du 29 octobre 1989 (Ms : 6,0) et du 4 septembre 1996 (Ms : 5,7), est marquée par la présence de l'anticlinal du sahel, structure majeure de près de 60 km de longueur et d'orientation NE-SW.

Cette région présente des déformations tectoniques récentes qui affectent les niveaux plio-quadernaires (faille F1). Des décrochements de direction NW-SE, localisés principalement dans la région d'Attatba et de Mahelma, affecte l'anticlinal du sahel.

En Mer, l'extension marine de la faille du Chenoua (faille F2) ainsi que l'accident de Khayr Eddine, récemment cartographiés par la campagne Maradja, représente deux autres structures majeures de la région d'Alger.

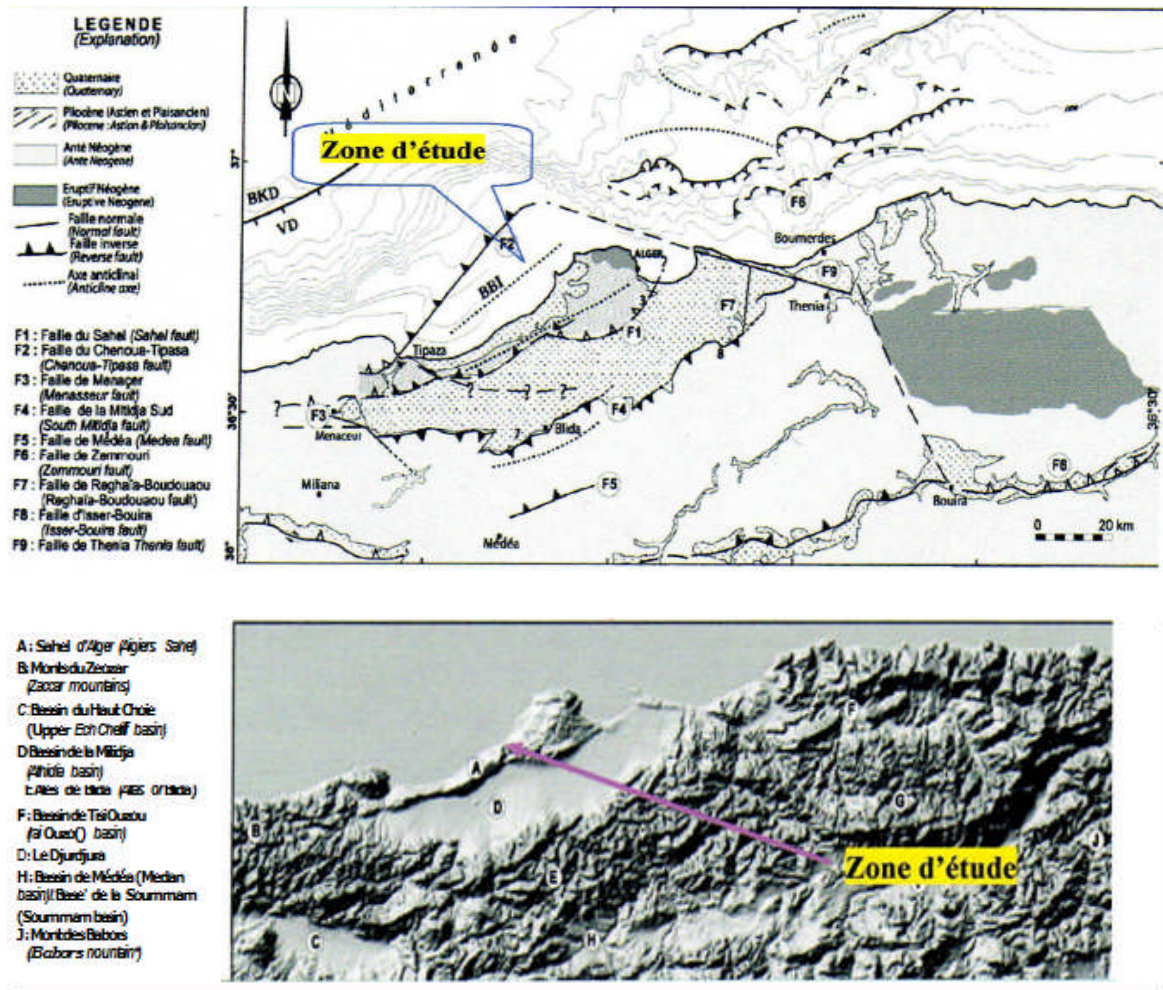


Figure III.13: carte de sismicité de la région d'Alger (source RP.A 2003)

Un Zoning sismique actualisé a été établi par le Règlement Parasismique Algérien (R.P.A 2003) suite au séisme du 21 Mai 2003 qui a touché la région de Boumerdes et ses environs.

Cinq zones de sismicité croissante ont été établies au niveau national (Voir carte de zoning sismique ci-après), soit :

- Zone 0 : Sismicité négligeable
- Zone I : Sismicité faible
- Zone IIa et IIb : Sismicité moyenne
- Zone III : Sismicité élevée

Cette nouvelle classification, situe notre zone d'étude dans la Zone sismique III qui est de sismicité élevée.

Comme pour la région de Boumerdes Zemmouri (Boudiaf, 1996 et 1998) où le séisme du 21 mai 2003 a montré que nos villes sont et seront toujours vulnérables, L'état des

connaissances actuelles dans le domaine des géosciences appliquées ou fondamentales ne permet pas de prévoir avec certitude les périodes de retour ou la prédiction à court terme des événements sismiques futurs. Par conséquent des actions préventives, beaucoup plus rentables et réalistes, à court, moyen et long terme, doivent être entreprises pour la protection des hommes et des infrastructures économiques et sociales existantes.

Le promoteur devra tenir compte du règlement parasismique Algérien.

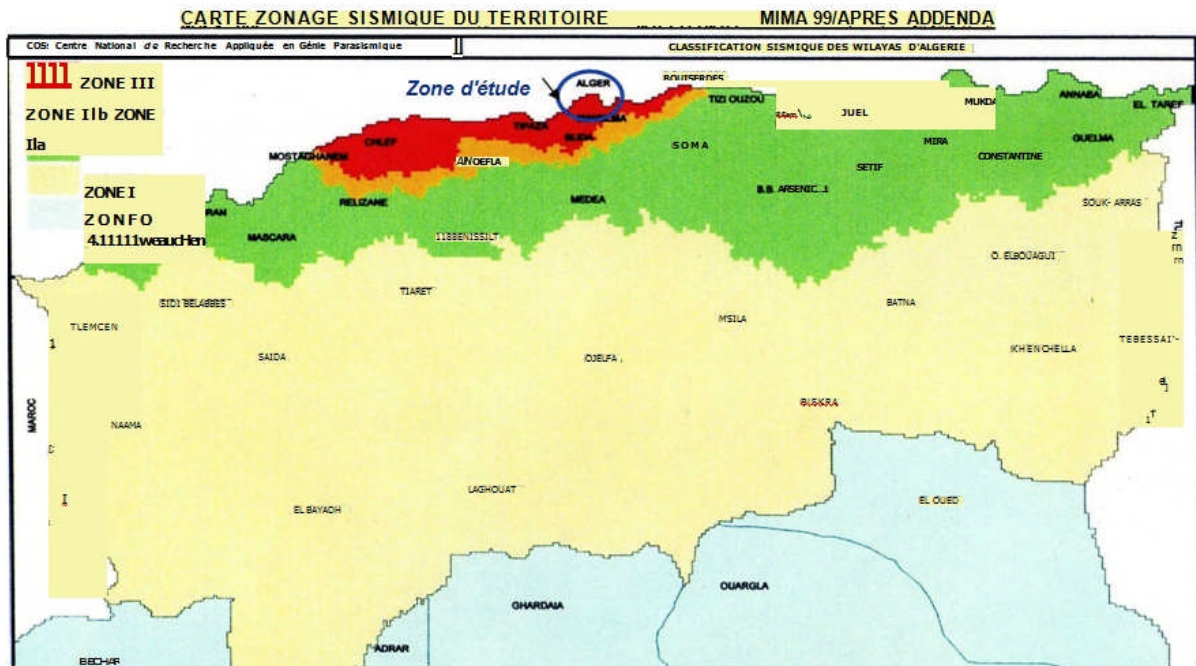


Figure III.14: carte de zonage sismique du territoire algérien

III 5 Hydrologie et hydrogéologie:

III.5.1. Hydrologie:

La région étudiée est caractérisée par des oueds pérennes qui ont un débit d'étiage extrêmement faible :

- l'Oued Beni Messous qui draine le plateau de Chéragua-Ain Benian
- l'Oued Bridja qui prolonge l'oued Faouara (oued à réseau égorgé) dans la région de Bouchaoui

-L'oued Beni Messous : est le plus grand oued côtier, son bassin est clairement délimité sur le versant Ouest du sahel. C'est le réceptacle de toutes les eaux usées domestiques et industrielles.

L'oued Beni Messous descend vers l'Ouest en direction de CHERAGA puis tourne à droite pour terminer sa course entre Ain Benian et Staoueli. Par sa longueur 11,5 Km et son débit, c'est le moins important du massif de Bouzareah. Il coule au milieu de petites collines et sur un plateau qui le borde. Dans la partie haute de son cours, il traverse des vergers, des vignobles et des jardins maraîchers. Son embouchure traverse des marécages et se termine au milieu des sables, dans une forêt de roseaux et de lauriers roses.

Le littoral près de l'embouchure de cet oued présente l'une des plus importantes régions touristiques de la zone de projet.

III.5.2. Hydrogéologie

- **Au niveau régional**

Les eaux souterraines se manifestent sous forme de sources ou de nappes aquifères. L'eau est localisée dans les fissures, diaclases et fractures. On peut définir deux ensembles de réserves aquifères :

- **La nappe du sahel** : est constituée par des dunes, poudingues et grés et par des sables plus ou moins argileux et rubéfiés. Ces formations géologiques forment un bar aquifère alimenté essentiellement par la pluviométrie et par une circulation diffuse souterraine.
- **La nappe du sahel**: les interstices se trouvant dans les grés constituent une roche favorable à l'emmagasinement de l'eau, mais l'essentiel se trouve entre l'astien et le plaisansien dont ce dernier constitue la couche plancher permettant de garder une nappe de 5 m de hauteur, des sources de résurgence peuvent apparaître en surface à certains endroits.

La carte hydrogéologique de la wilaya d'Alger dressée en 1952, décrit des faciès géologiques et identifie des zones dont la perméabilité des sols et donc le niveau d'infiltration de l'eau dans le sol, est différente.

La très grande majorité des sols de la wilaya d'Alger est composée de marnes. La région d'étude se situe dans les zones I et II à savoir :

Zone I : Une frange côtière avec des formations dunaires consolidées. Elle couvre

approximativement les communes de Zéralda et Staoueli, mais également les communes de Ain Taya, El Masa et Heroua à l'Est, ainsi que les communes de Hamma El anasser et Hussein Dey au centre. La perméabilité est bonne. Le risque de glissements de terrain est quasi nul.

Zone II : Une zone de marnes et argile bleues du Pliocène inférieur qui s'étend sur tout ou partie des communes de Chéraga, Ouled Fayet, El Achour, Draria, Baba Hssen, Mahelma, Rahmania et Douira. La perméabilité des sols est très faible et les sols sont relativement stables. Cependant, cette zone reste potentiellement sensible aux glissements de terrain induits par des activités humaines susceptibles de remettre en cause cette stabilité : travaux publics modifiant la topographie (construction d'habitations, ouverture de routes, creusement de tranchées pour les réseaux divers).

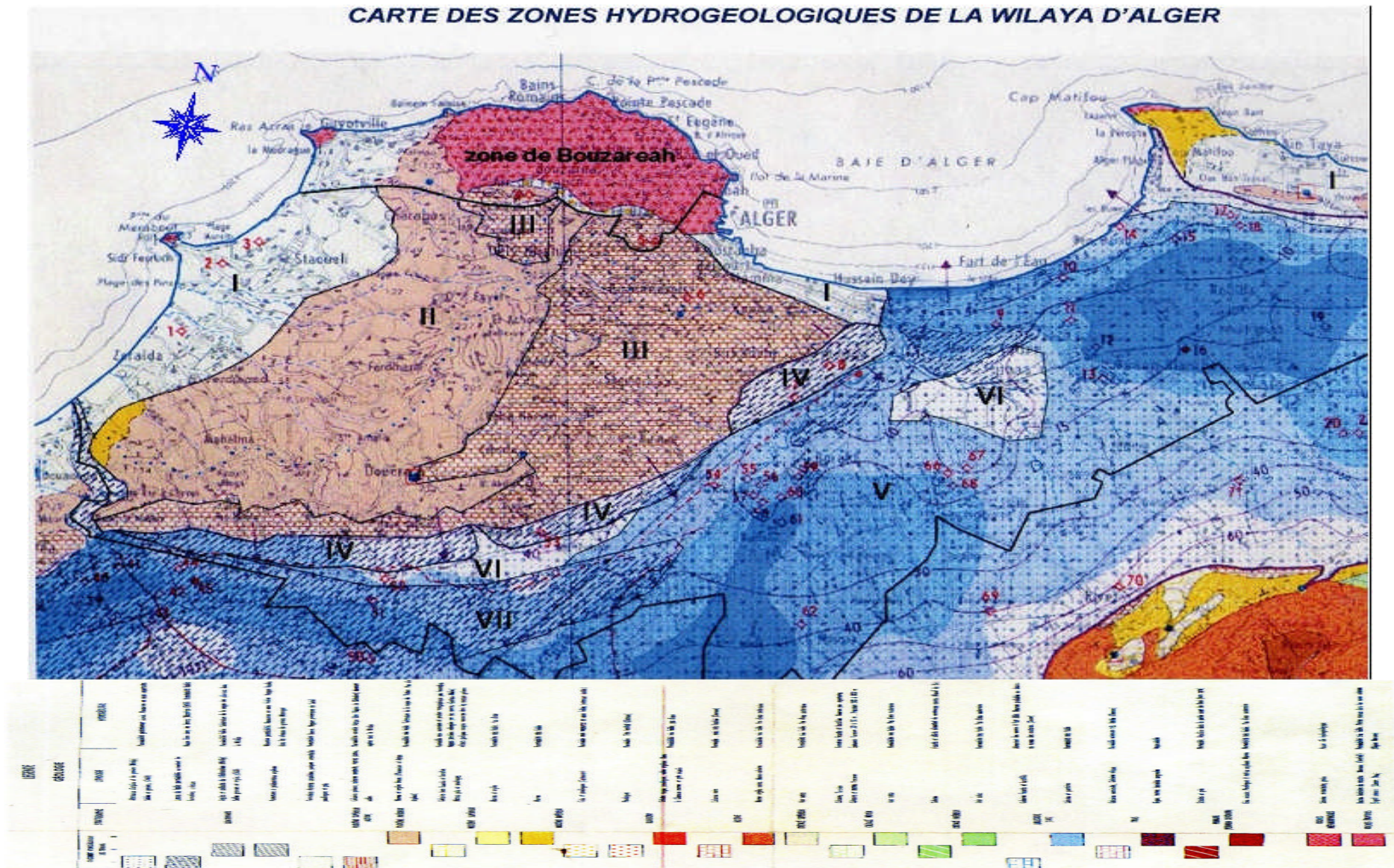


Figure. III.15: CARTE HYDROGEOLOGIQUES DE LA REGION D'ALGER Echelle:1/500. (Source ANRH)

CHAPITRE IV

Techniques d'irrigations

Chapitre IV : Techniques d'irrigation

Introduction :

L'irrigation est l'application de l'eau au sol dans le but de rafraîchir ce dernier et l'atmosphère, par ce moyen réaliser les conditions les plus favorables pour la croissance des plantes.

Mais quelque soit l'origine de l'eau (cours d'eau naturel, nappe souterraine, eau de barrage) et son mode de transport (canaux, conduits sous pression), le problème qui se pose est comment répartir cette eau sur le sol de façon que les plantes en tirent le maximum de profit.

Cependant, le moyen de répartition de l'eau sur le sol ne doit pas toujours répondre à ce critère d'une production maximale, donc on doit essentiellement envisager un choix minutieusement détaillé du mode d'irrigation et de la technique d'arrosage et compatibilité avec les contraintes de la région d'étude.

I. Systèmes d'irrigation par aspersion :

I.1 Principaux types d'installation individuelle d'arrosage par aspersion :

a) Un groupe de pompage :

Fournissant un certain débit sous pression donnée.

b) Une canalisation primaire:

Transportant la totalité de l'eau pompée.

c) Une ou plusieurs canalisations secondaires :

Transporte la totalité ou une partie de l'eau de la canalisation primaire.

d) Une ou plusieurs canalisations tertiaires :

Ou rampe de distribution, conduisant l'eau à des arroseurs ou un canon d'arrosage.

