

République Algérienne Démocratique et Populaire

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE DE L'HYDRAULIQUE- ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT IRRIGATION ET DRAINAGE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

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

OPTION : Conception des Systèmes d'Irrigation et Drainage

THEME :

**Etude d'un périmètre d'irrigation à partir d'une station
d'épuration de Ain Taghroute (w .Bordj Bou Arreridj)**

Présenté par :

Toumi Yassine

DEVANT LES MEMBRES DU JURY

Nom et Prénom	Grade	Qualité
M ^r MEDDI Mohamed	professeur	Président
M ^{me} MEDJDOUB Sonia	M.A.A	Examineur
M ^{me} SAADOUNE Samra	M.A.A	Examineur
M ^r KOLIAI Djaffar	Assistant	Examineur
M ^{me} MAZOUZI Sabra	M.A.B	Promotrice

Septembre 2015



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de reconnaissances et de respect :

- A ma mère et mon père pour tous les sacrifices qu'ils ont consenti à mon égard;

- A mes frères :

ISMAIL, YOUSSEF.

- A mes sœurs :

FATIMA, ZOULIKHA, SAADIA, MANAL, NOURA ET NOURE HOUDA

- A toute la famille MOUHAMED et NABIL.

- A mes amis de l'ENSH et en particuliers :

ZAKI, YAKOUB, IBRAHIM, DJABRE, AHMED.

- A mes amies de la cité 03 et en particuliers :

TOUFIK, YOUSEF, AMI ALI,

TOUMI YASSINE.



المخلص

نظرا لنقص المياه المخصصة للسقي في المحيط الزراعي على مستوى مدينة عين تاغروت ولاية برج بوعرييج جاءت هذه الدراسة و التي تهدف إلى تزويد المحيط بالمياه المعالجة الناتجة من محطة التطهير لبلدية عين تاغروت. لتحقيق هذا الهدف قمنا باقتراح مخطط ينتهي بإيصال هذه المياه المعالجة إلى محيط الدراسة مع الزيادة في جودة هذه المياه و استعمال طريقة التقطير المقتصدة للمياه .

Résumé.

Vu le déficit d'eau enregistré au niveau du périmètre de la ville de Ain Taghrou (W. Bordj Bou Arreridj), la présente étude a pour but, le renforcement de la ressource en eau des secteurs de ce périmètre en utilisant les eaux usées épurées de la STEP de Ain Taghrou.

Pour atteindre ces objectifs, un schéma d'aménagement a été proposé pour acheminer l'eau usée épurée de la STEP de Ain Taghrou vers la tête du réseau du périmètre en améliorant sa qualité microbiologique et en utilisant le système d'irrigation de goutte à goutte.

Abstract.

Given the deficit of water recorded at the perimeter of the was Ain Taghroute , this study aims at, increasing the water resource sectors of the perimeter using the treated waste water from the Ain Taghroute.To achieve these objectives, a development plan has been proposed to transport the waste water purified from the STEP Ain Taghroute to the head of the network perimeter offer improving its microbiological quality.

Sommaire

Chapitre I :Présentation et reconnaissance de la zone d'étude

I.1 situation géographique de la zone d'étude :	1
I.2 Localisation du périmètre :	5
I.3 Etude climatique :	5
I.3.1 Situation climatique :	5
I.3.1.1 Précipitations annuelles :	5
I.3.1.2 Précipitations mensuelles :	6
I.3.1.3 Température :	7
I.3.1.4 Evaporation de la surface de l'eau	8
I.3.1.5 le vent :	9
I.3.1.6 l'humidité relative	9
I.3.1.7 La neige	10
I.3.1.8 La grêle	10
I.3.1.9 La Gelée :	10
I.3.1.10 autres phénomènes climatiques	10
I.3.2 Diagramme pluviaux-thermique	11
I.3.3 L'indice d'aridité	11
I.3.4 quotient pluviométrique d'Emberger	13
I.3.5 Evapotranspiration	15
Conclusion :	16

Chapitre II: Resource en sol

Introduction :	17
II.1 Les propriétés physiques du sol :	17
II .1 .1 La texture :	17
II.1.2 La structure:	18
II .1.3 La porosité :	18
II .1.4 La matière organique :	19
II.1.5 La perméabilité :	20
II.2 Les propriétés chimiques du sol	20
II.2.1 Le pH du sol :	20
II.2.2 Le pH _{eau} (acidité actuelle) :	20
II.2.3 Le pH _{KCl} (acidité potentielle) :	21
II.2.4 L'azote et le phosphore du sol :	21
II.2.5 Cas de l'azote :	21
II.2.6 Le cas de phosphore	22
II.2.7 Le potassium :	22

II.2.8 Le complexe absorbant :.....	23
II.2.8.1. Définition du pouvoir absorbant :.....	23
II.2.8.2. Valeurs caractéristiques du complexe absorbant.....	23
II.2.9 Activité biologique du sol.....	24
II.3 l'étude pédologique:	24
II.3.1 Description des sols Périmètre Ain Taghrout Bordj Bou Arriredj :.....	25
II.3.1.1 Classe : sols des calcimagnésiques :.....	25
II.4 Eau d'irrigation :.....	28
II.4.1 Possibilités de mise en valeur	28
II.4.1 .1Détermination des aptitudes culturales.....	28
II.4.1.2 Occupation des sols :.....	28
II.4.1.3 les facteurs limitant :.....	28
II.5 Travaux et aménagements	31
II.6.1 Arboriculture :.....	34
II.6.2 Cultures industrielles :.....	34
II.6.3 Cultures céréalières et fourragères :.....	34
II.6.4 Cultures maraichères :.....	35
II.6.5 Légumineuses :.....	35
II .7 Zones homogènes de mise en valeur.	35
II.7.1 Définition :.....	35
II.7.2 Catégorie I :.....	36
II.7.3 Catégorie II :.....	36
II.7.4 Catégorie III:.....	37
II.7.5 Catégorie IV :.....	37
Conclusion :.....	48

Chapitre III: Hydrologie

Introduction :.....	50
III.1 Présentation de la station :.....	50
III.2 L'homogénéité de la série pluviométrique :.....	56
III.3 Test de validité de l'ajustement à la loi de Log-normale :.....	58
III.4.1 Test de Khi carrée.....	60
Conclusion :.....	61

Chapitre IV: Ressource en eau et caractéristique de la STEP

Introduction :.....	62
IV.1 Conception générale :.....	63
IV .1.1 Présentation du site d'implantation de la station d'épuration.	63
IV.1.1.1 Site de la future station d'épuration	63

IV.1.1.2 Présentation de la zone d'influence	63
IV.1.2 Situation démographique :	63
IV.1.3 du débit de consommation en eau potable pour la population urbain :.....	64
IV.2 dimensionnement des ouvrages d'épuration de la STEP :.....	65
IV.2 .1 Désignation des données de base du projet :.....	65
IV.2.2 Dimensionnement du bassin d'aération :.....	65
IV.2.3 Traitement tertiaire (désinfection) :	66
IV.2.4 Traitement des boues :	67
Conclusion :	70

Chapitre V:Plan culturel et calcul des besoin en eau

Introduction :.....	71
V.1 Besoins en eau du périmètre :.....	71
V.1.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC):	71
V. 1.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence(ET ₀):	72
V.2 Estimation des besoins en eau des cultures :.....	75
V.2.1 Définition :.....	75
V.2.1 .1 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures.....	75
V.2.1.2 Le débit caractéristique :	76
V.3 le lessivage :.....	80
V.3. 1 sensibilité des plantes aux sels :	80
V.3.2 les besoins en eau du lessivage :.....	81
V.3.2.1 Le lessivage continu :.....	81
V.3.2.2 Le lessivage initial :.....	82
V.4 Pertes dans le système d'irrigation (efficience d'irrigation) :	83
Conclusion.....	83

Chapitre VI: Dimentionnement du reseau de distribution

VI.1 Le débit caractéristique :.....	84
VI.2. Dimensionnement du réseau de distributions :.....	84
VI.2.1. Distribution d'eau à la demande :	84
VI.2.2. Distribution au tour d'arrosage :	84
VI. 3 Tour d'arrosage à la borne :.....	85
VI.3.1. Tour d'arrosage au niveau de l'antenne :.....	85
VI.3.2. Choix du mode de distribution :.....	85
VI.4 calcul des débits des tronçons :.....	85
VI.5 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution : 86	
VI.5.1 Les pressions :.....	89
VI.5.2 Les vitesses :.....	90

VI.6 dimensionnement du réseau de distributions :	91
VI.6.1 Calcul de pertes de charge :	91
VI.6.2 Le calcul hydraulique du réseau:	91
VI.7 Les équipements du réseau de distribution :	94
VI.7.1 Les conduits de distribution :	94
VI.7.2 les équipements de contrôle des conduites :	94
VI.7.2.1 Les vannes :	94
VI.7.3 Protection anti- bélier :	95
VI.7.3.1 Le ballon hydro pneumatique :	95
VI.7.3.2 Les ventouses :	95
VI.7.3.3 Soupapes de décharge anti-bélier :	95
VI.7.4 Les bornes d'irrigation :	96
Chapitre VII: Dimensionnement les réservoirs et l'adduction	
Introduction :	98
VII.1 Les réservoir :	98
VII.1.1 Fonctions des réservoirs.....	98
VII.1.2 Classification du réservoir :	98
VII.1.3 Hauteur d'eau dans les réservoirs :	99
VII.1.4. Choix de la cote d'implantation et emplacement des réservoirs :	99
VII.1.5 Calcul de la capacité des réservoirs terminal	100
VII.1.5.1 Méthode analytique :	100
VII.1.5.2 Méthode graphique :	100
VII.1.6 Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode graphique :	101
VII.1.7 Dimensionnement des réservoirs :	102
VII.1.8 Équipement du réservoir	103
VII.1.9 Système de matérialisation de la réserve d'incendie	104
VII.1.10 Hygiène et sécurité des réservoirs :	106
VII.2 Dimensionnement de la Bâche de reprises de la station de pompage (SP) :	106
VII.3 Dimensionnement de l'adduction.....	107
VII.3.1 Choix de l'emplacement de la station de pompage	107
VII.3.2 La station de pompage doit être équipée de	107
VII.3.1 Méthode de calcul des diamètres économiques :	109
VII.3.2 Calcul des pertes de charge :	109
VII.3.3 Calcul de la hauteur manométrique totale Hmt :	110
VII.3.4 Puissance absorbée par la pompe :	110
VI.3.5 Energie consommée par la pompe :	110
VII.3.6 Frais d'exploitation :	110

VII.3.7 Frais d'amortissement :.....	111
VII.3.8 Dimensionnement de l'adduction :.....	111
VII.3.9 Calcul du diamètre économique pour la secteur 1 ;,1	111
VII.4 Détermination du nombre de pompes	115
VII.4.1 Choix du nombre pour la pompe Centrifuge à double flux :.....	116
VII.4.2 Les caractéristiques de chaque pompe :	116
Chapitre VIII: Exemple de dimensionnement du goutteur	
VIII.1 Composition d'une installation d'irrigation localisée :	120
VIII.1.1 point de fourniture d'eau :	120
VIII.1.2 L'unité de tête :	120
VIII.1.3 la conduite principale :	120
VIII.1.4 porte rampes :	120
VIII.1.5 les rampe:.....	120
VIII.1.6 les distributeurs:.....	120
VIII.2 Dimensionnement :	121
VIII.3.2.1 Les besoins en eau de l'îlot :	121
VIII.3.2.2 Le débit par position :.....	121
VIII.3.2.3 nombre de goutteurs par position :.....	122
VIII.3.2.4 l'apport du mois de pointe par position :.....	122
VII.3.2.5 le diamètre et longueur de la rampe :.....	122
VIII.3.2.6 le nombre de poste par rampe : Le nombre de poste par rampe est :	123
VIII.3.2.7 le débit par mètre linéaire :.....	123
VIII.3.2.8 le nombre de rampe :.....	123
VIII.3.2.9 le débit moyen par rampe :.....	123
VIII.3.2.10 le débit de toutes les rampes:.....	123
VIII.2.3.11 Calcul des diamètres des portes rampes et de la conduite principale :.....	124

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.01 : coordonnées UTM du périmètre d'irrigation.....	5
Tableau I.02 : les cordones de la station de BIR KASDE ALI.....	6
Tableau I.03 : Précipitations moyennes annuelles du la station (1953-2013).....	6
Tableau I.04: Distribution mensuelle des précipitations annuelles.....	6
Tableau I.05 : Distribution des températures moyennes mensuelles.....	7
Tableau I.06 : Répartition interannuelle de l'évaporation. (1967-1993)	8
Tableau I-07:Vitesse moyenne du vent en m/s – Station de BirKhasedali (1981-1984)	9
Tableau I-08 : Humidité relative à la station de Birkhaseali (1990-2002)	9
Tableau I-09: Nombre de jours de Neige (1990/91-2001/02)	10
Tableau I-10 : Nombre moyen de jours de Grêles (1990/91-2001/02)	10
Tableau I-11: Nombre de jours de Gelée (1990/91-2001/02)	10
Tableau I-12 : insolation, nébulosité et radiations solaire mensuelles (1981– 1996)	11
Tableau I-13 : Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne.....	12
Tableau I-14 : l'indice d'aridité de Martonne.....	12
Tableau II.1 : Les coordonne géographique de chaque Profile de secteur 1et 2	39
Tableau II. 2 : description les sols de périmètre de Ain Taghroute	43
Tableau II.3 : description les catégories des sols de périmètre de Ain Taghroute	45
Tableau II.4 : les cultures de chaque catégorie.....	47
Tableau III-1 : les cordones de la station de BIR KASDE ALI.....	50
Tableau III.2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station	51
Tableau III. 3 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station Période : (1967-2012)	54
Tableau III.4 : Test de Wilcoxon.....	57
Tableau III.5 : Les paramètres obtenait par Hyfran Ajustement à une loi de Galton :	59
Tableau III.6 : Table du χ _ théorique2.....	60
Tableau III.7 : Test d'adéquation Log normale (Maximum de vraisemblance)	60
Tableau III.8: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcule	61
Tableau IV.01: Evolution de la population.....	64
Tableau IV.02: Besoins Théoriques de la Population d'Ain Taghrout	64
TableauIV.03 consommation en eau pour les secteurs domestiques et équipements pour les deux horizons	64
Tableau IV.04: les bases de dimensionnement des ouvrages d'épuration de la station pour les deux horizons.....	64
Tableau IV.05 Résultats de calcul d'aérateur pour les deux horizons.	65
Tableau IV.06 : résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons.	66
Tableau IV.07 : résultats de traitement des boues	67
Tableau IV.08 Résultats de calcul d'aérateur et le décanteur secondaire pour les deux horizons. Désignations	68
Tableau V.1: Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith	74
Tableau V.2: pluies de projet et pluies efficace de la station BIR KASAD ALI	75
Tableau V. 3: Représentation de calcule des besoins de culture : pomme de terre.	77
Tableau V.4: Représentation de calcule des besoins de culture : tomate	77

Tableau V.5: Représentation de calcul des besoins de culture : carotte.....	77
Tableau V.6 : Représentation de calcul des besoins de culture : Pêcher	78
Tableau V.7 : Représentation de calcul des besoins de culture : SORGHO.....	78
Tableau V.8 : Représentation de calcul des besoins de culture : olivier.....	79
Tableau V.9: Représentation de calcul des besoins de culture : orange	79
Tableau V.10: tolérance des cultures aux sels	80
Tableau V.11 : degré de sensibilité des cultures aux sels par classes.....	80
Tableau V.12 : les besoins en eau de lessivage	81
Tableau VI.1: les débits des tronçons pour le section S2.....	85
Tableau VI.2 les débits des tronçons pour le secteur 1.....	85
Tableau IV. 3: état des nœuds du Réseau secteur 2	89
Tableau VI.4: état des nœuds du Réseau secteur 1	89
Tableau VI.5: état des Arcs du Réseau section 2.....	90
Tableau VI.6 : état des Arcs du réseau section 1 :	91
Tableau VI-7 : Les paramètres de perte de charge.....	91
Tableau VI.8 Dimensionnement de réseau ramifié section 2 :.....	113
Tableau VI.9 Dimensionnement de réseau ramifié section 1 :.....	114
Tableau VII.1: Hauteur d'eau du réservoir en fonction de la capacité utile.....	99
Tableau VII.2: Evaluation du volume résiduel du réservoir.....	101
Tableau VII.3 : Calcul de la hauteur manométrique total(HMT) pour le secteur 1.....	111
Tableau VII.4 : Calcul des frais d'amortissement	112
Tableau VII.5 : Calcul des frais d'exploitation	112
Tableau VII.6 : Calcul de la hauteur manométrique total(HMT).....	113
Tableau VII.7 : Calcul des frais d'amortissement.	114
Tableau VII.8 : Calcul des frais d'exploitation.	114
Tableau VII.9: Variantes pour le choix du nombre de pompes secteur 1	116
Tableau VII.10: Variantes pour le choix du nombre de pompes secteur 2	116
Tableau VII.11: Choix final de la pompe	116
Tableau VIII .1 : le diamètre et la longueur maximale de la rampe	123

LISTE DES FIGURE

Fig (I.01):Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien Côte M., 1998).(1 /50000)	1
Fig (I.02): limite administratif de la commune d' Ain Taghrout(1/100000)	2
Fig (I.03): Le périmètre d'irrigation sur la carte d'état majeur (1 /50000)	2
Fig (I.04): Image aérienne du périmètre prise sur Google earth	3
Fig (I.05) : les composants principaux secteur 1	4
Fig (I.06) : les composants principaux les deux secteurs	5
Fig (I .07): précipitations moyenne mensuelles de la zone d'étude AIN TAGHROUT	7
Fig (I .08):variation des précipitations moyennes interannuelles (1953-1986)	8
Fig (I.09):variation des températures moyennes mensuelles (1953-1986)	9
Fig (I .10): Répartition de l'évaporation mensuelle.....	10
Fig (I .11):Diagramme Bioclimatique	12
Fig (I .12):Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne	14
Fig (I .13):Abaque de l'indice d'aridité mensuelle de Martonne	15
Fig II.1: triangle textural de l'us.....	17
Fig (II-02) : Distribution des Profiles de secteur 1	40
Fig (II.03) : Distribution des Profiles de secteur 2	41
Fig (II.04) :Carte des sols périmètre Taghrout Bordj Bouariredj.....	42
Fig(II.05) :Carte des zones homogènes.....	44
Fig (II.06) Etude agro pédologique du périmètre Ain Taghrout carte des aptitudes culturales en irrigue	46
Fig(III.1) : Ajustement à une loi de Galton.....	59
Fig (VI. 1) : Schémas donner le logiciel EPANET de secteur 2 :.....	87
Fig (VI .2) : Schémas donner le logiciel EPANET de secteur1 :.....	88
Fig (VII.1) : diamètre économique pour secteur 1 :.....	113
Fig (VII.2) : diamètre économique pour secteur 2 :.....	115
Fig (VII.3) : représente les dimensionnements de la pompe MEC-AZ 2/80C.....	117
Fig (VII.4) : représente les dimensionnements de la pompe MEC-A 2/80A.....	118
Fig (VIII.1) : <i>représente</i> ilot S26	118

Liste des planches

PLANCHE 1 : Levé topographie du périmètre de AIN TAGHROUTE WILAYA BBA

PLANCHE 2: Le profil en long du secteur 1 du périmètre de AIN TAGHROUTE WILAYA BBA

PLANCHE 3 : plan implantation de la station de AIN TAGHROUTE WILAYA BBA

PLANCHE 4 : Le profil en long du secteur 1 du périmètre de AIN TAGHROUTE WILAYA BBA

PLANCHE 5: Carte des zone homogène du périmètre de AIN TAGHROUTE WILAYA BBA

Introduction Générale :

Face à la rareté et la mauvaise répartition de l'eau dans les régions arides et semi – arides, la réutilisation des eaux usées apparaît comme la solution la plus adaptée. Elle permet, d'une part, de fournir des quantités d'eau supplémentaires, d'autre part, d'assurer l'équilibre du cycle naturel de l'eau et la protection de l'environnement. La réutilisation des eaux usées en agriculture apporte en outre des bénéfices additionnels résultant, dans certains cas, de l'augmentation du rendement des cultures et de l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation. L'objectif de cette synthèse est de faire le point sur les différents travaux de recherches effectués sur l'amélioration de la qualité des eaux recyclées et de l'efficacité des systèmes d'irrigation localisée permettant de valoriser au mieux les eaux usées.

La réutilisation des eaux usées est principalement pratiquée pour l'irrigation de terres agricoles. Toutefois de nombreux pays se servent de leurs eaux usées à diverses autres fins : pour la recharge de la nappe, à des fins industrielles, pour la production aquacole, à des fins récréatives, etc.

Si elle est effectuée de façon inappropriée, la réutilisation des eaux usées peut avoir des effets négatifs sur l'environnement et par conséquent menacer la santé humaine et animale. C'est la raison pour laquelle l'OMS et la FAO ont élaborés des recommandations Relatives à la qualité sanitaire des eaux usées pouvant être réutilisées pour l'irrigation agricole.

Suivant leur degré de pollution et le type de réutilisation que l'on désire en faire, les eaux usées vont devoir subir des (re)traitements plus ou moins poussés.

De nombreux travaux ont été menés sur ce sujet et l'on dispose aujourd'hui de plusieurs retours d'expérience Significatifs.

Le présent travail a pour but de irrigue périmètre de Ain Taghroute , à partir des eaux usées épurées de la STEP de Ain Taghroute .

Pour aboutir aux objectifs visés, la démarche a été optée comme suit :

- ✓ Après une introduction, le premier chapitre est consacré à la présentation du périmètre d'étude;
- ✓ Le deuxième chapitre traite a l'étude agrobiologie ;
- ✓ Le troisième chapitre l'étude hydrologie ;
- ✓ Le quatrième chapitre ressource en eau et caractéristique de la STEP
- ✓ Le cinquième chapitre est consacré à la présentation du plan culturel du périmètre et aux calculs des besoins en eau ;
- ✓ Le sixième dimensionnement de réseau de distribution

✓ Le septième dimensionnement réservoir et l'adduction

Et enfin le dernier chapitre présente dimensionnement des réseaux goutte à goutte goutteur

Une conclusion générale est présentée à la fin de ce travail.

Actuellement, la réutilisation des eaux usées connaît un développement variable selon les pays en fonction de leurs ressources en eaux et de leurs conditions socio-économiques.

La valorisation des eaux usées en irrigation est considérée non seulement comme la création d'une nouvelle ressource mais aussi et surtout comme un traitement complémentaire qui permet d'éviter tout rejet direct dans le milieu naturel.

En plus du traitement additionnel et de la protection de l'environnement qui en découle, une utilisation de plus en plus efficace s'impose dans les régions où "l'index de pénurie" 1 est relativement faible, efficacité fondée à la fois sur la performance du matériel d'irrigation et sur l'optimisation de l'application de l'eau à la parcelle.

Chapitre I

Présentation et reconnaissance de de la zone d'étude

Chapitre I : Présentation et reconnaissances du la zone d'étude

I.1 situation géographique de la zone d'étude :

La zone d'étude se situe à l'est de chef lieu de la commune d'AIN TAGHEROUT et au NORD de la route RN05.

Et comme nous limitons la zone d'étude de (périmètre Ain Taghrout) ; elle est située dans les hauts plateaux sétifiens, et se développe de part et d'autre de la RN° : 5 (Alger- Constantine) entre Bordj Bou Arreridj à l'ouest et Sétif à l'Est.

L'espace étudiée occupe une position centrale entre deux chaînes de montagnes

Les limites administratives de la commune d'Ain Taghrout sont :

- Au nord la commune de **BENI-OUSSINE (wilaya de Sétif)**
- Au Nord-Ouest la commune **KHELLIL**
- A l'Ouest la commune **BIR KASD ALI**
- Au SUD-OUEST la commune **Ain Tassera**
- Au sud la commune **TIXER**
- Au Sud Est la commune **MEZLOUG (Wilaya de Sétif)**
- A l'Est la commune **Ain ARNAT (Wilaya de Sétif)**

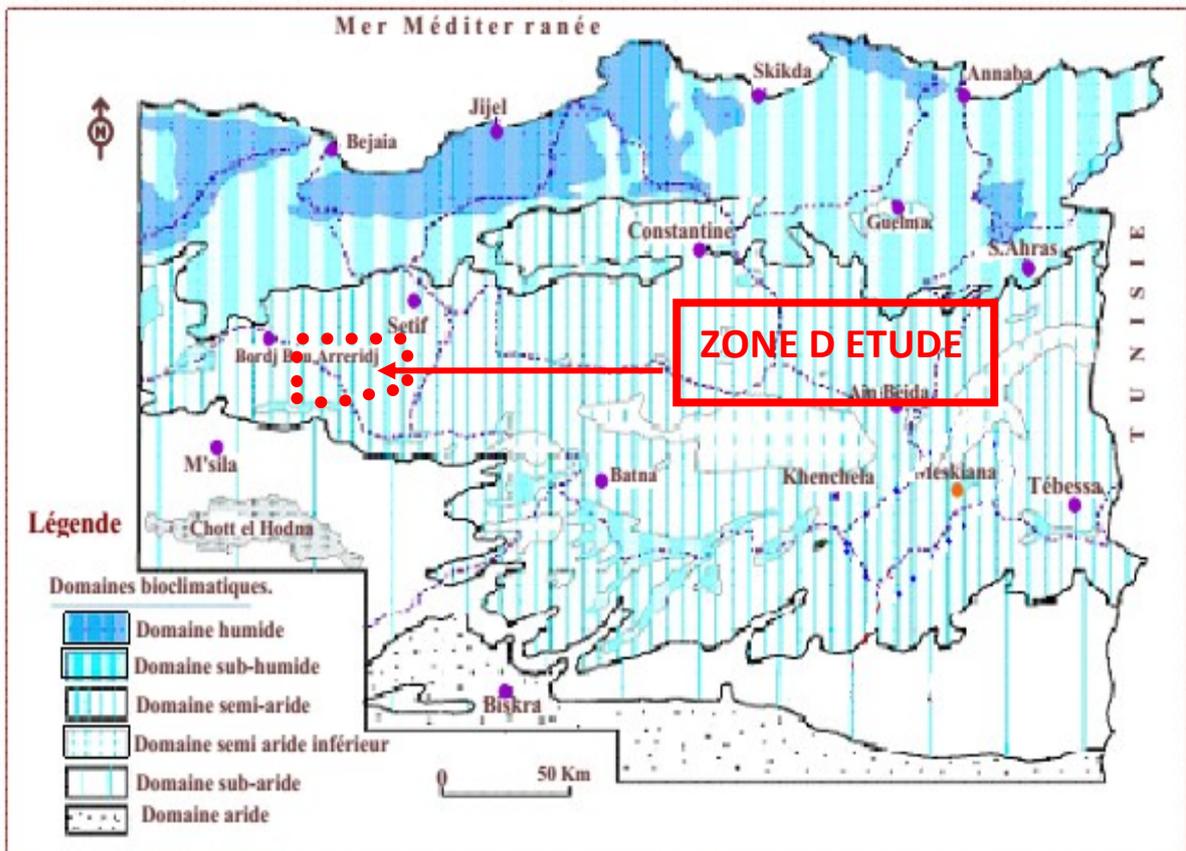


Fig (I.01):Carte simplifiée des zones bioclimatiques de l'Est algérien Côte M., 1998).

(1 /50000)

Chapitre I : Présentation et reconnaissances du la zone d'étude

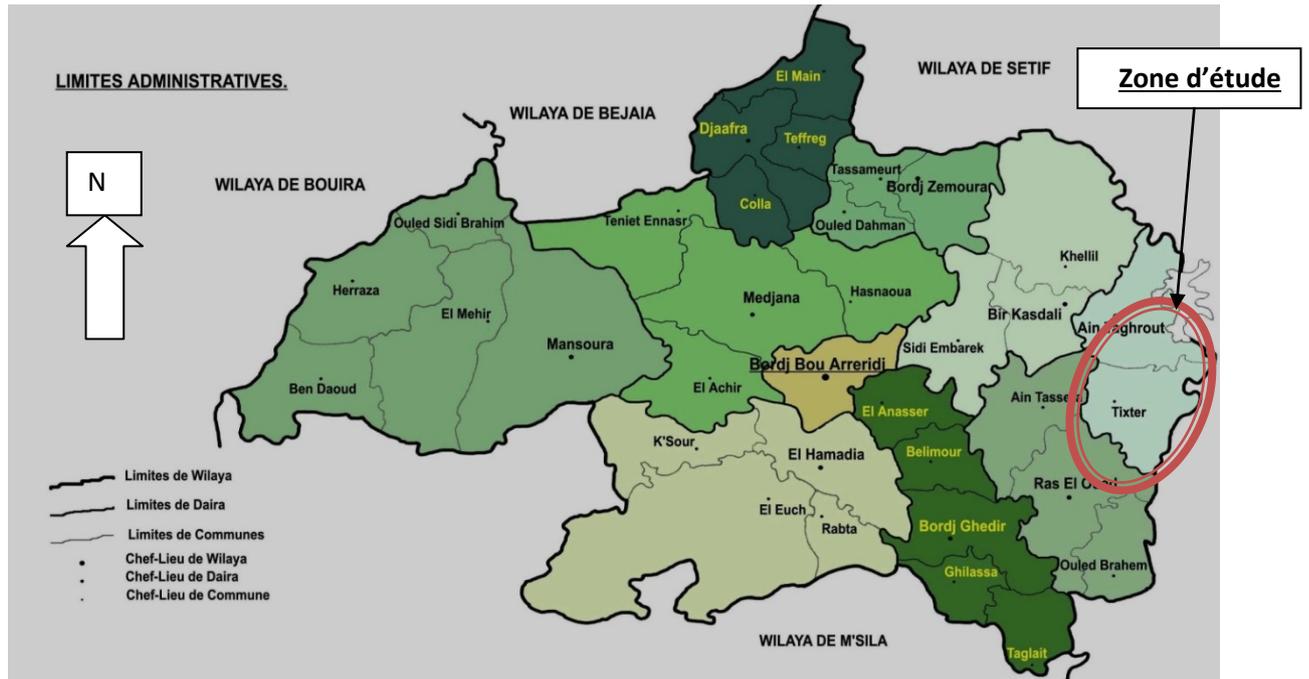


Fig (I.02): limite administratif de la commune d'Ain Taghrouit (1/100000)

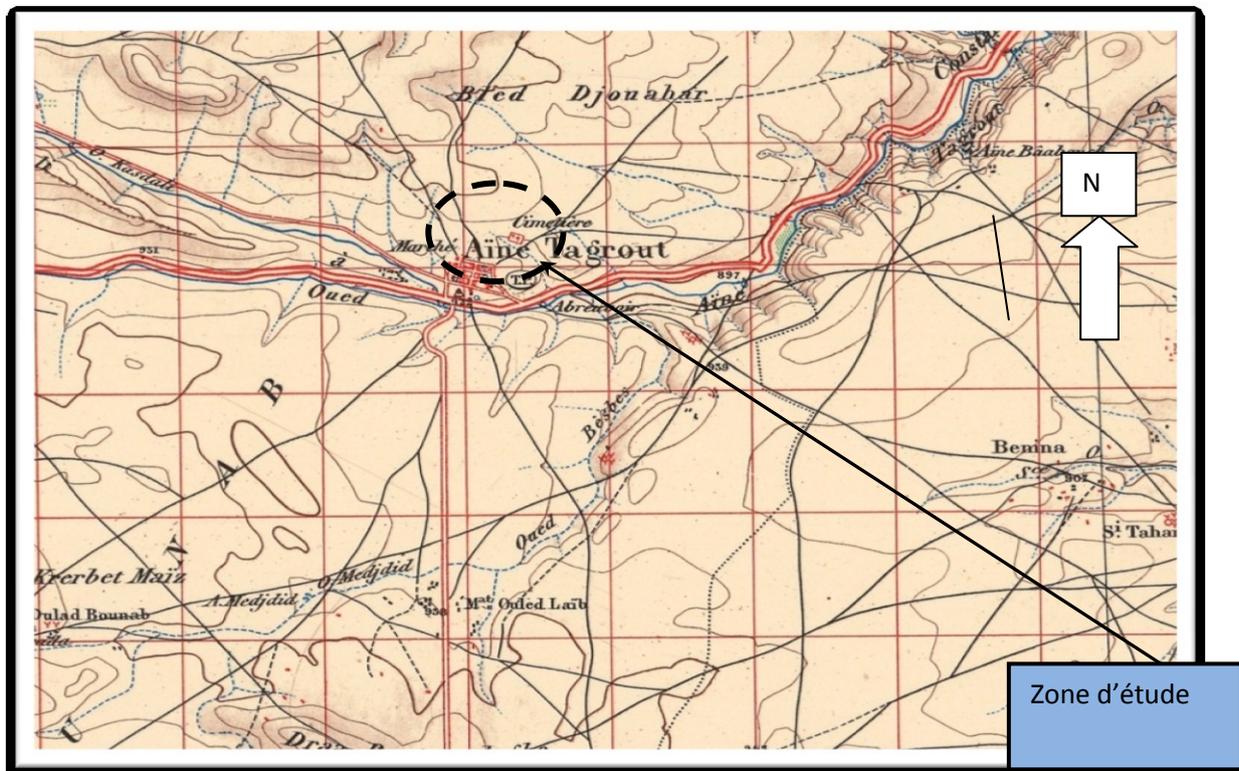


Fig (I.03): Le périmètre d'irrigation sur la carte d'état majeur (1 /50000)