I.2 Eléments d'une couverture intégrale

a) Les portes rampes :

C'est la canalisation qui relie le point d'alimentation en eau de la aux rampes disposées sur celle-ci

Les éléments de tubes ont une longueur de 3,6,9 mètres

Ils peuvent être en :

En alliage d'aluminium de 3'', 4'' ou 6''. De diamètre

En acier galvanisé de 80 mm, 100 mm, 125 mm, 150 mm de diamètres

b) Les rampes :

Sont constitués élément de tubes à raccords rapides ou de tuyaux souples, enroulables. Les éléments de tubes ont une longueur de 3,6 ,9 mètres sont en général

En alliage d'aluminium de 2 `` de diamètre

En polythène (PE) de haute densité de 50 mm de diamètre

En polychlorure de vinyle (PVC) rigide de 50 mm de diamètre

c) L'aspersion :

Il existe des aspersion équipées d'une seule buse (mono buse) et des asperseurs munis de deux buses (doubles buses) de diamètre différent ce qui améliore l'homogénéité de la répartition pluviométrique sur la surface arrosée.

I.3 Différentes installations des systèmes aspersion :**a) Une installation est mobile :**

Quand on doit déplace entre chaque position des arroseurs et la rampe de distribution.

b) Une installation est semi – mobile :

Quand on ne déplace que les arroseurs entre chaque position et par intermittence la rampe de distribution.

c) Une installation est semi-fixe :

- à arroseurs sur rampes
- à arroseurs sur tuyaux flexibles

Quand on ne déplace que les arroseurs entre chaque position, les rampes étant fixes

d) Une installation est fixe :

Quand aucun déplacement, ni des arroseurs ni des rampes de distribution n'est nécessaire entre chaque position.

e) installation mobile, automotrice :

Quand les arroseurs sont portés sur une rampe mobile courant soit un rectangle soit un grand cercle (tourniquet géant).

I.4 principaux agencements des éléments d'une installation d'arrosage par aspersion :**a) Disposition en peigne :**

- système mobile à une rampe
- système mobile à deux rampes
- système semi-mobile à une rampe.

b) Disposition en ``L`` :

- système mobile à une rampe
- système mobile à une rampe
- système semi- mobile à deux rampes.

c) Disposition en ``H`` :

cette disposition est utilisé surtout pour les grandes surfaces

a/ système mobile à deux rampes

b/ système semi-fixe

c/ système semi-fixe à tuyaux flexible

I.5 Arroseurs et leurs dispositions :**a) En carré :**

Les plus souvent montés en carré

b) En triangle :

Assure théoriquement le meilleur recouvrement, mais parfois d'implantation plus difficile.

c) En rectangle :

Elle convient aux régions soumises à des vents dominants

I.6 Arroseurs rotatifs :**a) Arroseurs à bars axillants ou ``sprinklers`` :**

Il existe des sprinklers a 1 ou a 2 jets, fonctionne sous basse ou moyennes pressions, ces jets ont une portée de (10à25kg /cm²) leur débit varie de (0,5à 7,5 m³/h) et leur pluviométrie de 2à15mm/h pour un cercle, ils sont peu sensibles à des vents de moins de 4m/s car leur angle de départ et leur portée sont faible.

b) Canaux d'arrosage :

Exigent des pressions de (4,5à8kg/cm²) du fait de leur langue portée jusqu'à 65m et de leur angle de départ élevé, ils sont sensibles à des vents de moins de 2,5à3 m/s leur débit varie de 8à son m³/h, pour des pluviométries de 8à25mm/h

Les arroseurs mobiles automoteurs à 2tourniquets sont utilisés en culture maraichère.

c) L'asperseur :

L'asperseur peut être monté directement sur une rampe, par l'intermédiaire d'une allonge rigide de 0,5 m à 2 m que l'on emboîte dans un té à clapet fixé sur une plaque stabilisatrice, ou monte sur bipied ou un trépied de 1m à 2,5 m reliés au té porte asperseur par un tube souple

la pression de fonctionnement des asperseurs doit être proche de la pression nominale indiquée par les fabricant ; celle-ci est en général de 3,5 bars pour les asperseurs les plus utilisés en couverture intégrale.

Lorsque la pression est supérieure à la pression nominale, on monte sur la rallonge ou sur le pied porte asperseur, juste à l'amont de l'asperseur, un régulateur de pression.

II. Goutte à goutte :

Le but de l'irrigation goutte à goutte est de fournir à chaque plante un approvisionnement en eau facilement utilisable, suffisant pour satisfaire les besoins en eau de transpiration à cet égard, l'irrigation en goutte à goutte est unique pour ce qui concerne utilisation optimale de l'eau.

II.1 Organes de distribution :

On distingue deux cas selon que les deux fonctions, transport et distribution, sont assurées par deux éléments différents ou par le même élément :

Premier cas :

Le transport est assuré par des canalisations en plastique (polyéthylène en général) appelé rampes et la distribution par les appareils spéciaux appelés débiteurs, insérés dans les rampes à des intervalles généralement constants.

Deuxième cas :

Le transport et la distribution sont assurés par le même organe

On parle alors de gaines ou de tubes poreux

Les distributeurs se divisent en :

Goutteurs - mini -diffuseurs -ajutages calibré

a) Les goutteurs :

Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle.

b) Les mini -diffuseurs :

Ils fonctionnent comme des petits asperseurs statiques placés à environ 0,30 à 0,50 m au-dessus du sol qui pulvérisent l'eau sous forme de tache sur une partie de la surface du sol au voisinage des cultures

c) Les ajutages calibrés :

Ils sont constitués d'orifice calibré (1,2 à 2,1 mm de diamètre) fixé en dérivation sur la rampe à intervalles réguliers (2,5 à 6,5 m) et recouvert d'un manchon brise-jets.

L'eau distribuée par les ajutages ne s'infiltré pas ponctuellement, elle s'écoule dans une rigole cloisonnée constituant une série de petit bassin au fond de laquelle est placée la rampe.

Selon le diamètre de l'ajutage, le débit varie de 35 à 100l /h, sous une pression de 1 bar.

d) Gains et tube poreux :**Les gains :**

Les gains sont constituées de tuyaux en plastique qui assure à la fois le transport et distribution de l'eau aplatie au repos ; elles se gonflent sous l'effet de la pression la section prend alors une forme plus en moins elliptique.

Le débit des gains est généralement compris entre 1 et 8 l/h par mètre linéaire, suivant écartement des sorties (20 à 120 cm) et la pression (0,15 à 1 bar)

Il y a des gains perforées à double paroi et des gains à cheminement long et des gains autorégulatrices

Les tubes poreux :

Sont constitués par des tuyaux d'un diamètre de 20 à 30 mm, ces tuyaux sont généralement enterrés entre 20 à 50 cm de profondeur ils sont actuellement peut utiliser en agriculture à cause de la variabilité des débits liés à des problèmes technologiques, qui font l'objet de recherches.

III. Techniques d'irrigation à la parcelle :

Les différentes techniques d'irrigation à la parcelle, ou techniques d'arrosage relèvent de trois types principaux d'irrigation :

- Irrigation gravitaire ou irrigation de surface
- Irrigation sous pression (par aspiration ou par micro irrigation)
- Irrigation de subsurface

III.1 Techniques d'irrigation de surface :

L'irrigation de surface regroupe l'ensemble des techniques d'arrosage dans lesquelles la répartition de l'eau à la parcelle se fait entièrement à l'air libre, par simple écoulement à la surface du sol, la répartition de l'eau est assurée grâce à la topographie du terrain et aux propriétés hydriques du sol (ruissellement, infiltration et capillarité).

En irrigation de surface, la distribution entre les différentes techniques est essentiellement fondée sur la méthode d'application de l'eau : ruissellement, submersion ou techniques mixtes.

a) Irrigation par ruissellement :

Deux cas se présentent :

Premier cas :

L'eau distribuée par rigoles ruisselle sur le sol et s'y infiltre verticalement, il s'agit d'un ruissellement en nappe ou déversement.

On recense dans cette catégorie un ensemble de techniques telles que :

- a/ l'arrosage à la planche
- b/ l'arrosage par rigoles de niveau
- c/ l'arrosage par rigole en pente ou rases
- d/ l'arrosage par plans inclinés
- e/ l'arrosage par ados

Deuxième cas :

L'eau ruisselle sur l'ensemble de la surface du sol, mais coule dans des fosses, rigoles ou raies et pénètre par infiltration latérale et verticale jusqu'aux racines des plantes.

Par ailleurs et sauf exception signalée, la mise en place d'un réseau de colature est indispensable pour évacuer les eaux excédentaires, en irrigation par ruissellement

b) Planches de ruissellement sur terrain nivelé

On divise la surface à irriguer en bandes rectangulaires de longueur L, prise dans le sens de la plus grande pente, et de largeur l.

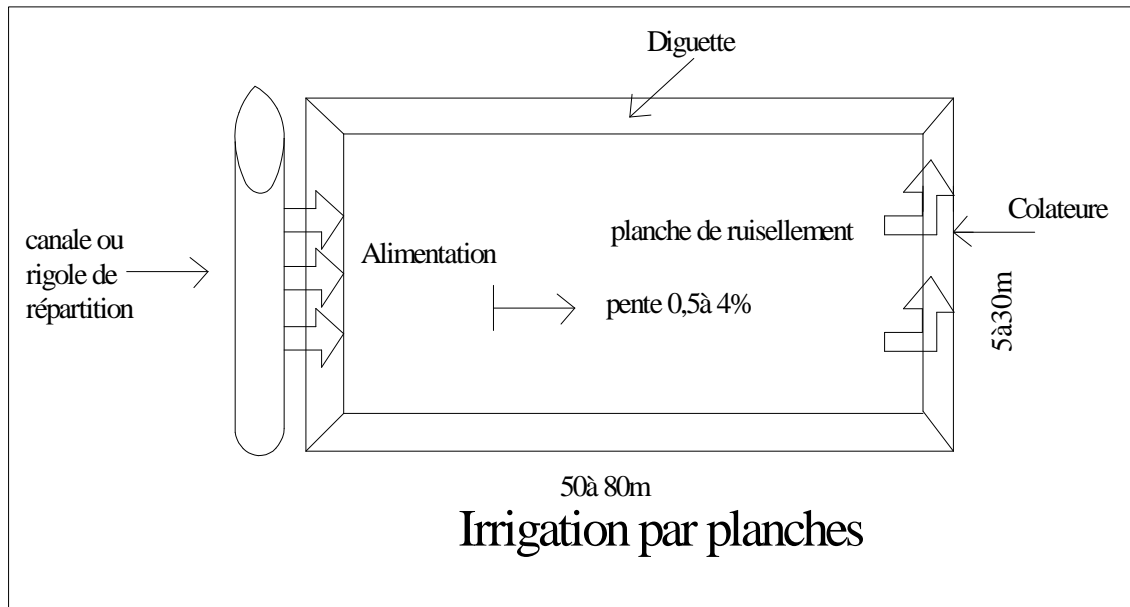


Figure IV.1 : Schéma de l'irrigation par planches

La largeur maximale est limitée de 5 à 30 cm et leur longueur de 50 à 80 m ; mais souvent la longueur maximale est limitée généralement environ de 400 m

Cette irrigation convient mieux aux pentes inférieures à 0,50 % cependant la pente longitudinale maximale des planches doivent être pour atteindre 4% à 5% la pente transversale des planches doivent être nulle pour atteindre une meilleure uniformité de l'arrosage

L'eau est déversée en tête de la planche limitée latéralement par des petites diguettes ou bourrelets de terre qui sont destinées à délimiter la zone d'arrosage avec (hauteur de 15 à 20 cm) et en bas par une colature

Les sols convenant le mieux à cette technique sont les sols moyennement filtrants, cette irrigation s'applique aux cultures telles que les prairies, les céréales les verges.

c) Les rigoles de niveau :

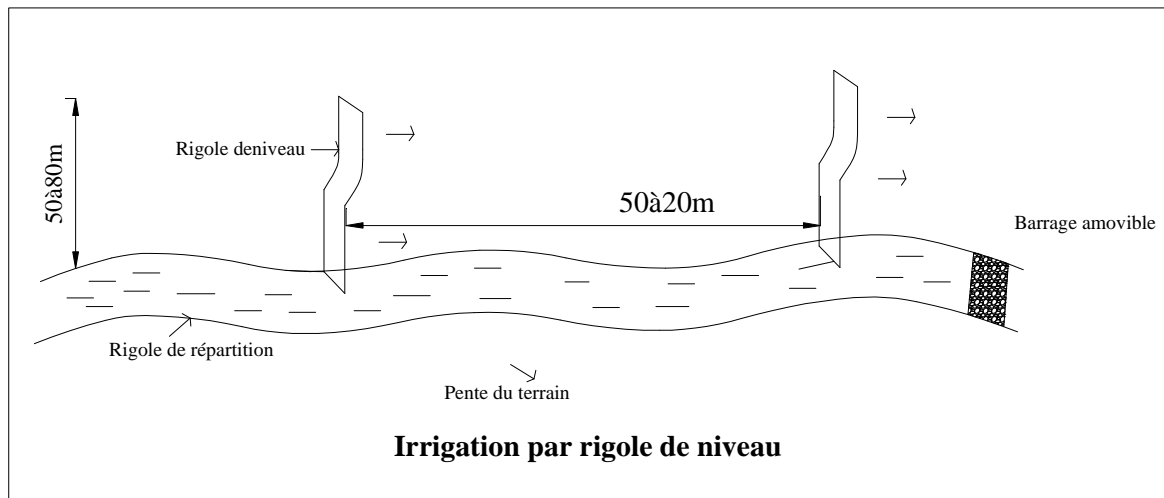


Figure IV.2 : Schéma de l'irrigation par rigole de niveau.

L'alimentation de la parcelle est faite par rigoles se rapprochant des courbes de niveau et qui fonctionnent par débordement.

La surface à irriguer est divisée en unités parcellaires par des rigoles de répartition tracées suivant la ligne de la plus grande pente, puis en petites surfaces larges et courtes par rigoles de niveau dont l'arrêt inférieur permet le déversement de l'eau en nappe mince ; cette technique convient pour des pentes comprises entre 3 et 10% et aussi des pentes de 20 à 30% (irrigation en montagnes) .

Les rigoles de répartition sont perpendiculaires à la rigole d'amenée et sont espacées en général d'environ 50 à 80 mètres

Cette irrigation est adaptée aux prairies et aux céréales à condition de semer selon des courbes de niveau.

Les sols qui conviennent sont des sols à texture moyenne ne se fissurant pas à sec.

d) Arrosage par rigole en pente ou rases :

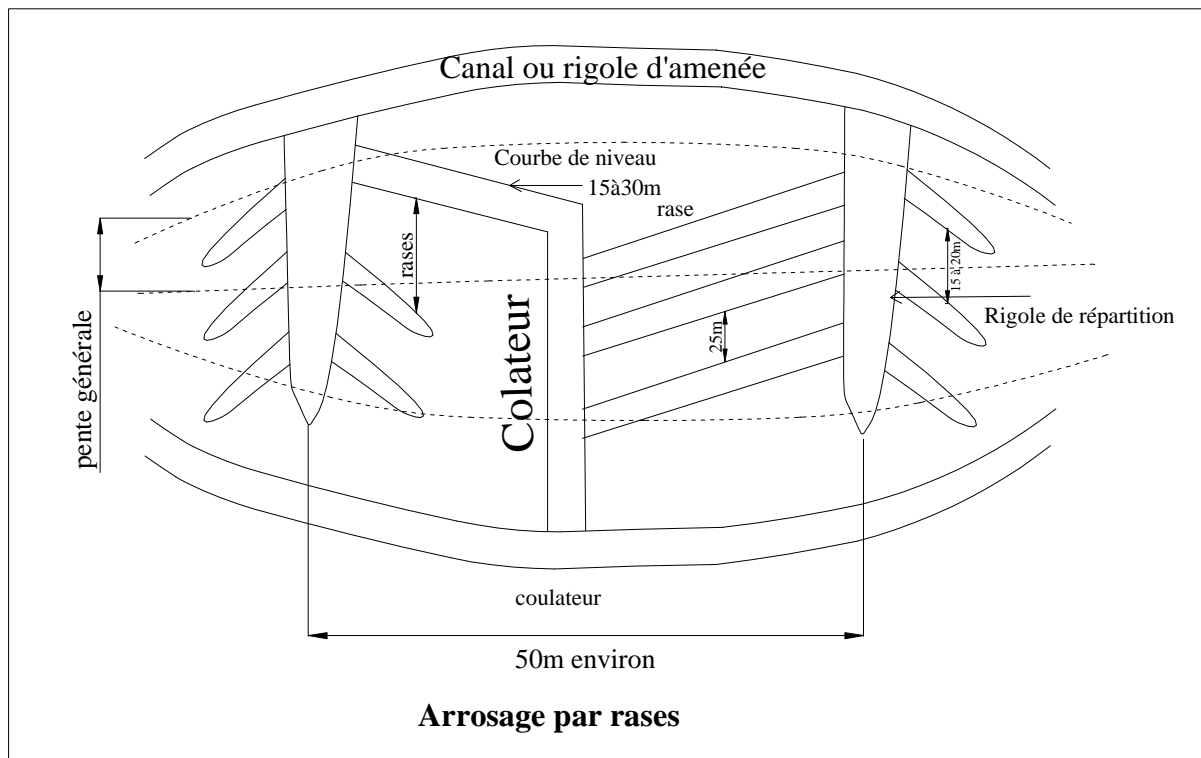


Figure IV.3 : Schéma de l'arrosage par rases

L'arrosage par rases diffère de l'arrosage par rigole de niveau par disposition oblique des rigoles de déversement par rapport aux rigoles de répartition. Cette technique est adoptée en lieu et place des rigoles de niveau lorsque la pente du terrain devient faible ou lorsque le relief est difficile à suivre avec des rigoles de niveau, la pente d'application reste de l'ordre de 0,3 à 6% pour force l'eau à se déverser, on diminue la largeur et la profondeur des masses qu'on s'éloigne de la rigole de la répartition.

L'écartement des rigoles de répartition est de l'ordre de 50m et la longueur des rases est de 25 m environ, leur espacement étant de 5 à 20 m selon la pente et la nature de la sole

L'arrosage par rases est utilisé pour l'irrigation des prairies (fourrages) des céréales ou verges.

e) les plans inclinés :

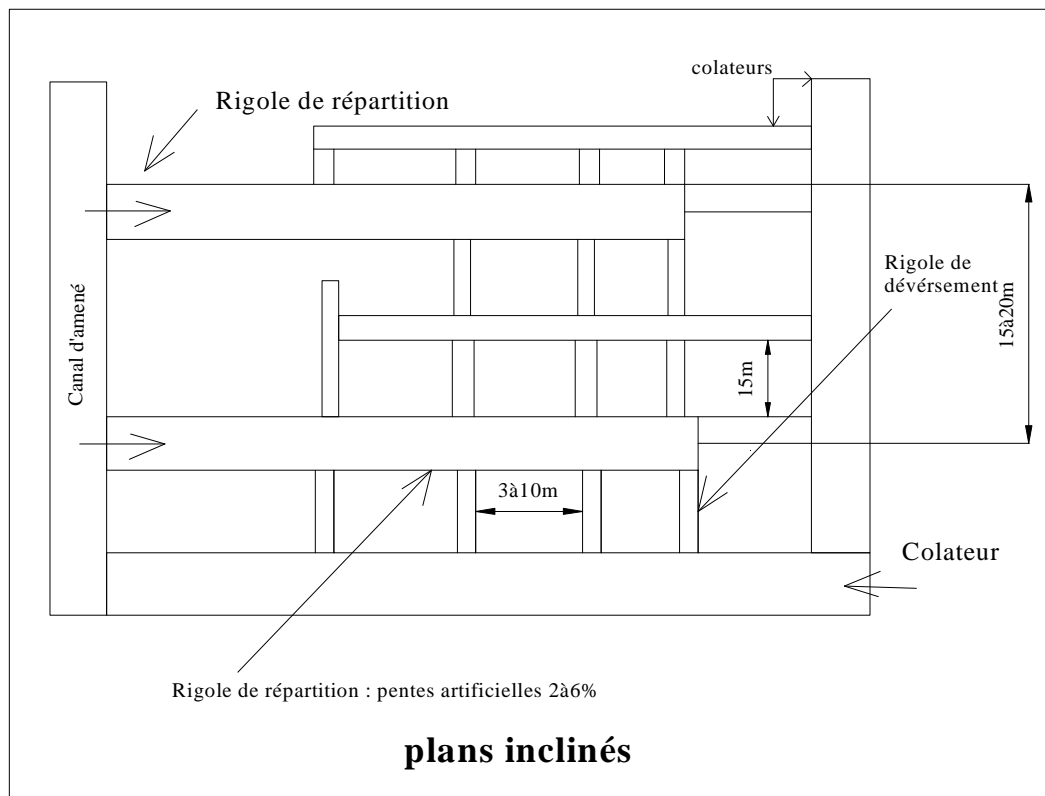
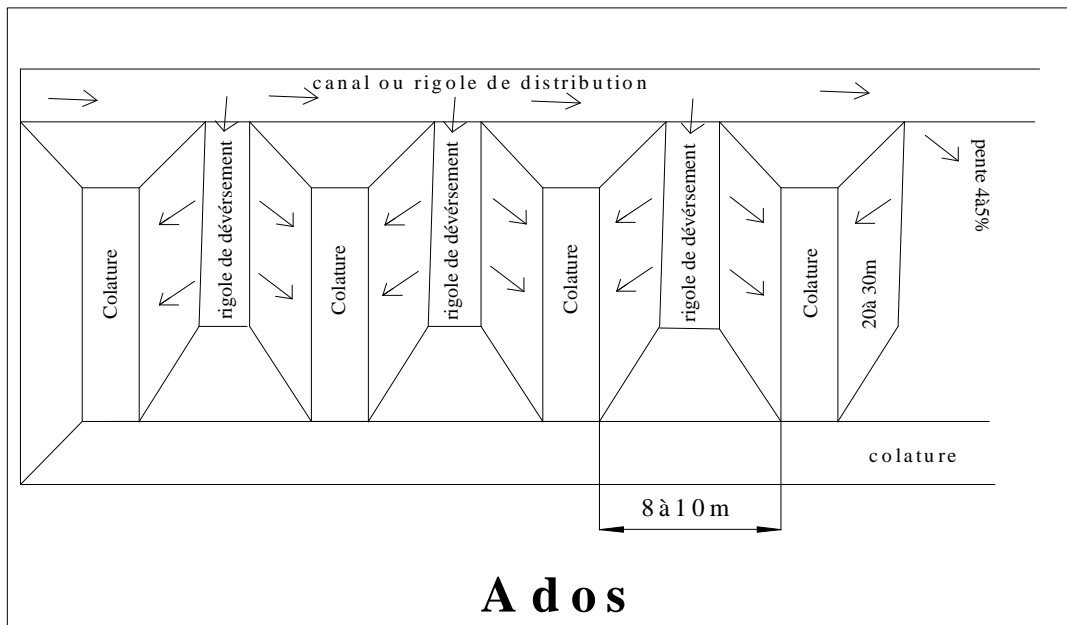


Figure IV.4 : Schéma de l'irrigation par plans inclinés

L'arrosage par plans inclinés ressemble globalement à l'arrosage par rases et à l'arrosage par rigoles de niveau à ceci presque les pentes des planches sont rigoureusement réglées artificielles, et les parcelles géométriquement bien dessinées (rectangulaire, en général).

Les pentes d'application sont de l'ordre de 4 à 6%, les espacements entre canaux de distribution (répartition) peuvent varier en général de 15 à 20 m, et l'écartement entre rigole de déversement de 3 à 10 m suivant la pente.

Ce système ne nécessite pas de réseau de colature, le réseau d'irrigation remplissant ce rôle la distribution de l'eau se fait au tour d'eau sur les canaux de distribution ; l'irrigation par plans inclinés est destinée à des cultures spécialisées à fortes valeurs ajoutées.

f) Les ados :**Figure IV.5 :** Schéma de l'irrigation par ados.

Les ados sont une variante très élaborée des plans inclinés, les ados comportent de plans inclinés ou ailes de part et d'autre de la rigole de déversement ; elle –même perpendiculaire au canal de distribution, entre deux ados les eaux excédentaires sont reprises par colature. Les ados ont en général 8m de large sur 20 à 30 m de longueur ; cette méthode qui nécessite d'assez gros terrassements ne peut convenir que pour des cultures riches ou des régions où le drainage naturel est difficile, cette méthode est employée en maraichage sur des terrains très plats.

g) l'arrosage à la raie par sillon :

L'arrosage à la raie consiste à amener l'eau à la plante par une série plus ou moins dense (espacement d'environ 0,75 à 1 m) de petites fosses à ciel ouvert à pente faible mais régulière ; l'eau s'infiltré à tous les sens (verticalement et latéralement).

Les raies sont tracées suivant la ligne de plus grande pente du terrain pour de pente inférieur 2% les raies sont obliquement par rapport à la ligne de plus grande pente ; la forme des sections des raies peut être triangulaire, trapézoïdal ou parabolique avec une largeur de 25 à 30 cm.

L'arrosage à la raie se pratique sur des terrains d'environ 0,5 à 4% de pente et convient à toutes les cultures et des plantes sarclées (maïs, coton, pomme de terre) ; il est nécessaire un réseau de colature, la technique la plus ancienne répandant à ce principe est l'arrosage à deux

débits de l'arrosage s'effectue avec un « débit d'attaque » Q et lorsque la raie est entièrement mouillée, avec un « débit d'entretien » $Q/2$.

h) Corrugation :

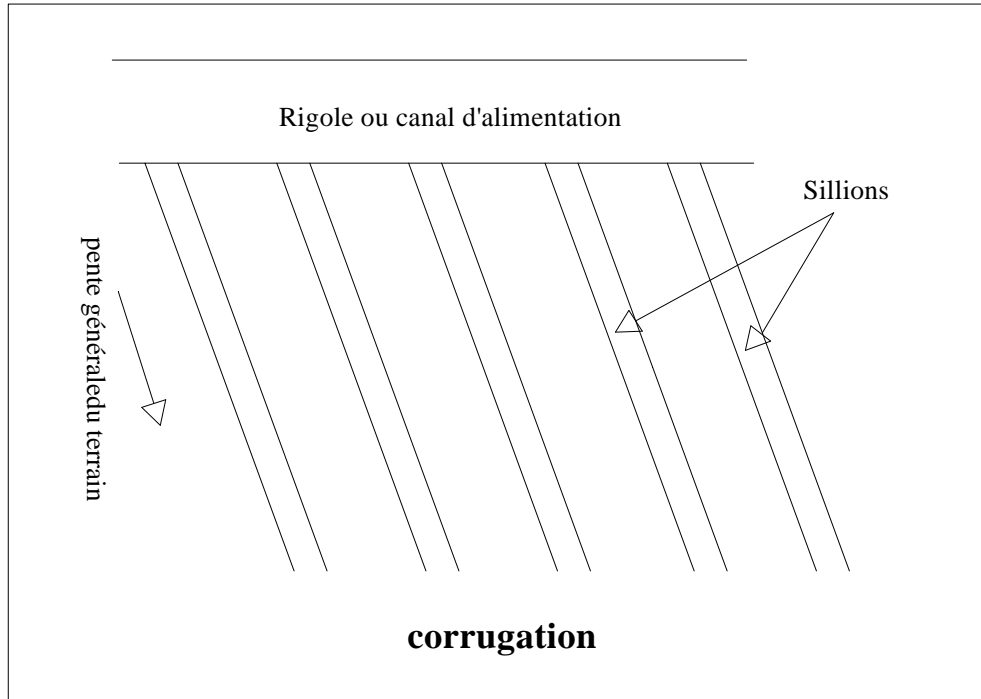


Figure IV.6 : Schéma de l'irrigation par corrugation.

L'arrosage à la raie en courbe de niveau convient à des terrains irréguliers ou accidentés il est impossible de tracer des sillons droits, cette technique est pratiquée sur des cultures légumières ou fruitières.

Les rigoles d'infiltration en arboriculture, lorsque l'arrosage à la raie est employé en arboriculture, on est amené à utiliser des dispositifs particuliers des rigoles tracées parallèlement aux lignes d'arbres en zigzag pour une meilleure uniformité de l'arrosage, permettent à l'eau d'irrigation de s'infiltrer en profondeur au bénéfice des racines ; l'écartement des rigoles est fonction de la perméabilité du terrain et leur pente est de l'ordre de 0,5 à 1% la profondeur est environ de 0,2 m ; les débits introduits dans les rigoles varient entre 0,5 à 5 l/s , les arbres sont placés soit entre les rigoles , soit dans la concavité de zigzag.

III.2 L'irrigation par submersion :

L'eau submerge le terrain et s'y infiltre ; il peut arriver que l'on maintienne une lame d'eau (submersion continue) suivant l'exigence de certaines cultures tel que le riz.

Elle exige des sols peu perméables pour éviter les pertes par infiltration et l'entraînement des minéraux et engrais.

La pratique de la submersion, nécessite l'aménagement du terrain en bassin de submersion, aussi la parcelle à irriguer est elle bordée de diguette de 30 à 40 cm de hauteur ; cette irrigation appliquée de préférence en terrain presque plat moins de 0,1 de pente, mais peu également se mettre en pratique sur des terrains naturellement en forte en réalisant des banquettes ou terrasses .

L'uniformité de l'arrosage est directement liée à trois facteurs :

- a) Faible perméabilité, terrain très peu ou moyennement perméable
- b) Fort débit d'apport : la riziculture nécessite à peu près deux fois plus d'eau que les autres cultures
- c) Qualité de nivellement : la bonne qualité de nivellement doit être maintenue par entretien régulier

On distingue plusieurs techniques d'arrosage par submersion dont :

- Les planches de submersion à nivellement horizontal ou bassin à fond plat
- Les planches de submersion en pente à diguettes en courbes de niveau
- Les terrasses ou banquettes
- Les sillons ou raies à pente nulle
- Les cuvettes en arboriculture
- Les bassins billons
- Les microbassins

III.3 Irrigation mixte :

Il s'agit d'un ruissellement suivi d'une submersion, quelques techniques possibles employées en irrigation mixte sont :

- a) L'épandage de crue
- b) La raie court

a) L'épandage de crue :

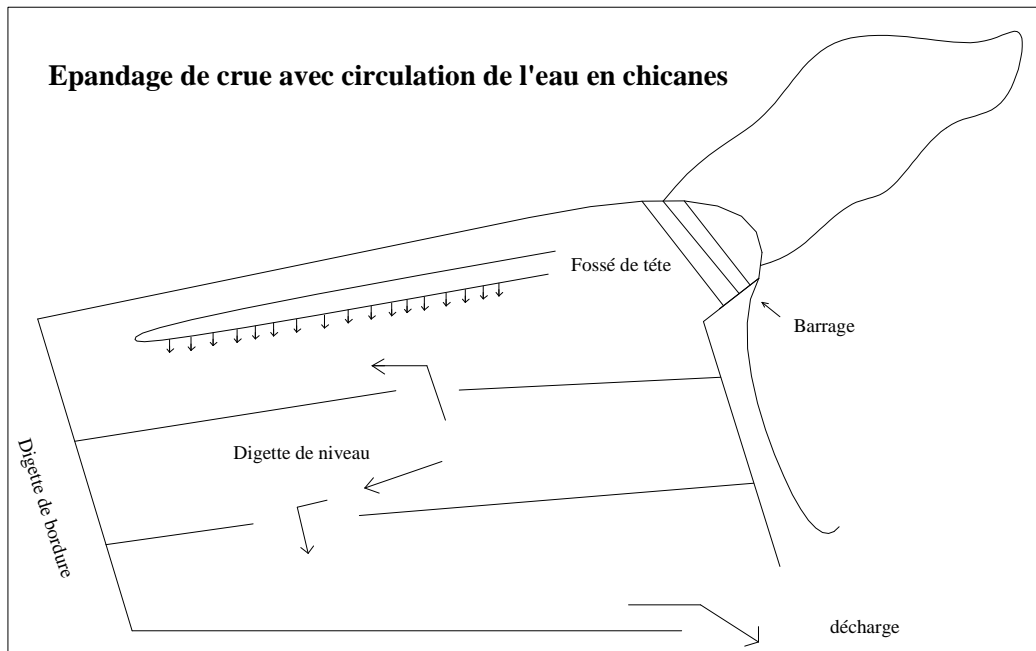


Figure IV.7 : Schéma de l'irrigation par épandage de crue avec circulation de l'eau en chicanes.

Cette méthode consiste à améliorer ou à reproduire artificiellement les inondations naturelles provoquées par les crues des rivières ou par le déversement des eaux de ruissellement.

La technique d'irrigation par épandage de crue diffère des autres techniques, principalement par le fait qu'elle est conçue pour tirer parti du ruissellement en vue d'irriguer des parcelles cultivées, alors que les autres techniques d'irrigation sont conçues pour distribuer l'eau en fonction des besoins des plantes.