Fig (I.04): Image aérienne du périmètre prise sur Google earth

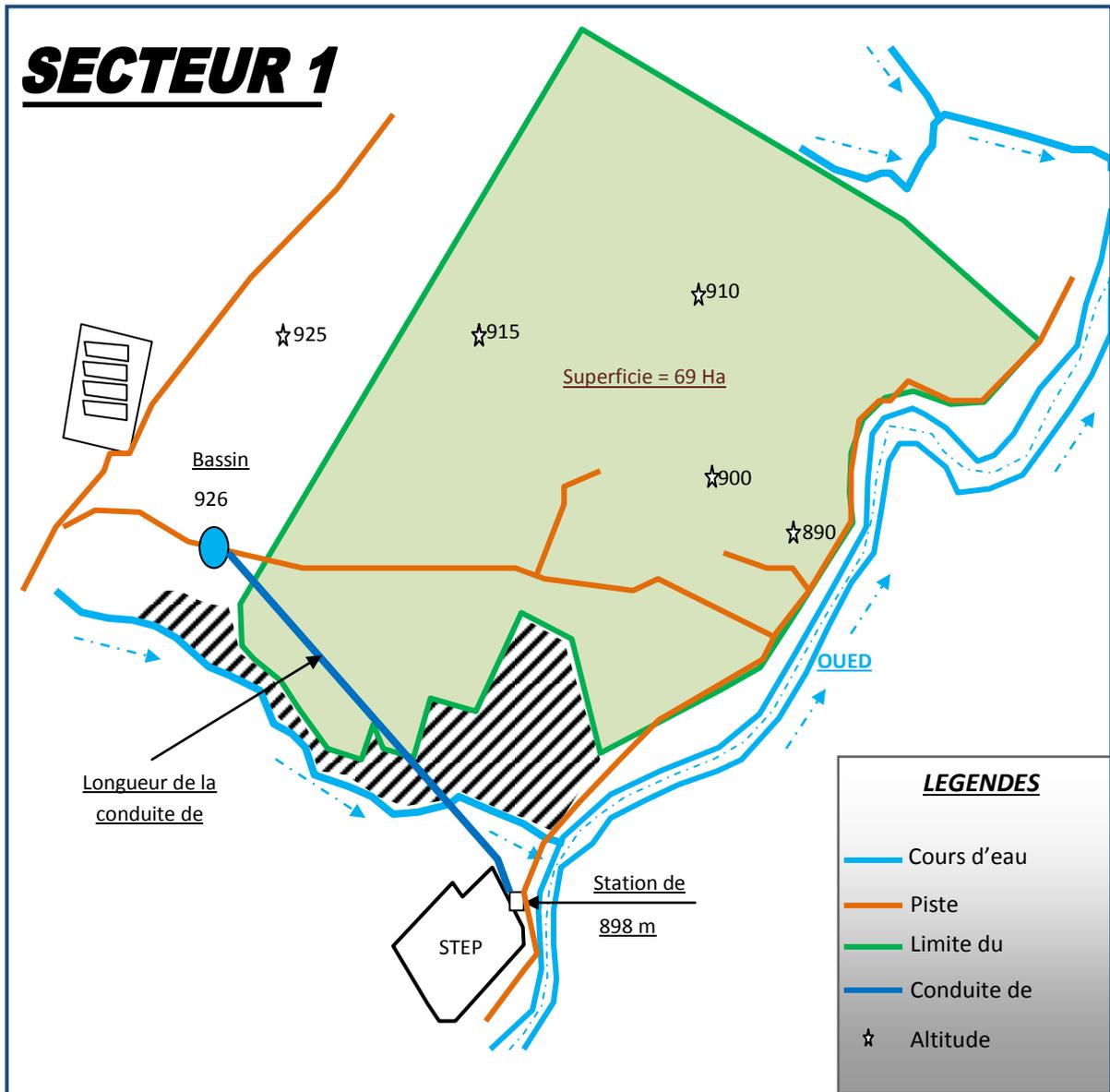


Fig I.05 : les composants principaux secteur 1

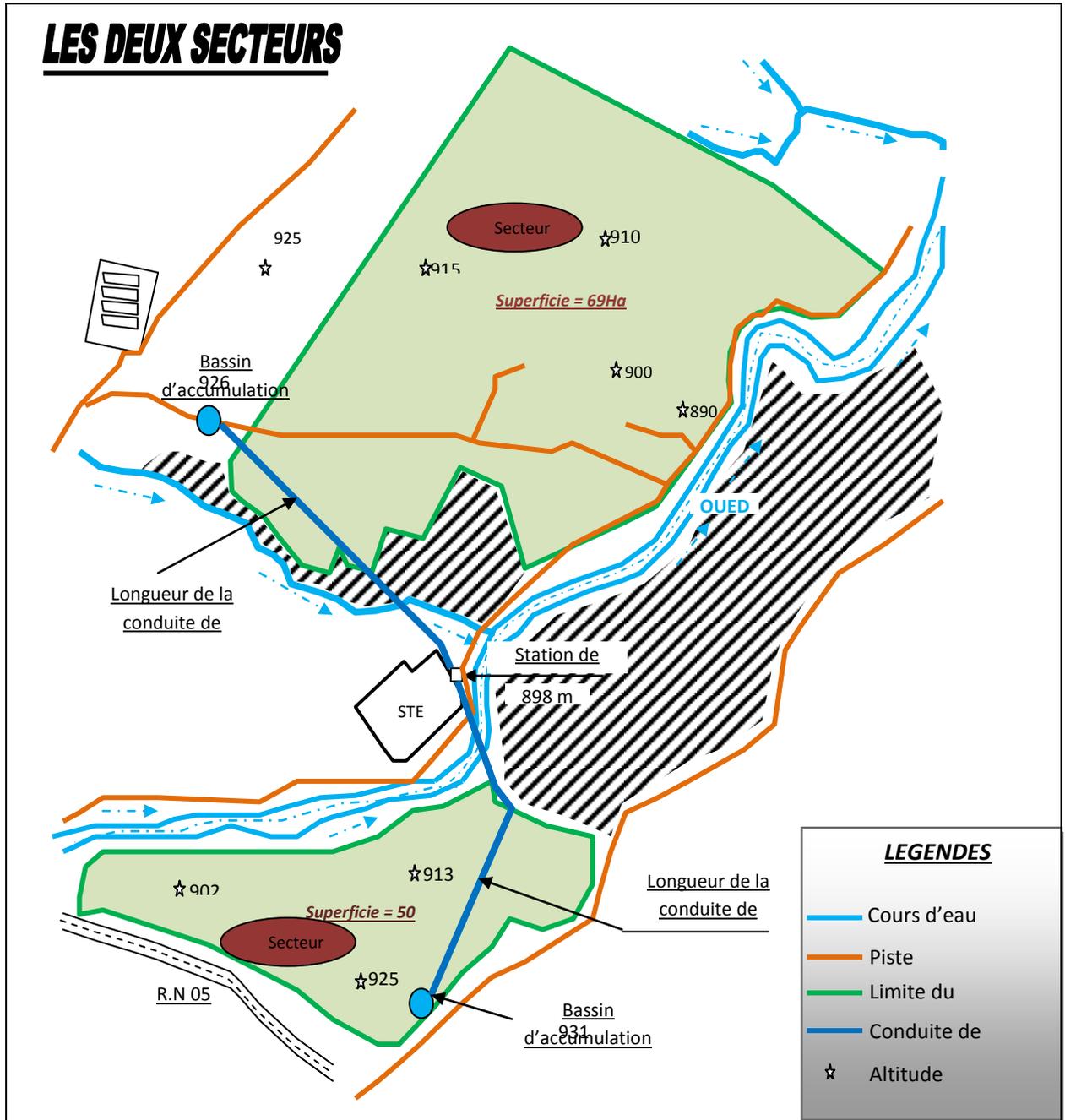


Fig I.06 : les composants principaux les deux secteurs

.2 Localisation du périmètre :

Le périmètre d'irrigation aval station AIN TAGHEROUT fait partie de la commune d'AIN TAGHEROUT, cette dernière se trouve à l'EST du chef lieu de la Wilaya de BBA.

Le périmètre d'irrigation AIN TAGHEROUT s'étend sur une superficie de **120** Ha, il est contourné entre les coordonnées Lambert suivantes :

Tableau I.01 : coordonnées UTM du périmètre d'irrigation

Coordonnées Lambert en X		Coordonnées Lambert en Y	
687419.14 m E	689093.77 m E	3999400.21 m N	4001353.82 m N

I.3 Etude climatique :

I.3.1 Situation climatique :

I.3.1.1 Précipitations annuelles :

La précipitation est un facteur fondamental pour caractériser le climat d'une région. L'étude des variations des précipitations annuelles dans notre région montre une grande variation dans le temps et dans l'espace à l'échelle de 33 années (1953-1986) selon les données recueillis au niveau de la station pluviométrique BIR KASDALI

Tableau I.02 : les cordones de la station de BIR KASDE ALI

Station	
Code station : 150707	X : 683 323 m E
Nom station : BIR KASAD ALI	Y : 4 001 490 m N
Z : 982 m	

Tableau I.03 : Précipitations moyennes annuelles du la station (1953-2013)

Stations	Précipitation moyenne annuelle (mm)
Bir kasad ali	391,35

Source: Station BIR KHASED ALI

I.3.1.2 Précipitations mensuelles :

Pour mettre un aperçu sur la variation des précipitations mensuelles à l'échelle de la zone d'étude, nous avons recueille les données de la station de BIR KASED ALI au niveau de ANRH, le tableau : (02) suivant, illustre les précipitations moyennes mensuelles pour la station sur 33 ans d'observation allant de 1953 à 1986.

Tableau I.04: Distribution mensuelle des précipitations annuelles

moi	sep	oct.	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou
S bir k.ali	27,8	27,2	39,6	48,9	45,1	33	56,6	42,1	36,8	20,2	6,2	7,7

Source: ANRH (Station BIR KHASED ALI)

On y observe que les précipitations maximales sont marquées au mois de **Mars** avec une moyenne de **56.6** mm, alors que le mois le plus sec est juillet avec **6.2**mm.

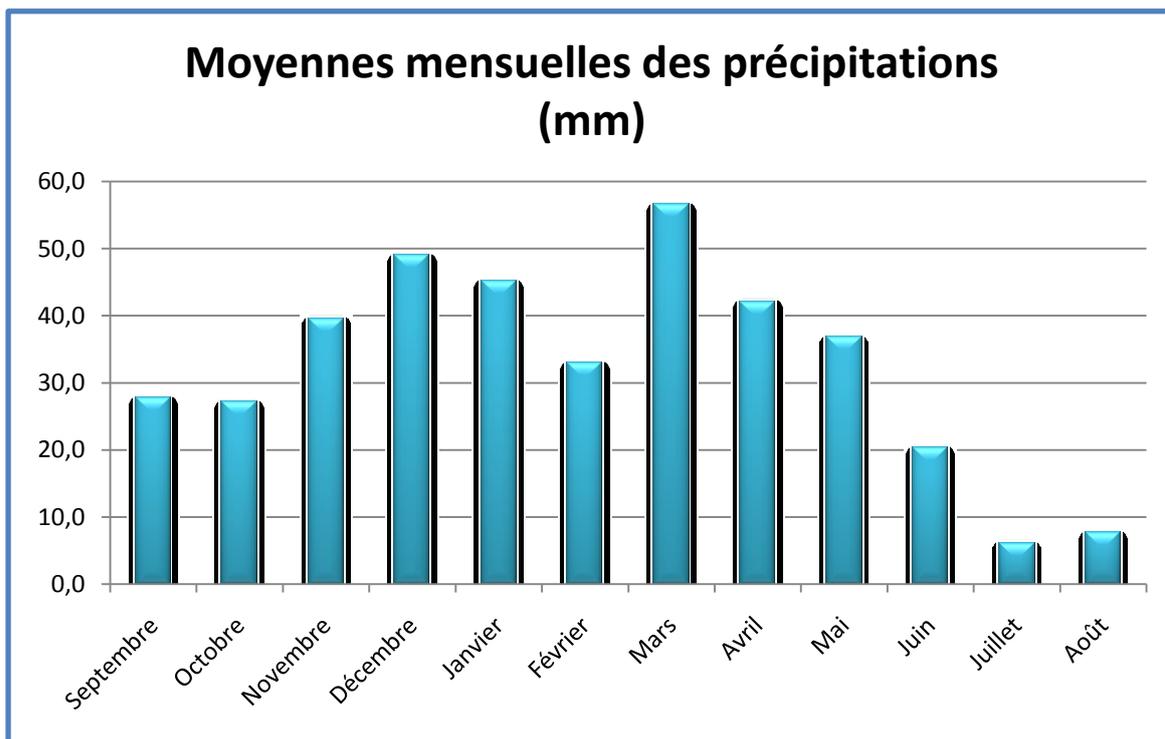


Fig (I .07): précipitations moyenne mensuelles de la zone d'étude AIN TAGHROUT

La figure ci-dessous donne les moyennes mensuelles des pluies cumulées de 1953 à 1986, qui fait apparaître une variation nette des précipitations d'un mois à l'autre, elles atteignent leur maximum en Mars puis diminuent pour atteindre le premier minimum en février, puis reprennent avec un deuxième maximum en mois de mai pour atteindre le deuxième minimum en mois de juillet.

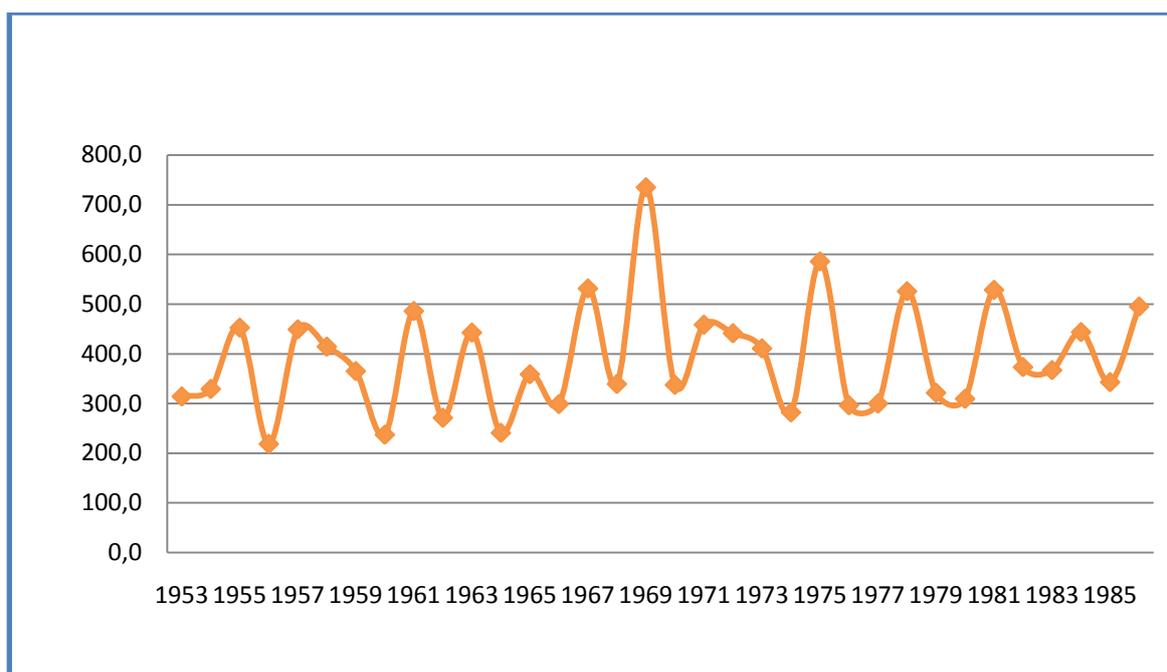


Fig (I.08):variation des précipitations moyennes interannuelles (1953-1986)

Précipitations moyennes annuelles (1953-1986) : -

- L'Année 1968-1969 est la plus arrosée avec 588.30 mm.
- L'Année 1955-1956 est la plus sèche avec 90.70 mm.
- **Précipitation moyenne annuelle est 391.35 mm**

I.3.1.3 Température :

Les températures moyennes mensuelles sur une période de 15 années (1980–1995) enregistrées à la station de Birkhaseali, représentés dans le tableau ci-dessous, font apparaître un hiver doux et un été chaud et des grands écarts entre les minimas et les maximas, surtout en été ce qui est une caractéristique typique du climat méditerranéen en semi aride.

Tableau I.05 : Distribution des températures moyennes mensuelles à la station de BIR KASD ALI

T°/Moi	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
Min	15,3	10,8	6,3	2,7	1,5	2,1	3,8	6,1	10,4	15,1	19,2	19,2	9,38
Maxi	27,3	20,8	14,8	10,3	9,4	11,1	13,3	16,7	22,3	28,6	33,1	32,8	20,04
Moy	21,3	15,8	10,6	6,5	5,5	6,6	8,5	11,4	16,3	21,8	26,1	26	14,7

Source : ANRH (Station BirKhasedali)

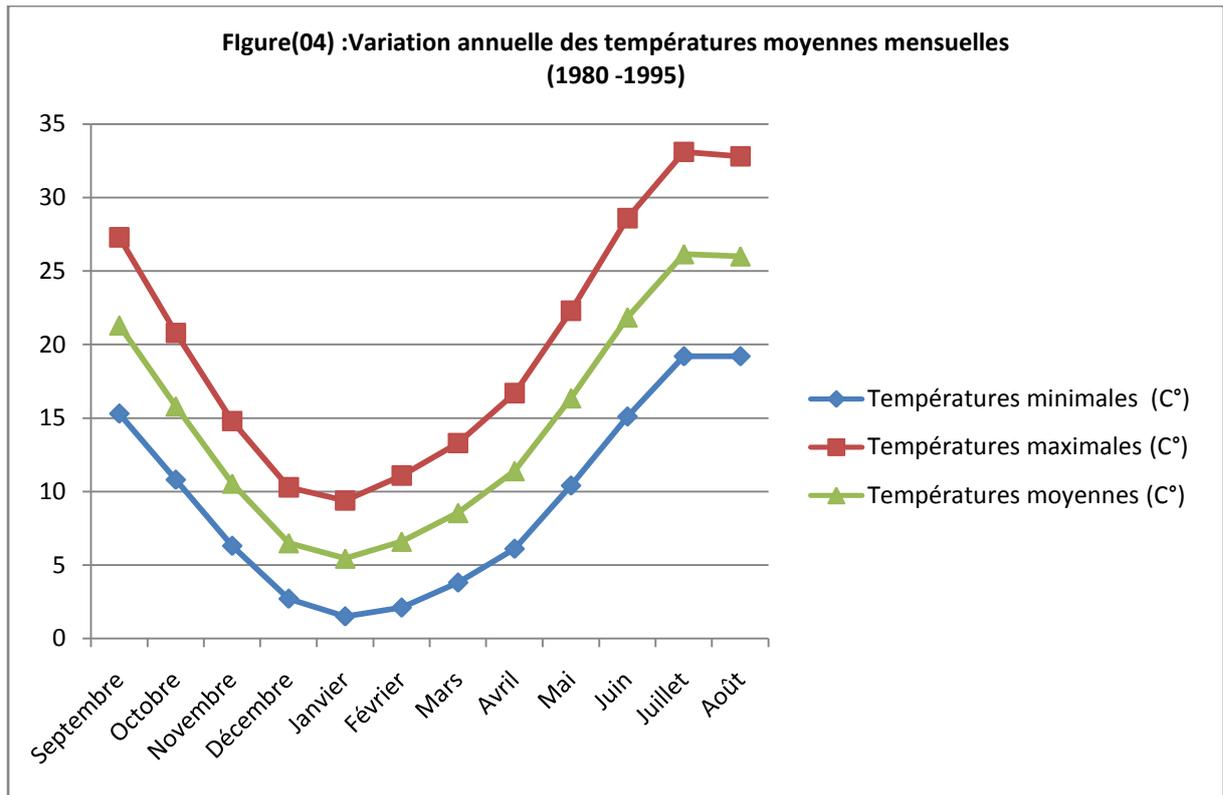


Fig (I.09):variation des températures moyennes mensuelles (1953-1986)

I.3.1.4 Evaporation de la surface de l'eau

Les données disponibles pour l'évaporation sont celles mesurées aux stations de BirKhasedali (période 1967 - 1993).

L'évaporation moyenne annuelle retenue est donc de 1403mm, comme on le remarque dans le tableau n°III.18, Elle est minimale durant les mois d'hiver (Janvier et Février), alors qu'elle est maximale pour les mois d'été (Juillet et Août).

Tableau I.06 : Répartition interannuelle de l'évaporation. (1967-1993)

mois	s	o	n	d	j	f	m	a	m	j	j	o
Evaporation (mm)	163	87,9	56,4	34,7	18,7	33,5	75,5	90,4	131	196	263	253
Evaporation (%)	11,6	6,26	4,02	2,47	1,33	2,39	5,38	6,44	9,34	13,9	18,7	18

Source : ANRH (Station BirKhasedali)

La répartition mensuelle de l'évaporation représente dans la figure suivante :

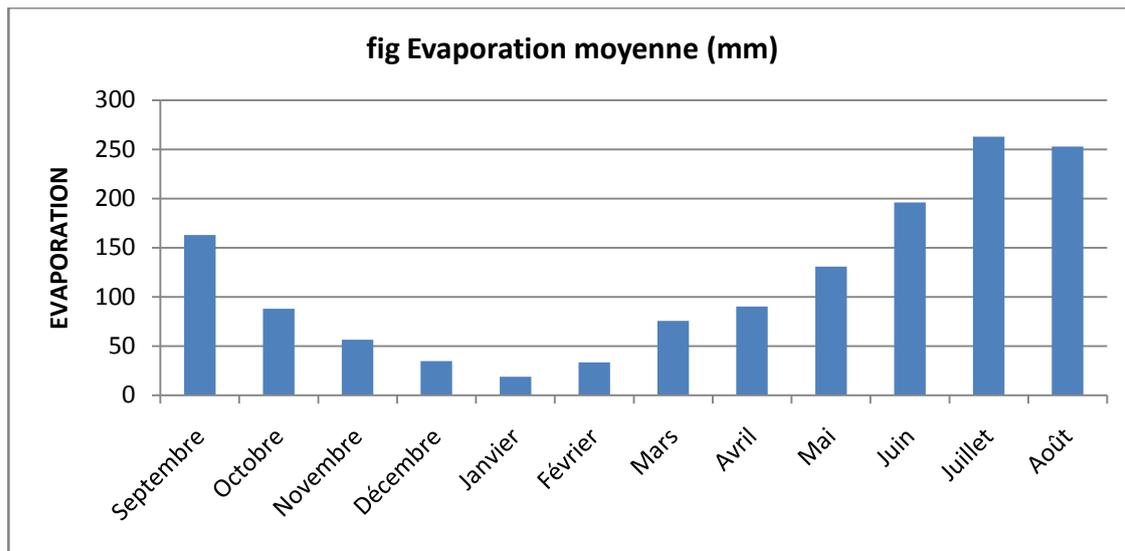


Fig (I.10): Répartition de l'évaporation mensuelle.

I.3.1.5 le vent :

Les vents dominants sont de secteur nord (NE 22%, N 12%, NO 27%). Les vitesses moyennes mensuelles sont de 3 m/s environ, sans grandes variations d'un mois sur l'autre (les minimales à 2,8 m/s et les maximales à 3,5 m/s) d'après les mesures de la station BirKhasedali pour la période 1981 – 1984

Tableau I.07: Vitesse moyenne du vent en m/s – Station de BirKhasedali (1981-1984)

Mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
V (m/s)	2,8	3,2	3,5	3,5	3,1	3,2	3,1	3	2,9	2,7	2,9	2,9	3,0

Source : Station

Birkhaseali.

I.3.1.6 l'humidité relative

L'humidité relative de l'air ou état hygrométrique indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation .C'est la valeur de l'humidité relative que comprend la sensation de l'humidité ou de sécheresse de l'air.

Dans la station de Birkhaseali, et pour une période de 12 ans de (1990 – 2002), l'humidité se Présente ainsi :

Tableau I.08 : Humidité relative à la station de Birkhaseali (1990-2002).

mois	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou	moy
H (%)	55	66	75	79	76	76	72	66	61	50	39	41	63

Source : Station Birkhaseali

L'humidité relative moyenne est de 63%. Elle présente un maximum en Décembre (79 %) et un minimum en Juillet (39 %)

L'humidité se manifeste durant sept mois dans l'année soit du mois d'octobre au

Chapitre I : Présentation et reconnaissances du la zone d'étude

mois d'avril où les valeurs sont toutes supérieures à la moyenne annuelle. Le reste de l'année, notamment la période qui coïncide avec les fortes températures, l'humidité ne s'abaisse pas au dessous de 39 %.

I.3.1.7 La neige

Les précipitations solides (neige), sur le versant Nord peuvent être importantes .Il n'existe malheureusement pas de relevés récents systématiques .D'après la station de Birkhaseali les régions situe dans la zone d'en neige ment moyen au sol de5 à10 jours par année

Ce phénomène a un rôle important, si on considère la superficie des crêtes qui bordent les différentes plaines, la fonte de la neige favorise au maximum l'infiltration des eaux au sous sol par rapport au ruissellement de surface, ce qui représente un apport considérable en matière de recharge des nappes souterraines.

Tableau I.09: Nombre de jours de Neige (1990/91-2001/02)

Moi	sep	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	aou
Jour	0	0	0,3	2,2	2,7	3,7	0,8	0,7	0	0	0	0

Source : ONM Alger

I.3.1.8 La grêle

La région **D'AIN TAGHROUT**, sur 12 ans n'a comme que 4,1 jours/an de grêle au moyen, ce qui est insignifiant. Cependant en termes de fréquence c'est au septembre qu'il y a le plus grand risque de grêle.

Tableau I.10 : Nombre moyen de jours de Grêles (1990/91-2001/02)

mois	s	o	n	d	j	f	m	av	m	jui	juil	août
Jours	0,8	0,2	0.1	0	0,1	0,3	0,1	0,3	1,6	0,2	0,3	0,3

Source: ONM Alger

I.3.1.9 La Gelée :

Tableau I.11: Nombre de jours de Gelée (1990/91-2001/02)

moi	spt	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	juin	juil	août
j	0	0,2	5,7	13,8	15,3	13,5	9	4,8	0,8	0	0	0

Source: ONM Alger

D'après le tableau, on relève un total annuel de 63,2 jours/an. Nous enregistrons durant le Printemps 13 jours de gelées, qui se manifestent au moment de la floraison des espèces Arboricoles.

I.3.1.10 autres phénomènes climatiques

L'ensoleillement moyen a été mesuré à Birkhaseali pour une période de 15 ans (1981– 1996). La nébulosité a été mesurée à une ancienne station (étude GEC 1971) et la radiation totale a été calculée par FAO (1984) sur la base des observations de la période de l'ensoleillement. C'est environ 2961 heures d'ensoleillement par an à Birkhaseali et l'énergie moyenne de la radiation solaire par jour est de 393 cal / cm².

Tableau I.12 : insolation, nébulosité et radiations solaire mensuelles (1981– 1996).

mois	spt	oct	nov	déc	jan	fev	mar	avr	mai	jui	juil	août
l'ensoleillement (h/j)	5,8	6,5	7,3	8,1	9,4	10,5	11,4	10,6	8,9	7,3	6,2	5,2
nébulosité	5,4	5,5	4,6	4,6	4,6	3,7	2,1	2,4	3,7	4,3	5,6	6,3
radiation (cal/cm2/j)	202	285	370	457	459	559	604	534	439	317	224	184

Source : Station Birkhaseali

L'analyse des facteurs climatiques démontre bien le caractère semi aride du climat .De ce fait mis à part les cultures pluviales, les autres cultures ne peuvent atteindront un rendement optimale sauf qu'en pratique l'irrigation.

I.3.2 Diagramme pluviaux-thermique

Il a été mis au point par f.Bagnoles et Gausse .Pour eux la période sèche est celle où le total moyen des précipitations du mois est inférieur ou égal au double de la température moyenne ($P < 2T$) et vis versa, sur ce principielle diagramme est établis en portant les précipitations s et les températures en fonction des mois de l'année, tout en prenant en considération que sur l'échelle des ordonnées $P = 2 * T$.

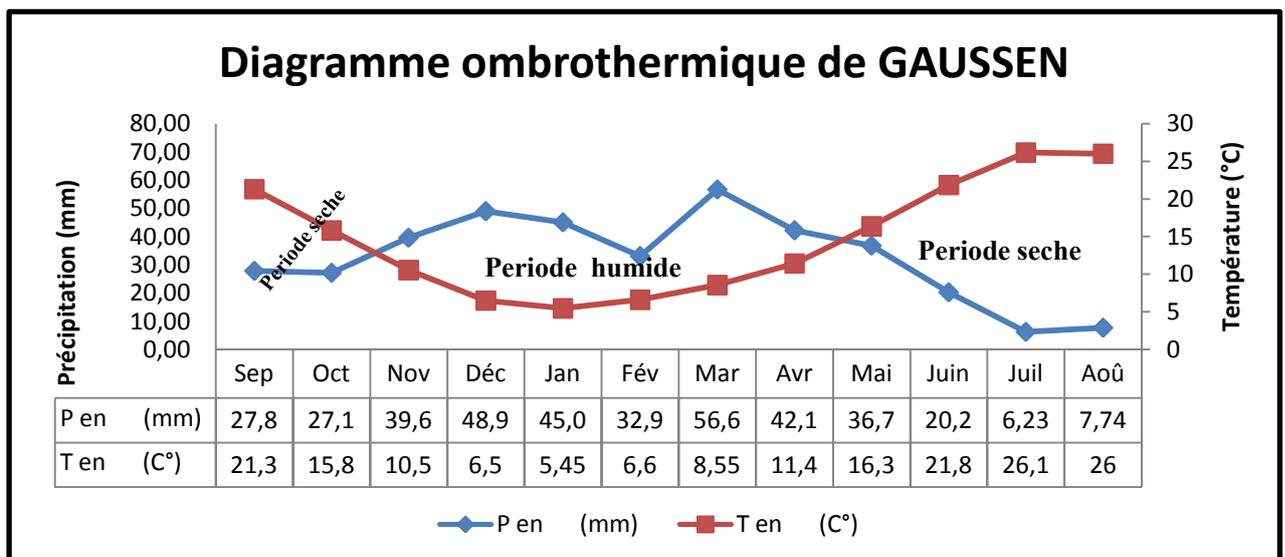


Fig (I .11):Diagramme Bioclimatique

Suivant le diagramme bioclimatique, on trouve que la région possède deux saisons. Humide et sèche ; la saison humide commence au mois De novembre jusqu'à la fin du mois d'avril où commence la saison sèche qui s'étale jusqu'à la fin du mois d'octobre.

I.3.3 L'indice d'aridité

L'indice de l'aridité est un indicateur quantitatif du degré du manque d'eau, présent à un endroit donné (John E. Oliver. 2006). On va calculer cet indice (i) par la formule de MARTONNE.

$$I = \frac{P}{t + 10} \tag{I.1}$$

P: précipitation moyenne annuelle (mm). P= 391,35 mm

T : température moyenne mensuelles (C°). T=14 ,71

Tableau I.13 : Les limites de climat d'après l'indice d'aridité de Martonne

Valeur 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	Par fois utile
I>30	Humid	Inutile

Tableau I.14 : l'indice d'aridité de Martonne.

Station	Température	Précipitation	Indice d'aridité	Climat
	(°C)	(mm)	(I)	
BIR KHASEDALI	14,71	391,35	15.84	Semi aride (sec)

Nous remarquons à travers les valeurs obtenues de l'indice d'aridité calculés pour la station de BIR KHASEDALI, pour la période considérée de 1953 à 1986 est de 15.84. Que la région appartient au type « climat sec ou semi aride » donc l'irrigation est souvent indispensable. Selon la classification précédente par De Martonne, les mois de septembre, octobre, Novembre, décembre, janvier, février, mars, avril, mai, présentent un climat sec, les mois juin, aout présentent un climat très sec. Le mois de juillet, est se caractérise par un climat Très sec, alors que le mois de juillet devient Désertique.

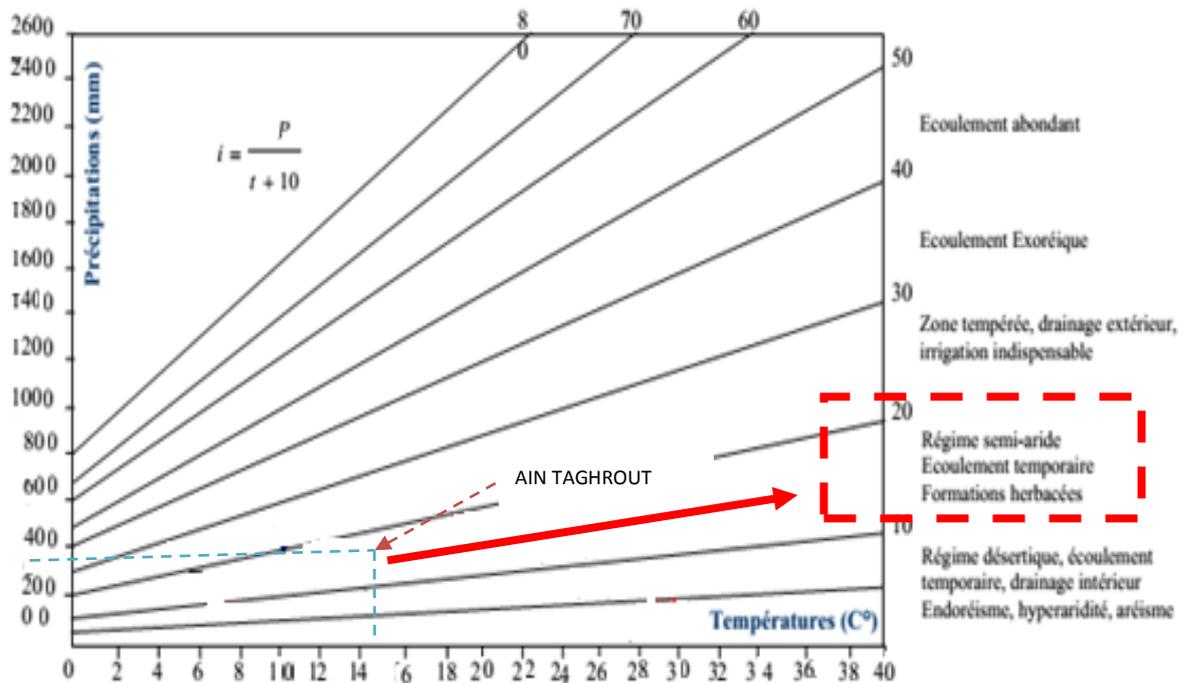


Fig (I .12):Abaque de l'indice d'aridité annuel de Martonne

I.3.4 quotient pluviométrique d'Emberger

Pour qu'on puisse déterminer le climat de la région nous avons utilisé le climatogramme d'EMBERGER.

Il permet de connaître l'étage bioclimatique de la région d'étude. On reporte en abscisses la moyenne des minima du mois le plus froid et en ordonnées le quotient pluviométrique (Q2) d'EMBERGER; Nous avons utilisé la formule de STEWART (1969) adaptée pour l'Algérie et qui se présente comme suit:

$$Q = 3.43 P (M - m)^{-1} \quad (I.2)$$

- **P**: pluviométrie moyenne annuelle (en mm). P=391,35
- **M**: moyenne des maxima du mois le plus chaud en °C, M=26,1 °C
- **m**: moyenne des minima du mois le plus froid en °C m=5,5 °C

L'indice Q2 calculé par cette formule est égal à 65,2. Le climatogramme considère qu'une région est d'autant plus sèche lorsque le quotient est plus petit. L'emplacement de cet indice sur le climatogramme d'EMBERGER. Nous a permis de situer AIN TAGHROUT dans l'étage bioclimatique Semi aride aux hivers doux (Fig.14).

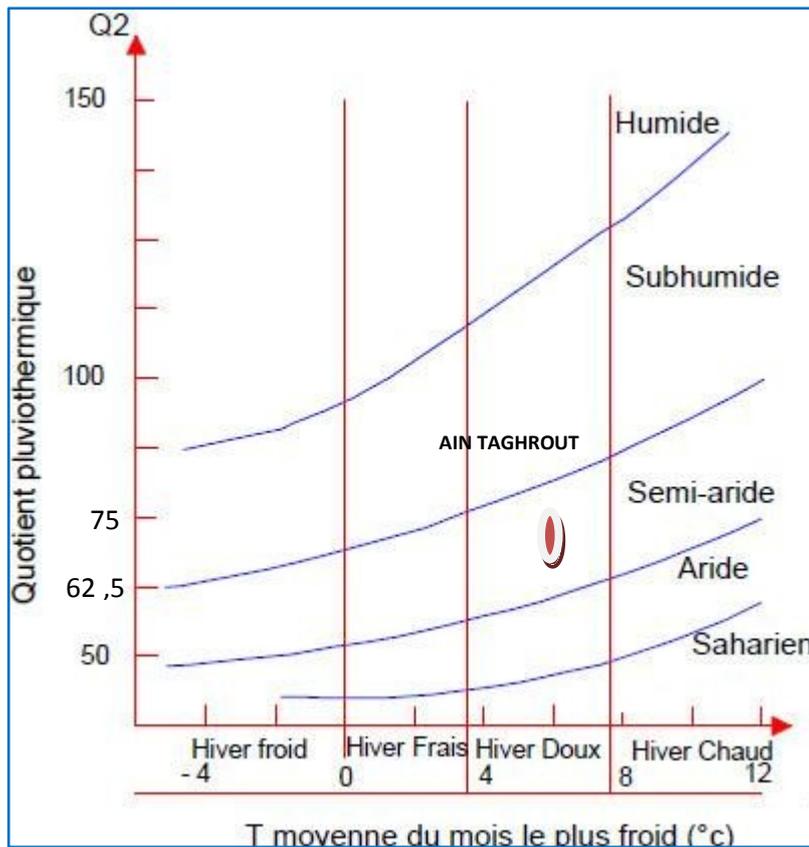


Fig (I .13):Abaque de l'indice d'aridité mensuelle de Martonne

D'après le Clima_gramme pluviométrique d'Emberger, on constate que le périmètre d'AIN TAGHROUT jouit d'un climat semi -aride, caractérisé par des hivers doux.

I.3.5 Evapotranspiration

L'évapotranspiration est la somme de l'eau utilisée ,dans une région donnée ,par la croissance de la végétation pour sa transpiration et la constitution des est issus et de l'eau évaporée du sol, de la neige ,de la pluie retenue par le feuillage et ce la dans un temps donné (H. Schoeler,1962).Donc ,l'évapotranspiration est définie comme étant l'ensemble des pertes par transformation de l'eau en vapeur ,autre ment dit ,c'est la somme de l'évaporation (phénomène physique),et la transpiration de la couverture végétale(phénomène biologique).

Les facteurs qui conditionnent l'évapotranspiration ont nombreux et mal connus, on en citera quelques uns, à savoir:

Les facteurs climatiques:

- La température de l'air.
- La vitesse et turbulence du vent.
- Le degré d'insolation.

Chapitre I : Présentation et reconnaissances du la zone d'étude

- L'humidité relative de l'air.

Les facteurs géographiques:

- L'état de la surface évaporant du sol.
- L'altitude.

Les facteurs biologiques:

- Les espèces végétales.
- La profondeur des racines.

On peut distinguer trois notions dans l'évapotranspiration (André Musy 2005)

- l'évapotranspiration de référence(ET₀) ou évapotranspiration potentielle(ETP),est défini comme l'ensemble des pertes en eau par évaporation et transpiration d'une surface de gazon de hauteur uniforme, couvrant totalement le terrain ,en pleine période de croissance, recouvrant complètement le sol et abondamment pourvue en eau.

- L'évapotranspiration maximale (ETM) d'une culture donnée est définie à différents stades de développement végétatif, lorsque l'eau est en quantité suffisante et que les conditions agronomiques sont optimales (sol fertile, bon état sanitaire, ...).

- l'évapotranspiration réelle (ETR) est la somme des quantités de vapeur d'eau évaporées par le sol e t par les plantes quand la sole st à son humidité spécifique actuelle et les plantes à un stade de développement physiologique et sanitaire réel.

Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons étudié les conditions naturelles qui nous ont amenée au résultat suivant :

Les valeurs obtenues de l'indice d'aridité calculée pour la station de BIR KASED ALI, pour la période considérée de 1953 à 1986 est de **15.84**. Que la région appartient au type «climat sec ou semi aride» donc l'irrigation est souvent indispensable.

Selon la classification précédente par De Martonne, les mois de septembre, octobre, Novembre, décembre, janvier, février, mars, avril, mai, présentent un climat sec, les mois juin, aout présentent un climat très sec. Le mois de juillet, est se caractérise par un climat Très sec, alors que le mois de juillet devient Désertique.

Chapitre II

Ressource en sol

Introduction :

La conception ou la gestion des systèmes d'irrigation, fait participer plusieurs facteurs. Les propriétés physiques, chimiques ainsi que l'activité biologique du sol sont des paramètres inhérents à la dynamique de l'eau dans un milieu poreux que constitue le sol. En effet, ces propriétés sont en étroite relation avec les facteurs du climat et commandent les conditions d'aération, de température de circulation et de stockage de l'eau.

II.1 Les propriétés physiques du sol :

La physique du sol est l'une des parties essentielles dans l'étude hydrodynamique des terres irriguées. Les propriétés physiques d'un sol conditionnent en effet, sa capacité de rétention d'eau et de nutriments, son aération, en bref créent un environnement vital pour la plante.

II .1 .1 La texture :

L'analyse granulométrique d'un sol a pour objet la quantification des différentes particules qui composent le sol. Donc c'est dire que le pourcentage des divers constituants (sable, argile et limon) d'un sol définit sa la texture. La connaissance de la texture d'un sol peut toutefois donner une idée sur son fonctionnement hydrique. La texture du sol se détermine après une analyse granulométrique en utilisant un triangle textural (Baize, 2000)

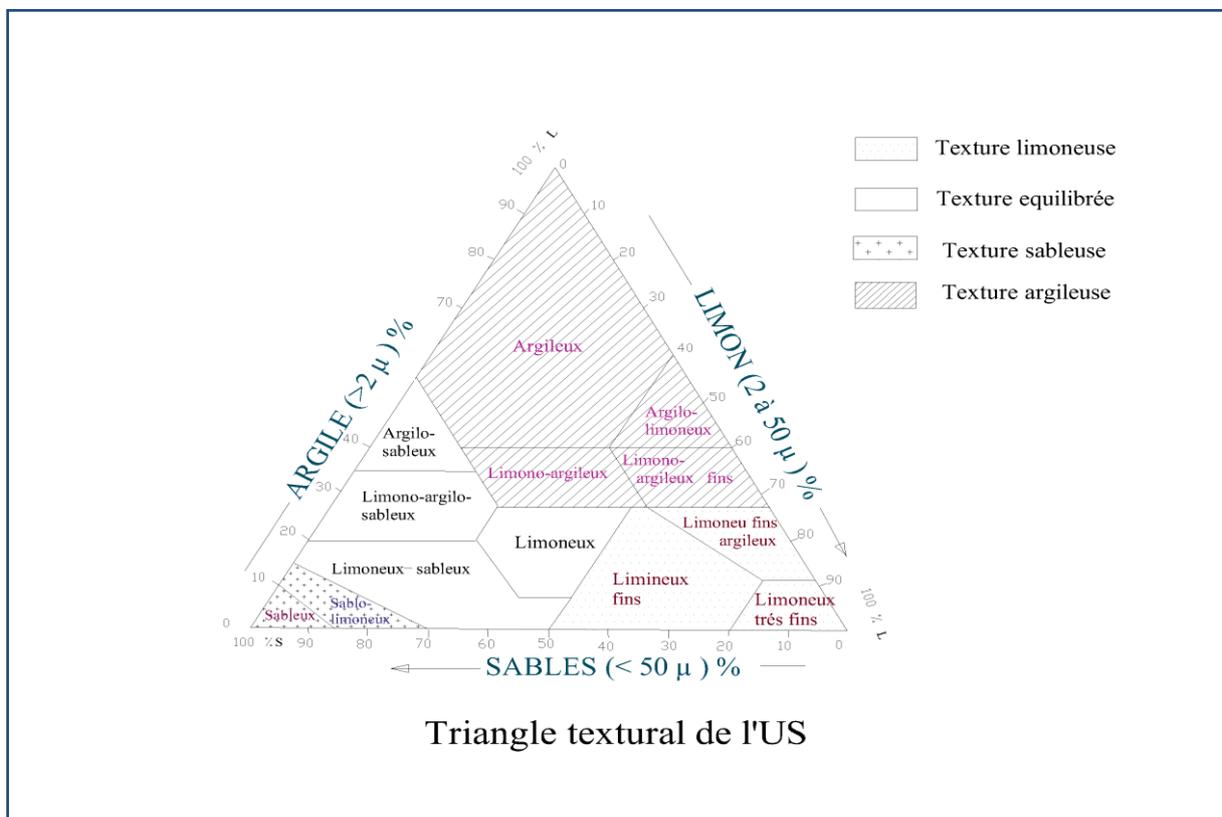


Fig II.1: triangle textural de l'US

II.1.2 La structure:

La structure d'un sol peut être définie comme étant le mode d'agencement des particules entre elles (Ducafour, 1997). C'est une fonction de la granulométrie du sol (texture) qui varie suivant les facteurs du climat (pluie, gel, sécheresse), biologiques (racines, vers, microorganismes, etc....) et des activités humaines (labour, jachère, ...). Ainsi, dans le sol il existe des vides plus ou moins importants visibles à l'œil nu, liés à l'arrangement des particules élémentaires pour donner de grosses mottes. L'ensemble de ces vides définit la macrostructure. Les pores réduits capables de stocker l'eau de pluie ou d'irrigation qu'utilise la plante forment la microstructure (porosité texturale)

La morphologie des particules élémentaires d'un sol laisse apparaître trois formes de structure.

- Structure particulaire : Elle est caractérisée par la présence de particules grossières et des fissures. Elle confère au sol l'aptitude de ne pas retenir l'eau.
- Structure compact ou continue : Due à la formation d'une couche très dure en surface. Les sols comportant cette structure sont :

- Imperméables à l'eau et l'air,
- Asphyxiants,
- Difficiles à travailler et résistent beaucoup à la pénétration des racines.

- Structure grumeleuse : À la différence des formes précitées, les grains de sable et les limons sont liés en agrégats par le complexe argilo humique. De petites mottes se forment sous l'effet du labour et de l'activité biologique rendant la terre favorable. Il en découle alors certains avantages.

- l'eau s'écoule facilement et une partie est stockée dans, les micropores,
- Le maintient d'une bonne aération,
- Favorisant la pénétration des jeunes racines,

En somme une meilleure exploitation des sols.

II .1.3 La porosité :

La porosité d'un sol, caractéristique fondamentale, est le volume des vides occupé par l'eau et l'air par rapport au volume totale (Boulaine, 1979). Elle est exprimée en pourcentage (%) et donne des indications essentielles des propriétés physiques, qui assurent à la plante, son alimentation en eau ainsi que sa respiration.

Elle peut se déterminer par la mesure des densités suivant cette relation:

$$p = \left(1 - \frac{d_a}{d_r}\right) \times 100 \quad (\text{II.1})$$

Où : d_a est la densité apparente

d_r La densité réelle

Les vides sont repartis dans le sol en fonction des arrangements élémentaires et suivant les éléments structuraux. De ce fait, deux types de porosité se définissent. Une porosité structurale et une porosité texturale.

- **La porosité texturale :**

La porosité texturale représente la fraction la plus importante et la plus fine de la porosité totale. Son rôle est essentiel dans le domaine de la réserve en eau des sols, de la circulation de l'eau par des mécanismes de succion, de la température et de l'aération du sol (Tercelin 1998); on la mesure sur des agglomérats terreux d'une taille suffisamment petite pour ne pas comporter de porosité structurale ou sur un échantillon auquel on a conféré artificiellement une structure continue et homogène.

- **La porosité structurale :**

La porosité structurale a fréquemment une taille suffisante pour être observable à l'œil nu ou à un faible grossissement. Elle ne constitue, si l'on excepte les couches du sol qui viennent d'être ameublées, que quelques pour cent du volume apparent unitaire (Duchaufour, 1997). Bien que chaque système de porosité n'ait pas l'exclusivité de régir tel ou tel phénomène, son influence soit prépondérante sur les possibilités d'enracinement, l'indice d'ameublissement global d'un horizon et la perméabilité à l'eau circulant par gravité. Elle est obtenue par différence entre la porosité totale et la porosité texturale, et elle est susceptible de variations aussi rapides que celles de l'état structural du sol dont elle est la conséquence.

II.1.4 La matière organique :

La matière organique est l'un des constituants les plus importants du sol. Elle sert de nourriture et de milieu de vie à la flore et la faune. Sous l'action des micro-organismes, elle libère des éléments nutritifs essentiels aux végétaux (Baize, 2000).

Elle joue également le rôle de liant entre les différentes particules du sol. Ceci entraîne la formation des agrégats conférant au sol une structure plus stable; c'est-à-dire une bonne aération, une grande capacité de rétention d'eau, un bon drainage et une température optimale.

Par sa réaction acide, ses propriétés colloïdales et sa minéralisation continue, l'humus améliore le caractère chimique du sol (Boulaine, 1979).

Chapitre II : Ressource en sol

Donc la matière organique agit sur les propriétés physiques, chimiques, hydriques et biologiques.

II.1.5 La perméabilité :

La perméabilité d'un sol est la vitesse à laquelle l'eau pénètre dans ce sol. Elle est dépendante du volume occupé par les vides. Selon l'importance des vides et selon leurs formes, c'est-à-dire continue ou discontinue, l'eau s'infiltré facilement ou stagne en surface.

II.2 Les propriétés chimiques du sol

II.2.1 Le pH du sol :

Il est important de connaître le pH du sol afin de choisir les cultures en conséquence. En effet, le potentiel hydrogène exprime le degré d'acidité ou d'alcalinité. Sa mesure permet également de quantifier la teneur en ion H^+ sur le complexe absorbant. Sur l'échelle du pH, variant de 0 à 14, le chiffre 7 indique la neutralité. Plus les valeurs sont faibles, plus le sol est acide, et plus elles tendent vers 14 plus le sol est basique. Beaucoup de plantes sont sensibles aux terres très acides ou très alcalines (Baize 1979). Dans ces conditions, les plantes ne peuvent pas absorber tous les minéraux dont elles ont besoin, même si ceux-ci sont disponibles dans le sol. Cependant, certaines préfèrent les faibles pH (plantes acidophiles) et d'autres les sols basiques.

Certaines techniques permettent de modifier le pH. Il s'agit en effet des amendements chimiques comme le chaulage. Il consiste à épandre de la chaux sur un terrain acide et de ce fait on augmente le pH. Ce procédé permet en outre d'augmenter l'efficacité des éléments nutritifs et améliore l'assimilation du sol afin de créer un milieu favorable à la croissance des plantes.

Les sols alcalins c'est-à-dire à pH élevé sont généralement caractérisés par une dispersion des colloïdaux. Cette instabilité structurale est due à la saturation du complexe argilo humique par l'ion sodium (Na^+). Ainsi pour rabattre le pH, il est préférable de faire des apports d'acide sulfurique (H_2SO_4) ou du gypse ($CaH_2SO_4, 2H_2O$). Ces amendements conditionnent aussi l'équilibre du milieu et établissent un environnement optimal pour les cultures.

II.2.2 Le pH_{eau} (acidité actuelle) :

Lors d'une irrigation ou une pluie, les ions H^+ contenus dans le sol se trouvent à l'état dissocié. Ils sont libérés dans la solution du sol et augmentent sa concentration (Baize,1997). L'acidité correspondant à cette concentration définit le pH_{eau} . Pour déterminer le pH_{eau} d'une suspension d'échantillon de sol, on utilise des indicateurs colorés (mesure in situ) ou un pH mètre (mesure au laboratoire).

II.2.3 Le pH_{KCl} (acidité potentielle) :

Dans un sol, l'apport d'eau ne permet pas la dissociation totale des ions H^+ fixés. Une partie est énergétiquement maintenue sur le complexe argilo humique. La concentration de ces ions retenus par les molécules organiques ou par les minéraux argileux, définit l'acidité potentielle. Ainsi la mesure de l'acidité potentielle se fait au laboratoire par neutralisation du complexe adsorbant à l'aide d'une solution normale de KCl. Le chlorure de potassium en solution aqueuse donne des ions Cl^- et K^+ . Les ions potassium vont s'échanger avec les ions H^+ fixés sur le complexe. Une fois en solution on détermine le pH. Dans le sol, les ions hydrogènes s'associent aux ions chlorures pour former du HCl qui se lessive facilement au cours de l'irrigation (Baize 1997).

II.2.4 L'azote et le phosphore du sol :

L'azote et le phosphore sont deux éléments indispensables pour la vie des plantes. Ils se trouvent sous différentes formes dans les sols et contribuent beaucoup dans le processus de fertilisation.

II.2.5 Cas de l'azote :

L'azote joue un rôle essentiel dans la synthèse de la matière vivante à partir de la matière minérale. C'est un élément de base dans la synthèse des protéines. Il est un des constituants de la chlorophylle qui commande l'opération fondamentale de la photosynthèse (Ildiko, juin 2001)

Composés indispensables aux êtres vivants, l'azote est présent dans les minéraux, dans l'atmosphère et dans le sol. Dans ce dernier, il se trouve (hormis l'azote provenant de l'utilisation des engrais chimiques) sous forme organique et minérale.

La forme organique est la plus importante, elle peut atteindre des proportions d'environ 90% de l'azote total. L'azote organique n'est pas utilisable directement par les plantes. Il est décomposé sous l'effet des bactéries du sol en azote minéral, substance directement assimilable par les végétaux (Ildiko, juin 2001). Cette forme d'azote est composée d'azote ammoniacal (NH_4^+ , NH_3), de l'azote nitreux (NO_2^-), et de l'azote nitrique (NO_3^-)

Les nitrates sont des composés très solubles dans l'eau, donc très mobiles. Une fois qu'ils excèdent les doses nécessaires aux plantes, ils se lessivent en profondeur vers les nappes ou ruissellent vers les cours d'eau. De ce fait il en découle un risque de pollution suite à l'utilisation non contrôlée des engrais. Les teneurs en azote du sol varient constamment à cause de nombreux facteurs dont :

- La température du sol (à cause de l'activité microbienne),

Chapitre II : **Ressource en sol**

- la teneur en humidité du sol,
- l'apport d'azote et le moment de son application lors de la saison précédente (ce qui reste après la culture de la saison dernière, moins les pertes dans l'atmosphère ou à cause du lessivage) et la saison en cours,
- la culture de couverture (qui prélève l'azote en automne, la libère au printemps en se décomposant),
- la culture précédente ou la culture de couverture (légumineuses ou autres),
- les teneurs en matières organiques,
- les propriétés du sol.

II.2.6 Le cas de phosphore

La quantité de phosphore présente dans un sol, mis à part celle apportée par l'utilisation des engrais, est une conséquence directe de la richesse de la roche mère (Baize, 2000). Mais la connaissance de cette quantité ne donne qu'une indication très imparfaite sur l'aptitude du sol à fournir du phosphore aux végétaux et à satisfaire leurs exigences.

Le phosphore organique est l'objet d'une lente minéralisation qui le rend progressivement disponible pour les végétaux (phosphore minéral).

A la notion de réserve globale de phosphore, il faut donc substituer celle de quantité nécessaire au maintien de la concentration de la solution du sol en phosphore pour permettre l'alimentation des végétaux. Les prélèvements de P_2O_5 par les plantes entraînent un épuisement des formes solubles (Baize, 2000). Au fur et à mesure des nouveaux prélèvements, les formes de P_2O_5 qui sont sollicitées pour reconstituer le stock de P_2O_5 dissous sont de moins en moins mobiles, car elles sont de plus en plus énergiquement retenues par le pouvoir fixateur du sol. Contrairement à l'azote, l'excès de phosphore dans le sol ne constitue pas généralement un grand danger, car le complexe absorbant possède l'aptitude de le fixer et le restituer en cas de besoin des végétaux (PUIL.C, 1998).

II.2.7 Le potassium :

Le potassium n'est pas très mobile dans la plante (Boulaine, 1979). Il joue un rôle primordial dans l'absorption des cations, dans l'accumulation des hydrates des protéines, le maintien de la turgescence de la cellule et la régulation de l'économie en eau de la plante. C'est aussi un élément de résistance des plantes au gel, à la sécheresse et aux maladies (Tercelin, 1998). Il est essentiel pour le transfert des assimilats vers les organes de réserve (bulbes et tubercules). Pour ces raisons, il est particulièrement important pour les cultures de type pomme de terre, betteraves (FAO, 2003).

Chapitre II : Ressource en sol

Le potassium dans le sol se trouve uniquement sous forme minérale (Duchaufour, 1997). Il provient soit de la décomposition de la matière organique et des minéraux du sol, soit des engrais. Pour certains minéraux, la quantité présente dans le sol doit être supérieure à la quantité nécessaire ; en effet ils peuvent être présent dans le sol, mais non disponibles pour autant pour la plante. Le potassium est essentiellement retenu par l'humus ou l'argile (dans certains sols, il pourra donc être perdu en quantité importante par drainage).

II.2.8 Le complexe absorbant :

Le sol est un milieu complexe composé de quatre types d'éléments : les gaz (air), les liquides (eau), les matières minérales et les matières organiques. Parmi les différents éléments minéraux en présence, les argiles s'associent à la matière organique du sol (l'humus) pour former, sous l'action stabilisatrice du calcium, le complexe argilo humique (Tercelin, 1998). La structure en feuillet des argiles confère au complexe une puissante charge négative (BAHBOUH). Une certaine quantité de cations libres de la solution du sol peuvent alors s'y fixer (Ca^{2+} , K^+ , H^+ , Na^{2+} etc.). Le complexe argilo humique est ainsi un véritable réservoir d'éléments nutritifs pour la culture.

II.2.8.1. Définition du pouvoir absorbant :

Le pouvoir absorbant est la propriété que possède le complexe argilo humique de retenir à sa surface des ions provenant de la solution du sol (Duchaufour, 1997). Cette fixation est d'autant plus importante, que les molécules d'humus ou les feuillets d'argile contiennent assez de charges négatives. C'est à ce niveau que se passe les échanges d'éléments entre la solution du sol et le complexe.

II.2.8.2. Valeurs caractéristiques du complexe absorbant

- **La capacité d'échange cationique (CEC) ou capacité totale d'échange (T)**

C'est la quantité totale de cations qu'un horizon ou un échantillon peut retenir sur son complexe adsorbant. Cette quantité représente les charges négatives totales, disponibles pour la fixation des cations nécessaires à la nutrition des plantes. Elle est exprimée en milliéquivalent pour cent grammes de terre sèche.

1 milliéquivalent = masse atomique/ valence du corps

Elle dépend alors du taux et de la nature des colloïdes du sol. La CEC est beaucoup plus élevée dans les sols argileux et humifères que dans les sols sableux. Elle est donc sensible aux variations du taux de matières organiques des sols.

- **La somme des bases échangeables (S) :** La somme des bases échangeables S est la quantité de cations métalliques fixés sur le complexe argilo humique et qui peuvent

Chapitre II : Ressource en sol

être échangés, à un moment donné. On l'exprime en milliéquivalent pour cent gramme de terre sèche (meq/100g Ts)

- **Le taux de saturation (V)**

Le rapport de la somme des bases échangeables et de la capacité totale d'échange permet de définir le taux de saturation.

$V = S/T \cdot 100$ exprimé en pourcentage

Ce taux varie d'un sol à un autre et dans un même sol d'une année à l'autre. Toute cause capable d'apporter ou de soutirer des cations métalliques, au complexe absorbant fait varier le taux de saturation. Il dépend de:

- La richesse en cations métalliques (Na⁺, Mg⁺, Ca⁺⁺, K⁺)
- De l'importance et de la fréquence de leur apport
- De l'importance du lessivage,
- Du climat, et de la température du sol.

- **Mise en réserve des éléments nutritifs sur le complexe absorbant**

Dans le sol, le complexe argilo humique adsorbe les ions comme K⁺ Ca⁺⁺, Mg⁺⁺. Ces éléments ainsi que d'autres se trouvent concentrés dans la solution du sol. Pour l'alimentation des plantes, les racines puisent les ions nécessaires. Chaque départ d'élément de la solution du sol génère un déséquilibre, alors le complexe absorbant échange certains cations pour parer à ce déséquilibre. Le complexe absorbant peut être parfois en déficit de certains éléments. Il effectue un échange avec la solution du sol pour mettre en stock les cations les plus demandés par la plante afin qu'ils ne soient pas lessivés (Baize, 2000).

Donc les échanges entre le complexe absorbant et la solution du sol permettent non seulement de maintenir l'équilibre chimique mais aussi de mettre en réserve les éléments indispensables aux végétaux.

II.2.9 Activité biologique du sol

Tout comme les propriétés physiques et chimiques, les micro-organismes du sol, interviennent dans les processus d'amélioration et de stabilisation des sols. En effet cette faune importante est à l'origine de la dégradation des matières organiques. Elle contribue à l'ameublissement des sols qui leur confère une bonne structure. Ce qui permet aux sols d'offrir aux plantes les conditions favorables afin de garantir un meilleur rendement.

II.3 l'étude pédologique:

L'étude pédologique est un facteur primordial pour prendre en compte la nature et la distribution des caractéristiques et des contraintes relevant des sols.

Chapitre II : Ressource en sol

Dans le cas de l'irrigation, plusieurs caractéristiques doivent être prise en considération, on peut citer notamment:

- La profondeur du sol qui commande l'épaisseur des couches accessibles aux racines et par suite la réserve en eau disponible.
- La texture ou granulométrie de la terre fine et la charge caillouteuse qui joue sur la rétention de l'eau.
- La structure et la porosité des horizons qui commandent la perméabilité du milieu et globalement, la plus ou moins grande facilité de conduite des arrosages.
- Les caractéristiques chimiques (PH, CE, SAR) qui influent sur les possibilités culturales de la zone à irriguer.

La bonne connaissance des sols permet le bon choix des cultures.

II.3.1 Description des sols Périmètre Ain Taghrout Bordj Bou Arriredj :

Les sols étudiés se répartissent en:

II.3.1.1 Classe : sols des calcimagnésiques :

- **Série : Bruns calcaires différenciés à dalle calcaire superficielle :**

Les sols forment des franges dans les parties hautes du périmètre, ils résultent essentiellement de l'érosion intense qui se produit sur les pentes fortes (supérieur à 10%), mettant ainsi le transport des horizons superficielles qui deviennent moins épaisses et une de leur partie est en même temps compensée par des alluvions provenant des sols des crêtes.

La pédogenèse qui s'exerce dans les sols de ces formations est soit récente ou peu accentuée ce qui explique la formation des sols brun calcaires. L'évolution affecte surtout les horizons supérieurs à structure polyédrique fine et sub-anguleuse, et des horizons sous jacents est très variable est généralement sub anguleuse ou se présente en éclats peu poreux.

a) Profile n s7 sec (2)

✓ Classification :

- Classe : sols peu évolués
- Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
- Groupe : sols peu évolués d'apport
- Sous groupe : sols peu évolués d'apport alluvial
- Famille : sols issue de formation alluviale à caractère vertiques
- Série : **sols issue de formation alluviale à caractère vertiques, alluvions anciennes ; profond**

Chapitre II : Ressource en sol

- Aptitudes culturales en irrigué : ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C1-C2-C3-C4-C6-C7-C9- L1-L3-L5- A1-A3-A4-A7-A8-A9-A12- M2-M3-M7-M8-M9M10-M11-M12-M14-M17-M18-M20- I1-I2-I3.
- Travaux et aménagements obligatoires : routage et lutte contre l'érosion.

b) Profile n s11 sec (2) :

- **Classification :**
 - Classe : sols peu évolués
 - Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
 - Groupe : sols peu évolués d'apport
 - Sous groupe : sols peu évolués d'apport alluvial
 - Famille : sols issue de formation alluviale modale
 - Série : **sols issue de formation alluviale modale, marne gris peu profond**

Aptitudes culturales en irrigué : ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C1-C5-C6-C7-C10- L5- A1-A3-A4- M3-M4-M6-M7-M11-M12-M18-M20-I1.

- **Travaux et aménagements obligatoires :** routage et lutte contre l'érosion.

c) Profile n s12 sec(2) :

- **Classification :**
 - Classe : sols des calcimagnésiques
 - Sous classe Carbonatés
 - Groupe Sols bruns calcaires
 - Sous groupe Bruns calcaires différenciés
 - Famille : Bruns calcaires différenciés à croute calcaire
 - Série : **Bruns calcaires différenciés à encroutement calcaire, marnes peu profond limoneuse**
- **Aptitudes culturales en irrigué :** ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C2-C4-L4-A1-A2.
 - **Travaux et aménagements obligatoires :** routage et lutte contre l'érosion.

d) Profile n (17) sec(2) :

- **Classification :**
 - Classe : sols peu évolués
 - Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
 - Groupe : sols peu évolués d'apport

Chapitre II : Ressource en sol

- Sous groupe : sols peu évolués d'apport alluvial
 - Famille : sols issue de formation alluviale modale
 - Série : **sols issue de formation alluviale modale, marnes peu profond, limoneuse**
- **Aptitudes culturales en irrigué** : ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C1-C2-C3-C4-C7-C9- L1-L2-L3- A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A10- M1-M2-M3-M4-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M16-M17-M19-M20- I3.

e) Profile n P25 sec(1) :

- **Classification** :
 - Classe : sols peu évolués
 - Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
 - Groupe : sols peu évolués d'apport
 - Sous groupe : sols peu évolués d'apport alluvial
 - Famille : sols issue de formation alluviale modale
 - Série : **sols issue de formation alluviale modale, marnes peu profond, limoneuse**
- **Aptitudes culturales en irrigué** : ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C1-C2-C3-C4-C7-C9- L1-L2-L3- A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A10- M1-M2-M3-M4-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M16-M17-M19-M20- I3.
- **Travaux et aménagements obligatoires** : routage et lutte contre l'érosion

f) Profile n P27 sec(1)

- **Classification** :
 - Classe : sols peu évolués
 - Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
 - Groupe : sols peu évolués d'apport
 - Sous Groupe : sols peu évolués d'origine non climatique d'apport colluviale
 - Famille : **sols issue de formation colluviale**
 - Série : **modal**
- **Aptitudes culturales en irrigué** : ces sols ont les aptitudes culturales suivants : C1-C2-C3-C4-C6-C7-C9- L1-L3-L5- A1-A3-A4-A7-A8-A9-A12- M2-M3-M7-M8-M9-M10-M11-M12-M14-M17-M18-M20- I1-I2-I3.

- **Travaux et aménagements obligatoires** : labour profond, lutte contre les inondations et drainage profond.

g) Profile n P30

• **Classification** :

- Classe : sols peu évolués
- Sous classe : sols peu évolués d'origine non climatique
- Groupe : sols peu évolués d'apport
- Sous groupe : sols peu évolués d'apport alluvial
- Famille : **sols issue de formation alluviale à caractère vertiques**
- Série : **sols issue de formation alluviale à caractère vertiques, alluvions anciennes ; profond**

- **Aptitudes culturales en irrigué** : ces sols sont favorables qu'à l'irrigation goutte à goutte, leurs aptitudes culturales sont : C1-C2-C3-C4-C6-C7-C9- L1-L3-L5- A1-A3-A4-A7-A8-A9-A12- M2-M3-M7-M8-M9M10-M11-M12-M14-M17-M18-M20- I1-I2-I3.

- **Travaux et aménagements obligatoires** : routage et lutte contre l'érosion.

II.4 Eau d'irrigation :

L'appréciation de la qualité d'une eau d'irrigation s'appuie sur la quantité totale de sels dissous et sur sa composition chimique qui permet de calculer le SAR. il est également important de considérer la présence éventuelle de sels toxique (chlorure, sodium, ...).

II.4.1 Possibilités de mise en valeur

II.4.1 .1Détermination des aptitudes culturales

Les critères de détermination des aptitudes culturales reposent essentiellement sur les caractères morphologiques des sols et leur position topographique sans tenir compte de la ressource en eau. Ainsi la détermination est établie en considérant que l'on dispose d'une eau d'irrigation de bonne qualité.

II.4.1.2 Occupation des sols :

En effet, le milieu naturel se trouve confronté aux problèmes et contraintes liés globalement à la dégradation par le processus de l'érosion la mise en valeur des terres agricoles et les effets de sécheresse, ainsi que la dévalorisation des ressources naturelles, accentués par la gestion de l'eau et le choix des espèces à mettre en place.

Les cultures pratiquées dans le périmètre d'étude sont :

- Les céréales : **orge** et **blé**.
- Les cultures **fourragères** et **légumineuses**
- Arboriculture rustique : **olivier, amandier, figuier, abricotier, ...**

Chapitre II : Ressource en sol

- arboriculture fruitière irriguée : **pommier, poirier, prunier, vigne.....**
- Arbres forestiers en brises vent : **arbres forestiers, eucalyptus, roseaux**
- Cultures maraîchères : **en petites parcelles de pomme de terre, pastèque, melon, tomate, aubergine, piment poivron choux, ail , oignon.....**

En plus d'un élevage très réduit Elevage : **bovin, ovin, caprin.**

Concernant l'occupation du sol par les cultures citées précédemment, la céréaliculture reste la plus dominante ; en revanche, les rendements obtenus oscillent entre 20 et 40 Qx/Ha Parmi les travaux d'aménagement qui ont été déjà effectués sont la protection de quelques parcelles contre les inondations par la construction d'infrastructures de protections des routes et infrastructures d'accumulation d'eau (bassin en béton).

II.4.1.3 les facteurs limitant :

Donc le choix des cultures doit tenir compte de la compatibilité des espèces des variétés avec les ces caractéristiques climatiques de la région.

a) Les conditions édaphiques :

- Profondeur de sol utilisable par les plantes (PSU) :

La profondeur des sols de la zone étudiée est variable généralement suffisante, le volume exploitable par les racines se trouve parfois limité par la présence un des facteurs suivants :

- Présence d'horizons graveleux ;
- Présence d'horizons à dalle calcaire ;
- Présence d'horizons très compacts vertiques;
- Présence d'horizons graveleux et caillouteux ;
- Présence d'horizons compacts et hydromorphes.

Ces niveaux sont représentés sur la carte pédologique par des cartouches avec leur profondeur d'apparition dans le Profile.

Ce facteur est des plus importants du moment où la profondeur exerce une influence sur les besoins en eau des cultures, surtout arbustives ; en offrant aux racines la possibilité d'explorer un volume important de sol.

Ainsi la présence de faible profondeur d'horizons favorables au développement des racines des plantes (une structure défavorable souvent associée à une texture trop fine ; souvent à la présence d'une teneur en calcaire moyennement forte en calcaire total) limite considérablement les réserves disponibles : souvent on devra réaliser préalablement des façons culturales pour pouvoir pratiquer certaines spéculations.

Chapitre II : Ressource en sol

Enfin, la présence d'une zone inondée par les eaux pluviales (lit d'Oued TAGHROUT), ainsi que les éventuelles fluctuations selon les saisons, peut limiter considérablement cette profondeur de sol utilisable par les plantes. Le plus souvent, dans ces cas, l'on a préconisé un réseau d'assainissement.

b) La texture et la structure :

La structure influe directement sur le développement racinaire des plantes et sur le bilan de l'eau du sol. Le plus souvent, l'action de la structure est reliée à celle de la texture. Les propriétés physiques de ces sols s'avèrent donc être des facteurs militants pour plusieurs cultures, notamment les cultures arbustives.

c) L'hydromorphie :

Dans le périmètre étudié, la zone inondée par les eaux pluviales c'est un processus pédogénétique très important :

Ce phénomène est dû essentiellement à l'engorgement partiel en eau, de quelques horizons ou de tout le Profile durant la saison pluviale conjugué aux conditions topographiques (insuffisance de pente) se traduisant par :

- Une profondeur de sol (utilisable par les plantes) insuffisante parfois même nulle (zones inondées pendant les périodes pluvieuses) ;
- L'exécution des travaux du sol sont difficiles voire impossible dans ces conditions.
- Pauvreté chimique : solubilisation rapide par l'eau des éléments nutritifs ;
- Formation de plans d'eau imperméable (diffusion très lente).
- Par des phénomènes de réduction qui dureront pendant toute la période humide et qui se traduisent par une mauvaise aération du sol ainsi qu'une solubilisation du fer et du manganèse dont les oxydes se déposeront dès que l'hydromorphie aurait diminuée ou disparue en période sèche.

Au cours de la période pluvieuse, les eaux de pluie qui s'accumulent dans les sols et provoquent des engorgements superficiels ou profonds, de plus ou moins grande durée. L'hydromorphie qui affecte les sols est plus ou moins due aux conditions topographiques défavorables (lit d'oued TAGHROUT) où la pente est faible. Mais elle est aussi provoquée par le défaut de certains sols à faible perméabilité et leur fort pouvoir de rétention de l'eau.

Dans ce cas, l'hydromorphie provient des deux phénomènes déjà cités.

L'altération que subissent les sols engorgés par l'eau en période humide, comme cela a été le cas pour cette étude, on peut apprécier le niveau et la durée de l'engorgement en se basant sur les traces particulières qui marquent les sols soumis à l'excès d'eau.