Réseaux sommaires :

Dans les réseaux sommaires, les aménagements se composent d'un barrage de dérivation en terre de cailloux et d'un canal d'amenée vers le périmètre.

Dans celui-ci, l'eau est ralentie et répartie grâce aux digettes parallèles aux courbes de niveau

b) Irrigation par raies courtes :

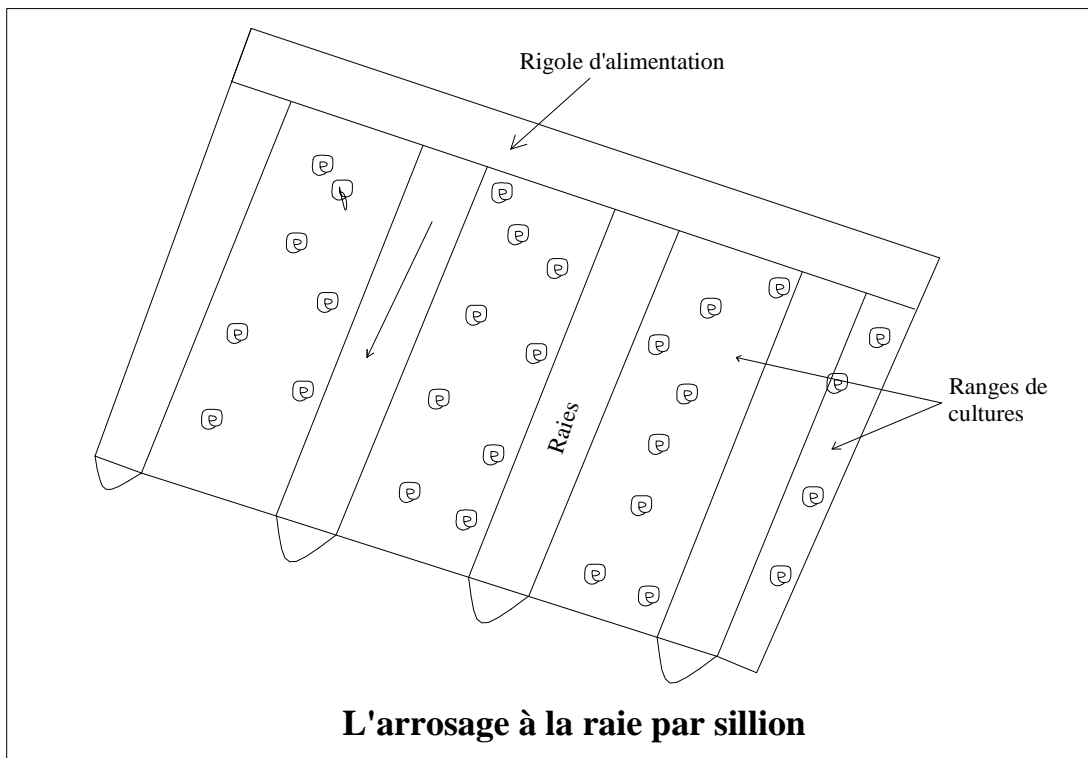


Figure IV.8 : Schéma de l'arrosage a la raie par sillon.

Les raies courtes sont surtout destinées à l'irrigation des cultures maraichères elles sont de préférence utilisées en terrain peu pentu, sinon à défaut on opère par une disposition en courbe de niveau.

La rigole d'alimentation dessert simultanément un certain nombre de raies courtes séparées par des billons et bouchées à leur extrémité. L'eau ruisselle d'abord dans les raies puis les remplit.

On règle le débit d'amenée pour éviter le débordement, la longueur des raies varie de quelques mètres à quelques dizaines de mètres. Cette faible longueur assure une répartition assez homogène de l'infiltration le long de la raie.

Pour réduire les pertes par débordement, on peut mettre en communication deux raies voisines au lieu de boucher deux extrémités ; on obtient alors des raies courtes bouclées ou communications ; la culture peut se trouver sur billon, à flanc de billon ou dans la raie.

III.4 Techniques d'irrigation par sub-irrigation :

En irrigation de la sub-surface, l'application de l'eau se fait sous la surface du sol, elle peut consister en :

Un contrôle de nappe au moyen d'un réseau d'assainissement qui peut fonctionner à l'envers par l'admission d'eau d'irrigation ce réseau peut-être constitué par des fosses profondes ou drains enterrés ; cette technique, qui intéresse de terrains humides et relativement plats.

La mise en place de dispositifs permettant l'humectation souterraine d'un volume de sol proche des drains des plantes le matériel destiné à opérer la diffusion de l'eau est constitué par des diffuseurs ,récipient poreux dont une forme traditionnelle est constituée par le (canari) en terre cuite cette technique est surtout employée en cultures maraichères sur des petites surfaces.

Conclusion :

Le choix d'une technique d'irrigation repose sur un ensemble de critères et de contraintes qui ont été étudiées :

- La topographie (pente du terrain, relief, géométrie de la parcelle)
- Ressources en eau (quantité, quantité débit dont on dispose)
- Nature du sol (perméabilité)
- Nature des cultures
- Facteurs sociologiques culturels
- Facteurs économiques
- Rentabilité de l'opération

On ne pas considérer chacun de ces critères de manière isolée ; au contraire, il faut en voir une vision globale afin de mieux évaluer les potentialités d'irrigation d'un site ou une région donnée.

CHAPITRE V

Estimation des besoins en eau d'irrigation

Introduction

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 et l'utilisation de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation tel que CROPWAT8.

V.1. HYDROLOGIE

Le présent chapitre a pour but de déterminer les caractéristiques des pluies de fréquences données, qui conditionnent l'étude de notre projet d'aménagement hydro-agricole, tels que : le calcul des besoins des cultures à projetée dans le périmètre de cheraga , ainsi que le dimensionnement de réseau de distribution.

V.1.2 Ajustement de la série pluviométrique :

On soumet la série pluviométrique annuelle de la station à l'ajustement à la loi Normale.

- **Ajustement à la loi de Gauss :**

L'ajustement des séries par la loi log- normale ou loi de Gauss s'adapte bien avec les pluies moyennes annuelles. En effet sa fonction de répartition est de la forme :

$$F(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int \text{Exp}\left(\frac{-1}{2xu^2}\right) du$$

Pour notre projet, il sera utile de connaître les variations annuelles de la précipitation pour une période de retour de 5 ans.

Les résultats de l'ajustement de la série des pluies annuelles sont regroupés dans le tableau V-1 et la figure V-1

TABLEAU V-1 : Ajustement à la loi de GAUSS

T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)	
10000	0,9999	382	23,4	336	428
2000	0,9995	360	21	319	402
1000	0,999	350	20	311	389
200	0,995	324	17,2	290	358
100	0,99	312	16	280	343
50	0,98	298	14,6	269	326
20	0,95	277	12,7	252	302
10	0,9	259	11,2	237	281
5	0,8	236	9,59	218	255
3	0,6667	216	8,59	199	232
2	0,5	194	8,21	178	210
1,4286	0,3	167	8,77	150	184
1,25	0,2	151	9,59	132	170
1,1111	0,1	129	11,2	107	151
1,0526	0,05	110	12,7	85,6	135
1,0204	0,02	89,8	14,6	61,1	118
1,0101	0,01	76	16	44,7	107
1,005	0,005	63,3	17,2	29,5	97,1
1,001	0,001	37,3	20	-1,81	76,4
1,0005	0,0005	27,2	21	-14,1	68,4
1,0001	0,0001	5,49	23,4	-40,3	51,3

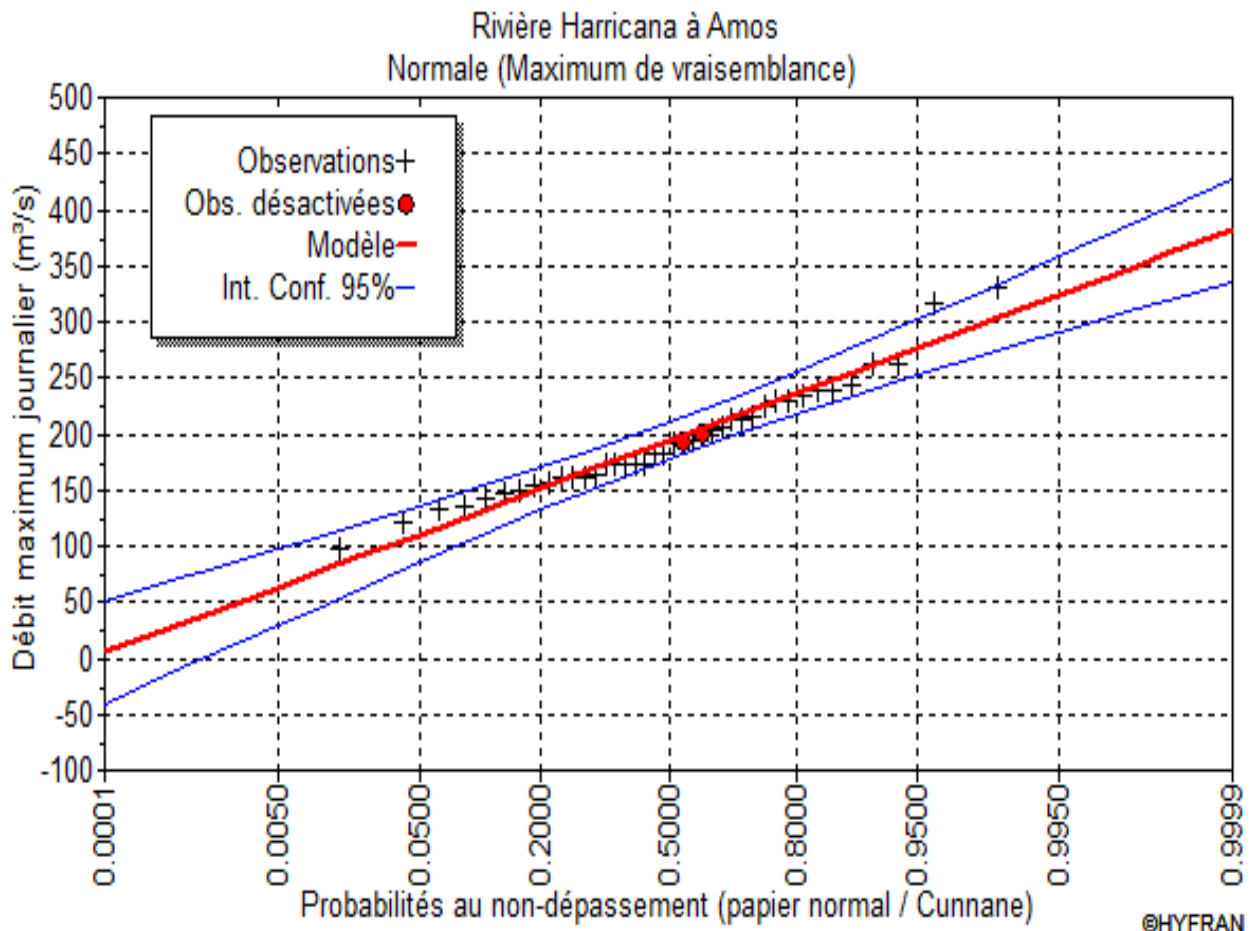


Figure V-1 ajustement a une loi de GAUSS

V.1.3. Détermination de l'année de calcul :

Détermination de l'année de calcul à pour but de connaître la quantité de pluie qui peut être utilisée par la plante; elle est une fraction de la pluie efficace (pluie de probabilité 80%), (de l'année de calcul de P80%)

Pour trouver la pluviométrie moyenne mensuelle de probabilité 80% on utilise la loi suivante :

$$P_{\text{moy } 80\% \text{ de chaque mois}} = P_{\text{moy de chaque mois}} \cdot \frac{P_{\text{théorique (80\% annuelle)}}}{P_{\text{théorique (50\% annuelle)}}$$

$$P_{\text{théorique } 80\% \text{ annuelle}} = 236 \text{ mm} .$$

$$P_{\text{théorique } 50\% \text{ annuelle}} = 194 \text{ mm} .$$

P_{moy} De chaque mois sont données par le tableau suivant:

$$P_{\text{moy mensuelle de } 80\%} = \frac{P_{\text{théorique}}}{P_{\text{moy annuelle}}} \cdot P_{\text{moy mensuelle}}$$

Nous avons les résultats de calcul donnés par le tableau suivant :

Tableau V-2:L'Année de calcul.

Mois	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sep	Oct.	Nov	Dec	Année
P80%(mm)	81.5	62.58	52.98	47.71	37.78	5.13	3.01	7.34	31.73	57.39	101.99	95	584.16

V.2.1. Calcul de l'évapotranspiration (ETP) :

L'estimation des besoins en eau des plantes est selon l'espèce, liée à de nombreux facteurs climatiques : pluviométrie, température, hygrométrie, vent, etc. ...

L'évapotranspiration (ETP) met en relation ces facteurs. Les méthodes sont nombreuses et sont établies suivant les régions (bulletins FAO d'irrigation et de drainage « les besoins en eau des cultures »

Dans le cas du périmètre de cheraga, situé dans une zone sub-humid, on estimera l'ETP par la méthode de Penman&Moteith.

Les paramètres pris en considération dans le calcul de l'ETP sont relatifs aux données de la station de Maalma pour la pluviométrie (distribution mensuelle en corrélation avec la précipitation moyenne annuelle de la zone d'étude) et la température ; le pourcentage de la

durée d'éclairement et la radiation maximale suivant la latitude de la zone d'étude et aux données de la station de Maalma pour la nébulosité et l'humidité relative.

V.2.2. Méthode de Penman&Monteith modifiée :

En Angleterre, précisément en 1948, Penman&Monteith a proposé une étude théorique de l'évapotranspiration en reliant inséparablement l'énergie solaire incidente. Cette formule est limitée ou bien incomplète, du fait que cette dernière ne prenne pas en considération l'effet de quelques paramètres météorologiques.

Les expériences ont montrés que la formule telle qu'elle est, s'applique mieux dans les régions humides, non loin de l'océan et essentiellement recouverte de végétation, que dans les zones arides ou semi-arides de faible humidité.

Pour cela, nous adaptons la nouvelle formule de Penman&Monteith modifiée, qui prenne en compte l'effet du paramètre vent, ainsi que les corrections supplémentaires qui tiennent comptent des conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

L'expérience a montrée que l'expression obtenue, prédirait de près, l'évapotranspiration de référence, non seulement dans des régions humides et fraîches comme en Angleterre, mais aussi dans des zones très chaude et semi-aride. La formule de Penman&Monteith, modifiée, se présentant comme suite :

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)]$$

Où :

ET_0 : Représente l'évapotranspiration de référence, exprimées en mm/jour.

W : Facteur de pondération rendant compte de l'effet de rayonnement à différente température et altitude.

Rn : Rayonnement net en évaporation équivalente, exprimé en mm/jour.

$F(u)$: Fonction liée au vent.

ea : Tension de vapeur saturante à la température moyenne de l'air, en millibars.

ed : Tension de vapeur réelle moyenne de l'air, exprimée en millibars.

La différence ($ea - ed$) constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes.

Le calcul de l'évapotranspiration de référence est réalisé à l'aide de logiciel d'aide au pilotage d'irrigation CROPWAT8, fondé sur la méthode de Penman&Monteith, modifiée et recommandée par la consultation des experts de la FAO tenue à Rome en Mai 1990. [7]

Pour l'exploitation du logiciel, nous devons fournir les informations mensuelles de la station météorologique et la méthode adoptée emploie les informations homogènes et fiables suivantes (&Chapitre 4) :

- *Température : Les températures moyennes sont données en degré Celsius.
- *Humidité de l'air : L'humidité relative de l'air exprimé en pourcentage de (10 à 100).
- *Insolation journalière : L'insolation journalière donnée en heures d'insolation de (1 à 20).
- *Vitesse de vent. : La vitesse du vent peut être introduite en m/sec de (0 à 10).

Dans le tableau V.6, nous représentons l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT, selon la formule de Penman&Monteith, modifiée

Tableau V.3: Evapotranspiration de référence de la zone de projet selon Penman&Monteith

Mois	Température °c	Humidité %	Vitesse du vent m/s	Insolation heures	Radiation Mj/m2	ETO mm/jour
Janvie	10.82	75.25	1.74	6.04	9.7	1.4
Fèvrier	10.72	73.4	2.35	6.57	12.5	2.01
Mars	13.37	73.65	2.81	7.22	16.2	2.81
Avril	15.34	75.75	2.52	7.4	19.0	3.31
Mai	18.93	69.1	2.51	8.31	21.9	4.29
Juin	22.84	66.75	2.74	10.3	25.2	5.47
Juillet	24.75	65.65	2.68	7.25	20.5	5.28
Aout	26.34	66	2.39	9.85	22.8	5.54
Septembre	23.43	67.15	2.3	7.55	17.4	4.23
Octobre	20.26	75.3	1.76	6.56	13.2	2.74
Novembre	14.91	79.3	2.17	6.07	10.2	1.84
Décembre	11.18	80.1	2.05	5.13	8.3	1.3
Moyenne	17.75	72	2.3	7.3	16.4	3.35

(Source CROPWAT)

Le tableau indique une valeur d'ET° maximale de 5,54 mm/j en mois de Aout et une valeur minimale de 1.3 mm/j en mois de décembre

V.3.Calcul de la pluie efficace :

Pour tenir compte des pertes, le programme Cropwat.8, nous permettra de calculer la précipitation efficace, définie comme étant la fraction des précipitations contribuant effectivement à la satisfaction des besoins de l'évapotranspiration de la culture après déduction des pertes par ruissellement de surface, par percolation en profondeur, etc.

Il est difficile d'évaluer les pluies efficaces sans avoir recours à des mesures effectuées pendant de longues périodes, en différents endroits.

Par conséquent, en l'absence de telles données, nous utiliseront couramment des méthodes expérimentales, cas de la méthode proposée et recommandée par l'United States Département of Agriculture-Soil Conservation Service. (U.S.D.A-S.C.S), basée sur les formules suivant, adaptée pour notre projet.

- $P_{\text{eff}} = P_{\text{Tot}}(1 - (0.2 \times P_{P\%} / 125))$ Pour $P_{P\%} < 250\text{mm}$.
- $P_{\text{eff}} = 125 + (0.1 \times P_{P\%})$ Pour $P_{P\%} > 250\text{mm}$.

P_{eff} : Pluie annuelle efficace en (mm/mois).

$P_{P\%}$: Pluie annuelle de probabilité de dépassement de 80%, en (mm).

Les valeurs de précipitations de probabilité de dépassement 80% ($P_{80\%}$) et la pluie efficace (P_{eff}) sont regroupées dans le tableau ci-après

Tableau V-4 : Les précipitations efficaces dans les zones de projet

Mois	Précipitation mm80%	P_{eff} Mm
Janvier	73.56	34.8
Février	54.27	22.6
Mars	45.47	17.3
Avril	48.66	19.2
Mai	29.15	7.5
Juin	5.8	0
Juillet	4.5	0
Aout	9.5	0
Septembre	26.99	6.2
Octobre	51.12	20.7
Novembre	89.37	47.5
Décembre	77.80	38.2
Total	516.19	214.0

(Source CROPWAT)

Les valeurs représentées dans le tableau ci dessus sont obtenues à partir des chiffres du tableau N°I ChapitreIII on utilisant le logiciel CROPWAT8 il indique une pluviométrie efficace en période sèche entre 19.2 mm en mois d'avril et 20.7 mm en mois d'octobre ; avec

une moyenne mensuelle durant la période sèche de 17.83mm.

V.4 Calcul de la réserve utile et la réserve facilement utilisable dans

le sol : $RU = (H_{cc} - H_{pf}) \times d_a \times P$

Tel que :

H_{cc} (%) : humidité pondérale à la capacité au champ (pF2.5)

H_{pf} (%) : humidité pondérale au point de flétrissement (pF4, 5)

d_a : densité apparente du sol

P : profondeur du sol à humidifier

Tableau V.5 : densité apparente de l'ensemble de type de sol en fonction de la texture

Texture	Densité apparente
Sable	1,65
Limon-sableux	1,50
Limon	1,40
Limon-argileux	1,35
Argile-limoneuse	1,30
Argile	1,25

(Source : FAO, 1976)

Pour l'obtention d'une valeur représentative de la densité apparente de l'ensemble des profils traités lors de l'étude pédologique on exploite les données fournies par la FAO et qui sont indiqués dans le tableau V.5.

Tableau V.6 : Représentation de la texture et l'humidité pondérales à pf2,5 et pf4,2 des profils échantillonné et analysés

Profils	Texture			Horizon					
	H1	H2	H3	H1		H2		H3	
				Pf 2,5	Pf 4,2	Pf 2,5	Pf 4,2	Pf 2,5	Pf 4,2
P1	SA	A	AL	24,6	14,3	29,7	18,6	22,9	13,1
P2	SA	SA	-	6,3	3,8	6,3	3,9		
P3	S	S	-	5,6	3,6	3,7	2,4		
P4	S	LS	-	4,2	2,9	2,4	1,7		
P5	LS	LS	S	7,1	5,2	2,5	1,7		
P6	LS	LS	-	7,8	4,7	8,6	5,1		
P7	S	-	-	4	3,1				
P8	S	S	-	3,2	2,4	2,9	2,0		
P9	SL	L	SL	10,6	5,4	11,7	6,1	20,0	13,6
P10	LS	LAS	LS	11,2	5,7	18,2	10,1	16,8	8,9
P11	S	S	-	4,2	2,6	3,8	2,2		
P12	SL	SL	-	5,1	2,8	8,6	4,8		
P13	SL	LS	-	6,8	4,6	12,3	8,1		
P14	LS	LAS	-	14,8	8	13,6	8		
P15	LS	LS	-	8,7	4,4	11	5,5		
P16	LAS	LAS	LAS	13,6	7,3	14,9	8,6	20,4	12,1
P17	LAS	AS		20,5	7,24	9,6	7,40		
P18	LS	S	-	10,9	5,3	5,1	2,7		
P19	SL	SL	-	6,5	3,1	5,4	2,0		
P20	S	S	-	6,1	9				
P21	A	A	AL	30	19,4	31,4	19,2	24,8	16,1
P22	A	A	A	29,7	17,3	29,40	17,70	19	11,2
P23	SL	SL	-	16,8	7,7	9,8	5,3	-	-
P24	S	S	SA	7,9	3,3	8,1	3,9	7,8	3,2
Moyenne	La texture représentative des profils est limoneuse à limono-sableuse			11,09	6,38	11,31	6,68	18,78	11,17

(Source ANRH Alger)

Avec :

H : Horizon**L** : limon**S** : sable**A** : argile**P** : profile

- D'après les échantillons décrit et analysés dans l'étude pédologique la tendance de la texture des sols de la région est limoneuse à limon-sableux et d'après le tableau N.V.6 qui représente les valeurs de la densité apparente ; on peut extraire une valeur de *da* intermédiaire entre les deux textures.

$$d_a = d_{a1} + d_{a2} / 2$$

d_a : densité apparente représentative de l'ensemble des profils étudiés

d_{a1} : densité apparente d'un sol à texture limoneuse (Tableau V.5)

d_{a2} : densité apparente d'un sol à texture limono-sableuse. (Tableau V.5)

$$d_a = 1,40 + 1,50 / 2$$

$$d_a = 1,45$$

- L'humidité pondérale d'après le tableau V.6 à la capacité au champ moyenne entre les deux premiers horizons est de 11,2 %.
- L'humidité pondérale d'après le tableau V.6 au point de flétrissement moyenne entre les deux premiers horizons est de 6,53 %.

V.5. Estimation des besoins en eau d'irrigation pour la végétation basse périmètre de cheraga

$$RU = (H_{cc} - H_{pf}) \times d_a \times P$$

$$RU = (0,11 - 0,06) \times 1,45 \times 600$$

$$RU = 32,62 \text{ mm}$$

$$RFU = a \times RU$$

Et RFU : réserve facilement utilisable : est fonction de la texture du sol Pour un sol sableux $a = 1/2$

Pour un sol Argileux $a = 2/3$

Comme les sols en tendance à la texture sableuse que argileuse on prend le

Coefficient $1/2$

$$RFU = 1/2 \times 32,62 = 16,31 \text{ mm}$$

Tableau V. 7: Besoins en eau des cultures en mm

Désignation	Surface occupée(Ha).	Besoins mensuel Mois												Total
			O	N	D	J	F	M	A	M	J	Ji	A	
Blé	152,9			0	13.8	46.3	34.7	43.36	23.5	110.1	169.7			441.46
Orge	145.6		3.4	7.5	37.3	28.2	17	34.4	82.4	85.9	12.6			308.7
Agrumes	101	73.6	56.1	11.1	4.7	9,6	15.4	33.1	34	54.5	77.8	95.8	107	572,7
Vignes	95,5	32.8	20.5	0	0	0	5	43.1	50.7	74	98.6	117,1	84,7	526,5
Pêcher	101.2	37.6	20.4	0	0	0	0	0	19.9	80,7	120.7	154,8	127,8	561,9
Ponunier	99.2	76.4	54.1	7.1	0	0	0	0	0	4,6	73.4	90.9	106,2	412,7
Olivier	121.6	37.6	20.4	0	0	0	0	0	19.9	80.7	120.7	154,8	127,8	561,9
Totale	817	258	174.9	25.7	55.8	84.1	72.1	153.96	230.4	490.5	673.5	613.4	553.5	3385.86

Les besoins en eau d'irrigation des cultures envisageables pour le périmètre qui irrigué à partir les stations d'épuration De Beni Messouse sont reportés dans l'annexe, le tableau suivant récapitule les résultats.

Tableau V.8: récapitulatif des besoins totaux en eau pour toute la surface de la culture.

<i>Cultures</i>	<i>Surface occupée</i>	<i>besoins nets (m3)</i>	<i>Efficienc e</i>	<i>Besoins bruts (m3)</i>
Blé	152,9	674992.34	0.75	899989.78
Orge	145.6	449467.2	0.75	599289.60
Agrumes	101	578427.0	0.75	771236.00
Vignes	95,5	502807.5	0.75	670410.00
Pêcher	101.2	568642.8	0.75	758190.4
Ponunier	99.2	409398.4	0.75	545864.53
Olivier	121.6	683270.4	0.75	911027.2
Totale	817	3867005.6	0.75	5156007.4

D'après le tableau précédente les besoins en eau pour l'irrigation de note périmètre sont estimés à environs 5,15Hm3

Conclusion :

Le volume estime des besoins en eau de notre périmètre est de 5,2Hm³,

Donc le volume peut être produire à a partir de la STEP de

Beni-messouse

CHAPITRE VI

Dimensionnement du réseau d'irrigation

Chapitre VI : Dimensionnement du réseau d'irrigation

VI Dimensionnement de la Station de pompage :

La station de pompage permettra l'alimentation du réservoir qui desservira le périmètre de cheraga

Elle sera implantée à proximité de la station d'épuration de la ville de beni messouse à partir duquel elle aspire les eaux épurées pour ensuite les refouler vers le bassin d'irrigation.

VI.1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage :

Un projet d'irrigation est constitué d'une prise d'eau (source), une station de pompage et un bassin d'irrigation.

Ces constructions se fait suivant des schémas types, des dispositions adéquats et pour des conditions d'exploitation optimale, la construction dépend aussi du relief, de l'environnement. Et pour ces raisons on prend en considération certains paramètres essentiels.

- Il ne faut jamais construire la station de pompage, dans les zones non stables ou inondable.
- Les lignes d'électricité doivent être placé le long de champ d'isolement des routes et des quartiers d'habitation;
- Il faut prendre en considération la distance entre la station de pompage et les différents ouvrages urbains, une distance qui assure l'élimination des dangers provoqués par l'un vers l'autre;
- Choisir le cheminement le plus court pour la conduite de refoulement pour réduire les pertes de charges ainsi que les travaux de terrassement.
- Construire la station de pompage en prenant en considération les normes internationales dans ce domaine.

La station de pompage doit être équipée de :

- L'accès à tous les ouvrages
- Plate forme avec une très bonne qualité de béton
- Prévoir des moyens de dérivation des eaux pluviales, drainage par des caniveaux.
- Faire un profil en long de l'emplacement de la prise d'eau et la conduite de refoulement.

VI.2 Détermination de la hauteur d'élévation :

A partir du calcul des besoins en eau on peut tirer le débit caractéristique pour les mois de pointe. On a le débit de pointe de la step est de $Q_{\text{point}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, d'où le débit de pointe journalier est de $Q_{\text{point j}} = 16429.53 \text{ m}^3/\text{j}$

Données de base :

Débit pompé	600 l/s
Longueur Conduite de refoulement	4758.56 m
La hauteur géométrique	15m

La HMT est donnée par la formule suivante :

$$\text{HMT} = \text{Hgéo} + \Sigma \text{Pdc} + \text{Pexh}$$

Avec :

Hgéo = Hauteur géométrique

ΣPdc = somme des pertes de charge linéaires et singulières.

Pexh : Pression nécessaire à l'exhaure (sortie du collecteur)

$\text{Pexh} = (1,0 \div 1,5) \text{ m}$; On prend $\text{Pexh} = 1 \text{ m}$

$\Sigma \text{Pdc} = (1,15 \div 1,3) \Sigma \text{hp}(\text{ref})_{\text{lin}}$ (pour $Q < 3 \text{ m}^3/\text{s}$)

Pour $L_{\text{ref}} = 1000 \text{ m}$ on a $\Sigma \text{hp}(\text{ref})_{\text{lin}} = 4 \text{ m}$

Notre conduite de refoulement à une longueur de 4758.56 m.

D'où:

$$\text{hp}(\text{ref})_{\text{lin}} = \frac{4758.56}{1000} * 4 = 19 \text{ m}$$

$\Sigma \text{hp}(\text{ref})_{\text{lin}} = 19 \text{ m}$

$\Sigma \text{Pdc} = 1,15 * 19 = 21.85 \text{ m}$

La somme des pertes de charge est donc de $\Sigma \text{Pdc} = 21.85 \text{ mce}$ arrondie à 22 mce.

La HMT maximale : $\text{HMT} = 22 + 15 + 1 = 38 \text{ mce}$.

Tableau VII.1 : Caractéristique des pompes

Nb	produit	courbe	Débit	HMT	diamètre roue	puiss mot	puiss abs	NPSH RE	Rend HYD	Rend GLO
		N°	L/S	m	mm	KW	KW	m	%	%
4R	3300	181-HT-53- 480-00-2080	618,1	38	344	54	226,5	6,7	74,7	68,8
4C	3300	181-HT-53- 462-00-2060	612,9	38	365	54	230,1	14,3	72,8	67

VI.3 Détermination du nombre des pompes:

Les critères à respecter dans le choix de la variante du nombre de pompes sont :

- Nombre de pompes minimales
- Meilleur rendement
- NPSH requis minimum.
- Puissance absorbée minimale
- Le nombre de tours par min plus important

D'après le logiciel de FLYPS2.0 les caractéristiques des pompes disponibles sont récapitulées dans les tableaux suivants :

$$n=1 \quad Q_{cal} = \frac{Q_f}{n} = \frac{600}{1} = 600 \text{ l/s} \quad \text{Et ; } H_{cal} = 38 \text{ m}$$

Il n'existe pas une pompe avec ces caractéristiques

$$n=4$$

Cas des pompes en parallèles :

$$Q_{cal} = \frac{Q_{cal}}{n} = \frac{600}{4} = 150 \text{ l/s} \quad H_{cal} = 38 \text{ m}$$

VI.4 Critères du choix du type de pompes:

Les critères à pour le choix du type de pompes sont :

- assurer H cal et QCAL
- le meilleur rendement
- anti-cavitationnelle
- encombrement faible et poids faible
- vitesse de rotation élevée
- répondre à la construction la plus économique du bâtiment
- puissance absorbée minimale

- être fabriqué en série.

D'après analyse les critères du choix du type du nombre des pompes nous optons pour (n=4) donc une deux pompes de secours.

La pompe choisie est de 4RP-3300-181-HT-53-480-00-2080 et ces caractéristiques sont les suivantes :

- Nombre de tours $N = 1475$ tr/min ;
- Rendement hydraulique $\eta = 74,7$ % ;
- Rendement global $\eta = 68,8$ % ;
- Puissance absorbée $P_{abs} = 226,5$ KWh ;
- (NPSH)_r = 6,7 m

VI.5 Courbes caractéristiques de la pompe choisie :

La courbe caractéristique de la pompe est tirée à partir du catalogue de logiciel FLYPS 2.0 des pompes, sachant que les courbes caractéristiques, nous donne toutes les informations nécessaires pour la bonne installation et calage, et meilleur rendement ainsi qu'une longue durée de vie.