- un engorgement très temporaire provoque l'apparition de l'hydromorphie.

d) L'holomorphie :

Elle est importante car dans ces sols un apport d'eau faiblement concentré entraîne une alcalisation du milieu. Le sol devient compact, peu perméable, l'infiltration et la conductivité hydraulique diminuent. L'eau pénètre moins bien dans le sol et circule moins vite. Les plantes sont moins approvisionnées en eau et tendent à se flétrir.

Le sol est également bien oxygéné, la structure compacte entrave la pénétration des racines, l'apparition de l'hydromorphie, même la remontée des eaux en périodes pluviales dans les horizons et leur évaporation en période sèche entraîne l'halomorphie des horizons superficielles et même leur salinisation.

Cette halomorphie sera améliorée par les amendements organiques, travaux du sol, travaux d'assainissement et de drainage.

e) Le PH :

C'est un élément très important dans la nutrition des plantes et qui peut être amélioré par les amendements organiques et minéraux.

▪ Teneur en calcaire :

Le taux de calcaire total est très variable ; généralement diminue avec l'altitude, forte en amont et faible au niveau des terrasses des oueds.

Le taux du calcaire actif est généralement moyen à faible.

L'abondance de calcium échangeable pose des problèmes agronomiques peu importants : tout d'abord l'insolubilisation du phosphore par formation de phosphates bivalentes insolubles, puis l'insolubilisation du bore et enfin la chlorose ferrique des végétaux (surtout pour l'arboriculture fruitière irriguée) correspondant à une insolubilisation du fer en milieu basique.

II.5 Travaux et aménagements

Ils sont recommandés ou obligatoires ; en cas d'obligation d'aménagement, la lettre D précède la ou les catégories de cultures concernées.

a) Assainissement des sols :

Il concerne surtout les sols inondés en saison pluviale, les travaux sont destinés à évacuer les excès d'eau qui s'accumulent en surface.

L'aménagement en ados permet d'activer le ressuyage des horizons de surface et facilitera l'exécution des travaux culturaux et l'amélioration des rendements des cultures de la saison.

b) Drainage :

Le drainage est peu indispensable dans les zones où l'on a :

Chapitre II : Ressource en sol

- Au niveau des sols reposants sur un horizon à caractère hydromorphie dans la partie sud ouest du périmètre ;
- Sols à plan d'eau permanent ou persistant dans une partie de l'année ;
- Des sols ayant des horizons compacts et imperméables en profondeur.

Ces travaux sont destinés à évacuer l'excès d'eau recouvrant ces zones et à rabattre la nappe s'il persiste afin que les cultures puissent disposer d'une profondeur de sol utilisable plus importante.

A cet effet un réseau de drainage n'est pas obligatoire.

- Fossés d'évacuation des eaux de surface :

Les eaux de stagnation, de ruissellement et les eaux de résurgence des nappes s'ils persistent s'accumulent dans les zones basses du périmètre doivent être évacuées le plus rapidement possible pour éviter une submersion prolongée des sols et des cultures. Suivant la durée des inondations, leur fréquence, l'importance des quantités d'eau à évacuer, et la topographie des zones, ces fossés seront plus ou moins serrés.

On peut distinguer :

- un réseau de fossés peu important pour les marécages temporaires
- un réseau de fossés important pour les marécages persistants et subpermanents.

- Fossés de drainage :

Ces fossés devraient avoir une profondeur de 1 m à 1,50 m pour pouvoir obtenir un ressuyage efficace sur 70 à 100 cm de profondeur pour les cultures à enracinement moyennement profond.

Ces fossés seraient nécessaires dans les zones basses, très peu drainantes si l'on envisageait d'y pratiquer des cultures arbustives à enracinement profond ; mais dans ce cas, il est préférable d'exclure ces cultures pour limiter l'importance des travaux de drainage.

L'écartement à donner aux drains varie selon la perméabilité des sols, leur degré d'hydromorphie et la topographie des zones.

- Modelé de terrain :

Etant donné la faible pente de la zone à drainer et le fort pouvoir de rétention de certains sols, le modelé de terrain permettrait un bon drainage de ces zones. Le système des ados s'impose plus spécialement pour les cultures d'hiver et de printemps. La largeur à donner aux ados dépend de la topographie et de la nature des sols. L'efficacité de ce système de drainage pourra être augmentée par de petits fossés placés entre les ados et raccordés à un fossé d'évacuation.

c) Travaux de lutte contre l'inondation :

Chapitre II : Ressource en sol

La lutte contre l'inondation doit intervenir à différents niveaux : en amont, au niveau de la parcelle et en aval.

En plus des travaux d'assainissement et de drainage il faut éviter le ruissellement des eaux de l'amont vers les parcelles et éluder les obstacles empêchant l'évacuation des eaux des parcelles, – tels que les talus de routes et de pistes ou autres – par la mise en place de conduits en bordures et sous ces obstacles.

Les terrasses moyennes qui bordent localement l'oued et qui sont inondables par les crues moyennes et fortes, doivent être protégées par des digues pour parer aux inondations des cultures.

d) Amélioration et enrichissement des sols :

Les sols de la zone étudiée sont pauvres en matière organique et d'autres éléments fertilisants ; des apports organiques et minéraux permettent d'enrichir chimiquement ces sols et d'améliorer leurs propriétés physiques (structure défavorable, mal aération).

e) Labours profonds et sous solage :

Dans le cas de sols à structure défavorable et compacte, ces travaux permettent un éclatement du sol en profondeur, d'améliorer la perméabilité du sol, de détruire les semelles de labour et de favoriser la création d'une structure favorable d'une manière à permettre un meilleur mouvement de l'eau et un bon enracinement, dans le cas d'une discontinuité texturale, ils permettent une homogénéisation de la texture,

En plus les labours profonds permettent surtout de rendre effective l'action du réseau du drainage dans les zones où celui-ci a été proposé (recommandation ou nécessité).

La profondeur des labours de retournement varie suivant les zones ; ainsi dans les zones comportant un horizon calcaire à faible profondeur il faudra pour ne pas gêner les cultures veiller à ne pas ramener cet horizon à la surface du sol.

f) Travaux de dessalage :

Le périmètre étudié renferme des zones à risques de salinisations après l'installation de réseaux d'irrigation dans un temps en fonction de la quantité et la qualité d'eau à amener:

Dans ce cas le dessalage se fait naturellement par présence d'horizons caillouteux et graveleux en profondeur, il reste à appliquer des doses d'irrigations en fonction de la culture en place et un surplus pour lessiver les sols profondément, puis évacuer aux loin ces eaux chargées en sels.

g) Fertilisation :

Les sols du périmètre étudié sont dans l'ensemble pauvres en matière organique et en azote (sauf dans le cas de la partie sud ouest le taux de matière organique est très variable due

Chapitre II : Ressource en sol

à l'action de l'homme). Ces sols nécessitent donc des apports en fumier de ferme et l'enfouissement d'engrais vert de légumineuses.

Les amendements à apporter aux sols afin d'améliorer aussi leurs propriétés physicochimiques.

II.6 Aptitudes culturales des sols en irrigué :

La carte d'aptitudes culturales en irrigué jointe au présent rapport définit :

- Les zones non cultivables (terrain occupés par des habitats, routes, pistes et autres infrastructures) ;

- Les zones irrigables qui nécessitent des travaux divers préalables avant toute mise en culture (recommandé ou obligatoire) ;

- Les zones irrigables nécessitant quelques aménagements.

La carte des aptitudes culturales en irrigué a été établie pour les spéculations en fonction des caractéristiques des sols en tenant compte de :

La profondeur utilisable par les racines des cultures ; la texture ; la structure ; le risque d'hydromorphie ; le calcaire total et actif ; le pH ; salinité.

Les différentes aptitudes culturales possibles en irrigué des sols du périmètre étudié :

II.6.1 Arboriculture :

Ce sont en général, les cultures les plus exigeantes, il serait souhaitable dans un premier temps d'effectuer des essais sur champs pour les espèces non citées dans la carte des aptitudes culturales.

- A17: Bons sols pour 1-3-4-7 -8-9-12

Moyens sols pour 2-5-6-10

- A18 : Bons sols pour 1-2-3-4-5-6-7

Moyens sols pour 8-9-12-11-16-17

- A19 : Bons sols pour 1-3-4

Moyens sols pour 8-9

- A20 : Bons sols pour 1-2

Moyens sols pour 5

II.6.2 Cultures industrielles :

Les cultures industrielles peuvent être introduites dans le périmètre étudié,

- I12 : Bons sols pour 1-2-3

- I13 : Bons sols pour 3

Moyens sols pour 1-2

- I14 : Bons sols pour 1

Chapitre II : Ressource en sol

Moyens sols pour 2

- I15 : Moyens sols pour 3

II.6.3 Cultures céréalières et fourragères :

Leur irrigation permet une augmentation très sensible de leurs rendements et les rend donc beaucoup moins aléatoires, car, en sec, elles dépendent que des précipitations qui sont mal réparties dans le temps et parfois insuffisantes.

Les cultures fourragères deviennent possibles en irrigué, à introduire dans la région, car elles permettent de développer l'élevage (vocation de la région) et leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration de la majorité des sols à texture fine et très fine et de structure défavorable.

- C20 : Bons sols pour 1-2-3-4-6-7-9

Moyens sols pour 8-10-5

- C23 : Bons sols pour 1-2-3-4-7-9

Moyens sols pour 6-8-10

- C24: Bons sols pour 1-6-7-10

Moyens sols pour 2-3-8-9-5

-C25: Bons sols pour 2-4

Moyens sols pour 3

II.6.4 Cultures maraichères :

Cette liste concerne les cultures en extension ; la culture sous serres comme pratiquée dans la région peut avoir des aptitudes meilleures qui dépendent de la qualité du sol apporté et de la conduite de la spéculation.

- M30 : Bons sols pour 2-3-7-8-9-10-11-12-14-17-18-20

Moyens sols pour 1-4-5-6-15-16-19-21

- M31 : Bons sols pour 3-4-7-8-9-11-13-14-16-17-19-20

Moyens sols pour 10-12-15-18

II.6.5 Légumineuses :

Leur irrigation permet une augmentation de rendements, ces types de cultures en irrigué, à introduire dans le périmètre, car elles permettent l'enrichissement des sols en azote, améliorent la structure du sol et de développer l'élevage (vocation de la région) et leurs résidus végétaux constitueront des amendements qui contribueront à l'amélioration des sols à texture fine et de structure défavorable.

- L20 : Bons sols pour 1-3-5

Moyens sols pour 4

Chapitre II : Ressource en sol

- L21 : Bons sols pour 1-3
Moyens sols pour 4-5
- L22 : Bons sols pour 5
Moyens sols pour 12
- L22 : Bons sols pour 4
Moyens sols pour 1-2-3

NB : Pour la signification des symboles utilisés se référer à la légende de la carte des aptitudes culturales en irrigué jointe au présent rapport.

II.7 Zones homogènes de mise en valeur.

II.7.1 Définition :

La définition des zones homogènes s'est faite sur la base des critères suivants :

Critères pédologiques :

- Profondeur
- Texture/structure
- Teneur en calcaire total
- Aptitudes culturales des sols en irrigué
- Nature des travaux nécessaires ou recommandés pour la mise en valeur des sols.
- Le découpage du périmètre en unités morphologiques a pour but de dégager des surfaces assez grandes ayant des caractères topographiques et pédologiques assez constants.
- En principe, à ces unités morphologiques correspondent des zones de mise en valeur homogènes. Cependant le découpage des zones de mise en valeur homogènes ne cadre pas avec les unités morphologiques, spécialement où il faut isoler des surfaces à caractères pédologiques défavorables. Ces surfaces ne correspondent pas à une géomorphologie particulière.

Les zones sont classées selon leur intérêt pour la mise en valeur en irrigué, d'après un choix des spéculations envisagées et d'après l'importance et le degré d'exigence des travaux d'aménagement à effectuer. Ainsi, les sols de la zone étudiée ont été répartis en trois (04) catégories de mise en valeur dont la description des unités est :

II.7.2 Catégorie I : La partie centrale du périmètre qui est la partie la plus favorable, la pente est longitudinale est moyennement faible (1 à 2 %), formées de sols **issue de formation alluviale à caractère vertiques, alluvions anciennes ; profond**, de textures et teneurs en calcaire total assez variables.

Chapitre II : **Ressource en sol**

Zone de mise en valeur prioritaire ne présentant pas en général de problèmes de mise en culture. Les sols sont généralement de texture limono argileuse et variable en profondeur, structure assez favorable présentant rarement des phénomènes secondaires ; des travaux tels que :

- Labour profond.
- Amendements organiques pour l'amélioration des conditions physiques du sol. (Structure, aération).
- Réalisation de brises vents

Ces sols sont aptes à une large gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région avec restrictions pour certaines cultures arbustives.

II.7.3 Catégorie II : Au sud et au nord est du périmètre, formée de sols **issues de formation alluviale modale, marnes peu profond, limoneuse**, situent sur des pentes variables (de 2 à 5%), plus ou moins profonds, de texture généralement limono argileuse, structure polyédrique fine à grossière et massive dans les horizons profonds, la présence d'une teneur élevé.

Zone de mise en valeur par des travaux tels que :

- Sous solage ou Labours profonds ;
- Assainissement superficielle ;
- Amendements organiques recommandés pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol ;
- Installation de brises vents.

Les sols sont aptes à une large gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région (choix de la date de mise en place du point de vue précocité) avec restrictions pour certaines cultures arbustives et maraichères.

II.7.4 Catégorie III:

Au sud et au nord est du périmètre, formée **de sols peu évolués d'apport alluviale et colluviale**, situe au nord est sur des pentes variables (de 1 à 2%), plus ou moins profonds, de texture généralement limono argileuse, structure polyédrique fine à grossière et massive dans les horizons profonds, la présence d'hydromorphie profonde et une teneur en calcaire totale moyenne.

Zone de mise en valeur par des travaux tels que :

- Sous solage ou Labours profonds ;

Chapitre II : **Ressource en sol**

- Assainissement superficielle ;
- Amendements organiques recommandés pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol ;
- Installation de brises vents.

Les sols sont aptes à une large gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région (choix de la date de mise en place du point de vue précocité) avec restrictions pour certaines cultures arbustives et maraichères.

II.7.5 Catégorie IV :

est La partie la moins favorable du périmètre, la pente est supérieure à 5 %, formées de sols **Bruns calcaires différenciés à dalle calcaire généralement superficielle**, de structure grumeleuse ou polyédrique fine, de texture limoneuse et teneur en calcaire total assez variables.

Les travaux nécessaires : routage, lutte contre l'érosion apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte

Ces sols sont aptes à une petite gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région.

Remarque :

Vu les spécificités tant topographiques que climatiques de la région d'étude, l'implantation de brises vent dans les zones hautes et les travaux d'assainissement dans les zones basses sont très recommandés.

TABLEAU II.1 : Les coordonne géographique de chaque Profile de secteur let 2 :

PROFILE	x	y	PROFILE	x	y
PR 01	689494	4000940	SEC2/PR 14	689027.68	4000052.78
PR 02	689350	4000875	SEC2/PR 15	688864.69	3999969.90
PR 03	689252	4000841	SEC 2/PR 16	688731.08	3999927.50
PR 04	689161	4000821	SEC2/PR 17	688532.04	3999895.79
PR 05	689134	4000803	SEC 1/PR 18	688475.35	3999733.88
PR 06	688759	4000927	SEC 1/PR 19	688757.59	3999633.61
PR 07	688886	4001025	SEC 1/PR 20	688869.27	3999766.11
PR 08	688768	4000979	SEC 1/PR 21	689010.95	3999897.70
PR 09	688669	4000882	SEC 1/PR 22	689126.34	3999929.27
PR 10	688546	4000841	SEC 1/PR 23	689153.91	4000124.00
PR 11	688426	4000932	SEC2/PR 14	689027.68	4000052.78
PR 12	688256	4001052	SEC2/PR 15	688864.69	3999969.90
PR 13	688389	4001094	SEC 2/PR 16	688731.08	3999927.50
PR 14	688834	4001102	SEC2/PR 17	688532.04	3999895.79
PR 15	689107	4000995	SEC 1/PR 18	688475.35	3999733.88
PR 16	689211	4001067	SEC 1/PR 19	688757.59	3999633.61
PR 17	689052	4001236	SEC 1/PR 20	688869.27	3999766.11
SEC 2/PR 1	687423.00	3999949.00	SEC 1/PR 21	689010.95	3999897.70
SEC2/PR 2	687482.57	3999957.12	SEC 1/PR 22	689126.34	3999929.27
SEC2/PR 3	687556.96	3999959.94	SEC 1/PR 23	689153.91	4000124.00
SEC2/PR 4	687627.22	3999952.61	SEC 1/PR 24	689087.86	4000184.50
SEC 2/PR 5	687670.08	3999944.19	SEC 1/PR 25	688891.08	4000202.78
SEC2/PR 6	687777.50	3999924.70	SEC 1/PR 26	688660.94	4000148.30
SEC2/PR 7	687923.17	3999882.90	SEC 1/PR 27	688662.13	4000093.06
SEC 2/PR 8	688016.17	3999892.01	SEC 1/PR 28	688326.27	3999996.80
SEC 2/PR 9	688107.72	3999926.50	SEC 1/PR 29	688166.29	3999999.79
SEC2/PR 10	688232.12	3999978.79	SEC 1/PR 30	688005.37	3999962.59
SEC2/PR 11	688348.46	3999945.00	SEC 1/PR 31	687844.17	4000064.45
SEC2/PR 12	688550.27	3999985.64	SEC 1/PR 32	687715.34	4000017.40
SEC2/PR 13	688765.72	4000020.26			

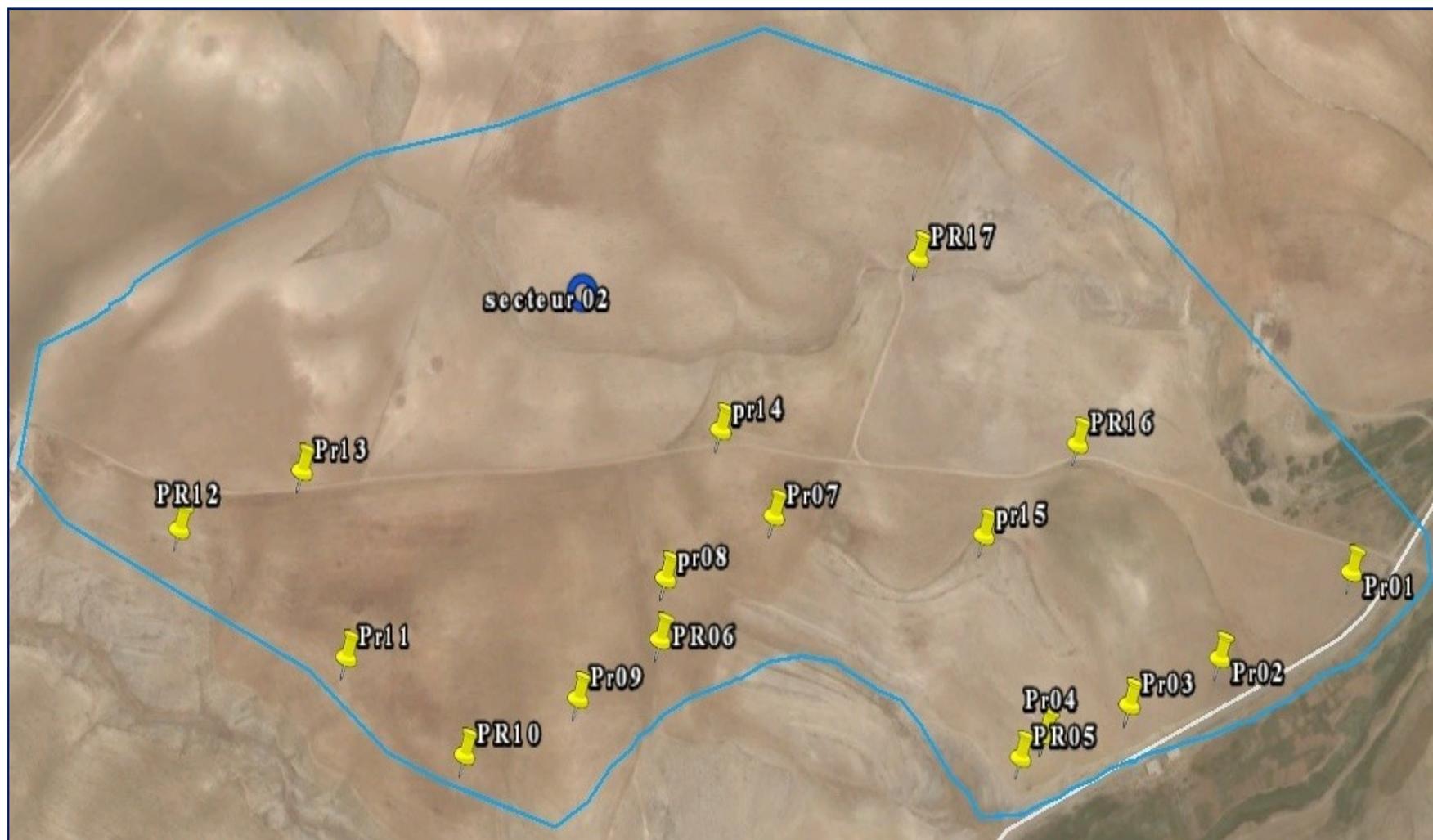


Fig (II-02) : Distribution des Profiles de secteur 1

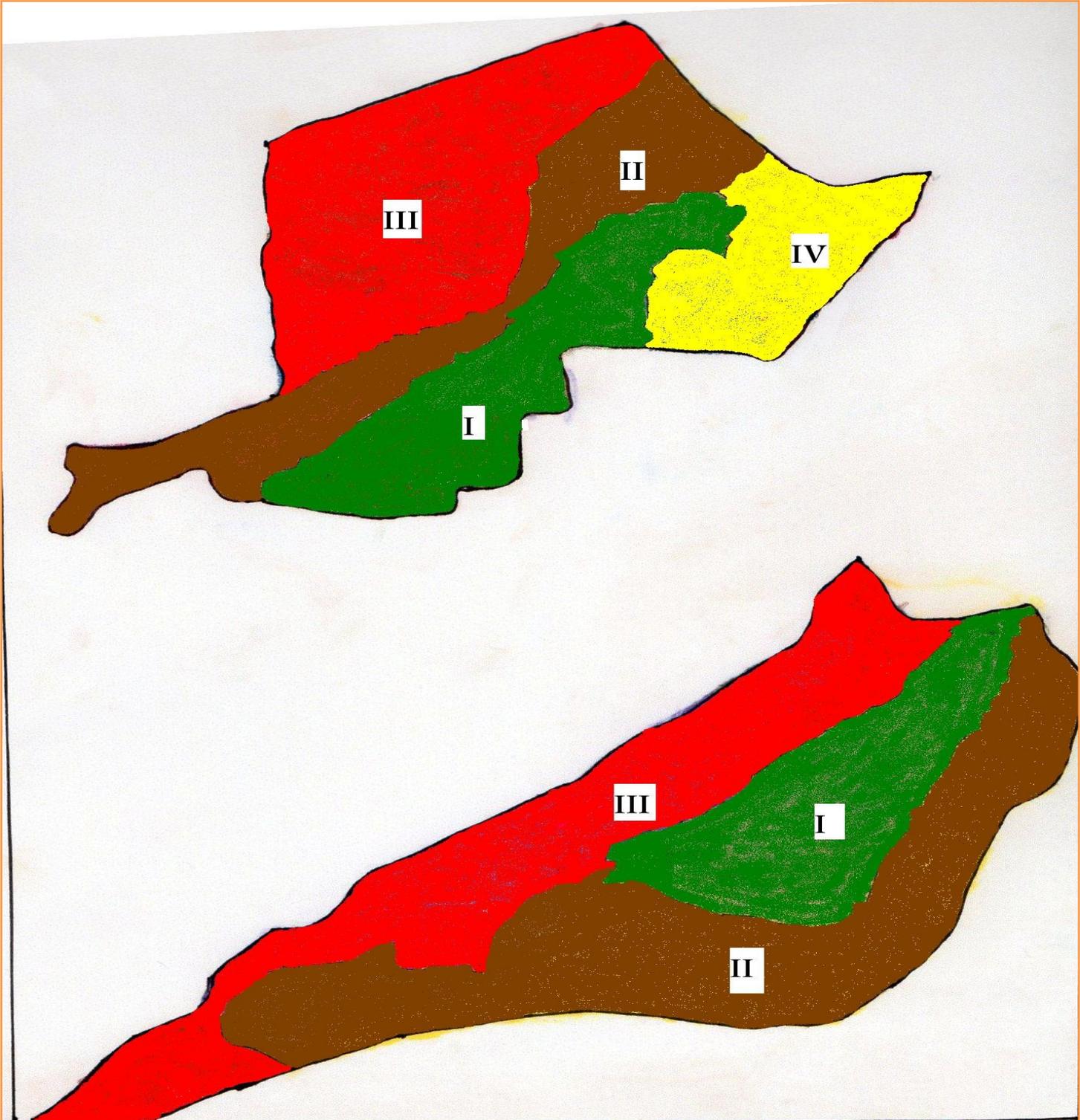


Fig (II.03) : Distribution des Profiles de secteur 2

Chapitre II : Ressource en sol

Tableau II. 2 : description les sols de périmètre de Ain Taghroute :

colore	Classe	Sous classe	Groupe	Sous groupe	Famille	Série
	sols des calcimagnésiques	Carbonatés	Sols bruns calcaires	différenciés	à croute calcaire	à dalle calcaire superficielle
	sols des calcimagnésiques	Carbonatés	Sols bruns calcaires	différenciés	à croute calcaire	à encroutement calcaire
	sols peu évolués	sols peu évolués d'origine non climatique	sols peu évolués d'apport	d'apport alluvial	modale	modales
	sols peu évolués	sols peu évolués d'origine non climatique	sols peu évolués d'apport	d'apport alluvial	modale	A horizon profond mal drainant
	sols peu évolués	sols peu évolués d'origine non climatique	sols peu évolués d'apport	d'apport alluvial	à caractère vertiques	Alluvions anciennes profond
	sols peu évolués	sols peu évolués d'origine non climatique	sols peu évolués d'apport	d'apport colluvial	colluviale	Modale



Fig(II.05) : Carte des zones homogènes

Tableau II .3 : description les catégories des sols de périmètre de Ain Taghroute :

Catégorie I	<p>Catégorie la plus favorable, zone de mise en valeur prioritaire ne présentant pas en général de problèmes de mise en culture. Les sols sont généralement de texture variable en surface et grossière en profondeur (marnes), structure assez favorable présentant rarement des phénomènes secondaires ; des travaux tels que : labours profonds, lutte contre les inondations, amendements organiques pour l'amélioration des conditions physiques du sol. (Structure, aération), réalisation de brises vents. Ces sols sont aptes à une large gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région avec restrictions pour certaines cultures.</p>
Catégorie II	<p>Formé de sols généralement limono-argileuses, profonds, une teneur en calcaire totale très variable, Zone irrigable mais dont la mise en valeur nécessitera quelques aménagements préalables obligatoires, les travaux nécessaires : sous solage, défoncement, apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes peuvent être bonnes pour les cultures arboricoles, céréales, légumineuses et maraîchères.</p>
Catégorie III	<p>Cette zone est formé de sols à textures très variables, profonds, une teneur en calcaire totale très variable, Zone irrigable mais dont la mise en valeur nécessitera quelques aménagements préalables obligatoires, les travaux nécessaires : défoncement, drainage profond, lutte contre les inondations , assainissement superficielle apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes peuvent être bonnes pour les cultures arboricoles, céréales, légumineuses et maraîchères</p>
Catégorie IV	<p>Dans cette catégorie des pentes variables (supérieure à 5%), les sols sont limoneux, et présentent parfois une dalle calcaire dure les travaux nécessaires : routage, lutte contre les inondations apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes à une petite gamme de cultures telle que la céréaliculture et l'arboriculture fruitière rustique.</p>

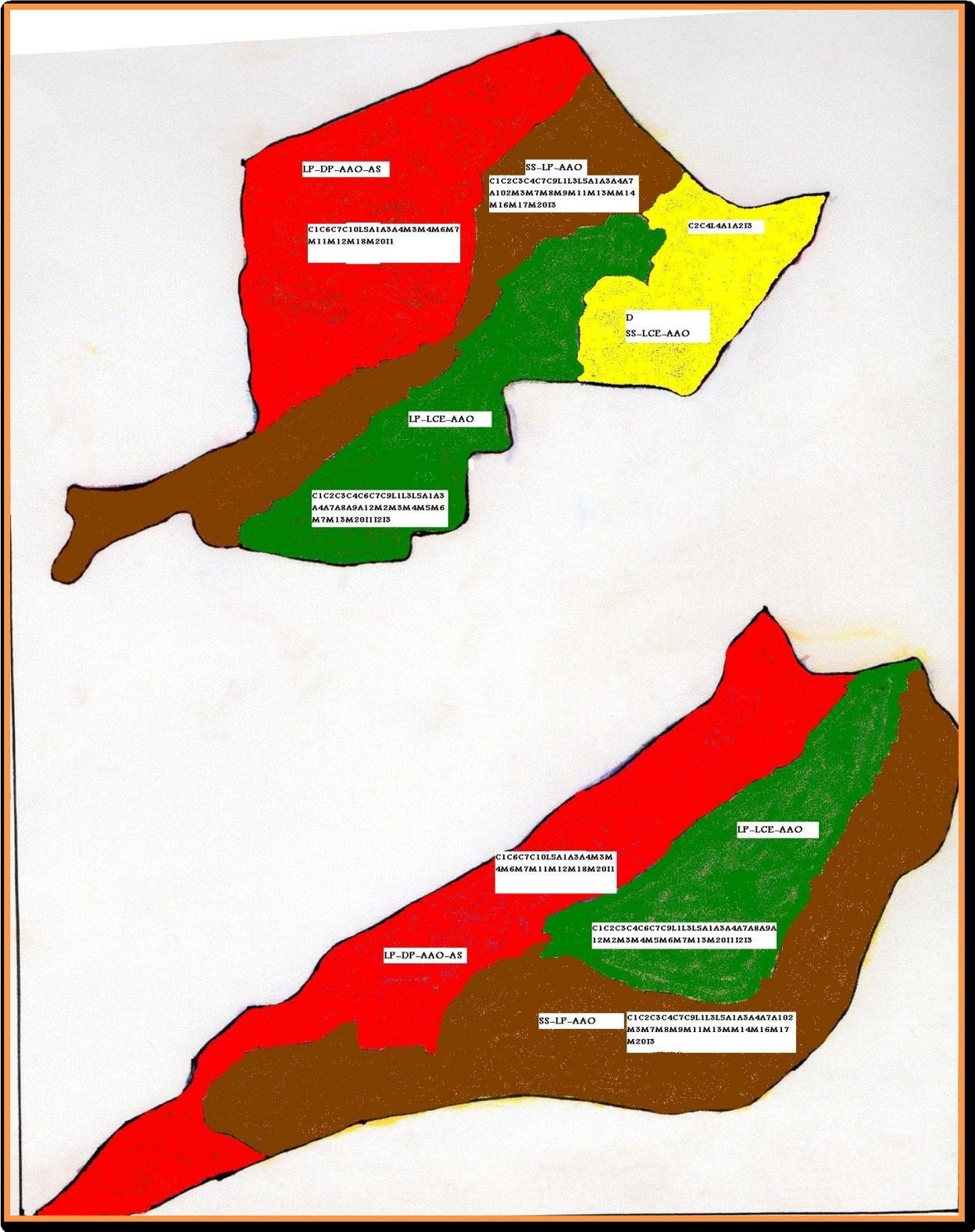


Fig (II.06) Etude agro pédologique du périmètre Ain Taghrouit carte des aptitudes culturales en irrigue

Tableau II .3 : les cultures de chaque catégorie

Cultures	Catégories	Bon sols pour	Moyens sols pour
Céréaliculture et	I	C1-C2-C3-C4-C6-C7-C9	C8-C10
	II	C1-C2-C3-C4-C7-C9	C6-C8-C10
	III	C1-C5-C6-C7-C10	C2-C3-C5-C8-C9
	IV	C2-C4	C3
Légumineuses	I	L1-L3-L5	L4
	II	L1-L2-L3	L4-L5
	III	L5	L12
	IV	L4	L1-L2-L3
Arboriculture fruitière	I	A1-A3-A4-A7-A8-A9-A12	A2-A5-A6-A10
	II	A1-A2-A3-A4-A5-A6-A7-A10	A16-A17-A11-A8-A9-A12
	III	A1-A3-A4	A8-A9
	IV	A1-A2	A5
Cultures maraichères	I	M2-M3-M7-M8-M9M10-M11-M12-M14-M17-M18-M20	M1-M4-M5-M6 - M15-M16-M19-M21
	II	M1-M2-M3-M4-M7-M8-M9-M11-M13-M14-M16-M17-M19-M20	M10-M12-M15-M18
	III	M3-M4-M6-M7-M11-M12-M18-M20	M8-M9-M19-M21
	IV		
Cultures industrielles	I	I1-I2-I3	I4
	II	I3	I1-I2
	III	I1	I2
	IV		I3

Conclusion :

L'étude agro pédologique du périmètre de OUED TAGHROUT réalisée à l'échelle de 1/25 000^{ème} a pour but d'identifier les types de sols et définir les aménagements qui s'imposent pour une valorisation judicieuse.

Les types de sols rencontrés sont les Bruns calcaires différenciés à dalle calcaire superficielle, sols issue de formation alluviale modale, marnes peu profond, limoneuse, sols issue de formation alluviale à caractère vertiques, alluvions anciennes ; profonde et les sols peu évolués d'origine non climatique d'apport colluviale. Les caractères spécifiques prédominants dans la zone d'étude et qui influent d'une manière restrictive l'aptitude des sols sont la profondeur, le calcaire, la structure et la texture ; auquel il faut ajouter les inondations fréquentes qui ont des conséquences néfastes et sur les sols et sur les aménagements.

Cette prospection pédologique, qui a porté sur une superficie d'environ 120ha (y compris agglomérations et autres infrastructures), a fait ressortir différentes classes de moyenne à bonne aptitude culturale.

L'étude approfondie des sols a fait ressortir quatre (04) zones homogènes de mise en valeur. Les zones les plus favorables à l'irrigation correspondent aux catégories I , II où un large éventail de cultures est envisageable.

La catégorie I : Catégorie la plus favorable, zone de mise en valeur prioritaire ne présentant pas en général de problèmes de mise en culture. Les sols sont généralement de texture variable en surface et grossière en profondeur (marnes), structure assez favorable présentant rarement des phénomènes secondaires ; des travaux tels que : labours profonds, lutte contre les inondations, amendements organiques pour l'amélioration des conditions physiques du sol. (Structure, aération), réalisation de brises vents. Ces sols sont aptes à une large gamme de cultures, les aptitudes sont bonnes à moyennes pour les cultures possibles sous le climat de la région avec restrictions pour certaines cultures.

La catégorie II : Formé de sols généralement limono-argileuses, profonds, une teneur en calcaire totale très variable, zone irrigable mais dont la mise en valeur nécessitera quelques aménagements préalables obligatoires, les travaux nécessaires : sous solage, défoncement, apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes peuvent être bonnes pour les cultures arboricoles, céréales, légumineuses et maraîchères.

La catégorie III : Cette zone est formé de sols à textures très variables, profonds, une teneur en calcaire totale très variable, Zone irrigable mais dont la mise en valeur nécessitera

Chapitre II : Ressource en sol

quelques aménagements préalables obligatoires, les travaux nécessaires : défoncement, drainage profond, lutte contre les inondations, assainissement superficielle apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes peuvent être bonnes pour les cultures arboricoles, céréales, légumineuses et maraîchères.