Les différentes courbes caractéristiques sont :

- Courbe de la hauteur en fonction du débit : $H = f(Q)$
- Le rendement en fonction de débit Q : $\eta = f(Q)$
- La courbe de la puissance en fonction de débit : $P = f(Q)$
- la courbe de NPSH en fonction de débit : $NPSH = f(Q)$
- La courbe de la conduite en fonction de débit : $H_c = f(Q)$

Voir annexe II

VI.6 Choix du moteur électrique :

Ce choix dépend de plusieurs critères tel que :

- Position de l'arbre du moteur (vertical, horizontale) ;
- Respecter la gamme de vitesse de rotation moteur pompe (± 200 tr/min) ;
- la tension d'alimentation (220 ; 380 ; 500 volt)
- la puissance absorbée ;

Toujours, D'après le logiciel de FLYPS 2.0 les caractéristiques de moteur correspond a la pompe choisi sont récapitulées dans le tableau suivant :

Tableau VI.2 : Caractéristique du moteur électrique

PRODUITS	POLE	P _{mot}	N TOUR	poids
N°		KW	Tr/mn	KG
3300-181-35-28-4AA	4	54	1475	790

VI.7 Calcul de la puissance fournie par le moteur électrique :

La puissance du moteur électrique est calculée par la formule suivante

$$P_{abs} = \frac{\varpi \cdot Q_{max} \cdot Hc_{min} \cdot K}{\eta_p \cdot \eta_{tr} \cdot \eta_m}$$

$\eta_{tr} = 1$ Accouplement direct

η_m : Rendement du moteur (0,92 – 0,95)

η_p : Rendement de la pompe (0,80)

K : Coefficient de correction, il est déterminé en fonction de la puissance du moteur, les valeurs du coefficient K sont données dans le tableau VII.7 :

Tableau VI.3 : Variation du coefficient K en fonction de la puissance P

P (KW)	1÷2	2÷10	10÷50	50÷100	100÷200	>200
K	2	2÷1,3	1,3÷1,2	1,2÷1,1	1,1÷1,05	1,05

Pour P = 54KW ; K=1,2;

$$P_{abs} = \frac{9810 \cdot 0,6 \cdot 38 \cdot 1,2}{0,80 \cdot 1 \cdot 0,93} = 242085,48w = 242,08 \text{ kW}$$

$$P_{ab} = 242,08 \text{ KW}$$

VI.7 Détermination du diamètre économique de refoulement :

On choisi le tracé des conduites de refoulement en fonction des conditions locales, la distance la plus courte possible.

Les conduites de refoulement seront équipées des vannes ventouses, joints, clapet anti-retour, dispositif de vidange, vannes de sectionnement.

La vitesse d'écoulement doit être comprise entre 1 et 1,5 m/s.

Pour la détermination des collecteurs en charge en doit avoir les données suivantes :

- Graphique de pompage des eaux en fonction de la demande en eau
- En fonction de nombre de pompes principales et le schéma de raccordement des pompes
- Le volume d'eau de pompage doit être supérieur ou égal au volume demandé.

On a le débit demandé, $Q_d = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$ par journée d'où $V_d = 16429.53 \text{ m}^3$

VI .8 Rendement de la station de pompage :

Le rendement de la station de pompage est lié à tous les équipements qui ont un rendement, comme le mode d'accouplement, le moteur électrique, la pompe choisie, et le rendement du réseau électrique. Donc le rendement de la station de pompage est donné par la formule suivante :

$$\eta_{sp} = \eta_p \cdot \eta_{mot} \cdot \eta_{ac} \cdot \eta_{res}$$

Avec :

η_{sp} : Rendement de la station de pompage

η_p : Rendement de la pompe choisie = 0.75

η_{mot} : Rendement du moteur électrique = 0,95

η_{ac} : Rendement du mode de raccordement = 1 (Accouplement direct)

η_{res} : Rendement du réseau électrique = 0,99

$$\eta_{sp} = 0,75 \cdot 0,95 \cdot 1,0 \cdot 99 = 0.70$$

$$\eta_{sp} = 70\%$$

Pour le choix du diamètre économique des collecteurs en charge plusieurs paramètres peuvent rentrer en jeu. Dans notre projet on utilise la formule suivante :

$$K_{ri} = C_i + T_{int} * K_i$$

K_{ri} : Dépenses réduite annuelle en DA de variante i.

K_i : L'investissement pour la conduite de refoulement.

T_{int} : Taux d'intérêt en hydraulique (10 – 12,5) %

C_i : Charge annuelle d'exploitation et amortissement et renouvellement en DA

$$C_i = PE + aK_i$$

P : Prix d'énergie électrique d'un KW heure.

E : Valeur des pertes d'énergie annuelles, due aux pertes de charge

a : Taux d'amortissement du capital 3 % et les dépenses d'entretien a= 4,7 %

$$E = \frac{\omega \cdot q_c \cdot \sum hp \cdot T \cdot 24}{\eta_{sp}} \quad (\text{KW heure})$$

Avec :

q_c : Débit moyen donné en m³/s déterminé d'après le graphique de pompage et le type de raccordement de pompes.

VI -9 Calcul des pertes de charges :

$$\sum hp^{ref} = (1,05 - 1,1) \cdot \sum hp_{lin}^{ref}$$

Les pertes de charge linéaires sont déterminées à partir de la formule de DARCY-WEISBACH :

$$\Delta H_L = \frac{L \lambda V^2}{2gD}$$

Où V : est la vitesse moyenne de l'eau dans la section (m/s).

g : l'accélération de la pesanteur. ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$)

L : longueur de la conduite (m)

D : diamètre intérieur de la conduite (m).

λ : Coefficient de frottement linéaire (coefficient de perte de charge). donné par la formule de COLEBROOK

$$\lambda = f\left(\text{Re}, \frac{\varepsilon}{D}\right)$$

Re : nombre de REYNOLDS

ε : coefficient de rugosité équivalente de la paroi

Donc le tableau suivant nous permet de déterminer le diamètre économique pour notre réseau.

Prenant en considération plusieurs critères.

Tableau VI.4 : Détermination du diamètre économique de la conduite de refoulement

Diam	Vitesse	Σhp	Ki	Ei	P,Ei	aKi	Ci	Kri = Ki.T.Ci
(mm)	(m/s)	(m)	(Da)	(KWh)	(DA)	(Da)	(Da)	
100	4,78	23,37	570	9603,10	15364,96	26,79	15391,75	2109,18
200	3,06	7,31	720	3005,68	4809,09	33,84	4842,93	1204,29
300	2,12	2,83	860	1164,38	1863,01	40,42	1903,43	1050,34
400	1,56	1,27	1050	522,52	836,04	49,35	885,39	1138,54
500	1,19	0,64	1180	261,11	417,78	55,46	473,24	1227,32
600	0,94	0,34	1280	141,64	226,63	60,16	286,79	1308,68
700	0,76	0,20	1600	81,98	131,16	75,20	206,36	1620,64
750	0,69	0,15	1720	63,64	101,82	80,84	182,66	1738,27
800	0,63	0,12	1820	49,99	79,99	85,54	165,53	1836,55

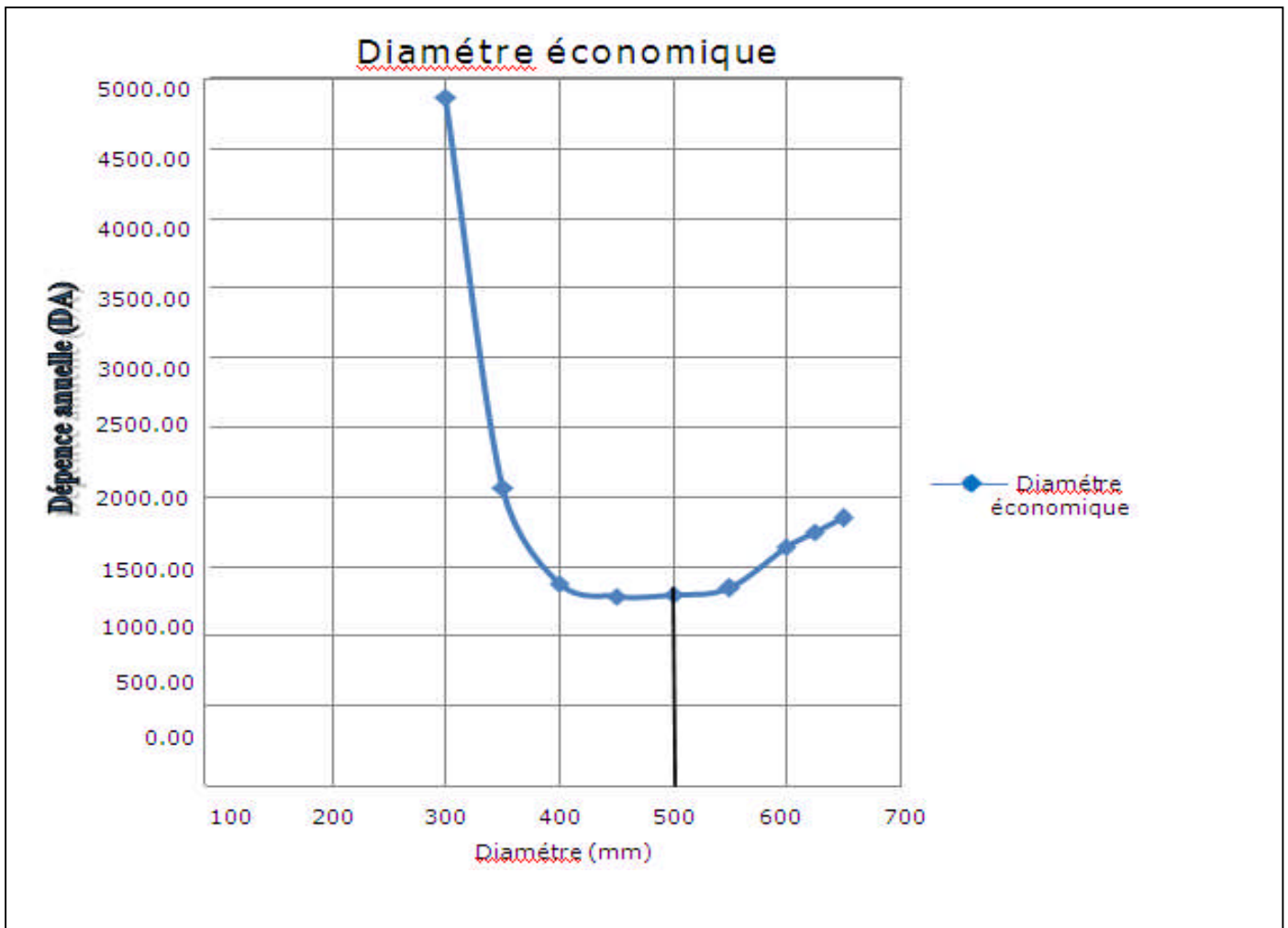


Figure VI.1 : Diamètre économique

VI-10. Dimensionnement du réservoir :

Le volume du réservoir dépend des heures d'arrêt de la station de pompage. La station fonctionne 20 heures sans arrêt.

$$V_r = Q_p \times 1.1 \times 3600 \times 20 \text{ (m}^3\text{)}$$

V_r : volume du réservoir en m^3 .

Q_p : débit de pointe (m^3/sec).

Donc

$$V_r = 0.2 \times 1.1 \times 3600 \times 20 = 15840 \text{ m}^3$$

Le bassin est rectangulaire à ciel ouvert. On fixe une hauteur entre 2 à 5 m
 Pour notre cas nous prenons la hauteur égale à 3 m. La surface du bassin d'irrigation est donnée par :

$$V = S \times h \text{ et } S = L \times B$$

B : la largeur du bassin

L : la longueur du bassin

La largeur est déterminée par :

$$B = \sqrt{\frac{S}{2}}$$

La longueur est donnée par : $L = S/B$

On a $h = 3\text{m}$ donc $S = 5280\text{m}^2$

$$B = \sqrt{\frac{5280}{2}} = 51.38 \text{ m} \text{ En prend : } B = 52\text{m}$$

$$L = \frac{5280}{52} = 101.5 \text{ m} \text{ En prend } L = 101.5 \text{ m}$$

VI-11. Dimensionnement du réseau de distribution :

L'acheminement des eaux épurées vers les différentes parcelles s'effectue par gravité à l'aide de conduite en PVC, le périmètre se compose de 43 parcelles avec des surfaces variant de 6.87ha à 25.99ha, voir planche N°2.

On a doté chaque parcelle d'une borne d'irrigation qui est caractérisée par un débit propre à chaque parcelle suivant sa superficie, les caractéristiques de chaque borne est représenté dans le tableau VII.5, ainsi que les caractéristiques des tronçons qui sont représentés dans le tableau VII.6. Le Calcul a été fait à l'aide des logiciels Epanet dont la figure VII.3 représente la distribution des vitesses et des pressions dans le réseau.

Tableau VI-5 : Caractéristiques des nœuds et bornes d'irrigation

Numéro des Nœuds	Côte (m)	Débit a la borne (l/s)	Pression (mce)	Numéro des Nœuds	Côte (m)	Débit (l/s)	Pression (mce)
N-2	130.5	0	11	B-16	64.4	13.5	32
N-3	131.3	0	10.6	N-17	63	0	31.7
B-2	129	14.8	11.8	N-18	62	0	30.8
N-4	131.5	0	10	B-20	60	17.9	28.7
B-5	132.5	15.3	9.3	N-19	61.5	0	28.4
N-5	132	0	9.7	B-19	61	15.6	26.6
B-3	132.4	12.8	9.5	N-20	123.5	0	16.4
B-4	133	13.9	9.2	B-21	123.4	12.4	16.2
N-6	124	0	15.7	N-21	123	0	15.7
N-7	122	0	16.2	B-39	122.8	11.3	16.5
B-9	121.2	13.4	16.7	N-22	122.5	0	14.5
N-8	118.5	0	18.2	N-23	122.3	0	13.8
N-9	122	0	15.7	B-23	121.7	14.4	13
B-8	122.7	15.2	15.2	B-40	122.2	13	13.4
N-10	117.5	0	18	N-24	122	0	12.5
B-6	126.4	14.3	13.4	B-22	121	14.3	11.7
B-7	123	11.7	15.3	N-25	120.5	0	11.3
B-10	115	15.7	22	N-26	120	0	10.9
B-11	113.4	15	23.7	B-41	119.5	11.7	10.8
B-12	81	11.8	27	N-28	79.5	0	29.7
B-13	87	13.6	22.7	B-25	79	14.8	27.1
B-14	87.3	14.5	22.2	N-29	78	0	30
N-15	69	0	31.3	N-30	77.8	0	27.8

Numéro des Nœuds	Côte (m)	Débit a la borne (l/s)	Pression (mce)
B-26	82	12.7	23
B-27	81.2	11.8	24.2
B-28	80.1	12	23.7
N-32	76.7	0	25.5
B-29	76.5	13.1	25.2
N-33	76	0	25
B-30	75	11.2	24.7
B-31	75.8	13.1	24.2
B-32	74.9	14.4	23.5
N-34	60	0	32
B-33	58.7	15.2	32.2
N-35	58.5	0	31.7
N-36	56.9	0	32.4
B-36	56	12.2	30.7
N-37	54.5	0	29.6
B-34	54	10.4	31.2
B-35	53	11.6	31
N-38	57	0	32
B-37	58.6	13.2	30.1
B-38	60	14.2	28.5

Tableau VI.6 : Caractéristiques des conduites de distribution

Nœud de départ	Nœud d'arrivé	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériaux	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
R	N-1	345	500	PVC	200	1.02
N-1	N-2	230	200	PVC	30	1.05
N-2	N-3	198	125	PVC	13	1.11
N-3	B-1	250	100	PVC	8	1.39
N-3	B-2	342	80	PVC	5	1.43
N-2	N-4	231	125	PVC	17	1.02
N-4	B-5	354	100	PVC	7	1.11
N-4	N-5	100	125	PVC	10	1.43
N-5	B-3	150	80	PVC	5	1.09
N-5	B-4	245	80	PVC	5	1.43
N-1	N-6	122	350	PVC	170	1.31
N-6	N-7	176	150	PVC	25	1.35
N-7	B-9	234	70	PVC	4	1.49
N-7	N-8	187	150	PVC	21	1.17
N-8	N-9	134	125	PVC	13	1.13
N-9	B-8	143	80	PVC	5	1.07
N-9	N-10	232	100	PVC	8	1.73
N-10	B-7	165	70	PVC	4	1.43
N-10	B-6	154	70	PVC	4	1.29
N-8	N-11	122	100	PVC	8	1.25
N-11	B-10	176	70	PVC	4	1.04
N-11	B-11	254	70	PVC	4	1.13
N-6	N-12	189	250	PVC	103	1.75
N-12	N-13	176	150	PVC	20	1.37
N-13	B-12	100	100	PVC	7	1.48
N-13	N-14	495	125	PVC	13	1.15
N-14	B-13	183	100	PVC	7	1.48
N-14	B-14	215	100	PVC	8	1.48
N-12	N-15	157	200	PVC	33	1.15
N-15	B-15	917	70	PVC	4	1.43
N-15	N-16	193	200	PVC	29	1.39
N-16	B-16	393	80	PVC	5	1.10
N-16	N-17	146	150	PVC	24	1.13
N-17	B-17	179	80	PVC	6	1.40
N-17	N-18	224	125	PVC	18	1.43
N-18	B-20	189	80	PVC	5	1.35
N-18	N-19	164	125	PVC	13	1.06
N-19	B-18	311	80	PVC	5	1.09
N-19	B-19	193	100	PVC	8	1.55
N-6	N-20	275	250	PVC	42	1.49