La catégorie IV : Dans cette catégorie des pentes variables (supérieure à 5%), les sols sont limoneux, et présentent parfois une dalle calcaire dure les travaux nécessaires : routage, lutte contre les inondations apport de matière organique pour l'amélioration des conditions physicochimiques du sol, Installation d'un réseau d'irrigation goutte à goutte. ces sols ont des aptitudes à une petite gamme de cultures telle que la céréaliculture et l'arboriculture fruitière rustique.

Il est recommandé pour les cultures maraîchères en extension de les protéger des vents par l'installation de brise-vents, de soigner la préparation du sol et les façons culturales d'entretien.

Les cultures céréalières et fourragères sont avec les cultures maraîchères qui présentent le plus d'intérêt dans les sols de la région étudiée.

Pour les cultures céréalières, l'irrigation des zones intéressées permettra de rendre beaucoup moins aléatoire leurs rendements et également de limiter les dégâts causées par les gelées printanières.

Les cultures fourragères et parmi elles plusieurs cultures riches telle que la luzerne, le bersim. deviennent alors possibles.

Chapitre III

HYDROLOGIE

Introduction :

L'analyse développée dans ce chapitre pour évaluer la pluviométrie pour le périmètre d'irrigation est l'étude hydrologique. Elle est indispensable pour toutes mise en œuvre des projets : hydro-électrique, de distribution d'eau, de protection contre les crues, drainage d'irrigation et d'assainissement, barrage et de navigation fluviale.

L'étude hydrologique dans notre cas à pour but de déterminer les précipitations mensuelles de fréquence ou dépassement de 80%.

III.1 Présentation de la station :

Nous utiliserons les données de précipitations mensuelles et journalières enregistrées au niveau de la station la plus proche de la zone d'étude, comme notre bassin versant est dépourvue de stations pluviométriques, nous utiliserons la station de BIR KASDALI La station disponible au voisinage du bassin et la plus proches du site est présentée dans le tableau suivant :

Tableau III.1 : les cordones de la station de **BIR KASDE ALI**

station
code station : 150707
nom station : bir kasad ali
x : 709.5 km e
y : 318.4 km n
z : 980 m
année de service : 1967-2009
n (ans) : 46

SOURS : ANRH Alger

La répartition des pluies à la station pluviométrique BIR KASDALI) est caractérisée par deux saisons bien marquées : Humide et sèche ; la saison humide commence au mois De novembre jusqu'à la fin du mois d'avril où commence la saison sèche qui s'étale jusqu'à la fin du mois d'octobre.

Chapitre III: hydrologie

Tableau III.2 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station (Période : (1967-2009))

annee	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1967	105,5	2,7	114,2	103,4	45,1	22,1	46,2	24,1	10,4	18,6	16,5	22,7	531,5
1968	10,1	0	37,2	74,4	46,8	25	61	39,2	5,7	10,1	7,3	23,2	340
1969	54,9	0	114,2	0	36,9	18,6	304,7	57	53,7	30,9	41,4	21,7	734
1970	30,8	22,1	0	37,6	43,6	11,7	54,8	45,7	57	8,4	23,6	0,9	336,2
1971	7,4	7,3	77,5	42,4	109,9	31,4	51,1	52,9	51,8	25,6	1,5	0	458,8
1972	30,9	40,7	7,4	58,8	38,6	66,1	74,6	34,4	1,6	83,8	0,4	3,5	440,8
1973	57	5,7	3,1	36,4	2,3	58,5	114,1	60,5	30,3	38	0,5	4,5	410,9
1974	16,5	50,9	13	7,3	8,4	67,5	40,2	8,7	41,1	17,9	0,4	9,2	281,1
1975	50,9	3,1	47,2	36,8	12,8	60,3	50,8	122,3	128,9	25,2	34,8	13,3	586,4
1976	32,9	37,4	34,9	45,9	40,1	1,9	9,8	35,3	35,6	22,4	0	0	296,2
1977	0	14,3	78,2	6,4	41,9	18,7	22,1	67,7	35	9,8	0	5,6	299,7
1978	5,3	32,8	26,9	4,5	35,1	55,3	32,5	70	13,9	-999	-999	-999	
1979	69	20,1	19,2	5,9	32,8	20,8	59,9	37,8	53	1,5	0	1,4	321,4
1980	2,6	11,2	49,3	84,9	12,8	32,5	39,6	31,2	18,9	11,9	3,1	10,6	308,6
1981	45,7	23	4,5	59,8	112,1	33	61,5	98,8	73,4	10,5	0	5,9	528,2
1982	38,9	50,3	54,8	100,4	0	18,6	24,2	33,7	23,3	0,7	5	23	372,9
1983	0	13,9	24,8	15,7	83,5	111,6	30,3	46	24,5	10,1	0	5,4	365,8
1984	2,6	61,4	15,9	96,7	57,3	24,1	113	23,6	41,6	7,4	0	0	443,6
1985	26,5	39,4	10,6	35	31,2	30,8	91,1	22,7	16,5	27,3	0	10,9	342
1986	57	21,2	57,6	146,3	28,3	58,7	33,9	13,5	44,3	9,5	20,7	4	495
1987	0	15	43,3	19,3	1,5	7,8	17	7,6	32,1	12,7	0	1,5	157,8
1988	16,7	0	18,8	18,3	-999	4,6	8,2	61,9	4,5	30,7	11,6	10	
1989	-999	26,4	11,2	11,8	30,6	1,5	19,5	42,4	59,9	13,7	10,4	77,3	
1990	9,2	2,3	67,1	62	5	51,4	-999	34,4	68,7	7,3	1,3	-999	
1991	48,2	67	20,4	14,3	-999	29	44,6	50,3	86,9	42	94,4	0	
1992	20	22	23,9	87,4	-999	26,5	29,1	9	44,1	7,4	0	3,9	
1993	34,9	2,8	59,2	28,3	15,9	32,2	13,1	31	1,9	0	3,4	0	222,7
1994	102	66,6	4,6	15,4	77,5	33,8	54,7	32,5	3,5	30,5	3,8	0,8	425,7
1995	50,2	12,7	16,6	12,4	49,3	97,3	53,5	63,4	59,6	102,5	6,2	22,4	546,1

Chapitre III: hydrologie

annee	sept	oct	nov	déc	jan	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1996	13,8	4,1	12,5	24,9	38,1	11,8	1,7	53,2	28	12,2	6,2	19,4	225,9
1997	29	28,2	67,1	20,6	10,4	36,5	4,2	40,3	89,6	2,1	0	16,3	344,3
1998	78,8	6,8	51,9	20,1	75,2	33,6	20,2	7,7	2,3	0,7	0	9,1	306,4
1999	40,2	9,2	15,4	60	0,6	0	15,9	12,8	83,1	17,5	0	3,5	258,2
2000	11	23,3	12,9	61,9	63,1	21,5	7,2	33,8	12,4	0	0	0,3	247,4
2001	65,7	8,2	32,6	8,7	13,9	27,3	5,2	11,2	8,5	0,4	31	40,3	253
2002	0,4	25,2	152,7	76	137,7	49,8	36,7	121	34,5	35,9	4	58,6	732,5
2003	18,4	78	25,8	107,4	18,9	12,3	50,5	74	101,5	27	5,5	14,7	534
2004	62,9	34,7	67,6	117,8	43,7	59,3	4,4	70,4	1,1	16,8	6,9	7	492,6
2005	35	31,2	87,3	41,2	44,9	35,8	13,3	45,5	80,2	3,5	5,4	0	423,3
2006	88,6	2,8	15,3	53	12,8	31,7	94	66,8	34,1	46,7	-999	-999	
2007	94,5	42,7	20	10,8	4,4	41,2	58,4	25,6	89,6	4,3	33,5	36,9	461,9
2008	32	35,7	46,8	51,5	111,1	37	44,3	95,9	11,4	6,7	1,6	39,3	513,3
2009	66,1	18,4	42,8	35,1	42,6	50,8	56,3	44,9	60	5,7	7,7	33,8	464,2

Source : ARNH d'ALGER

Chapitre III: hydrologie

On remarque dans le tableau III.2 qu'il y a les case (-999) comme il y a ceux qui sont vide aussi .même la série hydrologique correspondante n'est pas récente dont la dernier année 2009 .On doit corriger notre série en utilisant logiciel Hydrolab 2010 , On opte sur la sur la fonction « Tab Comblement »

Afin de corriger ,nous avons besoin des trois série hydrologique de meme propriete hydrologique :

- Station de zone étudiant **Ain Taghroute** bir kasad ali 150707
- Station de **SIDI EMBAREK** 150801
- Station 150802 qui comblée (1967- 2012)

D'après les donnée hydrologique des trois station avec utilisation de logiciel Hydrolab 2010 On peut compléter la série de la station de Birkhaseali on suit les étapes suivant :

1. On prend chaque moi a part de chaque station (exemple : septembre)

septembre			
année	Station N 150707	Station N 150801	Station N 150802
1967	105,5	102 ,4	104,6
.....
2012	66,1	45 ,6	67,4

2. On remplacer les vide et (-999) par le mot « lac »
3. On utilise dans Hydrolab « Tab Comblement »
4. On choisi « Number of principal components »= 3 et « Number of iterations »= 15
5. Apres on choisi traitement des donnée et voir les résultats et on répéter même étapes pour les autres mois.

On résume les résultats pour la station de bir kasad ali donne le tableau suivant :

Chapitre III: hydrologie

Tableau III. 3 : Précipitations moyennes mensuelles en (mm) à la station Période : (1967-2012)

Anne	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	jun	jul	oaet	
1967	105,5	2,7	114,2	103,4	45,1	22,1	46,2	24,1	10,4	18,6	16,5	22,7	531,5
1968	10,1	0,0	37,2	74,4	46,8	25,0	61,0	39,2	5,7	10,1	7,3	23,2	340,0
1969	54,9	0,0	114,2	0,0	36,9	18,6	304,7	57,0	53,7	30,9	41,4	21,7	734,0
1970	30,8	22,1	0,0	37,6	43,6	11,7	54,8	45,7	57,0	8,4	23,6	0,9	336,2
1971	7,4	7,3	77,5	42,4	109,9	31,4	51,1	52,9	51,8	25,6	1,5	0,0	458,8
1972	30,9	40,7	7,4	58,8	38,6	66,1	74,6	34,4	1,6	83,8	0,4	3,5	440,8
1973	57,0	5,7	3,1	36,4	2,3	58,5	114,1	60,5	30,3	38,0	0,5	4,5	410,9
1974	16,5	50,9	13,0	7,3	8,4	67,5	40,2	8,7	41,1	17,9	0,4	9,2	281,1
1975	50,9	3,1	47,2	36,8	12,8	60,3	50,8	122,3	128,9	25,2	34,8	13,3	586,4
1976	32,9	37,4	34,9	45,9	40,1	1,9	9,8	35,3	35,6	22,4	0,0	0,0	296,2
1977	0,0	14,3	78,2	6,4	41,9	18,7	22,1	67,7	35,0	9,8	0,0	5,6	299,7
1978	5,3	32,8	26,9	4,5	35,1	55,3	32,5	70,0	13,9	30,1	2,2	1,2	309,8
1979	69,0	20,1	19,2	5,9	32,8	20,8	59,9	37,8	53,0	1,5	0,0	1,4	321,4
1980	2,6	11,2	49,3	84,9	12,8	32,5	39,6	31,2	18,9	11,9	3,1	10,6	308,6
1981	45,7	23,0	4,5	59,8	112,1	33,0	61,5	98,8	73,4	10,5	0,0	5,9	528,2
1982	38,9	50,3	54,8	100,4	0,0	18,6	24,2	33,7	23,3	0,7	5,0	23,0	372,9
1983	0,0	13,9	24,8	15,7	83,5	111,6	30,3	46,0	24,5	10,1	0,0	5,4	365,8
1984	2,6	61,4	15,9	96,7	57,3	24,1	113,0	23,6	41,6	7,4	0,0	0,0	443,6
1985	26,5	39,4	10,6	35,0	31,2	30,8	91,1	22,7	16,5	27,3	0,0	10,9	342,0
1986	57,0	21,2	57,6	146,3	28,3	58,7	33,9	13,5	44,3	9,5	20,7	4,0	495,0
1987	0,0	15,0	43,3	19,3	1,5	7,8	17,0	7,6	32,1	12,7	0,0	1,5	157,8
1988	16,7	0,0	18,8	18,3	18,3	4,6	8,2	61,9	4,5	30,7	11,6	10,0	203,6
1989	45,0	26,4	11,2	11,8	30,6	1,5	19,5	42,4	59,9	13,7	10,4	77,3	349,7
1990	9,2	2,3	67,1	62,0	5,0	51,4	80,6	34,4	68,7	7,3	1,3	4,8	394,0
1991	48,2	67,0	20,4	14,3	42,0	29,0	44,6	50,3	86,9	42,0	94,4	0,0	539,1
1992	20,0	22,0	23,9	87,4	35,5	26,5	29,1	9,0	44,1	7,4	0,0	3,9	308,8

Chapitre III: hydrologie

Anne	sept	oct	nov	dec	jan	fev	mars	avril	mai	jun	jul	oaet	
1993	34,9	2,8	59,2	28,3	15,9	32,2	13,1	31	1,9	0	3,4	0	222,7
1994	102	66,6	4,6	15,4	77,5	33,8	54,7	32,5	3,5	30,5	3,8	0,8	425,7
1995	50,2	12,7	16,6	12,4	49,3	97,3	53,5	63,4	59,6	102,5	6,2	22,4	546,1
1996	13,8	4,1	12,5	24,9	38,1	11,8	1,7	53,2	28	12,2	6,2	19,4	225,9
1997	29	28,2	67,1	20,6	10,4	36,5	4,2	40,3	89,6	2,1	0	16,3	344,3
1998	78,8	6,8	51,9	20,1	75,2	33,6	20,2	7,7	2,3	0,7	0	9,1	306,4
1999	40,2	9,2	15,4	60	0,6	0	15,9	12,8	83,1	17,5	0	3,5	258,2
2000	11	23,3	12,9	61,9	63,1	21,5	7,2	33,8	12,4	0	0	0,3	247,4
2001	65,7	8,2	32,6	8,7	13,9	27,3	5,2	11,2	8,5	0,4	31	40,3	253
2002	0,4	25,2	152,7	76	137,7	49,8	36,7	121	34,5	35,9	4	58,6	732,5
2003	18,4	78	25,8	107,4	18,9	12,3	50,5	74	101,5	27	5,5	14,7	534
2004	62,9	34,7	67,6	117,8	43,7	59,3	4,4	70,4	1,1	16,8	6,9	7	492,6
2005	35	31,2	87,3	41,2	44,9	35,8	13,3	45,5	80,2	3,5	5,4	0	423,3
2006	88,6	2,8	15,3	53	12,8	31,7	94	66,8	34,1	46,7	3,7	9,2	458,8
2007	94,5	42,7	20	10,8	4,4	41,2	58,4	25,6	89,6	4,3	33,5	36,9	461,9
2008	32	35,7	46,8	51,5	111,1	37	44,3	95,9	11,4	6,7	1,6	39,3	513,3
2009	66,1	18,4	42,8	35,1	42,6	50,8	56,3	44,9	60	5,7	7,7	33,8	464,2
2010	9,3	41,8	39,6	29,5	17,5	86,1	29,6	69	71,8	18,7	2,2	11,2	426,3
2011	48,6	29,4	23,9	22	16,6	68,6	45,4	64,1	7,2	24	2,6	16,1	368,4
2012	22,7	20,1	80,8	5,8	54,7	43,3	34,7	34,2	54,5	4,1	4	12,1	371

Chapitre III: hydrologie

La répartition des pluies est caractérisée par deux saisons bien marquées : une période humide allant de Novembre à Avril qui correspond à 80% du total annuel et une saison sèche allant de Mai à Octobre avec des minima en juillet et août durant lesquels les précipitations sont faibles.

III.2 L'homogénéité de la série pluviométrique :

L'homogénéité est une analyse statistique de l'information aidant à une prise de décision conséquence. Pour vérifier l'homogénéité de la série pluviométrique on procède au Test de Wilcoxon. La vérification de l'homogénéité d'une série pluviométrique par cette méthode repose sur le procédé ci-dessous.

On divise la série complète en deux sous séries y et x tel que :

N_1 et N_2 représentant respectivement les tailles de ces deux sous séries considérant généralement $N_2 > N_1$.

On constitue par la suite, la série x unions y après avoir classé la série de pluie d'origine par ordre décroissant. A ce stade, on attribue a chaque valeur de la série pluviométrique classée, son rang tout en précisant à quelle sous séries appartient elle.

Wilcoxon montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée.

Tableau III.4 : Test de Wilcoxon

année	Précipitation	Y	X	Décroissante	
1 968	340	340	546,1	732,5	X
1 969	734	734	225,9	586,4	Y
1 970	336,2	336,2	344,3	546,1	X
1 971	458,8	458,8	306,4	539,08	Y
1 972	440,8	440,8	258,2	534	X
1 973	410,9	410,9	247,4	531,5	Y
1 974	281,1	281,1	253	528,2	Y
1 975	586,4	586,4	732,5	513,3	X
1 976	296,2	296,2	534	495	Y
1 977	299,7	299,7	492,6	492,6	X
1 978	309,8	309,8	423,3	464,2	X
1 979	321,4	321,4	458,76	461,9	X
1 980	308,6	308,6	461,9	458,8	Y
1 981	528,2	528,2	513,3	458,76	X
1 982	372,9	372,9	464,2	443,6	Y
1 983	365,8	365,8	426,33	440,8	Y
1 984	443,6	443,6	368,43	426,33	X
1 985	342	342	370,97	425,7	X
1 986	495	495		423,3	X
1 987	157,8	157,8		410,9	Y
1 988	203,61	203,61		394,04	Y
1 989	349,67	349,67		372,9	Y
1 990	394,04	394,04		370,97	X
1 991	539,08	539,08		368,43	X
1 992	308,83	308,83		365,8	Y
1 993	222,7	222,7		349,67	Y
1 994	425,7			344,3	X
1 995	546,1			342	Y
1 996	225,9			340	Y
1 997	344,3			336,2	Y
1 998	306,4			321,4	Y
1 999	258,2			309,8	Y
2 000	247,4			308,83	Y
2 001	253			308,6	Y
2 002	732,5			306,4	X
2 003	534			299,7	Y
2 004	492,6			296,2	Y
2 005	423,3			281,1	Y
2 006	458,76			258,2	X
2 007	461,9			253	X
2 008	513,3			247,4	X
2 009	464,2			225,9	X
2 010	426,33			222,7	Y
2 011	368,43			203,61	Y
2 012	370,97			157,8	Y

Chapitre III: hydrologie

Mr Wilcoxon montré que la série est homogène avec une probabilité de 95%, si la relation ci-dessous est vérifiée (Touaibia, 2004) Avec : $W_{\min} < W_y < W_{\max}$

$$W_y = \sum_{N=1}^n RANG Y \quad (III.1)$$

W_y : Somme des rangs de sous série (Y).

$$W_{\min} = \frac{(N_1 + N_2 + I)N_1 - I}{2} - U_{I-\frac{u}{2}} \left(\frac{(N_2)(N_1 + N_2 + I)}{12} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (III.2)$$

$$W_{\max} = (N_1 + N_2 + I)N_1 - W_{\min}. \quad (III.3)$$

Donc : $W_y = 701$ $W_{\min} = 546,144$ $W_{\max} = 722,8563304$

On voit que: $W_{\min} = 546,144 < W_y = 701 < W_{\max} = 722,8563304$

Alors la condition de Wilcoxon est vérifiée, donc la série des précipitations moyennes annuelle de la station de est homogène à un seuil de $(1-\alpha)$ avec $\alpha=0,05$.

III.3 Test de validité de l'ajustement à la loi de Log-normale :

La pluviométrie est souvent ajustable à des lois statistiques très nombreuses, on utilise pour notre projet celle qui garantit le meilleur ajustement possible. Parmi les lois d'ajustement les plus communément employées sont les suivantes :

Cette méthode est comme suit : Les données statistiques des pluies sont rapportées à une autre échelle à savoir l'échelle du log normale.

Nous avons l'équation de la droite de Galton qui s'écrit comme suit :

$$\ln(X_{p\%}) = \overline{\ln(X)} + \delta_{\ln} * U_{p\%} \quad (III.4)$$

Avec:

\ln : symbole de l'opérateur mathématique correspondant au logarithme népérien.

$X_{p\%}$: précipitation probable à $p\%$.

$\overline{\ln(X)}$: Moyenne arithmétique du log des précipitations observées.

δ_{\ln} : la variance, calculée pour les précipitations observées sous l'échelle logarithmique sa formule s'écrit comme suit :

$$\delta_{\ln} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n < 30 \quad (III.5)$$

$$\delta_{\ln} = \sqrt{\frac{1}{1-n} \sum_{i=1}^{i=n} [\ln(X_i) - \overline{\ln(X)}]^2} \quad \text{Si } n \geq 30 \quad (III.6)$$

Chapitre III: hydrologie

$U_p^%$: Variable réduite Gauss.

Pour les calculs on à utilise le logiciel Hyfran Les résultats obtenus figurent au Tableau III.5 et au figure III.1

Loi de Galton ou loi **log –Normale**.

Tableau III.5 : Les paramètres obtenait par Hyfran Ajustement à une loi de Galton :

q = F(X) (probabilité au non-dépassement)				
T = 1/q				
T	q	XT	Ecart-type	Intervalle de confiance (95%)
20.0	0.0500	220	16.4	188
10.0	0.1000	247	16.2	216
5.0	0.2000	286	16.1	254
3.3	0.3000	317	16.3	285
2.0	0.5000	376	18.1	341
1.5000	0.6667	433	21.9	390
1.2500	0.8000	496	27.9	441

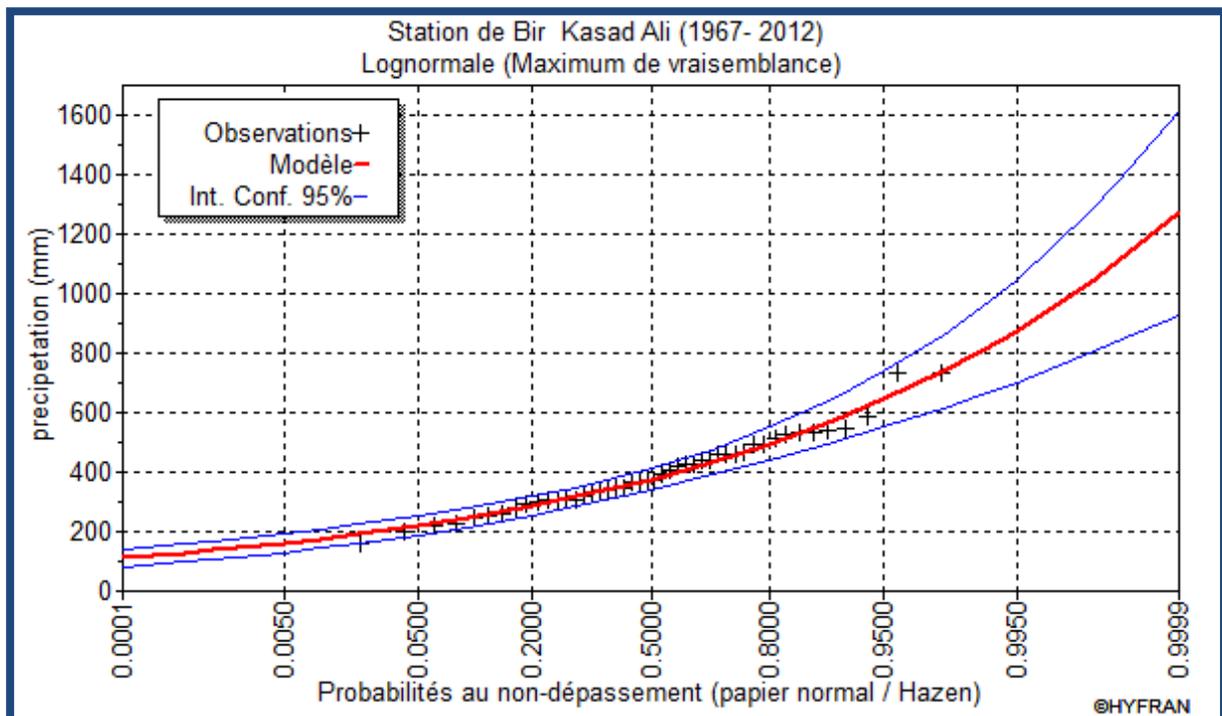


Fig (III.1): Ajustement à une loi de Galton

Chapitre III: hydrologie

III.4.1 Test de Khi carrée

On calcule χ^2 calculé.

On calcule le nombre de degré de liberté γ :

On détermine χ^2 théorique sur la table de Pearson III (voir tableau).

Avec : χ^2 théorique = $g(\gamma, \alpha)$

La loi est adéquate pour une erreur $\alpha = 0,05$ si et seulement si : χ^2 calculé < χ^2 théorique.

Tableau III.6 : Table du χ^2 théorique²

$\gamma \backslash \alpha$	0.9	0.5	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.016	0.455	1.074	1.642	2.705	3.841	5.412	6.635	10.827
2	0.211	1.386	2.408	3.219	4.605	5.991	7.824	9.210	13.815
3	0.584	2.366	3.665	4.642	6.251	7.815	9.837	11.345	16.266
4	1.064	3.357	4.878	5.989	7.779	9.488	11.668	13.277	18.467
5	1.610	4.351	6.064	7.289	9.236	11.070	13.388	15.086	20.515
6	2.204	5.348	7.231	8.558	10.645	12.592	15.033	16.812	22.457
7	2.833	6.346	8.383	9.83	12.017	14.067	16.622	18.475	24.322
8	3.490	7.344	9.524	11.030	13.362	15.507	18.168	20.090	26.125
9	4.168	8.343	10.656	12.242	14.684	16.919	19.679	21.666	27.877

D'après le calcul par le logiciel HYFRAN, on obtenu les résultats montre dans le tableau suivants :

Tableau III.7 : Test d'adéquation Log normale (Maximum de vraisemblance)

Résultats de la statique	$X^2 = 6.19$
p-value	$p = 0.612$
Degrés de liberté :	6
Nombre de classe	9
Nous pouvons accepter H_0 au niveau de signification de 5 %	

$$\gamma = 6, X_{Theorique}^2 = 6,19$$

D'après la table de Pearson on a : $X_{pratique}^2 = 12.596$ Alors que :

$$X_{Theorique}^2 = 6,19 < X_{pratique}^2 = 12.596$$

Donc l'ajustement est **considérer**.

Chapitre III: hydrologie

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

$$P_{i, 80\%} = P_{\text{moy de chaque mois}} \times \frac{P_{\text{théorique (80\%) ANNUELLE}}}{P_{\text{théorique (50\%) ANNUELLE}}}$$

P_i : pluie mensuelle

On déduire les paramètres suivants :

P théorique (80%) annuelle = **286 mm.**

P théorique (50%) annuelle = **376 mm.**

Donc les valeurs de $P_{i, \text{sec } 80\%}$ devient comme suit :

Tableau III.8: Précipitation moyenne mensuelle de l'année de calcul :

mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
$P_{i, \text{moy}}$ (mm)	27,80	27,20	39,60	48,90	45,10	33,00	56,60	42,10	36,80	20,20	6,20	7,70
$P_{i, 80\%}$ (mm)	24,98	24,45	35,59	43,95	40,53	29,66	50,87	37,84	33,07	18,15	5,57	6,92

Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous nous sommes efforcés de dégager les principales caractéristiques statistiques de la série pluviométrique, retenue comme représentative, de la zone de projet.

Quant à l'ajustement des séries de pluies moyennes annuelles, il faut signaler que le test de Khi carré a montré un ajustement à considérer avec la loi de Galton.

Pour l'ajustement des séries des pluies moyennes annuelles, on ne constate que la loi de Galton, adoptée dans notre projet.

Chapitre IV

Ressource en eau et caractéristique de la STEP

Introduction :

L'épuration des eaux usées consiste généralement en une succession d'opérations de transformation et de combinaison de traitements élémentaires dont les bases peuvent être physiques, chimiques ou biologiques.

Définitions :

Le terme « eaux usées » tel qu'utilisé dans ce livre concerne les eaux usées de différentes qualités, brutes à diluées, générées par diverses activités urbaines :

Les eaux usées urbaines se composent généralement d'une combinaison d'un ou de plusieurs des facteurs suivants qui en font une eau polluée :

- ✓ Les eaux domestiques qui se composent d'eaux noires (excrétas, urine et boues de vidange, c'est-à-dire des eaux usées sanitaires) et d'eaux grises (eaux usées provenant de la cuisinée du bain)
 - ❖ L'eau provenant des établissements commerciaux et des institutions, incluant les hôpitaux
 - ❖ les effluents industriels lorsqu'ils sont présents
 - ❖ Les eaux pluviales et autres écoulements urbains.
- ✓ Les eaux usées traitées sont les eaux usées qui sont passées à travers une station de traitement des eaux usées en vue d'atteindre certaines normes pour réduire leur degré de pollution ou de risque sanitaire ; dans le cas où elles ne respectent pas ces normes, les eaux usées sont considérées au mieux comme partiellement traitées.
- ✓ les eaux (usées) récupérées ou recyclées sont des eaux usées traitées qui peuvent officiellement être utilisées dans des conditions contrôlées à des fins utiles, telle l'irrigation.
- ✓ les boues de vidange sont un terme général utilisé pour les boues ou les solides non digérés ou partiellement digérés qui découlent du stockage ou du traitement des eaux noires dans ce qu'on appelle les systèmes d'assainissement sur place comme les fosses septiques, les latrines, les fosses d'aisances, les toilettes sèches, les toilettes publiques privées de réseaux d'égout et les fosses à niveau constant.
- ✓ Les biosolides sont des boues traitées ou les sous-produits traités des eaux d'égout domestiques et commerciales, un traitement des eaux usées et des boues de vidange qui peut servir à l'amendement des sols et comme engrais. Ces résidus sont traités pour réduire leur contenu en matières organiques, leur volume ou leur masse, les pathogènes et le potentiel d'attraction des vecteurs Source : Rachid-Sally et Jayakody (2008), modifié.

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

IV.1 Conception générale :

La station d'épuration reste un outil fondamental pour la protection des milieux naturels. La valorisation de l'image de la station passe par un ensemble de dispositions qui sont à prendre en considération dès l'élaboration du projet en commençant par le choix de l'emplacement du site.

IV .1.1 Présentation du site d'implantation de la station d'épuration.

A-Site de la future station d'épuration

Le site retenu pour la réalisation de la future station d'épuration se trouve sur le territoire de la commune Ain Taghrout. Il longe l'ancienne RN°5 et se localise sur la rive droite de cette dernière, à 1,5 Km de l'A.C.L. Il s'étend sur une superficie de 10 ha.

B-Présentation de la zone d'influence

La future station d'épuration sera implantée dans l'agglomération chef-lieu de Ain Taghrout, wilaya de Bordj Bou-Arréridj, et sera destinée à épurer les eaux usées d'A.C.L de Ain Taghrout.

Ces agglomérations déversent leurs rejets d'eaux usées brutes dans Oued Ain Taghrout qui alimente le Barrage Ain Zada.

La délimitation de la zone d'influence comprend donc :

- Le site de la future station d'épuration ;
- La région à assainir : chef-lieu Ain Taghrout et Bir KasdAli ;
- Les terres à irriguer à partir de l'oued Ain Taghrout, en aval de la station et du Barrage Ain Zada ;
- Le lieu de traitement ou de dépôt de déchets (les boues issues de la future station d'épuration).

Par conséquent, la zone d'influence va couvrir tous les terrains en aval de la station, le long de l'oued Ain Taghrout jusqu'au barrage Ain Zada.

IV.1.2 Situation démographique :

L'évolution de la population communale depuis 1987 montre une tendance régressive du taux d'accroissement global. Cette évolution positive est sensiblement supérieure à la moyenne nationale; ceci s'explique par une augmentation sensible de la natalité et une régression très marquée de la mortalité due à l'amélioration des conditions de vie de la population. Estimation de la population actuelle et future ; La population 2008 de l'agglomération chef-lieu de :

- Ain Taghrout est estimée à 7070 habitants (source DPSB).
- Bir Kasad Ali est estimée 12153 habitants (source DPSB).

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

D'après la D.P.S.B. de la wilaya de (B.B.A), le taux d'accroissement de la population de Ain Taghrout et Bir Kas Ali est de 1,7 %, il sera conservé constant pour l'estimation de la population entre 2008 et 2035.

Tableau IV.01: Evolution de la population

Année	Taux	Population Ain Taghrout
2008	1.7	7070
2012	1.7	7572
2020	1.7	8666
2035	1.7	11140

Source: DPSB Bordj Bou Arreridj

Les besoins en eau potable de la population d'Ain Taghrout sont représentés dans le tableau ci-après :

Tableau IV.02: Besoins Théoriques de la Population d'Ain Taghrout :

Année	Population (hab)	Dotation (l/hab/j)	Besoins (m ³ /j)
2008	7070	150	1060
2012	7572	150	1136
2020	8666	150	1300
2035	11140	150	1671

IV.1.3 du débit de consommation en eau potable pour la population urbain :

Tableau IV.03 consommation en eau pour les secteurs domestiques et équipements pour les deux horizons.

Agglomération	2020	2035
Population	23545	30278
Q consommé en eau potable (m ³ / j)	3531.75	4541,7
Q (besoins) d'équipement (m ³ / j)	388,49	499.58
Qcons total (m ³ / j)	3920.24	5041,28

DRE WILAYA DEBBA

IV.2 dimensionnement des ouvrages d'épuration de la station pour les deux horizons :

IV.2 .1 Désignation des données de base du projet :

Tableau IV.04: les bases de dimensionnement des ouvrages d'épuration de la station pour les deux horizons.

Désignation des données de base du projet	Horizon2020	Horizon 2035
Coefficient de rejet.	80 %	80 %
Consommation en eau potable totale (m ³ /j)	3920	4990
Population équivalente (EH).	26000	33500
Débit moyen en eaux usées (m ³ /j)	3136	4000
Débit moyen horaire de rejet (m ³ /h)	130.66	166.66
Coefficient de pointe par temps sec	1,91	1,86
Débit de pointe par temps sec (m ³ /h)	250.2	310
Coefficient de pointe par temps de pluie (Cpl)	2	2
Débit de pointe en temps de pluie (débit de la station) (m ³ /h)	500.4	620
Charges polluantes (DBO5, MES)		
Charge journalière en (DBO5) (kg/j)	1560	2010
Concentration de l'effluent en (DBO5) (mg/l)	497	503
Charge journalière en (MES) (kg/j)	1820	2345
Concentration de l'effluent en (MES) (mg/l)	580	587

Source: Y. Débiche

IV.2.2 Dimensionnement du bassin d'aération :

Tableau IV.05 Résultats de calcul d'aérateur pour les deux horizons.

Désignations	Unité	2020	2035
Données de base			
Débit moyen journalier Q _{moy j}	m ³ /j	3136	864
Débit moyen horaire Q _{moy h}	m ³ /h	130.66	36
Débit de pointe en temps de pluie Q _{ptp}	m ³ /h	500.40	119.6
Charge polluante à l'entrée du bassin L _o	Kg/j	1092	315
Concentration de l'effluent en DBO5 S _o	mg/l	384.20	367
La charge polluante à la sortie L _f	KgDBO5/j	94.08	25.70
La charge polluante éliminée L _e	KgDBO5/j	997.92	289.30
Le rendement de l'épuration η _{ep}	%	91.38	91.85
Dimensionnement du bassin d'aération			
Volume du bassin V	m ³	910	262.5
Nombre	-	1	1
Hauteur du bassin H	M	5	5
Surface horizontale du bassin S _h	m ²	182	52.50
Largeur du bassin B	M	10	5
Longueur du bassin L	M	18.20	10.50
La masse de boues dans le bassin X _a	Kg	3640	1050
Concentration de boues dans le bassin [X _a]	Kg / m ³	4	4

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

Désignations	Unité	2020	2035
Temps de séjours Ts - débit de pointe par temps sec	h	3.64	4.4
- débit de pointe en temps de pluie	h	1.80	2.2
Besoin en oxygène			
Besoins journaliers en oxygène : qo2	KgO2/j	889.95	257.60
La quantité d'oxygène horaire qo2/24	KgO2/h	37.08	10.75
La quantité d'oxygène nécessaire pour un m3 du bassin qo2/m3	KgO2/m3j	0.97	0.98
Besoins en pointe horaire en oxygène qo2pte	KgO2/h	49.55	14.35
Calcul de l'aérateur de surface à installer			
Besoin réel de pointe en oxygène :	KgO2/h	72.90	21.1
Calcul de puissance de l'aération nécessaire :	KW	33.03	9.60
puissance de brassage :	kW	18.2	5.25
Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :	-	2	2
Bilan de boues			
Calcul de la quantité des boues en excès Δx	Kg/j	564.40	163.05
Concentration de boues en excès Xm	Kg/m3	9.6	9,6
Le débit de boues en excès $Q_{excès}$	m3/j	58.80	17
		0.62	0,62
Le taux de boues recyclées R	%	71.4	71.4
Le débit des boues recyclées Q_r	m3/j	2226.56	607.76
Age des boues A_b	j	6.40	6.40
Caractéristiques du clarificateur			
Forme	circulaire	circulaire	circulaire
Nombre de bassins	-	1	1
Surface horizontale	m ²	250.2	59
Diamètre	m	18	5
Volume	m3	750.6	178.20
Hauteur	m	3	3
Temps de séjour pour le pour le débit de pointe par temps de pluie	h	1.5	1.5
Temps de séjour pour le débit de pointe par temps sec	h	3	3

Source: Y. Débiche

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

IV.2.3 Traitement tertiaire (désinfection) :

Tableau IV.06 : résultats de dimensionnement du bassin de désinfection pour les deux horizons.

Caractéristiques du bassin	Unité	2020	2035
Volume	m ³	59.4	250.2
Hauteur	m	3	3
Surface horizontale	m ²	19.8	83.4
Longueur	m	6.3	13
Largeur	m	3.15	6.5
Dose journalière en chlore	Kg/j	8.56	31.36
La quantité d'hypochlorite nécessaire :	m ³ /j	0.057	0.21

IV.2.4 Traitement des boues :

Tableau IV .07 : résultats de traitement des boues

Désignations	Unité	20 35	2020
Dimensionnement de l'épaisseur			
Boues issues du décanteur primaire	kg/j	1330.8	450
Boues issues du décanteur secondaire	kg/j	564.40	163.05
La quantité totale journalière des boues	Kg/j	1895.20	613.05
Le débit total	m ³ /j	109.70	34.3
La concentration du mélange :	Kg/m ³	17.28	17.80
Débit des boues épaissies	m ³ /j	22.30	7.20
Hauteur	M	3	3
Surface horizontal	m ²	73.10	17.90
Volume	m ³	219.40	68.60
Diamètre	mm	10	6
Stabilisateur aérobie			
- MES	kg/j	1820	525
-MM		546	157.5
- MVS		1274	367.5
La quantité de MVS à la sortie de la stabilisation :	kg/j	700.7	202.12 5
Temps de séjour :	J	16.36	16.36
Boues en excès dans le stabilisateur :	Kg /j	1246.7	359.60
La masse de boue à maintenir dans le stabilisateur (Mb)	Kg	20396	5883.4 6
Hauteur	M	4	4
Volume du bassin de stabilisation	m ³	239.95	69.22
Surface horizontale	m ²	60	17.30
La longueur de bassin	M	11	6
La largeur de bassin	M	5.5	3
Quantité d'air par jour Do ₂	Kg o ₂ /j	1146. 6	330 .74

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

Lit de séchage			
Le volume de boues épandues sur chaque lit	m ³	64	64
la quantité des boues à extraire	Kg/j	700.7	202.12
Volume des boues épandues par lit et par an	m ³	768	768
Volume des boues à sécher par an	m ³	3007. 6	868.7
Nombre de lits nécessaire	-	04	02
Surface nécessaire	m ²	640	320

Source:Y.Débiche

Tableau IV.08 Résultats de calcul d'aérateur et le décanteur secondaire pour les deux horizons. Désignations

	Unité	2035	2020
Données de base			
Débit moyen journalier Q _{moy j}	m ³ /j	3136	864
Débit moyen horaire Q _{moy h}	m ³ /h	130.66	36
Débit de pointe en temps de pluie Q _{ptp}	m ³ /h	500.4	119.6
	Unité	2035	2020
Charge polluante à l'entrée du bassin Lo	Kg/j	1560	450
Concentration de l'effluent en DBO5 : So	mg/l	497	525
La charge polluante à la sortie Lf	KgDBO5/j	94.08	25.70
La charge polluante éliminée Le	KgDBO5/j	1465.90	424.30
Le rendement de l'épuration η _p	%	94	94.30
Dimensionnement du bassin d'aération			
Volume du bassin V	m ³	3120	900
Nombre	-	1	1
Hauteur du bassin H	m	5	5
Surface horizontale du bassin Sh	m ²	624	180
Largeur du bassin B	m	18	9.50
Longueur du bassin L	m	34	19
La masse de boues dans le bassin X _a	Kg	10400	3000
Concentration de boues dans le bassin [X _a]	Kg / m ³	3.33	3.33
Temps de séjours Ts- débit de pointe par	h	12.40	15
temps sec			
-débit de la station	h	6	7.60
Besoin en oxygène			
Besoins journaliers en oxygène : q _{o2}	KgO ₂ /j	1607.50	464.60
La quantité d'oxygène horaire q _{o2/24}	KgO ₂ /h	67	19.40
La quantité d'oxygène nécessaire pour un m ³ du bassin q _{o2/m³}	KgO ₂ /m ³ j	0.51	0.52
Besoins en pointe horaire en oxygène q _{o2pte}	KgO ₂ /h	85.30	24.70
Calcul de l'aérateur de surface à installer			
-Besoin réel de pointe en oxygène :	KgO ₂ /h	131.45	38.1
-Calcule de puissance de l'aération	kW	56.90	17.27
nécessaire :			
-puissance de brassage :	kW	31.20	18

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

	Unité	2035	2020
-Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :	-	2	1
Bilan de boues			
-Calcul de la quantité des boues en excès Δx	Kg/j	838	242.60
-Concentration de boues en excès X_m	Kg/m ³	9.6	9.6
Données de base			
Débit moyen journalier $Q_{moy j}$	m ³ /j	3136	864
Débit moyen horaire $Q_{moy h}$	m ³ /h	130.66	36
Débit de pointe en temps de pluie Q_{ptp}	m ³ /h	500.4	119.6
Charge polluante à l'entrée du bassin L_0	Kg/j	1560	450
Concentration de l'effluent en DBO5 : S_0	mg/l	497	525
La charge polluante à la sortie L_f	KgDBO5/j	94.08	25.70
La charge polluante éliminée L_e	KgDBO5/j	1465.90	424.30
Le rendement de l'épuration η_{ep}	%	94	94.30
Dimensionnement du bassin d'aération			
Volume du bassin V	m ³	3120	900
Nombre	-	1	1
Hauteur du bassin H	m	5	5
Surface horizontale du bassin S_h	m ²	624	180
Largeur du bassin B	m	18	9.50
Longueur du bassin L	m	34	19
La masse de boues dans le bassin X_a	Kg	10400	3000
Concentration de boues dans le bassin $[X_a]$	Kg / m ³	3.33	3.33
Temps de séjours T_s - débit de pointe par temps sec	h	12.40	15
-débit de la station	h	6	7.60
Besoin en oxygène			
Besoins journaliers en oxygène : q_{o2}	KgO ₂ /j	1607.50	464.60
La quantité d'oxygène horaire $q_{o2/24}$	KgO ₂ /h	67	19.40
La quantité d'oxygène nécessaire pour un m ³ du bassin q_{o2/m^3}	KgO ₂ /m ³ j	0.51	0.52
B en pointe horaire en oxygène q_{o2pte}	KgO ₂ /h	85.30	24.70
Calcul de l'aérateur de surface à installer			
-Besoin réel de pointe en oxygène :	KgO ₂ /h	131.45	38.1
-Calcule de puissance de l'aération nécessaire :	kW	56.90	17.27
-puissance de brassage :	kW	31.20	18
-Calcul de nombre d'aérateurs dans le bassin :	-	2	1
Bilan de boues			
-Calcul de la quantité des boues en excès Δx	Kg/j	838	242.60
-Concentration de boues en excès X_m	Kg/m ³	9.6	9.6

Source: Y. Débiche

Chapitre IV : ressource en eau et caractéristique de la STEP

Résumé :

- Des rendements d'éliminations dépassants les 90% tandis qu'ils sont de 80% pour la moyenne charge ;
- Possibilité de la nitrification dans le bassin d'aération ;
- Les boues produites stables ne nécessitent pas un traitement pressé ;
- L'admission des eaux prétraitées sans décantation primaire ;
- Faible quantité des boues produite (kg de boue sèche /kg de DBO5 éliminée qui est de l'ordre de 0.1 à 0.2, alors que pour la moyenne charge elle de 0.3 à 0.5).

Conclusion :

Ces différents procédés permettent d'obtenir une eau débarrassée d'une grande partie de ces polluants et des boues constituant un sous-produit de l'épuration.

La station d'épuration d'AIN Taghroute traite les eaux usées avant de les rejeter dans l'exutoire final (oued AIN Taghroute) et seront utilisées en agriculture.

Chapitre V

Plan cultural et calcul des besoins en eau

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Introduction :

Le présent chapitre a pour but de quantifier le volume total des besoins en eau des cultures existantes de périmètre de Ain Taghrouit ,aptes à être irriguer avec les eaux usées épurées de la STEP de Ain Taghrouit et le comparer avec le volume total annuel produit par la STEP à différents horizon 2020 et 2035.

Le périmètre d'Ain Taghrouit est devisée en deux couvre une superficie totale de 114,7667 ha. Plus de 99,32 % de la surface cultivée. Le périmètre de Ain Taghrouit est alimenté gravitairement à partir de deux réservoirs qui alimenté par une station de pompage des eaux de la sorte de STEP.

V.1 Besoins en eau du périmètre :

Les besoins en eau des cultures, peuvent être définis comme dose apportée à la plante dans des moments propices, afin de mettre celle-ci dans les meilleures conditions d'humidité requises, pour obtenir son rendement maximal.

L'évaluation des besoins en eau du périmètre est basée sur la détermination des besoins de chaque culture retenue dans le calendrier agronomique.

Le calcul des besoins en eau des cultures a été mené à l'aide du logiciel *Cropwat 8*. : Logiciel pour la planification et la gestion des systèmes d'irrigation, service des eaux de la FAO).

V.1.1 Evapotranspiration réelle ou de culture (ETR ou ETC):

C'est la valeur réelle de l'évapotranspiration. Le plus souvent, elle est inférieure à l'évapotranspiration de référence, puisque le sol n'est pas en permanence à sa capacité de rétention. En plus, elle est considérée variable pendant la période de végétation.

Donc, c'est l'évapotranspiration d'une culture exempte de maladies, poussant dans un champ jouissant de conditions : agronomiques, pédologiques, et climatiques optimales, donnée par l'expression ci-dessous :

$$ET_{CLTURE} = K_C * ET_0 \quad (V.1)$$

Avec :

K_C : Représente le coefficient culturale, dépendant du type de la culture et de son stade de développement, et des conditions climatiques qui y règnent.

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Pour mieux rationaliser la ressource, le calcul l'évapotranspiration de culture "ET_{culture}", doit être fait après avoir déterminé les coefficients culturaux " K_c ". Les besoins en eau des cultures nets, non négatifs "BEC", sont déterminés par la relation suivant

$$BEC = ET_{culture} - P_{eff} + RFU \quad (V.2)$$

Dans la quelle :

BEC : Besoins en eau des cultures nets en (mm).

P_{eff} : Pluies efficaces en (mm).

RFU : La réserve facilement utilisable en (mm).

L'évapotranspiration a été calculée selon la méthode de Penman-Monteith, en prenant en considération les paramètres climatologiques suivants :

- Température de l'air sous abri,
- Humidité atmosphérique,
- Intensité du vent,
- Insolation.

V. 1.2 Calcul de l'évapotranspiration potentielle ou de référence(ET₀):

C'est l'évapotranspiration d'une culture bien fournie en eau où le sol est à sa capacité de rétention, autrement dit c'est la limite maximale de l'évapotranspiration

Donc pour mieux prédire l'évapotranspiration, on a introduit une valeur de référence que l'on définit comme étant le taux d'évapotranspiration d'une surface du Gazon vert, ayant une hauteur uniforme de 8 à 15 cm, poussant activement, ombrant complètement le sol et ne manquant pas d'eau. Il existe plusieurs méthodes d'évaluation de l'évapotranspiration de référence, les plus utilisées, sont :

- Méthodes des lysimètres.
- Méthodes des stations expérimentales.
- Méthodes directes de l'évaporation.
- Méthodes empiriques.

En ce qui concerne notre étude, le calcul des besoins en eau des cultures est effectué à l'aide du logiciel CROPWAT version 8, qui permet au passage, l'évaluation de l'évapotranspiration de référence, selon la méthode empirique la plus appropriée de Penman&Monteith modifiée.

➤ **Méthode de PENMAN & MOTHEIT 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 prend 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, la nouvelle formule de *M^rPenman &Monteith* modifiée est adoptée, qui prend 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 *M^rPenman&Motheit*, modifiée, se présentant comme suite

$$ET_0 = C * [W * Rn + (1 - W) * F(u) * (ea - ed)] \quad (V.3)$$

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 constitue le facteur de correction, afin de compenser les conditions météorologiques diurnes et nocturnes (site FAO, 2011) .

Résultats du calcul :Dans le tableau V.1, représente l'évapotranspiration de référence ET_0 , calculée à l'aide du logiciel CROPWAT.8, selon la formule de Penman&Monteith.

Tableau V.1: Evapotranspiration de référence selon la méthode Penman&Monteith

country: Alegria			station: Bir kasad ali					
altitude: 982			latitude: 36.10°n			longitude: 4.91°e		
moi	t _{min} °c	t _{max} °c	humidité %	vent km/j	insolation heurs	rad mj/m ² /j	Et0 mm/j	Et0 mm/m
jan	1.5	9.4	76	268	9.4	12.8	1.31	40,61
fev	2.1	11.1	76	276	10.5	16.7	1.80	50,4
mar	3.8	13.3	72	268	11.4	21.4	2.64	81,84
avr	6.1	16.7	66	259	10.6	23.5	3.56	106,8
may	10.4	22.3	61	251	8.9	22.7	4.48	138,88
jun	15.1	28.6	50	233	7.3	20.9	5.50	165
jul	19.2	33.1	39	251	6.2	19.0	6.56	196,8
auo	19.2	32.8	41	251	5.2	16.5	6.16	190,96
sep	15.3	27.3	55	242	5.8	15.2	4.55	136,5
oct	10.8	20.8	66	276	6.5	13.3	3.10	96,1
nov	6.3	14.8	75	302	7.3	11.4	1.88	56,4
dec	2.7	10.3	79	302	8.1	10.9	1.25	38,75
moy	9.4	20.0	63	265	8.1	17.0	3.57	108,25

- **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.

Les valeurs de précipitations de probabilité de 80% (P80%) et la pluie efficace (Peff) sont regroupées dans le tableau ci-après :

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Tableau V.2: pluies de projet et pluies efficace de la station BIR KASAD ALI

Mois	Pluie	Pluie eff
	(mm)	(mm)
Janvier	45,1	36,08
Février	33	26,4
Mars	56,6	45,28
Avril	42,1	33,68
Mai	36,8	29,44
Juin	20,2	16,16
Juillet	6,2	4,96
Août	7,7	6,16
Septembre	27,8	22,24
Octobre	27,2	21,76
Novembre	39,6	31,68
Décembre	48,9	39,12
Total	391,2	312,96

V.2 Estimation des besoins en eau des cultures :

V.2.1 Définition :

Le besoin en eau d'irrigation, B, est la quantité d'eau que l'on doit apporter à la culture pour être sûr qu'elle reçoit la totalité de son besoin en eau ou une fraction déterminée de celui-ci. Si l'irrigation est la seule ressource en eau, le besoin en eau d'irrigation sera au moins égal au besoins en eau de la culture et il est souvent plus important en raison des pertes à la parcelle (besoins de lessivage) percolation profonde, inégalité de répartition...etc).

V.2.1 .1 Calcul des besoins en eau d'irrigation des cultures

Les besoins en eau des cultures sont calculés par la formule :

$$B = ETR - D - P - (P_{eff} + R_u) \quad (V.4)$$

Avec :

B : Besoins en eau d'irrigation (mm);

ETR : Evapotranspiration réelle/jour) ;

D : Le drainage ;

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

P : La précipitation (mm) ;

Ru : La réserve utile (mm) ; telle que :

$$\mathbf{Ru = (Hcc - Hpf) . Z . da} \quad \mathbf{(V.5)}$$

Avec:

Hcc : Humidité à la capacité au champ;

Hpf : humidité du sol au point de flétrissement ;

Z : Profondeur d'enracinement (m) ;

da : Densité apparente ;

Peff : Pluie efficace ; **Peff = α . P** ;

P : Précipitation de l'année de calcul en mm ;

α : Coefficient tenant compte de l'efficience des pluies.

Le calcul des besoins en eau d'irrigation se fait par le logiciel cropwat.

Les résultats sont représentés dans les tableaux suivant : Le tableau V.5: représentation de l'assolement choisie de périmètre d'Ain Taghrouit et Les tableaux V.3 ,4...,7,8...etc représentation Les résultats de calcul des besoins en eau d'irrigation pour chaque culture

On les donner suivant : **h_{cc}= 25** **h_{cf}=16** **da=1** **eff=0,75**

V.2.1.2 Le débit caractéristique :

Le débit caractéristique est le débit qu'il faut fournir aux plantes durant le mois de pointe pendant un nombre fixe d'heures de la journée et cela pour une surface d'un hectare.

$$q_{sp}^{l/s/ha} = \frac{b_{net}^{mm/mois} . 10^{m^3/ha/mm} . 1000^{l/m^3}}{3600 . j . D . E} \quad \mathbf{(V.5)}$$

Tel que :

q_{sp} : débit spécifique.

E : efficience globale, qu'on va prendre égale à 75%.

J : nombre de jours de fonctionnement du réseau par mois. j=25jours.

D : nombre d'heurs de fonctionnement du réseau par jour. D=20h/jour.

E : efficience globale. E=75%.

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Tableau V. 3: Représentation de calcul des besoins de culture : pomme de terre.

Culture : pomme de terre.						
Mois	K_c	ET_C mm/j	E_{tm} mm/moi	P_{EFF} mm/moi	Besoins mm/moi	q_{sp} l/s/h
Février	0,75	1,35	37,80	36,08	1,40	0,01
Mars	0,95	2,51	77,75	26,40	32,47	0,24
Avril	0,95	3,38	101,46	45,28	67,78	0,50
Mai	0,70	3,14	97,22	33,68	67,78	0,50
Juin	0,50	2,75	82,50	29,44	66,34	0,49
					Max	0,50

Tableau V.4: Représentation de calcul des besoins de culture : tomate

Culture : tomate						
Mois	K_c	ET_C mm/j	E_{tm} mm/moi	P_{EFF} mm/moi	Besoins mm/moi	q_{sp} l/s/h
Mars	0,5	1,32	40,92	36,08	0,00	0,00
Avril	0,8	2,848	85,44	26,4	51,76	0,38
Mai	1,05	4,704	145,824	45,28	116,384	0,86
Juin	0,75	4,125	123,75	33,68	107,59	0,8
					MAX	0,86

Tableau V.5: Représentation de calcul des besoins de culture : carotte

Culture : carotte						
Mois	K_c	ET_C mm/j	E_{tm} mm/moi	P_{EFF} mm/moi	Besoins mm/moi	q_{sp} l/s/h
Septembre	0,50	2,28	68,25	22,24	46,01	0,34
Octobre	0,80	2,48	76,88	21,76	55,12	0,41
Novembre	1,05	2,12	59,22	31,68	27,54	0,20
Décembre	0,75	0,94	29,06	39,12	0,00	0,00
					Max	0,41

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Tableau V.6 : Représentation de calcul des besoins de culture : Pêcher

Culture : Pêcher						
Mois	K_c	ET_C mm/j	E_{tm} mm/moi	P_{eff} mm/moi	Besoins mm/moi	q_{sp} l/s/h
Septembre	0,80	3,64	109,20	22,24	86,96	0,64
Octobre	0,70	2,17	67,27	21,76	45,51	0,34
Novembre	0,70	1,41	39,48	31,68	7,80	0,06
Décembre	0,70	0,88	27,13	39,12	0,00	0,00
Janvier	0,80	1,05	32,49	36,08	0,00	0,00
Février	0,9	1,51	45,36	26,4	0,00	0,00
Mars	0,9	2,38	73,66	45,28	0,00	0,00
Avril	0,9	3,20	96,12	33,68	62,44	0,46
Mai	0,8	3,58	111,10	29,44	81,66	0,60
Juin	0,8	4,40	132	16,16	115,84	0,86
Juillet	0,8	5,08	157,44	4,96	152,48	1,13
Août	0,8	4,93	152,77	6,16	146,61	1,09
					Max	1,13

Tableau V.7 : Représentation de calcul des besoins de culture : SORGHO

Culture : sorgho						
Mois	K_c	ET_C mm/j	E_{tm} mm/moi	P_{eff} mm/moi	Besoins mm/moi	q_{sp} l/s/h
Mars	0,50	1,32	40,92	56,60	0,00	0,00
Avril	0,75	2,67	80,10	42,10	61,89	0,34
Mai	1,10	4,93	152,77	36,80	164,44	0,91
Juin	1,10	6,05	181,50	20,20	220,45	1,22
juil	1,00	6,35	196,80	6,20	255,79	1,42
					MAX	1,42

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

Tableau V.8 : Représentation de calcul des besoins de culture : olivier

Culture : olivier						
Mois	K _c	ET _C mm/j	E _{tm} mm/moi	P _{Eff} mm/moi	Besoins mm/moi	q _{sp} l/s/h
Septembre	0,70	3,19	95,55	22,24	73,31	0,54
octobre	0,65	2,02	62,47	21,76	40,71	0,30
novembre	0,65	1,31	36,66	31,68	4,98	0,04
Décembre	0,65	0,81	25,19	39,12	0,00	0,00
Janvier	0,65	0,85	26,40	36,08	0,00	0,00
Février	0,65	1,09	32,76	26,40	0,00	0,00
Mars	0,65	1,72	53,20	45,28	0,00	0,00
Avril	0,65	2,31	69,42	33,68	35,74	0,26
Mai	0,75	3,36	104,16	29,44	74,72	0,55
Juin	0,75	4,13	123,75	16,16	107,59	0,80
Juillet	0,75	4,76	147,60	4,96	142,64	1,06
Août	0,75	4,62	143,22	6,16	137,06	1,02
					max	1,06

Tableau V.9: Représentation de calcul des besoins de culture : orange

Culture : orange						
Mois	K _c	ET _C mm/j	E _{tm} mm/moi	P _{Eff} mm/moi	Besoins mm/moi	q _{sp} l/s/h
Septembre	0,80	3,64	109,20	22,24	86,96	0,64
octobre	0,70	2,17	67,27	21,76	45,51	0,34
novembre	0,70	1,41	39,48	31,68	0,00	0,00
Décembre	0,70	0,88	27,13	39,12	0,00	0,00
Janvier	0,80	1,05	32,49	36,08	0,00	0,00
Février	0,90	1,51	45,36	26,40	0,00	0,00
Mars	0,90	2,38	73,66	45,28	28,38	0,21
Avril	0,90	3,20	96,12	33,68	62,44	0,46
Mai	0,80	3,58	111,10	29,44	81,66	0,60
Juin	0,80	4,40	132,00	16,16	115,84	0,86
Juillet	0,80	5,08	157,44	4,96	152,48	1,13
Août	0,80	4,93	152,77	6,16	146,61	1,09
					max	1,13

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

V.3 le lessivage :

Lorsque le sol contient des concentrations élevées de sels, non admissibles pour le développement de la plante, provenant d'origines diverses (altération des roches mères et apports naturels externes ceux qui sont appelés salinisation primaire) et pouvant être intensifiées par la mauvaise qualité des eaux d'irrigation, on doit nécessairement pour la mise en valeur de ce sol ramener une quantité d'eau supplémentaire pour que ces sels percolent au-dessous de la zone racinaire. Pour estimer cette quantité d'eau, on doit se baser sur les études de sol et de l'eau d'irrigation préalablement faites tout en respectant les normes de sensibilité des plantes au sel.

V.3.1 sensibilité des plantes aux sels :

Pour le plan de culture retenu, les tolérances des principales cultures au sel correspondant à des niveaux de rendements pour différents seuils de la conductivité électrique, sont données dans le tableau suivant :

Tableau V.10: tolérance des cultures aux sels.

Cultures	Niveau de rendement en fonction d' E_{ce} .				
	100%	90%	75%	50%	8.1%
Carotte	1.0	1.7	2.8	4.6	8.1
Haricot	1.0	1.5	2.3	3.6	6.3
Poivron	1.5	2.2	3.3	5.1	8.6
Pomme de terre	1.7	2.5	3.8	5.9	10.0
Chou	1.8	2.8	4.4	7.0	12.0
Tomate	2.5	3.5	5.0	7.6	13.0
oignon	1.2	1.8	2.8	4.3	7.4

Source bulletin n°29 de la FAO

Le tableau qui suit montre le degré de sensibilité des cultures au sel par classes :

Tableau V.11 : degré de sensibilité des cultures aux sels par classes.

Classification	Cultures
Cultures sensibles	Haricot, carotte, oignon.
Cultures moyennement sensibles	Tomate, poivron, pomme de terre, chou, courgette, pastèque.

Source : bulletin n°29 de la FAO.

On déduit de ce tableau que les cultures retenues pour le développement agricole du futur périmètre sont majoritairement (70% de la surface développée) moyennement sensibles aux sels.

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

V.3.2 les besoins en eau du lessivage :

A. Le lessivage continu :

La fraction de lessivage est donnée par l'équation suivante :

$$LR = \frac{EC_w}{5 * EC_e - EC_w} \% \quad (\text{formule de Rhoads}). \quad (V.6)$$

Avec :

EC_w : conductivité électrique de l'eau d'irrigation EC_w= 0.8ds/m.

EC_e : seuil de conductivité électrique de rendement donné.

Les besoins en eau pour le lessivage sont évalués pour les cultures représentatives et pour différents niveaux de rendement et sont donnés dans le tableau suivant

Tableau V.12 : les besoins en eau de lessivage.

Cultures		LR (%) pour EC _w = 0.8ds/m			
		Niveau de rendement			
		100%	90%	75%	50%
Sensibles	Haricot	0.19	0.12	0.07	0.05
	Carotte	0.19	0.10	0.06	0.04
	Oignon	0.15	0.09	0.06	0.04
Valeur représentative		0.19	0.12	0.07	0.05
	Tomate	0.07	0.05	0.03	0.02
	Poivron	0.12	0.08	0.05	0.03
	P.de.terre	0.10	0.07	0.04	0.03
	Chou	0.10	0.06	0.04	0.02
Valeur représentative.		0.19	0.12	0.07	0.05

Il en découle de ce tableau que l'hypothèse éventuelle de considérer que les pertes à la parcelle résultant du choix d'une efficacité de 70% vont couvrir les fractions de lessivage est fondée. De plus, les eaux de pluies hors périodes d'irrigations vont contribuer au lessivage de ces sols.

B. Le lessivage initial :

Cette opération, qui consiste à apporter en une seule fois une grosse quantité d'eau sur une parcelle, a pour objet de faire chuter la salinité du sol à un niveau qu'on considère comme acceptable, et qu'on entretiendra par un lessivage continu.

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

L'appréciation des volumes à apporter est représentée par la formule de VOLOBUEV exprimée par :

$$H = -\alpha * \theta * \Delta * Ln \frac{S - S_i}{S_o - S_i} \quad (\text{V.7})$$

Ou :

H : hauteur d'eau à apporter (mm).

Δ : épaisseur du sol à lessiver.

θ : humidité du sol (%).

S : salinité moyenne à atteindre après lessivage (ECe en ds/m).

S_i : salinité de l'eau d'irrigation (ECw en ds/m).

S_o : salinité moyenne avant lessivage (ds/m).

α : coefficient dépendant de la nature du sol (texture essentiellement).

Ln : logarithme népérien.

Ce lessivage initial est à préconiser pour les sols ayant une salinité > 2 ds/m dont l'existence est confirmée par le profil n°3 représenté au tableau n°9.

Pour notre cas :

- la salinité de l'eau d'irrigation $S_i = 0.8$ ds/m.

- épaisseur du sol à lessiver $\Delta = 1.5$ m. (Profondeur maximale)

- $\alpha = 0.3$ ($\alpha = 0.2$ à 0.3 pour un sol argileux).

- l'humidité du sol (θ) peut être assimilée à la capacité de rétention (H_e) dans le cas de sols argileux en supposant que l'eau libre dans le profil est négligeable

Pour notre type de sol (argileux- limoneux), H_e à une valeur 0.3 .

- la salinité moyenne, avant lessivage S_o , est représentée par la valeur maximale des CE pour des profils décrivant le sol, dans notre cas $S_o = 3$ ds/m.

- la salinité moyenne à atteindre après lessivage est représentée par la relation suivant :

$$ECe = 1.5 ECw \quad \text{Pour LR} = 15 \text{ à } 20\%$$

$$ECe = 1.5 * 0.8 \quad \text{D'où ECe} = 1.2 \text{ ds/m.}$$

En définitive la hauteur d'eau à apporter pour le lessivage initial H en (m) sera de :

$$H = -0.3 * 0.3 * 1.5 * Ln \frac{1.2 - 0.8}{3 - 0.8} = 0.2301 \text{ m.} \quad (\text{V.8})$$

Il faudra alors pour arriver à des conditions de salinité optimales une hauteur d'eau de : $H = 2301 \text{ m}^3/\text{Ha}$ soit **(230.1mm)**.

Chapitre V : Plan culturel et calcul des besoins en eau

V.4 Pertes dans le système d'irrigation (efficience d'irrigation) :

Les besoins en eau dépendent aussi des pertes dans le système d'apport de l'eau aux plantes, elles sont dues :

Au système d'irrigation à la parcelle. L'efficience est estimée à d'un système bien géré à :

- Irrigation à la raie : 40 à 50 % (les pertes sont dues en grande partie au fait qu'il faut donner plus d'eau en tête de raie qu'en bout de raie pour que ce bout soit irrigué suffisamment) ;

- Irrigation par aspersion : 80 % (les pertes sont dues à l'évaporation des gouttelettes dans un climat chaud et sec ainsi qu'à l'irrégularité due au vent qui oblige à donner plus d'eau que nécessaire) ;

- Irrigation localisée : 90 % (les pertes sont dues au nettoyage des filtres, au bouchage des goutteurs et au lavage de ceux-ci).

Aux pertes dans le système de mobilisation de l'eau et le réseau de transport de l'eau à la parcelle : les pertes dans un barrage de retenue correspondent généralement aux pertes par évaporation et infiltration mais aussi aux fuites dans les vannes et aux erreurs de manœuvre.

Les pertes incompressibles dans un grand réseau de transport par tuyaux, même bien géré et entretenu, avoisinent 5 à 10 % des volumes transportés.

D'après les données des périmètres, l'efficience actuelle du transport de l'eau dans les grands périmètres varie de 64 % à 91 %.

Un chiffre moyen de 80 % serait ainsi acceptable pour l'efficience du transport de l'eau dans les grands périmètres. Si on ajoute l'efficience à la parcelle, l'efficience globale des réseaux serait de 40 % pour les périmètres irrigués à la raie, 64 % pour les périmètres irrigués par aspersion et 72 % pour les périmètres en irrigation localisée. Ces chiffres sont tout à fait normaux (aux Etats-Unis, des efficacités plus faibles sont fréquentes dans les grands périmètres).

Besoins nets et Bruts en eau d'irrigation pour assolements :

Les besoins en eau d'irrigation des modèles choisis dans le périmètre d'étude dont l'irrigation est assurée à partir du la STEP de Ain Taghroute.

Conclusion

L'étude faite au niveau de ce chapitre nous a permis de déterminer les besoins en eau d'irrigation pour la culture de notre parcelle le besoin de point est celle de SORGHO

Chapitre VI

Dimensionnement du réseau de distribution

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI.1. Le débit caractéristique :

Le calcul des débits caractéristiques permet de définir le débit maximum que le système de desserte aura à fournir pour l'irrigation de chaque parcelle, Il est déterminé en multipliant le débit de pointe par la surface agricole utile comme il est indiqué par la formule suivante :

$$Q_{\text{tran}} = q_{\text{sp}} * S \quad (\text{VI.1})$$

Q_{tran} : débit de tronçon ;

q_{sp} : débit spécifique de mois de pointe ;

S : la superficie totale ;

D'après les tableaux du calcul des besoins d'irrigation chapitre IV on trouve le débit spécifique de mois de pointe qui correspond à la culture SORGHO (tableau V.12) et égale :

$$q_{\text{sp}} = 1,42 \text{ l/h/s}$$

VI.2. Dimensionnement du réseau de distributions :

Un réseau collectif de distribution peut fonctionner en plusieurs modes parmi eux :

VI.2.1. Distribution d'eau à la demande :

Dans ce mode chaque irrigant étant libre d'utiliser le débit qu'il a souscrit à toute heure du jour ou de la nuit. L'organisme de gestion du réseau vend l'eau sur la base des débits souscrits à l'irrigant et les volumes effectivement prélevés. Ce pendant le débit affecté à une prise sera supérieur au débit fictif continu. De là, un limiteur de débit, monté sur chaque prise d'irrigation, qui va interdire le dépassement du débit souscrit est indispensable. La pression à assurer à l'amont du réseau collectif est généralement de l'ordre de 3.5 à 4.5 bars, correspondant à une irrigation avec asperseurs à moyenne pression.

VI.2.2. Distribution au tour d'arrosage :

Elle est inspirée du mode de desserte spécifique des réseaux d'irrigation de surface avec réseau collectif constitué de canaux à ciel ouvert dont le débit transité par chaque tertiaire correspond au module d'irrigation et cela successivement pour tous les îlots dépendant de ce tertiaire, l'analogie des systèmes de distribution sous pression au réseaux de surfaces c'est traduite par deux modalités de fonctionnement.

VI. 3 Tour d'arrosage à la borne :

Chacune des bornes représentant le tertiaire dans le réseau de surface, reçoit un débit correspondant au débit fictif continu ce qui constitue alors le module d'irrigation qui est utilisé successivement par les différentes prises de la borne.

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI.3.1. Tour d'arrosage au niveau de l'antenne :

Dans le cas des petites propriétés, les modules disponibles en appliquant la modalité précédente pourront être trop faibles. On peut alors songer à regrouper plusieurs bornes sur une antenne donnée. Le débit fictif continu relatif aux superficies irriguées desservies par cette antenne constituera le module d'irrigation successivement délivré aux différentes prises de l'antenne, ce principe d'organisation correspond à un tour d'eau à module variable, ou l'antenne joue le même rôle que le tertiaire de l'irrigation de surface.