Suite tableau VI.6:

Nœud de départ	Nœud d'arrivé	Longueur (m)	Diamètre (mm)	Matériaux	Débit (l/s)	Vitesse (m/s)
N-20	B-21	223	80	PVC	6	1.14
N-20	N-21	231	200	PVC	36	1.05
N-21	B-39	124	80	PVC	5	1.11
N-21	N-22	234	200	PVC	31	1.39
N-22	N-23	324	125	PVC	10	1.43
N-23	B-40	122	80	PVC	6	1.02
N-23	B-23	239	70	PVC	4	1.11
N-22	N-24	213	150	PVC	21	1.43
N-24	B-22	126	80	PVC	6	1.09
N-24	N-25	333	125	PVC	15	1.43
N-25	B-43	277	80	PVC	5	1.31
N-25	N-26	256	125	PVC	10	1.35
N-26	B-41	344	80	PVC	5	1.49
N-26	B-42	123	80	PVC	5	1.17
N-12	N-27	277	250	PVC	50	1.13
N-27	N-28	127	125	PVC	10	1.07
N-28	B-24	198	80	PVC	6	1.73
N-28	B-25	196	70	PVC	4	1.43
N-27	N-29	238	250	PVC	40	1.29
N-29	N-30	342	200	PVC	25	1.25
N-30	N-31	101	150	PVC	12	1.04
N-31	B-26	143	70	PVC	4	1.13
N-31	B-27	235	70	PVC	4	1.75
N-31	B-28	256	70	PVC	4	1.37
N-30	N-32	134	125	PVC	13	1.48
N-32	B-29	232	70	PVC	4	1.15
N-32	N-33	183	100	PVC	9	1.48
N-33	B-30	215	60	PVC	3	1.48
N-33	B-31	157	60	PVC	3	1.15
N-33	B-32	915	60	PVC	3	1.43
N-29	N-34	193	200	PVC	20	1.39
N-34	B-33	393	60	PVC	3	1.10
N-34	N-35	146	150	PVC	17	1.13
N-35	N-36	177	100	PVC	9	1.40
N-36	B-36	298	60	PVC	3	1.43
N-36	N-37	189	80	PVC	6	1.35
N-37	B-34	164	60	PVC	3	1.06
N-37	B-35	343	60	PVC	3	1.09
N-35	N-38	232	80	PVC	8	1.55
N-38	B-37	254	70	PVC	4	1.49
N-38	B-38	266	70	PVC	4	1.33

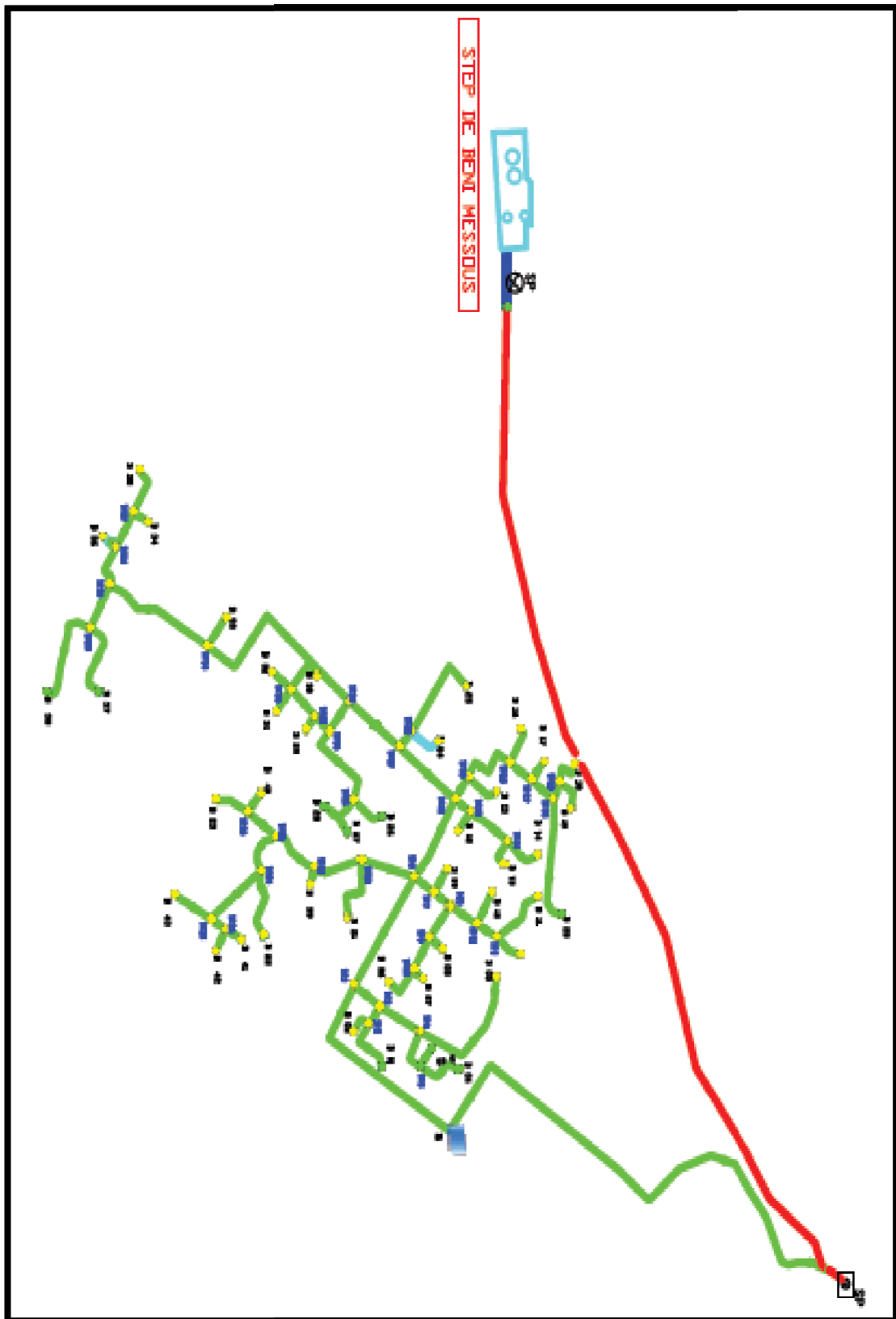


Figure VI.2 : représentation du réseau de distribution avec pressions et vitesses pour une hauteur maximale dans le réservoir

VI -12 . Projection d'un système d'irrigation localisée sur une parcelle de Vignes :

On prend la parcelle 24

- Cette parcelle comporte des plants de Vignes;
- C'est une culture alignée et dont l'espacement entre les plants est de 0.7m

VI- 13. 1 Besoins en eau de la parcelle :

On rappelle que les besoins nets de pointe pour cet îlot, en juillet, sont de 117mm.

D'où les besoins journaliers 3.9 mm/j

Calcul du K_r :

$$K_r = \frac{C_s}{0,85} = \frac{0,7}{0,85} = 0,82$$

K_r : coefficient de réduction.

C_s : pourcentage du sol qui est couvert par la culture.

Les besoins seront réduites par le coefficient K_r , donc : $b_1 = 3,9 \times 0,82 = 3,2$ mm

- **Calcul des besoins bruts :**

$$D_{brut} = \frac{D_{net}}{C_u}$$

Avec : D_{net} : la dose net (mm)

C_u : l'efficacité du système d'irrigation localisé.

$$\text{Donc } D_{net} = \frac{45}{0,9} = 50mm$$

- **Pourcentage du sol humidifié :**

D'après l'abaque de guide d'estimation (voir Annexe III.3)

$P = 88\%$ avec $Q = 1,5$ l/h et de texture moyenne

- **Fréquence des arrosages :**

Pour un sol limono argileux la réserve utile $RU = 190$ mm/m voir Annexe (III.1)

Puisque la profondeur d'enracinement de la Vignes est de 1,2 m voir Annexe (III.2)

$$\Rightarrow \text{le } RU = 190 \times 1,2 = 228 \text{ mm}$$

$$RY = \frac{2}{3} \quad Y : \text{degré de tarissement admis}$$

$$RFU = \frac{2}{3} * 228 = 152mm$$

- **La dose nette :**

$$D_{nette} = RFU * P = 152 * 0,32 = 48,65mm$$

D'après l'annexe (III.3) : P=32%

La valeur de la fréquence d'arrosage sera :

$$f = \frac{D_{nette}}{ETM_r} = \frac{48,6}{4,3} = 11 \text{ jours}$$

- **La durée d'arrosage :**

$$t = \frac{b_{brut} * E_g * E_r}{q_g} = \frac{50 * 0,6 * 0,8}{1} = 24$$

$$t : \text{heures d'Irrigation/jours} \rightarrow t = \frac{24}{8} = 3 \text{heurs}$$

VI- 13.2 Nombre de goutteurs par position :

Le nombre de goutteurs par disposition sera calculé comme suit : $N = \frac{L}{E}$

Tel que L_r : longueur de la rampe $L_r = 134$ m

E_r : espacement entre ponts de distribution

$$N = \frac{L_r}{E_r} = \frac{134}{0,7} = 191 \text{goutteurs}$$

VI- 13.3 Nombre de rampes :

L_{pr} = longueur de la porte rampe avec $L_{pr} = 565$ m

E_r : distance entre deux rampes

$$N_{rampe} = \frac{L_{pr}}{E_r} = \frac{565}{0,8} = 706 \text{rampes}$$

VI- 13.4 débit moyen par rampe :

$$Q_r = N_g \cdot q_g$$

$$Q_r = 191 \cdot 1 = 191.1l/h = 0,0265l/s$$

Tel que : N_g = nombre de goûteurs

Q_g = Débit d'un goûteur

VI- 13.5 Débit de la porte rampe :

Le débit demandé pour le fonctionnement simultané des 706 rampes est de :

$$Q_{\text{porte}}^{\text{rampe}} = Q^{\text{rampe}} \times N^{\text{rampe}}$$

$$Q = 0.0265 \times 706 = 16.61 \text{ l/s}$$

VI- 14. Calcul hydraulique :

VI- 14.1 Calcul des diamètres des portes rampes, rampes :

Les vitesses admises sont comprise entre 1 m/s et 2m/s.

On détermine le diamètre des conduites selon la condition des pertes de charges :

Si on admet que pour chaque rampe on a besoin d'une pression égale à 1bar. Et qu'on assimile les portes rampes à des rampes, la règle de Christiansen nous indique que les pertes de charges ne doivent pas dépasser 10% de la pression de service ce qui correspond à 2 mce)

Pour cette assimilation on doit introduire la notion de la longueur équivalente.

- **Le diamètre de la rampe :**

$$j_{\text{PVC}} = 0,452 \cdot D^{-4,76} \cdot Q^{1,75}$$

Dans une canalisation assurant un service en route

$$J = j \cdot \frac{L}{2,75}$$

Ou : L : La longueur de la conduite ;(m)

Q : Débit (l/h)

D : diamètre intérieur de la canalisation (mm)

Ph_l: Perte de charge linéaire

Ph_s: Perte de charge singulière

Ph_t: Perte de charge totale

VI- 14.2 Paramétrés hydrauliques :

Variation maximale de débits entre goutteurs $\frac{\Delta q}{q} = 10\%$

Variation maximale de la pression $q = K \cdot H^x$

$$\frac{\Delta q}{q_g} = x \cdot \frac{\Delta H}{H_n}$$

Avec :

q_g : Débit d'un goutteur

H_n : Pression nominale

$$0,1 = 0,5 \cdot \frac{\Delta H}{10} \text{ d'ou } \Delta H = 2mce$$

La valeur de perte de charge singulière est estimée à 10% e la variation maximale de pression

$$Pdc \text{ (sing)} = 2 \cdot 0,1 = 0,2mce \quad pdc \text{ (sing)} = 0,2$$

$$Pdc \text{ (linéaire)} = 2 \cdot 0,2 = 1,8mce \quad pdc \text{ (linéaire)} = 1,8mce$$

La répartition de la perte de charge est :

$$\frac{1}{3} \text{ Sur la porte rampe , } \frac{2}{3} \text{ Sur les rampes}$$

Tableau VI -8 : caractéristiques des rampes

Cultures	L_r (m)	N_g	Q_r (l/s)	ph_l (m)	D_{cal} (mm)	D_n (mm)
Vignes	134	191	0.0265	1.2	13	16

Théoriquement on trouve $D_n = 13$ mm, ce diamètre ne trouve pas le commerce donc on adapte = 16mm.

Tableau VI .9 : caractéristiques de la porte rampe

Cultures	L_{pr} (m)	N_r	q_{pr} (l/s)	ph_l (m)	D_{Cal} (mm)	D_n (mm)
Vignes	565	706	16.6	7.17	76.77	80

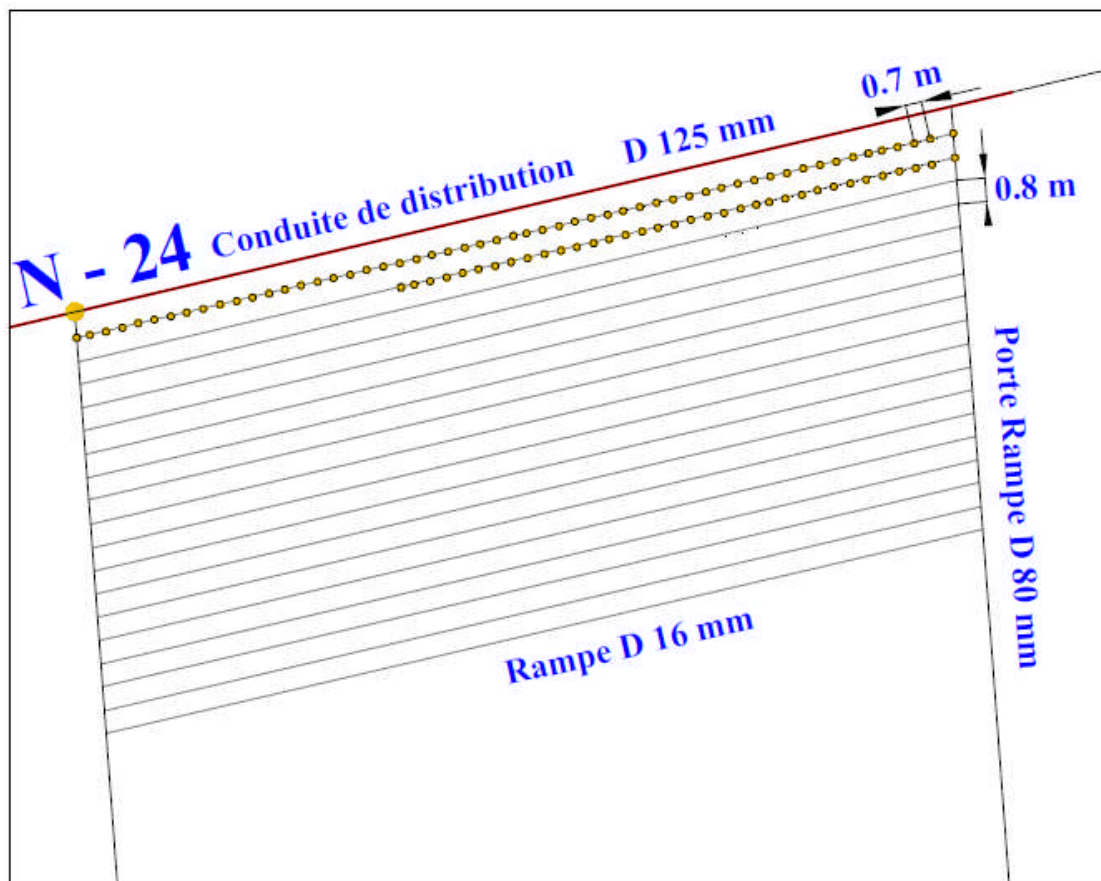


Figure VI.3 : Représentation du réseau d'irrigation par goutte à goutte de la parcelle
24

Conclusion :

D'après les tableaux précédents, on remarque que le diamètre économique est de 500mm. Avec une vitesse d'écoulement qui est égale à 1,19 m/s.