VI.3.2. Choix du mode de distribution :

Bien que le débit à desservir dans le mode de distribution à la demande soit supérieur au débit fictif continu, ce qui engendre un coût d'investissement relativement supérieur à celui du mode de distribution au tour d'arrosage, n'entraîne pas de sujétions de la part de l'irrigant (nombre d'heurs d'irrigation fixe à l'avance avec liberté d'utilisation permettant même les interventions de nuit). De là, et sur tout dans notre pays ou Les campagnes de sensibilisation des agriculteurs sont presque existantes.

VI.4 calcul des débits des tronçons :

Tableau VI.1: les débits des traçons pour la section S2

Culture	S _{ii}	surface H	q _{sp} l/s/h	Q _{tran} m ³ /s
Olivier	S21	21,43	1,41	30,22
	S22	12,91	1,41	18,20
Pécher	S23	6,67	1,41	9,40
Sorgho	S24	2,56	1,41	3,62
Olivier	S25	2,43	1,41	3,43
Tomate	S26	2,20	1,41	3,11
Tomate	S27	1,37	1,41	1,93
Carotte	S28	1,07	1,41	1,51

Tableau VI.2 les débits des traçons pour le secteur 1

Culture	S _{ii}	surface H	q _{sp} l/s/h	Q _{tran} m ³ /s
ORANGE	S11	33,21	1,41	46,82
	S12	15,29	1,41	21,56
P .TERRE	S13	14,84	1,41	20,92

VI.5 Optimisation des diamètres des canalisations du réseau collectif de distribution :

Ayant déterminé les débits de pointe à transiter. On est amené à calculer les diamètres des canalisations satisfaisant aux conditions techniques et donnant le coût minimum. Pour ce faire, on doit disposer des données suivantes :

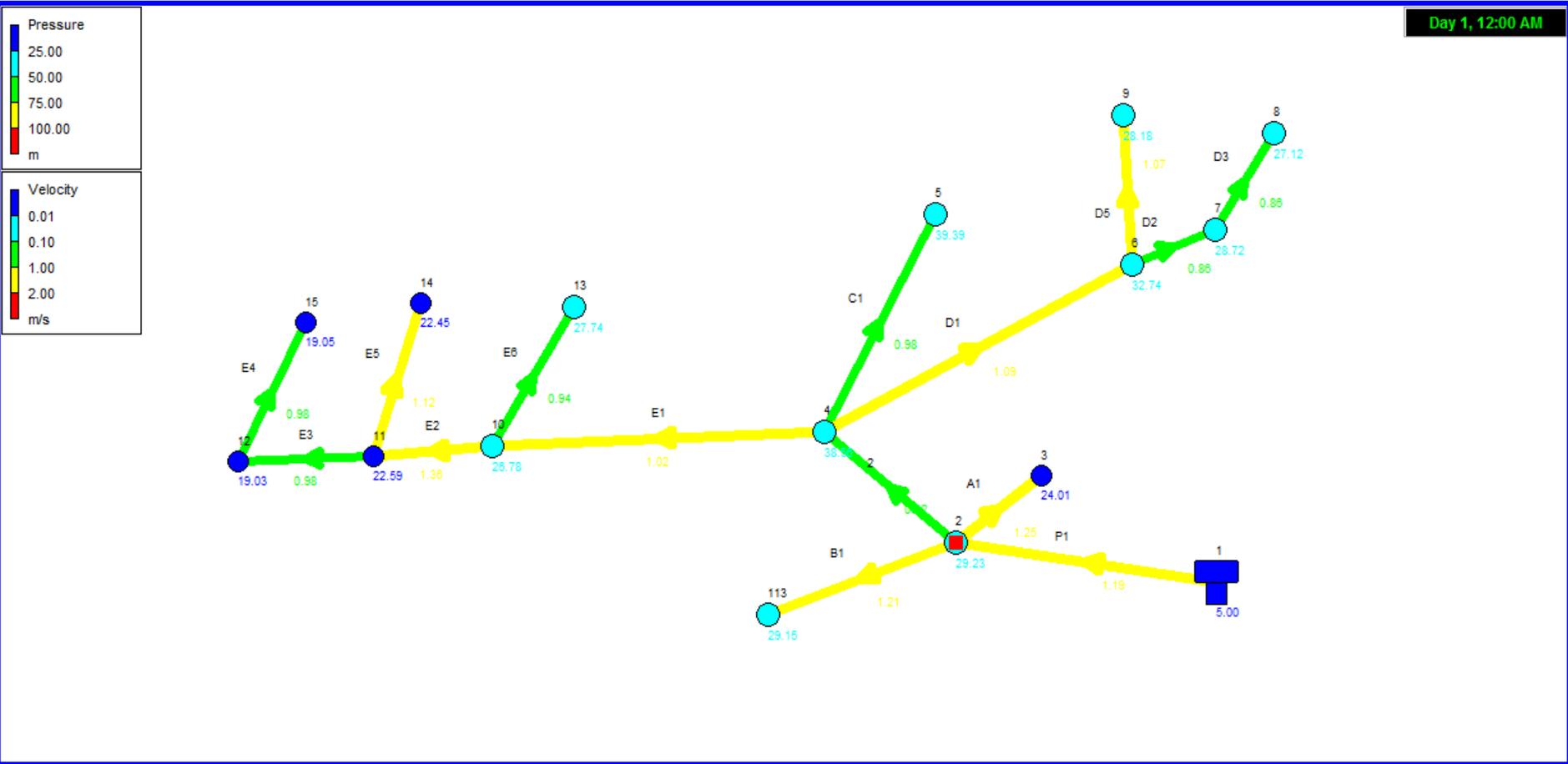
- Tracé du réseau, donc longueur de chaque tronçon.
- Débit à transiter pour chaque tronçon.
- Conditions aux limites aval, c à d côtes piézométriques minimum à assurer.
- Condition à la limite amont, côte piézométriques disponible à l'entrée du réseau.
- Vitesse minimum et maximum admises dans les tuyaux.

Schéma du réseau :

Pour notre travail on a utilisé le logiciel EPANET

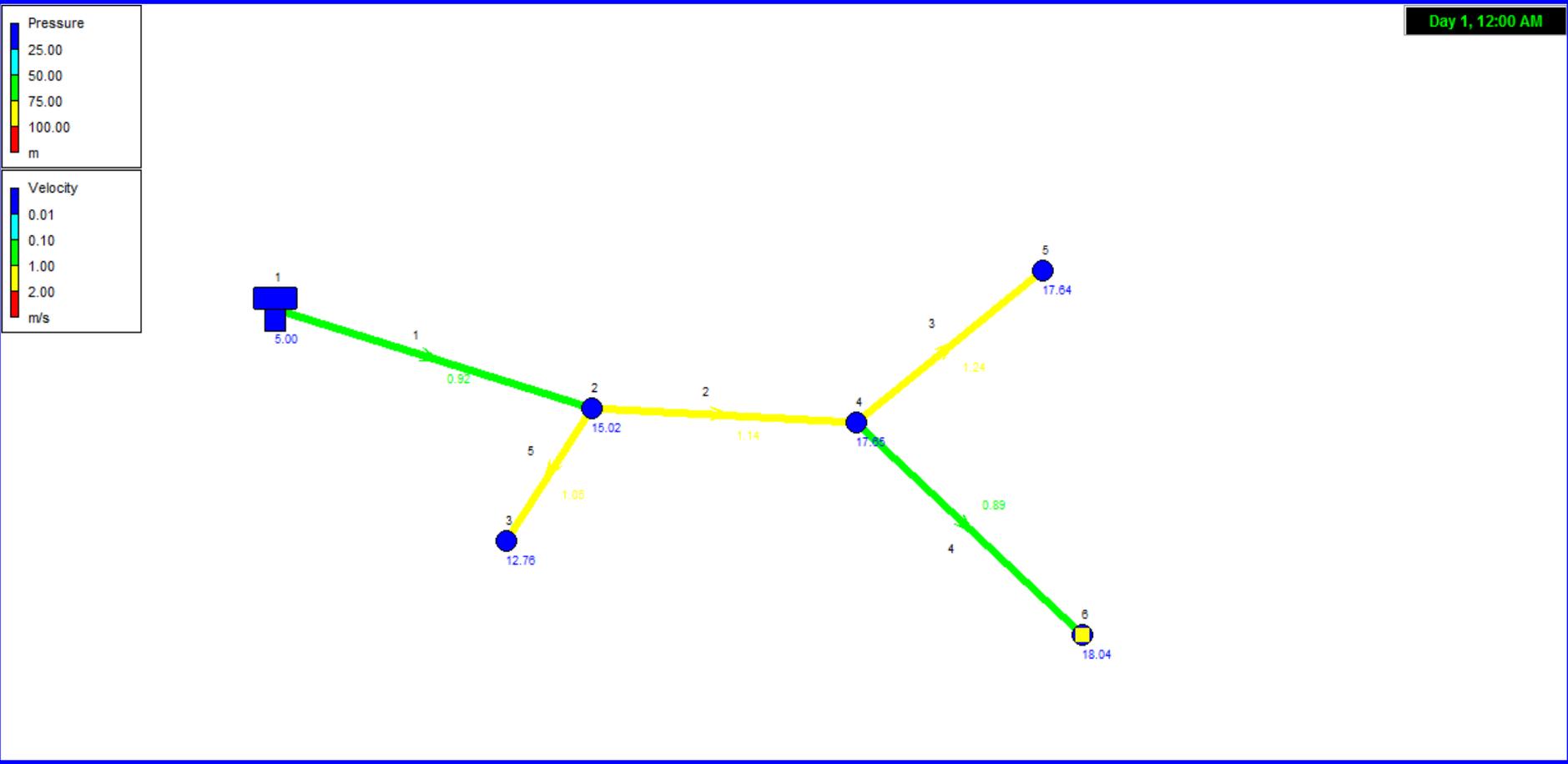
Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

Figure n VI. 1 : Schémas donner le logiciel EPANET section 2 :



Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

Figure n VI .2 : Schémas donner le logiciel EPANET secteur1 :



Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI.5.1 Les pressions :

La pression à assurer à l'amont du réseau collectif est généralement de l'ordre de 1.5 à 4.5 bars, correspondant à une irrigation avec goutte à goutte et gravitaire.

Tableau VI. 3: état des Nœuds du Réseau secteur 2 :

Nœud	Elévation	Demande de Base	Pression
	m	l/s	m
Nœud 2	912	0	29.23
Nœud 3	916.5	30.43	24.01
Nœud 4	902	0	38.56
Nœud 5	900.8	9.34	39.39
Nœud 6	904	0	32.74
Nœud 7	906.5	0	28.72
Nœud 8	907.5	1.95	27.12
Nœud 9	907	1.52	28.18
Nœud 10	908.2	0	26.78
Nœud 11	908.8	0	22.59
Nœud 12	909.9	0	19.03
Nœud 15	908.5	3.124	19.05
Nœud 14	908.2	3.58	22.45
Nœud 13	906.5	3	27.74
Nœud 113	910	18.91	29.15
Réservoir 1	937	#N/A	5.00

Tableau VI.4: état des Nœuds du Réseau secteur 1 :

Nœud	Elévation	demande De base	Pression
	m	l/s	m
Nœud 2	915	0	15.02
Nœud 3	916.5	21.07	13.04
Nœud 4	912	0	17.65
Nœud 5	911.8	47.16	17.64
Nœud 6	911.5	21.71	18.04
Réservoir 1	926	#N/A	5.00

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI.5.2 Les vitesses :

La fixation d'un seuil minimum de vitesse admissible dans les conduites, ne correspond pas véritablement à un impératif technique et n'a pour objectif, que l'introduction d'un seuil raisonnable de diamètre maximum envisagé, pour transiter un débit donné .Ceci nous permettra d'accélérer le calcul d'optimisation. Par contre, la fixation d'un seuil maximum de vitesse tolérée correspond à un compromis entre :

- La recherche d'économisée le coût d'investissement.
- Les risqué de corrosion.

En général dans le projet d'irrigation on prend la vitesse entre (0,5-2) m/s.

Tableau VI.5: état des Arcs du Réseau section 2

Conduite	Longueur	Diamètre	La rugosité	Débit de tronçon	Vitesse
Les Unité	m	mm	mm	l/s	m/s
Conduite C1	46.9286	110.2	0.01	9.34	0.98
Conduite P1	204.5126	277.6	0.01	71.85	1.19
Conduite A1	100	176.2	0.01	30.43	1.25
Conduite 2	161	176.2	0.01	22.51	0.92
Conduite D1	201.9850	63.8	0.01	3.47	1.09
Conduite D2	97.5	53.6	0.01	1.95	0.86
Conduite D5	51.4493	42.6	0.01	-1.52	1.07
Conduite D3	38.232	53.6	0.01	-1.95	0.86
Conduite E1	645.1761	110.2	0.01	9.70	1.02
Conduite E6	50.8054	63.8	0.01	3.00	0.94
Conduite E2	163.40	79.2	0.01	6.70	1.36
Conduite E5	37.2208	63.8	0.01	3.58	1.12
Conduite E3	157.224	63.8	0.01	3.12	0.98
Conduite E4	87.7864	63.8	0.01	3.12	0.98
Conduite B1	235.49	141	0.01	18.91	1.21

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

Tableau VI.6 : état des Arcs du réseau section 1 :

Conduite	Longueur	Diamètre	La rugosité	Débit de tronçon	Vitesse
Conduite ID	m	mm	mm	l/s	m/s
Conduite 5	548.2	352.6	0.01	0.92	548.2
Conduite 2	131.46	176.2	0.01	0.86	131.46
Conduite 3	106.35	277.6	0.01	1.14	106.35
Conduite 4	38.35	220.4	0.01	1.24	38.35
Conduite 1	27.3146	176.2	0.01	0.89	27.3146

VI .6 dimensionnement du réseau de distributions :

VI .6 .1 Calcul de pertes de charge :

On utilise la loi de perte de charge établie par LECHAPT et CALMON.

$$J = \frac{L \times Q^M \times C}{D^N}$$

Avec :

J= Pertes de charge en (mm/m).

Q= Débit du tronçon m³/s.

L, M et N : Constantes dépendantes de la rugosité absolue « K » des canalisations.

C : Coefficient de majoration tenant comptes des pertes de charges singulières.

Pour LE PEHD P N10

Tableau VI.7 : Les paramètres de perte de charge

K (mm)	L	M	N
0,1	1,2	1,89	5,01
0,5	1,4	1,96	5,19
1	1,6	1,975	5,25

Pour une conduite en fonte/PEHD, on a les caractéristiques suivantes : La rugosité équivalente K=0.1 mm, L=1,2 M=1,89 N=5,01 Nous avons estimé la vitesse dans la conduite égale à 1.1 m/s.

VI .6 .2 Le calcul hydraulique du réseau:

Le calcul hydraulique du réseau de distribution présenté dans le tableau

Tableau VI.8 et Tableau VI.9: dimensionnent de réseau ramifier secteur é respectivement suivant :

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

Tableau VI.8 : Dimensionnement de réseau ramifié section 2

tronçon	Surface cumul	Débit l/s	D _{CAL} mm	D _N mm	V _{pp} m/s	V _{cal} m/s	Longueur m	Perte de charge m		Cote piézomètre m		Cote du T.N m		Charge statique m	
								Linéaire	Totale	amant	aval	amant	aval	amant	aval
S2(R-2)	50,65	71,97	288,63	277,60	1,10	1,19	204,51	4,68	0,96	942,00	941,04	937,00	912,00	5,00	29,04
S2 (113-2)	12,91	18,34	145,70	141,00	1,10	1,17	235,49	10,51	2,48	941,04	938,57	912,00	910,00	29,04	28,57
S2 (3-2)	21,43	30,46	187,76	176,20	1,10	1,25	100,00	8,98	0,90	941,04	940,15	912,00	916,50	24,54	23,65
S2 (4-2)	16,31	23,17	163,78	176,20	1,10	0,95	161,00	5,35	0,86	941,04	940,18	912,00	902,00	29,04	38,18
S2 (4-6)	2,44	3,47	63,35	63,80	1,10	1,0846	201,99	23,98	4,84	940,18	935,34	902,00	904,00	38,18	31,34
S2 (9-6)	1,07	1,52	41,93	42,60	1,10	1,07	51,45	38,13	1,96	935,34	933,38	904,00	907,00	31,34	26,38
S2 (6-7)	1,37	1,95	47,49	53,60	1,10	0,86	97,50	19,31	1,88	935,34	933,46	904,00	906,50	31,34	26,96
S2 (8-7)	1,37	1,95	47,49	53,60	1,10	0,86	38,23	19,31	0,74	933,46	932,72	906,50	907,50	26,96	25,22
S2 (5-4)	6,67	9,47	104,71	110,20	1,10	0,99	46,93	10,37	0,49	940,18	939,70	906,50	907,50	33,68	32,20
S2 (10-4)	7,20	10,23	108,84	110,20	1,10	1,07	645,18	12,00	7,74	940,18	932,44	902,00	908,20	38,18	24,24
S2 (13-10)	2,43	3,46	63,28	63,80	1,10	1,08	50,81	23,87	1,21	932,44	931,23	908,20	908,50	24,24	22,73
S2 (11-10)	4,77	6,77	88,55	79,20	1,10	1,38	163,40	28,79	4,70	932,44	927,74	908,20	908,80	24,24	18,94
S2 (14-11)	2,56	3,64	64,95	63,80	1,10	1,14	37,22	26,35	0,98	927,74	926,76	908,80	912,00	18,94	14,76
S2 (12-11)	2,20	3,13	60,19	63,80	1,10	0,98	157,22	19,76	3,11	927,74	924,63	908,80	909,90	18,94	14,73
S2 (15-12)	2,20	3,13	60,19	63,80	1,10	0,98	87,79	19,76	1,74	924,63	922,90	909,90	906,50	14,73	16,40

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

Tableau VI.9 Dimensionnement de réseau ramifié section 1 :

tronçon	Surface cumul	Débit l/s	D _{CAL} mm	D _N mm	V _{pp} m/s	V _{cal} m/s	Longueur m	Perte de charge m		Cote piézomètre m		Cote du T.N m		Charge statique m	
								Linéaire	Totale	amant	aval	amant	aval	amant	aval
S1(R-2)	63,34	89,94	322,65	352,60	1,10	0,92	548,20	2,15	1,18	931,00	929,82	926,00	915,00	5,00	14,82
S1 (2-3)	14,84	21,07	156,17	176,20	1,10	0,86	131,46	4,47	0,59	929,82	929,23	915,00	916,50	14,82	12,73
S1 (2-4)	48,50	68,87	282,34	277,60	1,10	1,14	106,35	4,30	0,46	929,82	929,36	915,00	912,00	14,82	17,36
S1 (4-6)	15,29	21,71	158,53	176,20	1,10	0,89	27,3146	4,73	0,13	929,36	929,23	912,00	911,50	17,36	17,73
S1 (4-5)	33,21	47,16	233,63	220,40	1,10	1,24	38,35	6,68	0,26	929,36	929,11	912,00	911,80	17,56	17,31

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI .7 Les équipements du réseau de distribution :

VI .7.1 Les conduits de distribution :

La nature des conduites d'adduction est choisie en fonction des contraintes d'utilisation (principalement la pression) et de leur disponibilité dans le marché national. De là que :

Les conduites en béton précontraint à emboîtement ont été choisies pour les diamètres supérieurs ou égaux à 600mm. Elles sont durables, résistent bien aux efforts extérieurs, leur coefficient d'écoulement hydraulique est bon et ne se modifie pas sensiblement avec le temps. Et elles ont une étanchéité satisfaisante.

Les conduites en amiante ciment seront utilisées pour les diamètres inférieurs ou égaux à 500mm, leur constitution est faite à base d'un matériau comprenant un mélange d'amiante en fibre diffuse dans du ciment artificiel. Elles ont des parois très lisses, donc un bon coefficient hydraulique qui s'altère peu avec le temps. Leur pose est facile et on les assemble en général avec des joints type (Girault), et en joint type (Univit).

Les conduites en acier revêtu intérieurement en ciment et protégé extérieurement contre la corrosion pour les traversées des oueds. Leurs qualités principales sont leur étanchéité, leur bon coefficient d'écoulement hydraulique qui varie peu avec le temps, leur souplesse, leur résistance homogène ; c'est ces deux dernières qualités qui rendent ces canalisations aptes au franchissement d'obstacles.

VI .7.2 les équipements de contrôle des conduites :

VI .7.2.1 Les vannes :

Leur utilité dans les réseaux d'irrigation est d'isoler les appareils placés en dérivation sur le réseau (ventouses, clapet d'entrée d'air, soupapes de décharge...), de réaliser les ouvrages de vidange des conduites et d'isoler des parties du réseau sur lesquelles il sera possible d'intervenir (réparation ou réalisation d'un piquage) sans faire arrêter complètement le réseau d'irrigation.

Pour bien équiper notre réseau, conformément aux normes, tout groupe de dizaine de bornes sera équipé d'une vanne de sectionnement en tête. Il en sera de même pour toute borne isolée qui sera dotée d'une vanne de sectionnement en tête, sauf dans le cas où la canalisation reliant la conduite secondaire à la borne est inférieure à 50m la vanne sera placée près de la borne.

Pour le sectionnement des conduites ; on utilise deux types de vannes, vanne à opercule à cage ronde pour les diamètres supérieurs à 300mm et des vannes à papillon pour les diamètres plus importants.

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI .7.3 Protection anti- bélier :

La protection anti-bélier est assurée par plusieurs appareils conçus pour contrecarrer le coup de bélier selon son origine.

VI .7.3.1 Le ballon hydro pneumatique :

Le ballon hydro pneumatique est utilisé quand l'origine du coup de bélier est la disjonction à la station de pompage lorsque celle-ci refoule directement dans le réseau.

VI .7.3.2 Les ventouses :

Les ventouses sont utilisées pour le dégazage des conduites en service, l'évacuation de l'air lors du remplissage et l'entrée d'air lors de la vidange. Ce qui peut remédier au coup de bélier engendré par les surpressions ayant naissance, en fin de purge, à l'annulation brutale de la vitesse de l'eau qui s'écoulait pour se substituer à l'air purgé, ou encore lors de l'évacuation d'air qui se produit de manière accidentelle à l'ouverture de la vanne de garde d'une borne alors qu'une poche d'air s'était accumulée.

Le principe de fonctionnement d'une ventouse est basé sur un flotteur qui obture un orifice situé au sommet de la ventouse, si de l'air s'accumule dans le corps de la ventouse, le flotteur descend et libère l'orifice jusqu'à expulsion complète de l'air accumulé.

Les ventouses sont placées aux points hauts des adductions et systématiquement entre deux vannes. Elles sont choisies directement en fonction du diamètre de la conduite. Ce qui est montré dans le tableau suivant :

Diamètre de la conduite	Type de ventouse
$D < 500$ mm	D = 80mm
$500 < D < 1200$	D= 100mm

VI .7.3.3 Soupapes de décharge anti-bélier :

Sont utilisées pour contrecarrer les coups de bélier ayant pour origine les fermetures des vannes (vanne de garde des bornes, vannes de sectionnement et de vidange), ce qui engendre des surpressions. Les soupapes de décharge sont constituées d'un orifice relié à la conduite à protéger et obturé par un organe mobile (la soupape) sur lequel s'exerce deux forces, une due à la pression de l'eau s'exerçant sur l'une des faces, l'autre à une force antagoniste due à un ressort taré sur l'autre face. Lorsque la pression de la conduite dépasse la valeur de réglage de l'appareil, la soupape s'ouvre et évacue une partie du débit de la conduite en faisant ainsi chuter la pression.

Chapitre VI : dimensionnement du réseau de distribution

VI .7.4 Les bornes d'irrigation :

La borne d'arrosage constitue un appareil compact, plus particulièrement étudié pour les réseaux fonctionnant à la demande et cumulant plusieurs fonctions, l'arrêt ou mise en service de la borne, desserte à un ou plusieurs usagers disposant chacun d'une prise individuelle, régulation de la pression, limitation du débit prélevé par chaque prise à la valeur maximale affectée à l'utilisateur par conséquent comptage des volumes débités par chaque prise et en fin la protection contre le gel et ventousage

Chapitre VII

Dimensionnement les réservoirs et l'adduction

Introduction :

Dans le cadre de notre projet d'adduction, Les réservoirs de stockage représentent un élément indispensable pour un système de distribution performant. Ils servent de réserve et fournissent l'eau au réseau de distribution avec une charge utile suffisante.

Le but de ce chapitre est de déterminer les volumes de stockage nécessaires et les vérifier de telle façon à assurer le meilleur fonctionnement des réseaux.

VII.1 Les réservoir :

VII.1 .1 Fonctions des réservoirs

Les fonctions générales assurées par les réservoirs d'eau potable sont multiples, on peut citer :

- ✓ Ils servent à compenser l'écart entre l'apport d'eau (par gravité ou pompage) et la consommation.
- ✓ Ils constituent une réserve pour imprévus (rupture, panne des pompes, réparation, extension du réseau...).
- ✓ Offre la possibilité de pomper la nuit, lorsque les tarifs d'électricité sont les plus bas.
- ✓ Régularité dont le fonctionnement du pompage.les pompe refoulent à un débit constant .
- ✓ Simplification de l'exploitation.
- ✓ Régularité des pressions dans le réseau.
- ✓ Réserve incendie garantie. Une partie du volume est réservé la lutte contre l'incendie (Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement).

VII.1 .2 Classification du réservoir :

Les réservoirs sont classés selon la situation des lieux et selon leur capacité

A. D'après la situation des lieux, ils peuvent être:

- ✓ Enterrés,
- ✓ Semi-enterrés,
- ✓ Sur sol,
- ✓ Sur tour (château d'eau)

B. Selon leur capacité, les réservoirs peuvent prendre la forme :

- Rectangulaire ou carrée ;
 - Circulaire.
- Rectangulaire ou carrée :

La section rectangulaire est surtout adoptée pour les réservoirs de grande capacité supérieure à 10000 m³. Ces formes permettent une construction statique sans surprises et adaptable, une exécution solide ainsi que des agrandissements ultérieurs sans difficultés majeures.

- **Circulaire :**

La section circulaire est généralement adoptée pour les réservoirs de capacité inférieure à 10000 m³. Dans la plupart des cas, on ne réalise pas d'économies substantielles par rapport aux réservoirs rectangulaires. Les avantages sont une bonne stabilité des talus d'excavation et un moins risque de fissuration et il ya aussi un avantage sur la circulation de l'eau qui préserve la qualité de l'eau. Ce type d'exécution ne convient pas dans un terrain en pente soumis à des sollicitations dissymétriques. (A. DUPONT Paris 1979)

VII.1 .3 Hauteur d'eau dans les réservoirs :

La hauteur d'eau est essentiellement déterminer par les aspects économiques de la Construction ; tout fois, elle ne devrait pas dépasser 6m. Une hauteur supérieure complique le nettoyage du réservoir et provoque pendant l'exploitation des variations excessives de pression dans la zone de distribution.

Les valeurs indicatives suivantes peuvent être prises en considération pour les réservoirs petits et moyens.

Tableau VII.1: Hauteur d'eau du réservoir en fonction de la capacité utile.

Capacité utile (m ³)	Hauteur d'eau optimum (m)
Jusqu'a 500	3à4
500~1000	4à5
1000~5000	5à6

Dans la plupart des cas, une étude économique particulière est indiquée pour les grands réservoirs.

VII.1.4. Choix de la cote d'implantation et emplacement des réservoirs :

L'altitude du réservoir, plus précisément du radier doit se situer à un niveau supérieur à la plus haut cote piézométrique existante sur le réseau. Il faut donc évaluer la perte de charge entre le réservoir et le point défavorable à desservir. On obtient ainsi approximativement l'altitude du radier. L'alimentation du réseau de distribution est préférable se faire par gravité pour des raisons d'économies.

La topographie intervient et à une place prépondérante dans le choix de

l'emplacement, De même que la géologie, il ne faut pas oublier les extensions futures.

✚ De multiples facteurs interviennent dans la détermination du type de réservoir:

- ❖ Conditions topographiques de la région à desservir,
- ❖ Conditions hydrauliques de la distribution (volume du réservoir, pression à assurer),
- ❖ Type de décideur (maître d'ouvrage, maître d'œuvre ou exploitant).

✚ Les critères les plus souvent retenus pour les choix sont :

- ❖ Les facteurs économiques,
- ❖ La sécurité d'approvisionnement et la facilité d'exploitation,
- ❖ Les possibilités d'adaptation au réseau,

VII.1.5 Calcul de la capacité des réservoirs terminal

Pour calculer la capacité d'un réservoir on doit tenir compte des variations à l'entrée comme à la sortie, c'est-à-dire d'une part du mode d'exploitation des ouvrages situés en amont, et d'autre part de la variation de la demande. Pour notre projet, nous avons calculé les volumes du réservoir terminal et de même pour les deux bâches de reprise. La capacité du réservoir est déterminée en fonction du débit d'apport et celui de sortie augmenté éventuellement de la réserve d'incendie. Pour déterminer la capacité des réservoirs, deux (02) méthodes peuvent être appliquées pour la déterminer:

1. La méthode analytique.
2. La méthode graphique.

A-Méthode analytique :a méthode analytique consiste à calculer, pour chaque heure de la journée, le résidu dans le réservoir. Le volume de régulation sera a : a fraction horaire du débit maximum journalier (%).

$$V_R = \frac{a \cdot Q_{MAXJ}}{100} \quad (\text{VII .1})$$

$Q_{max,j}$: consommation maximale journalière (m³/j) :

a : fraction horaire du débit maximum journalier (%).

Le volume total détermine en ajoutant le volume d'incendie au volume derégulation

$$V_T = V_R + V_{inc} \quad (\text{VII .2})$$

V_T : capacité totale du réservoir (m³) ;

V_{inc} : volume d'incendie estimé à 120 m³.

B- Méthode graphique :

Cette méthode est basée sur le traçage des courbes de la consommation maximale journalière et celle caractérisant l'apport de la station de pompage; en additionnant

Chapitre VII : dimensionnement les réservoirs et l'adduction

en valeur absolue les écarts de deux extremums de la courbe de consommation par rapport à celle d'apport, on obtiendra le résidu maximal journalier.

Donc :

$$R_{\max} = |V^+| + |V^-| \quad (\%) \quad (\text{VII .3})$$

Le volume résiduel V_r est calculé selon la formule suivante :

$$V = \frac{Q_{\max} * R_{\max}}{100} \quad (\text{VII .4})$$

II.1.6. Estimation de la capacité totale du réservoir par la méthode graphique :

Le volume du réservoir terminal est calculé d'après le tableau ci-après

Tableau VII.2: Evaluation du volume résiduel du réservoir.

Heur	Apporte	Consommation	Stockage	Déstockage	Volume
(h)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1,00	0	0	0	0	0
2,00	0	0	0	0	0
3,00	5,56	5,00	0,56	0	0,56
4,00	5,56	5,00	0,56	0	1,11
5,00	5,56	5,00	0,56	0	1,67
6,00	5,56	5,00	0,56	0	2,22
7,00	5,56	5,00	0,56	0	2,78
8,00	5,56	5,00	0,56	0	3,33
9,00	5,56	5,00	0,56	0	3,89
10,00	5,56	5,00	0,56	0	4,44
11,00	5,56	5,00	0,56	0	5,00
12,00	5,56	5,00	0,56	0	5,56
13,00	5,56	5,00	0,56	0	6,11
14,00	5,56	5,00	0,56	0	6,67
15,00	5,56	5,00	0,56	0	7,22
16,00	5,56	5,00	0,56	0	7,78
17,00	5,56	5,00	0,56	0	8,33
18,00	5,56	5,00	0,56	0	8,89
19,00	5,56	5,00	0,56	0	9,44
20,00	5,56	5,00	0,56	0	10,00
21,00	0	5,00	0	5,00	5,00
22,00	0	5,00	0	5,00	0
23,00	0	0	0	0	0
24,00	0	0	0	0	0

Calcul de la capacité du deux réservoirs de terminal est :

Débit total	$Q_{\text{moy t}} \text{ (l/s)}$	163,083 l/s
Débit secteur 2	$Q_{\text{moy2}} \text{ (l/s)}$	73,145 l/s
Débit secteur 1	$Q_{\text{moy1}} \text{ (l/s)}$	89,938 l/s

$$\text{Le volume résiduel sera : } V_{R2} = \frac{10 * 73,145 * 3,6 * 24}{100} = 631,97 \text{ m}^3$$

$$\text{Le volume résiduel sera : } V_{R1} = \frac{10 * 89,938 * 3,6 * 24}{100} = 777,06 \text{ m}^3$$

La capacité totale sera respectivement :

$$V_{TR2} = 631,97 + 120 \approx 750 \text{ m}^3$$

$$V_{TR1} = 777,06 + 120 \approx 900 \text{ m}^3$$

VII.1.7. Dimensionnement des réservoirs :

a. Pour le réservoir R1 :

$$\text{On calcule la section circulaire : } V_{R1} = S_1 * H_1 \Rightarrow S = \frac{V}{H} = \frac{900}{5} = 180 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{S=180\text{m}^2}$$

D'autre part on va calculer le diamètre :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 180}{3,14}} = 15,14 \text{ m} . \text{ On majore cette valeur Donc :}$$

$$\mathbf{D=15,5 \text{ m}}$$

b. Pour le réservoir R2 :

$$\text{On calcule la section circulaire : } V_{R2} = S_2 * H_2 \Rightarrow S = \frac{V}{H} = \frac{750}{5} = 150 \text{ m}^2$$

$$\mathbf{S=150\text{m}^2}$$

D'autre part on va calculer le diamètre :

$$S = \frac{\pi D^2}{4} \Rightarrow D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 * 150}{3,14}} = 13,82 \text{ m} . \text{ On majore cette valeur Donc :}$$

$$\mathbf{D=14,0 \text{ m}}$$

VII.1.8 Équipement du réservoir

Un réservoir unique ou compartimenté doit être équipé par :

- Une conduite d'arrivée ou d'alimentation.
- Une conduite de départ ou de distribution.
- Une conduite de vidange.

- Une conduite de trop-plein.
- Un système de matérialisation de la réserve d'incendie.
- Une conduite by-pass.

A . Conduite d'arrivée :

Il existe 4 méthodes pour l'alimentation d'un réservoir à savoir :

- Arrivée par surverse.
- Arrivée par surverse noyée.
- Arrivée par le bas.
- Arrivée par le fond.

Cette conduite, de type refoulement ou gravitaire, doit arriver de préférence dans la cuve en siphon noyé ou par le bas toujours à l'opposé de la conduite de départ, pour assurer le brassage de l'eau.

L'extrémité de cette conduite est munie d'un dispositif qui obture la conduite quand le niveau atteint son maximum.

B. Conduite de départ ou de distribution

Cette conduite est placée à l'opposé de la conduite d'arrivée à quelques centimètres au-dessus du radier (15 à 20 cm) pour éviter l'entrée de matières en suspension. L'extrémité est munie d'une crépine courbée pour éviter le phénomène de vortex (pénétration de l'air dans la conduite). Cette conduite est équipée d'une vanne à survitesse permettant la fermeture rapide en cas de rupture au niveau de cette conduite.

C. Conduite de trop-plein :

Cette conduite permet d'évacuer l'excès de l'eau arrivant au réservoir en cas où une pompe ne s'arrête pas. Si le réservoir est compartimenté, chaque cuve doit avoir une conduite de trop-plein. Ces conduites de trop-plein doivent se réunir dans la chambre de manœuvre pour former un joint hydraulique évitant la pénétration de tout corps étranger. Dans certains cas, lorsque le débit d'apport est important, on a intérêt à transformer l'extrémité supérieure de cette conduite en forme d'entonnoir dimensionné (déversoir circulaire).

D. Conduite de vidange :

Elle permet la vidange du réservoir en cas de nettoyage ou de réparations. Elle est munie d'un robinet-vanne, et se raccorde généralement à la conduite de trop-plein. Le robinet-vanne doit être nettoyé après chaque vidange pour éviter le dépôt de sable (difficulté de manœuvre).