Et d'après le tableau VII.6 que les vitesses dans les conduites sont toutes entre 1m/s et 2m/s donc admissibles, et que les pressions dans les bornes d'irrigation sont environ de 10mce donc admissible aussi, et on remarque que la pression dans les bornes diminuent en s'approchant de l'étage haut de périmètre de cheraga

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

La réutilisation des eaux usées permettra un gain en ressource naturelle, une protection de l'environnement et l'équilibre écologique, ainsi qu'une prévention des maladies à transmission hydrique, vu que l'eau usée subit une épuration poussée avant sa réutilisation.

Si le traitement de l'eau est considéré comme un excellent moyen de la protection de l'environnement, la réutilisation des eaux usées traitées peut constituer, d'un autre côté, comme une solution alternative d'approvisionnement ne serait ce que pour un certain nombre de secteurs grands consommateurs d'eau comme l'agriculture.

Cependant, l'exploitation de ces eaux en agriculture doit obéir à des critères définis et arrêtés par les organisations mondiales de Santé ou de l'Alimentation, parce que sa teneur en métaux lourds et en certains agents pathogènes peut conduire à des risques de contamination des sols, des nappes et des problèmes d'infections pour l'homme et les animaux.

Sur le plan technique, le schéma du travail était le suivant :

- Généralité sur la réutilisation.
- Techniques de la réutilisation des eaux usées.
- Besoin en eau du périmètre.
- Dimensionnement du réseau de distribution.

Pour conclure, nous attirons l'attention sur le fait que la réutilisation des eaux usées épurées devra s'étendre sur tout le reste du pays pour protéger l'environnement et économiser les ressources en eau qui se raréfie de plus en plus.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] –**V.LAZAROVA** -Rôle de la réutilisation des eaux usées pour la gestion intégrée des ressources, coûts, bénéfices et défis technologiques dans l'eau, industrie, les nuisances, décembre (2000) n° 227, pp 47-57
- [2]- **KOLIAID** : Cours de la réutilisation des eaux usées épurées 5^{ème} Année 2007/2008
- [4] **BULLETIN DE FAO** : qualité des eaux d'irrigation, FAO.Rome. 2003 pp 67-83
- [5] **BULLETIN DE FAO N°36**, :l'irrigation localisée, calcul, mise en place, exploitation, contrôle du fonctionnement, FAO.Rome ; 1993 pp 55-80
- [6]-**BELBIA GHALI**,: réutilisation des veaux usées épurées à des fins agricoles une dimension importante pour l'économie de l'eau. thèse ingénieur,ENSH Blida, (1996) p85.
- [7]-**ECOSSE D.** - Techniques alternatives en vue de subvenir à la pénurie d'eau dans le monde. Mém. D.E.S.S. « Qualité et Gestion de l'Eau », Fac. Sciences, Amiens. (2001) p85
- [8] **MAAIT DJAMEL EDDINE** : La réutilisation des eaux usées en irrigation" 1997
- [9] **Bouméline HADJ KADDOUR (Hydrogéologue)** :
Diagnostic physique et hydrologique de la réserve naturelle du Lac de Réghaia, ALGERIE
(Rapport Final, Novembre 2005)
- [10] **TIERCELIN J.R**-traité d'irrigation
- [11] **MESSAOUD-NACER SAMIRA** 2003: suivi de la qualité des eaux et des sols dans le cadre du développement durable de la région de Réghaia. La thèse de Magistère, l'INA EL-Harrach alger
- [12] -(Mutin,2000)
- [13] -(Branti, 1999).
- [14] -rapportées dans la bibliographie (Boukhalfa, 1991).
- [15] -(ONM, 2005)
- [16] -(Laboratoire National des Travaux Publics et du Bâtiment, 1971)
- [17] -(DGF, 2002).
- [18] - in Sellali 1995
- [19] - DHWde boumerdes
- [20] -EGZB
- [21] - Boukhalfa, 1987; Bellabes et Arrar, 1988 ; Arrar, 1992 et Degremont, 1993).
- [22] - Boukhalfa, 1987; Bellabes et Arrar, 1988 ; Arrar, 1992 et Degremont, 1993).
- [23] - mfe1999 dergal
- [24] - Degrement 1993
- [25] -(Rodier, 1978)

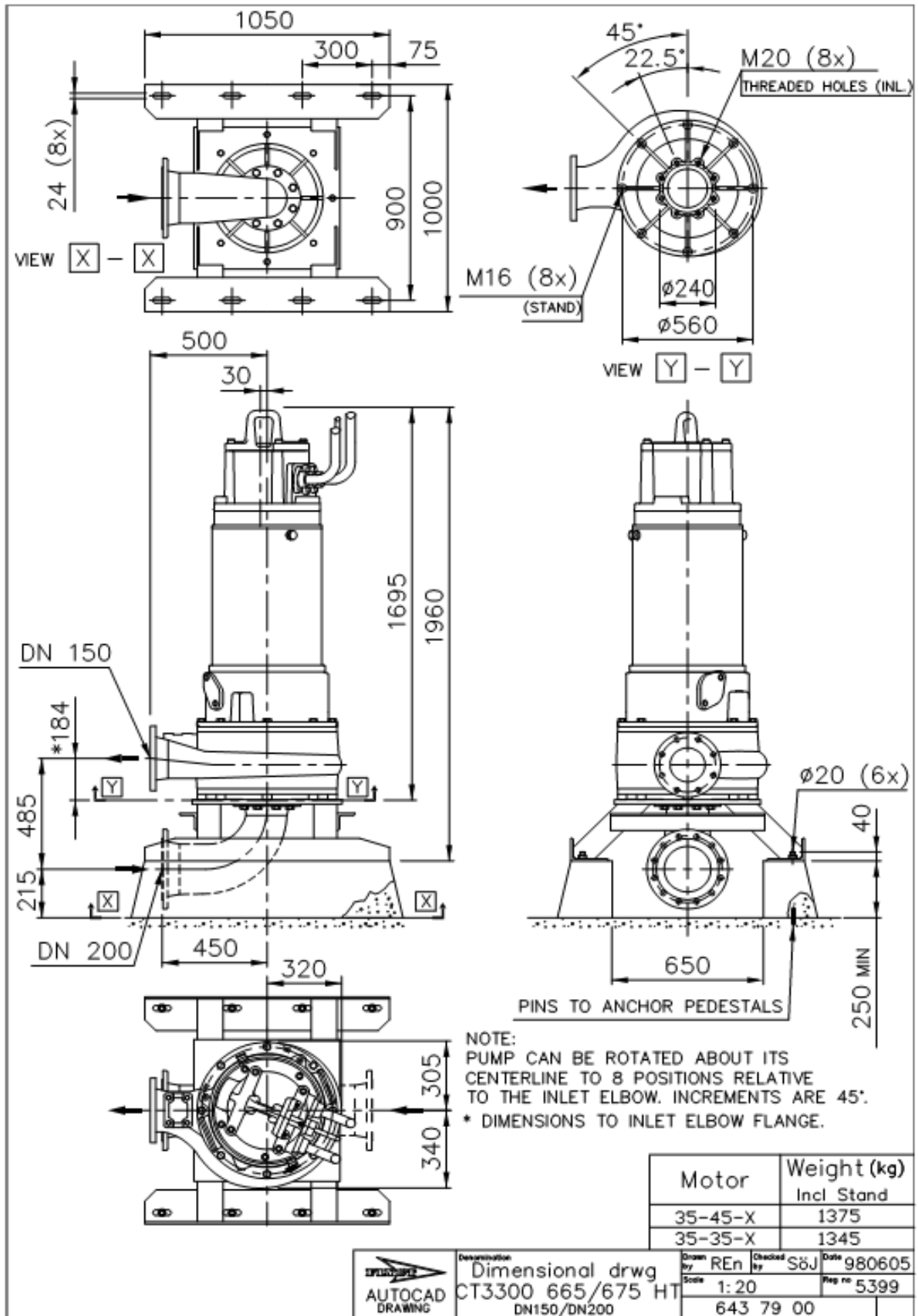
[26] -. (Mc.DONALD ,1997)

ANNEXE

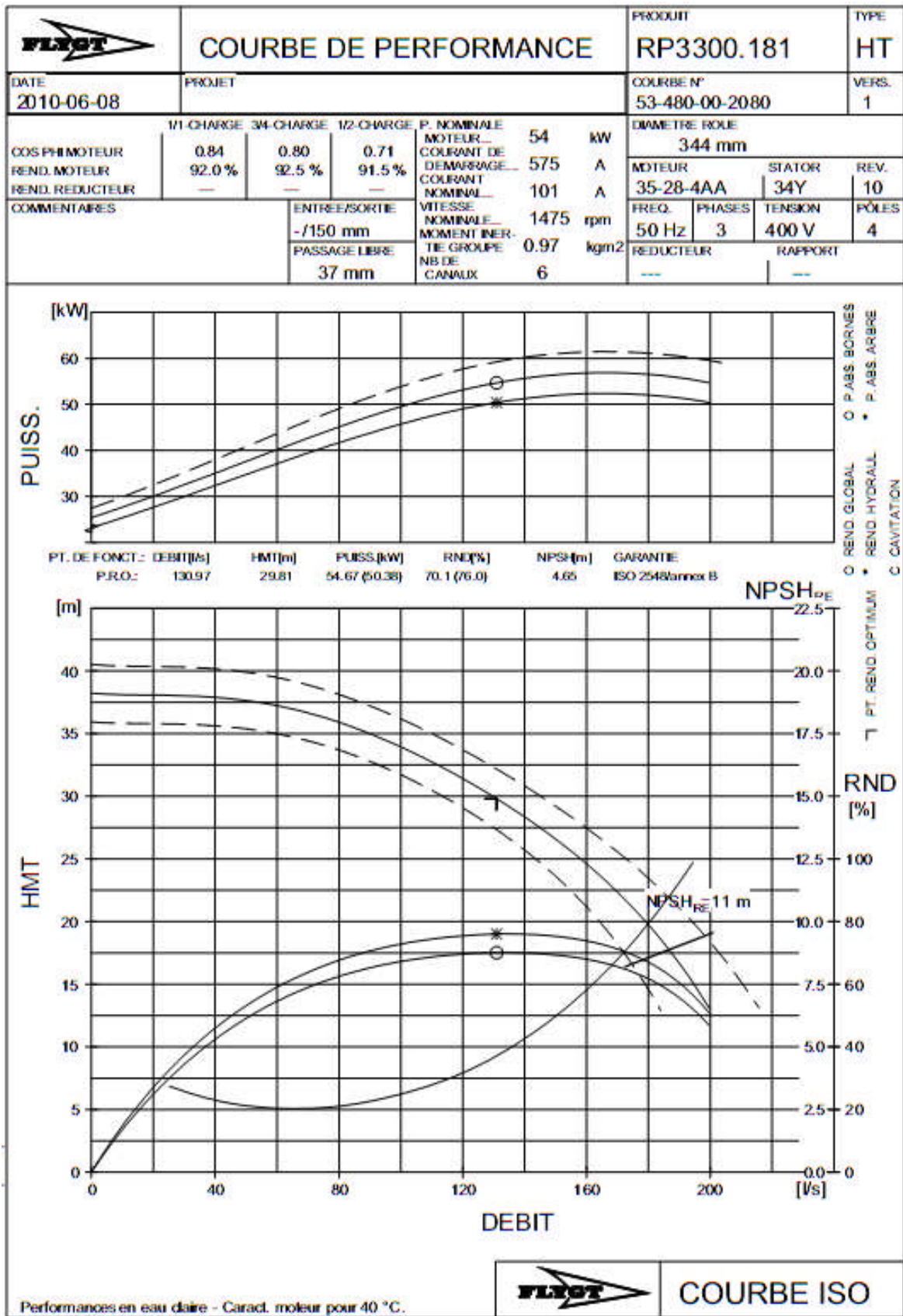
ANNEXE I

Tableau 2 : Directives pour l'interprétation de la qualité d'une eau d'irrigation

Nature du problème	Unité	Restriction pour l'irrigation		
		Aucune	Légère à modérée	Forte
Salinité (influe sur l'eau disponible pour la plante)				
Conductivité électrique EC _w (ou)	dS/m	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Total des matières solides dissoutes TDS	mg/l	< 450	450 - 2000	> 2000
Infiltration (influe sur la vitesse d'infiltration de l'eau dans le sol : utiliser à la fois EC _w et SAR)				
SAR = 0 – 3 et EC _w =		> 0.7	0.7 – 0.2	< 0.2
SAR = 3 – 6 et EC _w =		> 1.2	1.2 – 0.3	< 0.3
SAR = 6 – 12 et EC _w =		> 1.9	1.9 – 0.5	< 0.5
SAR = 12 – 20 et EC _w =		> 2.9	2.9 – 1.3	< 1.3
SAR = 20 – 40 et EC _w =		> 5.0	5.0 – 2.9	< 2.9
Toxicité de certains ions (affecte les cultures sensibles)				
Sodium (Na) ⁴				
Irrigation de surface	SAR	< 3	3 - 9	> 9
Irrigation par aspersion	me/l	< 3	> 3	
Chlore (Cl) ⁴				
Irrigation de surface	me/l	< 4	4 - 10	> 10
Irrigation par aspersion	me/l	< 3	> 3	
Bore (B) ⁵	mg/l	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Effets divers (affecte les cultures sensibles)				
Azote (NO ₃ -N) ⁶	mg/l	< 5	5 - 30	> 30
Bicarbonate (HCO ₃) (seulement pour l'aspersion sur frondaison)	me/l	< 1.5	1.5 – 8.5	> 8.5
pH		Zone normale 6.5 – 8.4		



ANNEXE II.2 : Dimensions de la pompe choisie



ANNEXE II.1 : Courbes caractéristiques de la pompe choisie

Texture	Humidités pondérales en % du poids sec			Réserve utile volumétrique en mm/m
	à la rétention HCC	du flétrissement HPF	disponible HCC-HPF	
Sableuse	9 (6 à 12)*	4 (2 à 6)*	5 (4 à 6)*	85 (70 à 100)*
Sablo-limoneuse	14 (10 à 18)	6 (4 à 8)	8 (6 à 10)	120 (90 à 150)
Limoneuse	22 (18 à 26)	10 (8 à 12)	12 (10 à 14)	170 (140 à 190)
Limono-argileuse	27 (25 à 31)	13 (11 à 15)	14 (12 à 16)	190 (170 à 220)
Argilo-limoneuse	31 (27 à 35)	15 (13 à 17)	16 (14 à 18)	210 (180 à 230)
Argileuse	35 (31 à 39)	17 (15 à 19)	18 (16 à 20)	230 (220 à 250)

. **Annexe III.1** : Caractéristique hydrique de quelque sols

Cultures	Z m
Tomates	1 - 1,2
Cultures maraîchères	0,3 - 0,6
Agrumes	1 - 1,2
Arbres fruitiers à feuilles caduques	1 - 2
Vigne	1 - 3

Annexe III.2 : Valeurs minimale et maximale de la Profondeurs d'enracinement de diverses cultures

GUIDE D'ESTIMATION DE P

(p = pourcentage de sol humidifié pour divers débits de distributeurs et divers espacements entre rampes et entre distributeurs dans le cas d'une seule rampe, rectiligne, équipée de distributeurs uniformément espacés délivrant une dose de 40 mm par arrosage sur l'ensemble de la surface)

Ecartement entre rampes S _i en m	Débit des distributeurs														
	moins de 1,5 l/h			2 l/h			4 l/h			8 l/h			Plus de 12 l/h		
	Espacement recommandé des distributeurs sur la rampe, S _d en m en sol de texture grossière (G), moyenne (M), fine (F)														
	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F	G	M	F
	0,2	0,5	0,9	0,3	0,7	1,0	0,6	1,0	1,3	1,0	1,3	1,7	1,3	1,6	2,0
Pourcentage en sol humidifié p %															
0,8	38	88	100	50	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1,0	33	70	100	40	80	100	80	100	100	100	100	100	100	100	100
1,2	25	58	92	33	67	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
1,5	20	47	73	26	53	80	53	80	100	80	100	100	100	100	100
2,0	15	35	55	20	40	60	40	60	80	60	80	100	80	100	100
2,5	12	28	44	16	32	48	32	48	64	48	64	80	64	80	100
3,0	10	23	37	13	26	40	26	40	53	40	53	67	53	67	80
3,5	9	20	31	11	23	34	23	34	46	34	46	57	46	57	68
4,0	8	18	28	10	20	30	20	30	40	30	40	50	40	50	60
4,5	7	16	24	9	18	26	18	26	36	26	36	44	36	44	53
5,0	6	14	22	8	16	24	16	24	32	24	32	40	32	40	48
6,0	5	12	18	7	14	20	14	20	27	20	27	34	27	34	40

Annexe III.3 : Guide d'estimation du pourcentage en sol humidifié

ANNEX IV