E. Conduite by-pass :

C'est un tronçon de conduite qui relie la conduite d'arrivée et la conduite de départ dans le cas d'un réservoir unique non compartimenté. Cette conduite fonctionne quand le réservoir est isolé pour son entretien.

F. Les joints d'étanchéité :

Il faudra veiller aux traversés des conduites dans le béton de la cuve (les parois ou le radier). A cet effet, un barrage devra être effectué à l'aide d'un produit plastique recouvert de mortier de ciment.

VII.1.9 Système de matérialisation de la réserve d'incendie

C'est une disposition spéciale de la tuyauterie qui permet d'interrompre l'écoulement, une fois le niveau de la réserve d'incendie atteint. Nous distinguons le système à deux prises et le système à événement.

- le système à deux prises : ce système à deux prises est rarement utilisé du fait que la réserve de sécurité n'est pas convenablement renouvelée.
- Système à événement : ce système à l'avantage renouveler constamment la réserve d'incendie. (B.SALAH)

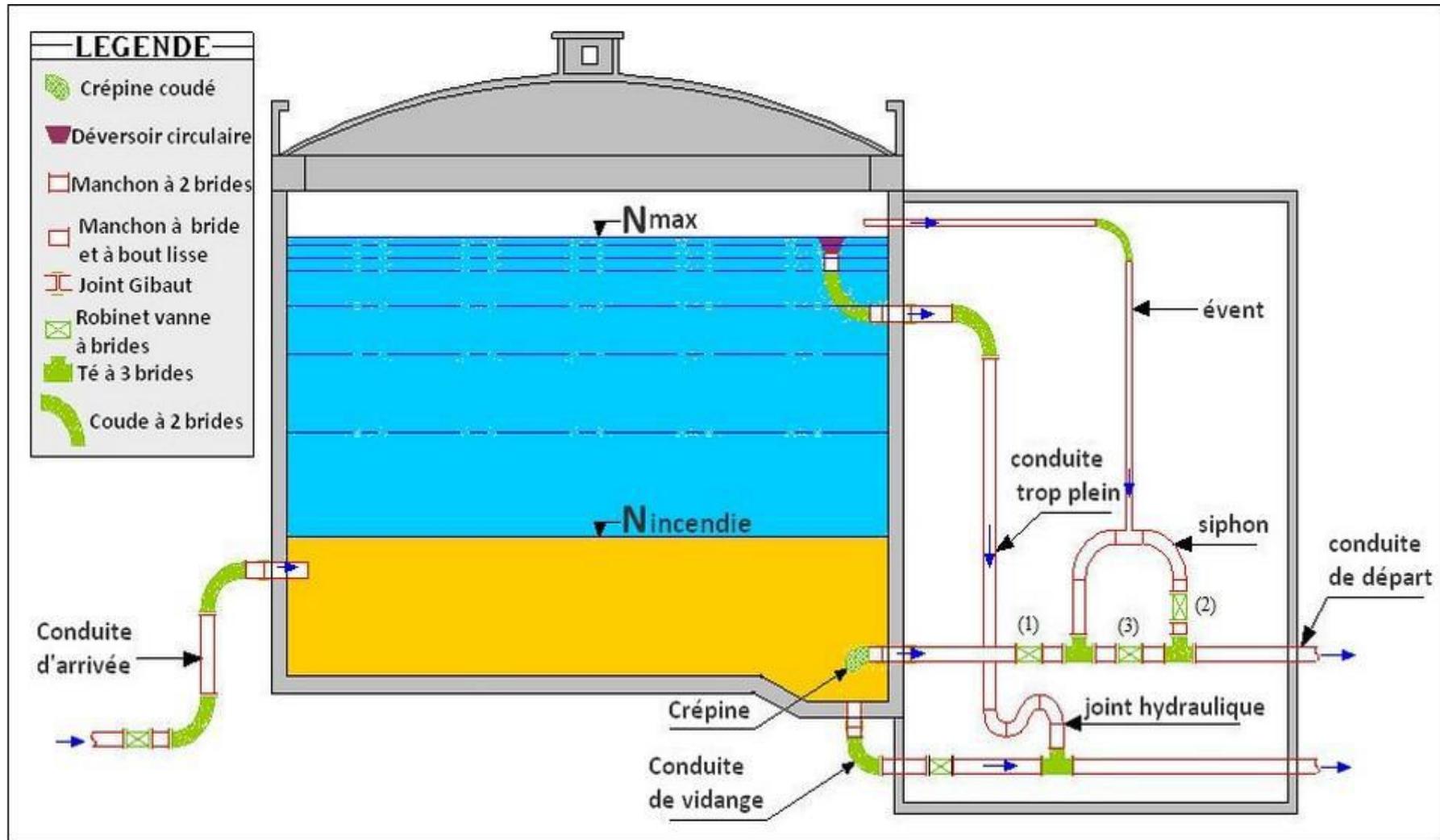


Figure III.1: Equipements des réservoirs

VII.1.10 Hygiène et sécurité des réservoirs :

- Les réservoirs doivent être protégés contre toute pollution d'origine extérieure.
- Ils doivent être protégés contre les élévations importantes de températures.
- Ils doivent être faciles d'accès et leur installation doit permettre de vérifier en tout temps leur étanchéité.
- Ils doivent être munis d'un dispositif permettant une prise d'échantillon d'eau à l'amont et à l'aval immédiat du réservoir.
- L'ensemble des matériaux constituant les réservoirs ne doit ni se désagréger ni communiquer à l'eau des saveurs ou odeurs désagréables.
- La stagnation prolongée de l'eau peut y être la cause, une vidange chaque mois en période d'été s'avère nécessaire.
- Au moins une fois par ans, les réservoirs sont vidés, nettoyés et désinfectés pour éviter toute contamination de l'eau (C.GOMELL et H.GUERREE, 1982)

VII.2 Dimensionnement de la Bâche de reprises de la station de pompage (SP) :

La bâche de reprise dans notre cas joue un rôle captage les eaux épurée de station d'épuration. Son dimensionnement est basé sur le temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge qui est généralement, estimé à un quart d'heure (15min). Le volume de la bâche de reprise est déterminé selon la formule suivante :

$Q_{\max,j}$: Débit maximal journalier total.

$$V_{\text{bâche}} = Q_{\max,j} * \frac{t}{T} \quad (\text{VII .5})$$

T : Temps de fonctionnement de la station de pompage ($T = 20h$)

t : Temps nécessaire pour maintenir la crépine en charge $t=0,25h$

$A.N$: on dimensionner par le débit total qui est égal

$$Q_{\text{moy } t} = 163,083 \text{ (l/s)} \Rightarrow Q_{\max,j} = 163,083 * 3,6 * 24 = 14090,37 \text{ m}^3/\text{j}$$

$$V_{\text{bâche}} = (14090,37 * 0,25/20) = 176,13 \text{ m}^3.$$

On prend : $V_{\text{bâche}} = 180 \text{ m}^3$

On choisi la forme rectangulaire donc pour $h= 5m$ on a $l=L=6 m$;

VII. 3 Dimensionnement de l'adduction

VII.3 .1 Choix de la variante d'adduction par pompage et l'emplacement de la station de pompage

Un projet d'alimentation en eau d'irrigation de la 1ère élévation est constitué d'une prise d'eau, une station de pompage et un bassin d'irrigation.

Ces constructions se font suivant des schémas types, de dispositions plus adéquates pour un tel type de conditions d'exploitation, 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 sismiques et les zones non stables ;
- Les lignes d'électricité doivent être placées le long de champs 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 ou 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.

VII.3 .2 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

Choix du tracé :(C.GOMELL et H.GUERREE, 1982)

Le choix du tracé de la conduite d'adduction doit tenir compte de certains impératifs que l'on doit dans la mesure du possible de respecter :

- Le tracé doit être le plus court possible entre les ouvrages.
- Des ventouses doivent être prévues au point haut pour évacuer l'air qui s'y accumule, dans un souci économique et technique, on doit donc éviter le plus possible les contrepentes, et des vidanges aux points bas pour le vidange en cas de panne.
- Il serait préférable de suivre l'accotement des routes, pour faciliter les travaux ainsi que

Chapitre VII : dimensionnement les réservoirs et l'adduction

l'acheminement du matériau.

- Pour notre projet on va garder l'ancien tracé choisie à raison de :
- Afin d'éviter les réclamations des propriétaires des terrains (la majorité des terrains sont privés).
- La majorité du linéaire des conduites de l'ancien tracé est suivant les routes
- communales Existantes.

Choix du matériau(ABRAMOV.N , 1982.)

Le choix du matériau se fait en fonction :

- Du diamètre.
- Des pressions exigées.
- Des conditions d'installation.
- Du revêtement.
- De la disponibilité sur le marché national.
- Du prix unitaire de pose de l'adduction.

La facilité d'entretien en cas de fuites.

Dans notre projet, nous avons opté pour les conduites en PEHD en raison des Avantages qu'ils présentent :

- ✓ Disponibilité sur le marché (production locale)
- ✓ Résistance à de grandes pressions (>à 20 bars)
- ✓ Facile à poser (grande flexibilité) et possibilité d'enroulement en couronnes pour les petits diamètres.
- ✓ Permet de faibles rayons de courbures aux réseaux.
- ✓ Longue durée de vie prouvée par l'expérience et les tests de vieillissement (durée de vie 50 ans à20°C.
- ✓ Bonnes caractéristiques hydrauliques (coefficient de rugosité très fiable).
- ✓ Répond parfaitement aux normes de potabilité.
- ✓ Résiste à la corrosion interne, externe et micro biologique.
- ✓ Se raccorde facilement à d'autres réseaux (fonte, acier).
- ✓ Insensible aux mouvements de terrain (tremblement de terre).

VII.3.1 Méthode de calcul des diamètres économiques :

A partir du calcul des besoins en eau on peut tirer le débit caractéristique (mois de pointe) Avec une surface de **113,98 hectare** (partie refoulement) :

Débit total	163,1	l/s
Débit secteur 2	73,145	l/s
Débit secteur 1	89,938	l/s
Cote PBE bache d'aspiration 2 :	926,00	m
Cote station de pompage :	898,00	m
Longueur Conduite de refoulement L1	987,00	m
Longueur Conduite de refoulement L2	759,00	m
$H_{g1} = (926+5)-(898+0,5)$	32,5	m
$H_{g2} = (937+5)-(898+0,5)$	43,5	m

$H_{g1,2} =$ Côte du radier de réservoir (1 respectivement 2) + 5m pour niveau max d'eau (réservoir trop plein) – Côte du niveau Minimale de la bache d'eau de la station de reprise (Côte du niveau minimale de la bache d'eau = Côte radier + 0,5 m.)

Pour le calcul des diamètres économiques des conduites de refoulement, on utilise les deux formules approchées suivantes :

$$\text{Formule de BRESS : } D = 1,5 \sqrt{Q} \quad (\text{VII .6})$$

$$\text{Formule de BONNIN : } D = \sqrt{Q} \quad (\text{VII .7})$$

Q : Débit refoulé en m³/s.

Remarque : La formule de BRESS est valable pour les petits projets (longueur de conduite < 1 Km) A partir de ces deux diamètres déterminés, on choisit une gamme de diamètres parmi lesquels on optera pour celui qui présentera les frais les moins élevés.

VII.3.2 Calcul des pertes de charge :

i. Pertes de charge linéaires :

Pour un tronçon donné, les pertes de charge linéaires dépendent de :

$$\Delta H = I * L = \lambda * \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{VII .8})$$

La longueur du tronçon L en (m).

λ : Coefficient de frottement

V : Vitesse moyenne d'écoulement en (m/s).

ΔH : Pertes de charge linéaires en (m) I: Gradient hydraulique en (m/m)

Le coefficient λ est obtenu par les formules de NIKURADZE suivantes :

$$\lambda = \left(1,14 - 0,86Ln\left(\frac{\varepsilon}{D}\right)\right)^{-2} \quad (\text{VII .9})$$

ε : Rugosité absolue de la conduite : $\varepsilon = 0,015$

ii. Pertes de charge singulières

Elles sont occasionnées par les singularités des différents accessoires de la conduite Coude, vannes, clapets. etc. elles sont estimées à 10 % des pertes de charge linéaires.

$$\Delta H_s = 0,10 * \Delta H_l \quad (\text{VII .10})$$

iii. Pertes de charge totales (ΔH_t) :

$$\Delta H_t = 1,10 * \Delta H_l \quad (\text{VII .11})$$

Ce sont la somme des pertes de charge linéaires et les pertes de charge singulières, alors

VII.3.3 Calcul de la hauteur manométrique totale Hmt :

La hauteur manométrique totale est la somme de pertes et de la hauteur géométrique.

$$HMT = H_g + \Delta H_a + \Delta H_r = H_g + \Delta H_t \quad (\text{VII .12})$$

H_g : La hauteur géométrique

ΔH_a : Pertes de charge à l'aspiration

ΔH_r : Pertes de charge au refoulement

VII.3.4 Puissance absorbée par la pompe :

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

$$P = \frac{\rho * g * Q * HMT}{\eta} \quad (\text{VII .13})$$

η : Rendement de la pompe en (%) $\eta = 80,1\%$

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

g : Pesanteur (9.81 m/s²)

ρ : Masse volumique de l'eau (1000 Kg/m³).

VI.3.5 Energie consommée par la pompe :

$$E = P * t * 365 \quad [KWh] \quad (\text{VII .15})$$

t : Temps de pompage par jour en (heure) ; dans notre cas $t = 20h$

P : Puissance de la pompe en (kW)

VII.3.6 Frais d'exploitation :

Les frais d'exploitation sont définis par la formule suivante :

$$F_{ex} = E * e \quad [DA] \quad \text{(VII .16)}$$

E : Energie consommée par la pompe en (KWh).

e : Prix unitaire d'un KWh imposé par SONEGAS. ($e=4,67DA$).

VII.3.7 Frais d'amortissement :

Les frais d'amortissement sont donnés par la formule suivante :

$$F_{am} = Prc * A \quad [DA] \quad \text{(VII .17)}$$

Prc: Prix de la conduite en (DA), voir les annexes

A : Amortissement annuel. Il est donné par la formule suivante :

$$A = \frac{i}{(1+i)^n - 1} + i \quad \text{(VII .18)}$$

i : Taux d'annuité annuel, $i = 8 \%$

n : Nombre d'années d'amortissement, $n = 30$ ans. Donc $A = 0,089$

VII.3.8 Dimensionnement de l'adduction :

Pour le secteur n°1 : Le débit refoulé par la station de pompage :

$$Q_1 = 89,938 \text{ l/s} = 7770,64 \text{ m}^3/\text{j} \text{ et } L = 987,00 \text{ m}$$

Pour un pompage de **18 h** on $Q_{ref1} = 119,92 \text{ l/s}$

VII.3.9 Calcul du diamètre économique pour la secteur 1 :

Les résultats trouvés pour le calcul du diamètre économique sont regroupés dans les tableaux suivants :

Tableau VII.3 : Calcul de la hauteur manométrique total(HMT) pour le secteur 1.

D INT (mm)	D EXT (mm)	L (m)	Débit (l/s)	λ	ΔH_{lin} (m)	ΔH_T (m)	Hg (m)	HMT (m)
96,8	110,00	987,00	119,92	0,013	1 831,57	2 106,30	32,50	2 138,80
110,2	125,00	987,00	119,92	0,013	933,71	1 073,76	32,50	1 106,26
141,0	160,00	987,00	119,92	0,012	259,62	298,56	32,50	331,06
176,2	200,00	987,00	119,92	0,012	81,68	93,93	32,50	126,43
220,4	250,00	987,00	119,92	0,011	25,59	29,43	32,50	61,93
277,6	315,00	987,00	119,92	0,011	7,74	8,90	32,50	41,40
352,6	400,00	987,00	119,92	0,010	2,24	2,58	32,50	35,08
440,6	500,00	987,00	119,92	0,010	0,71	0,82	32,50	33,32
555,2	630,00	987,00	119,92	0,009	0,21	0,25	32,50	32,75

Tableau VII.4 : Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	FRAIS	A	F _{amort} (MDA)
125	797,94	987,00	0,79	0,089	0,07
160	1 307,02	987,00	1,29	0,089	0,11
200	2 044,90	987,00	2,02	0,089	0,18
250	3 174,60	987,00	3,13	0,089	0,28
315	5 062,20	987,00	5,00	0,089	0,44
400	8 122,40	987,00	8,02	0,089	0,71
500	12 066,60	987,00	11,91	0,089	1,06
630	19 110,00	987,00	18,86	0,089	1,68

Tableau VII.5 : Calcul des frais d'exploitation.

D _{EXT} (mm)	P (K Watt)	E (KWh/an)	F _{exploit} (DA)	CUMILIE
125,00	656,04	4 789 069,94	19,97	20,76
160,00	206,60	1 508 169,65	6,29	7,58
200,00	87,96	642 099,88	2,68	4,70
250,00	50,56	369 106,19	1,54	4,67
315,00	38,66	282 231,56	1,18	6,17
400,00	35,00	255 470,83	1,07	9,08
500,00	33,97	247 995,31	1,03	12,94
630,00	33,64	245 589,35	1,02	19,89

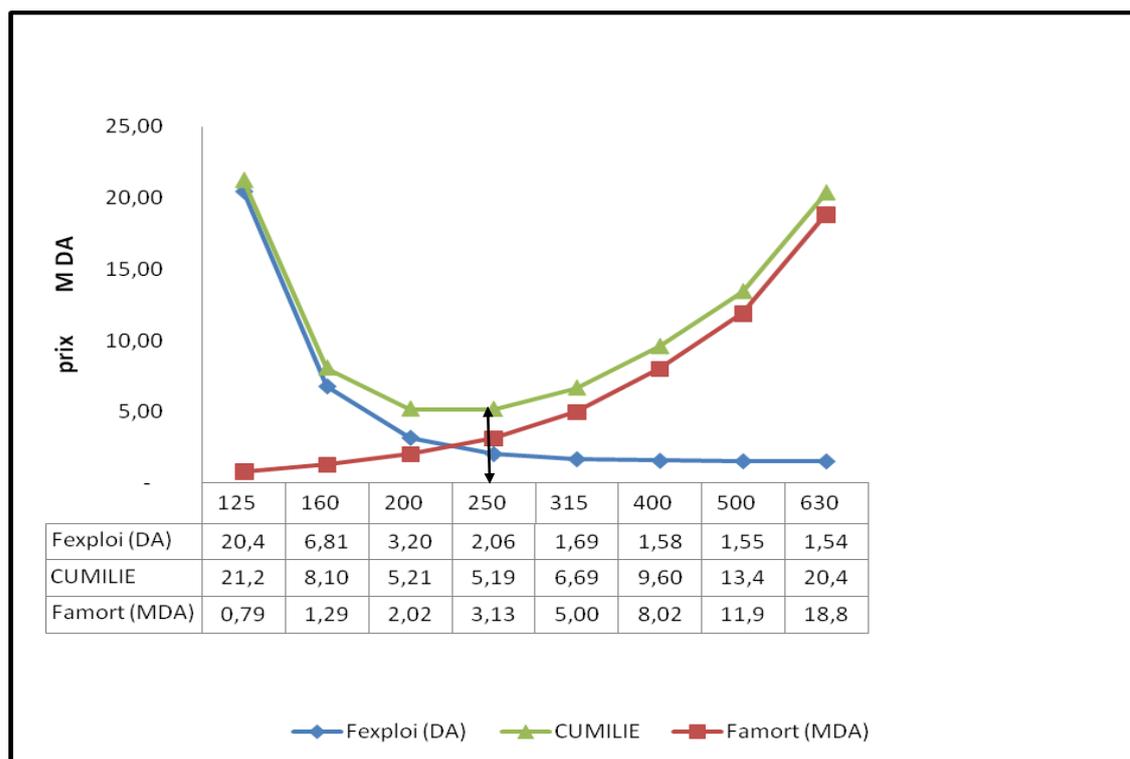


Figure VII.1 : diamètre économique pour secteur 1 :

D'après le figure ci-dessus le diamètre économie est égale $D_1=250$ mm

Pour le secteur n°2 : Le débit refoulé par la station de pompage : $Q_{re2} = 73,145$ /s = $6319,728$ m³/j

Tableau VII.6 : Calcul de la hauteur manométrique total(HMT).

D _{INT}	D _{EXT}	V	λ	ΔH _{lin}	ΔH _t	H _g	HMT
(mm)	(mm)	(m/s)		(m)	(m)	(m)	(m)
96,8	110,00	9,94	0,01326	524,00	602,60	43,50	646,10
110,2	125,00	7,67	0,01293	267,13	307,20	43,50	350,70
141,0	160,00	4,69	0,01232	74,28	85,42	43,50	128,92
176,2	200,00	3,00	0,01182	23,37	26,87	43,50	70,37
220,4	250,00	1,92	0,01134	7,32	8,42	43,50	51,92
277,6	315,00	1,21	0,01087	2,22	2,55	43,50	46,05
352,6	400,00	0,75	0,01042	0,64	0,74	43,50	44,24
440,6	500,00	0,48	0,01002	0,20	0,23	43,50	43,73

Tableau VII.7 : Calcul des frais d'amortissement.

Diamètre en (mm)	Prix de ml (DA)	L (m)	F _{amorti} (MDA)
125	797,94	759,00	0,61
160	1 307,02	759,00	0,99
200	2 044,90	759,00	1,55
250	3 174,60	759,00	2,41
315	5 062,20	759,00	3,84
400	8 122,40	759,00	6,16
500	12 066,60	759,00	9,16
630	19 110,00	759,00	14,50

Tableau VII.8 : Calcul des frais d'exploitation.

Diamètre en (mm)	P (K Watt)	E (KWh/an)	F _{exploit} (DA)	CUMILIE
125,00	293,99	2 146 110,47	8,95	9,55
160,00	108,07	788 916,53	3,29	4,28
200,00	58,99	430 653,70	1,80	3,35
250,00	43,52	317 725,74	1,32	3,73
315,00	38,60	281 788,73	1,18	5,02
400,00	37,08	270 718,75	1,13	7,29
500,00	36,66	267 626,39	1,12	10,27
630,00	36,52	266 631,13	1,11	15,62

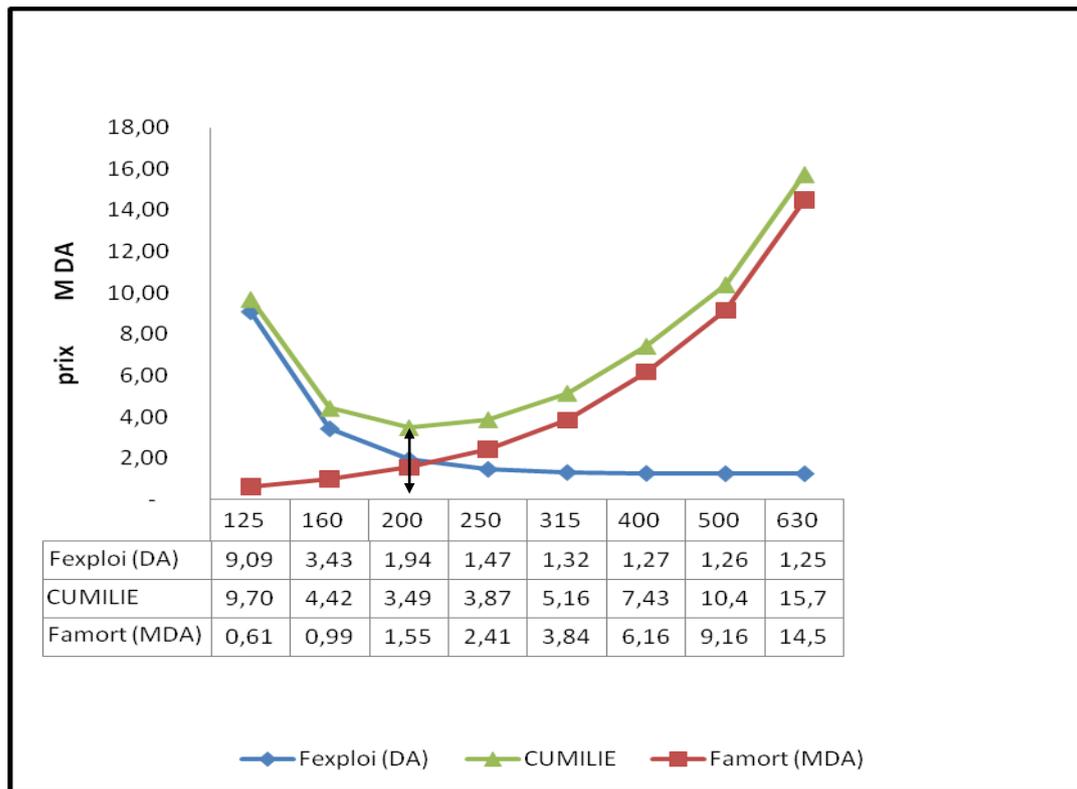


Figure VII.2 : diamètre économique pour secteur 2 :

D'après la figure ci-dessus le diamètre économique est égal $D_2=200$ mm mais on prend $D_2=250$ mm pour trois raisons :

- ✓ La première adduction de diamètre de 250 mm
- ✓ La perte diminue entre $\varnothing 200$ mm et $\varnothing 250$ mm presque de 20 mCE voir le Tableau VII.6
- ✓ Le prix cumulé presque le même entre $\varnothing 200$ mm et $\varnothing 250$ mm.

VII.4 Détermination du nombre de pompes

Notre station de pompage est dimensionnée à partir d'un deux débits max, donc il faudra choisir un nombre des pompes qui assure ces deux débits totaux égaux à ces débits maximums.

Le nombre des pompes principales repose sur le rendement, la puissance, l'encombrement....

Donc notre choix est basé sur le nombre, et le type des pompes à utiliser.

Les critères à respecter dans le choix sont :

- Nombre minimal de pompes
- Rendement plus important.

- NPSH requis minimum.
- Puissance absorbée minimale.
- Le nombre de tours par min plus important.

VII.4.1 Choix du nombre pour la pompe Centrifuge à double flux :

a/Secteur 1 :

Tableau VII.9: Variantes pour le choix du nombre de pompes secteur 1

secteur 1					
N	Q _{cal} (m ³ /s)	H _{MT} (mCE)	Pompe choisie	η (%)	P (KW)
1	89,94	49,5	PM 150/2 B	77,90%	56,5
2	44,97	49,5	MEC-AZ 2/80A	79,5	27
3	29,98	49,5	MEC-A 2/80B	78,7	20,5
4	22,48	49,5	MEC-MR 65-3/2A	80,40	15,80

Tableau VII.10: Variantes pour le choix du nombre de pompes secteur 2 :

SECTEUR 2					
N	Q _{cal} (m ³ /s)	H _{MT} (mCE)	Pompe choisie	η (%)	P (KW)
1	73,15	51,92	NC 100-200/214	80,00%	46,9
2	36,57	51,92	MEC-A 2/80A	80,5%	24,6
3	24,38	51,92	MEC-MR 80-3/2G	78,10%	18,5
4	18,29	51,92	MEC-MR 80-3/2G	77,70%	17,2

Remarque

On remarque qu'on a de bonnes rendement a celle de la variante N° 2 donc on prend une installation de deux pompes (sans prendre en considération la pompe de secours).

Tableau VII.11: Choix final de la pompe :

Secteur	N	Q _{cal} (m ³ /s)	H _{MT} (mCE)	Pompe choisie	η (%)	P (KW)
1	2	44,97	49,5	MEC-AZ 2/80A	79,5	27
2	2	36,57	51,92	MEC-A 2/80A	80,5%	24,6

VII.4.2 Les caractéristiques de chaque pompe :

A-Pompe type : MEC-AZ 2/80C

MEC-A 2/80A

Pompe

Chapitre VII : dimensionnement les réservoirs et l'adduction

- Centrifuge monocanal à axe horizontal
- Palier de base à roulements à bain d'huile
- Corps extérieur : en fonte
- Roue : en fonte
- Arbre : en acier au carbone protégé, au niveau de la garniture, par une bague d'usure interchangeable
- Garniture : à tresse, réglable à faible coefficient de frottement

Données techniques / Caractéristiques

Q	: 37,77 l/s
H	: 52,5 m
n. poles	: 2
Fréquence	: 50 Hz
Monophasé / Triphasé	: 3~
Puissance moteur P2	: 30 kW
Tension	: 400 V
Diamètre refoulement	: DN80/ PN16
Raccord d'aspiration	: DN100/ PN16

A = 1277	B = 125	C = 956	D = 189	M = 42	N = 100
G = 364	H = 530	I = 480	L = 20	O = 300	Q = 665
DNa = 100	DNm = 80	E = 175	F = 606	P = 550	

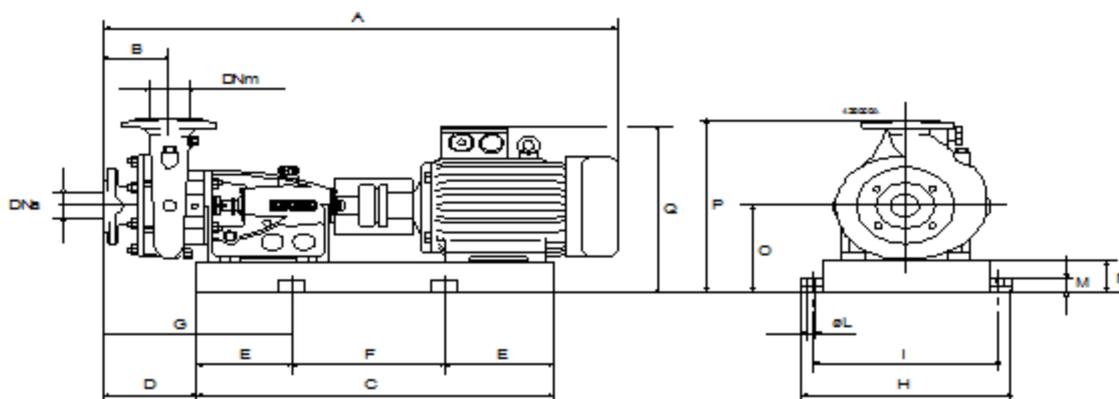


Figure VII.3 : représente les dimensionnements de la pompe MEC-AZ 2/80C

B-Pompe type : MEC-A 2/80A:

Pompe

- Centrifuge monocanal à axe horizontal
- Palier de base à roulements à bain d'huile
- Corps extérieur : en fonte
- Roue : en fonte
- Arbre : en acier au carbone protégé, au niveau de la garniture, par une bague d'usure interchangeable
- Garniture : à tresse, réglable à faible coefficient de frottement

Données techniques / Caractéristiques

Q	: 40,69 l/s
H	: 47,2 m
n. poles	: 2
Fréquence	: 50 Hz
Monophasé / Triphasé	: 3~
Puissance moteur P2	: 18,5 kW
Tension	: 400 V
Diamètre refoulement	: DN80 1,6 MPa
Raccord d'aspiration	: DN100 1,6 MPa

A = 1277	D = 189	E = 175	H = 530	M = 42	P = 550	A = 1277
B = 125	DNa = 100/PN16	F = 606	I = 480	N = 100	Q = 665	B = 125
C = 956	DNm = 80/PN16	G = 364	L = 20	O = 300		C = 956

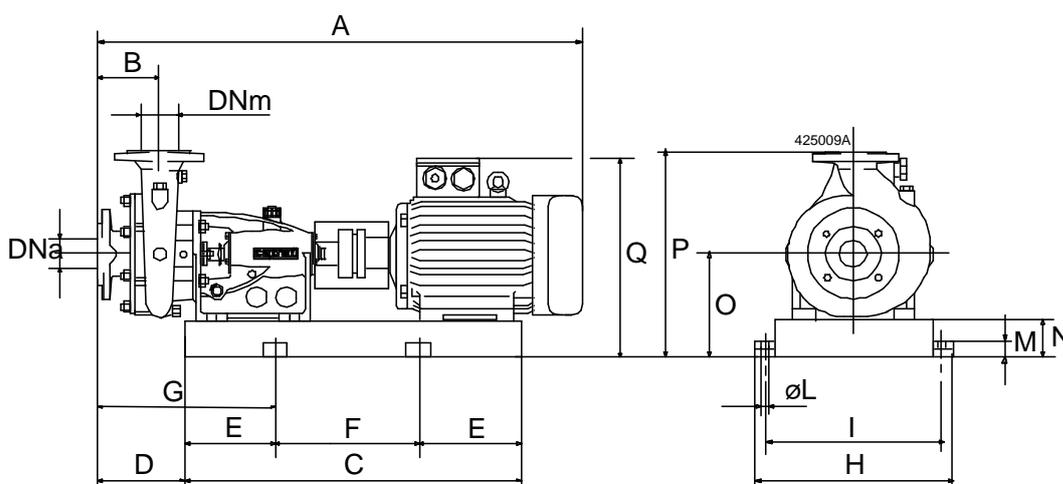


Figure VII.4 : représente les dimensionnements de la pompe MEC-A 2/80A

Conclusion

On opte pour les pompes **ITALIE** (pompes centrifuge multicellulaire pour hautes pressions à axe horizontal) de marque **CAPRARI 3.5** En plus de ses avantages techniques et mécaniques, ce type de pompe nous assure le débit et la hauteur manométrique totale appelée avec une vitesse de rotation variant (1450-3500) tr/min.

Chapitre VIII

Exemple de dimensionnement du goutteur

VIII.1 Composition d'une installation d'irrigation localisée :

VIII.1.1 point de fourniture d'eau :

Une crépine filtrante peut être nécessaire si la ressource en eau, constituée par un petit barrage (lac collinaire) ou un cours d'eau, contient de la matière organique ou des particules en suspension, mais non si elle est relativement propre.

VIII.1.2 L'unité de tête :

Reliée au point de fourniture d'eau elle permet de réguler la pression et le débit, de filtrer l'eau et d'y introduire des éléments fertilisants. Parfois, des régulateurs de pression et des filtres secondaires sont placés en tête des la portes rampes ou même des rampes.

Pour introduire des éléments fertilisants, on utilise le plus souvent un réservoir que l'en remplit d'engrais soluble, azote en particulier : c'est un petit récipient sous pression avec une entrée et une sortie. Une fraction du débit est dérivée de la conduite principale, envoyée dans le réservoir, s'y enrichit en engrais puis est réinjectée dans la conduite principale. Avoir un bon filtre principal est une chose primordiale dans toutes les unités de tête. Le filtre à sable (ou à gravier), avec vannes permettant un nettoyage par contre courant, est le meilleur, mais, avec de l'eau claire, un simple filtre à tamis peut suffire. Quant l'eau contient beaucoup de sable, on doit installer des filtres spéciaux, appelés déssableur, qui fonctionne suivant le principe au vortex.

VIII.1.3 la conduite principale :

C'est la conduite qui relie au point de fourniture d'eau les diverses portes rampes. Elle peut être en amiante ciment, en PVC rigide ou en acier galvanisé comme en irrigation par aspersion. Pour les petites installations, du polyéthylène haute densité peut également être utilisé.

VIII.1.4 porte rampes :

C'est la conduite qui alimente les rampes d'un seul côté ou des deux côtés. Ils peuvent être soit en polyéthylène moyenne densité (PE), soit en chlorure de polyvinyle rigide (PVC).

VIII.1.5 les rampe:

Qui sont toujours en PE_{BD} (polyéthylène basse densité), à l'exception de quelques installations où l'on a utilisé du PVC rigide de petit diamètre. Les distributeurs y sont fixés avec un espacement prédéterminé. Il existe d'autres types de rampes qui assurent à la fois le transport et la distribution de l'eau, par exemple les rampes (ou gaines) poreuses ou perforées (à simple ou double section).

VIII.1.6 les distributeurs :

Les distributeurs constituent la partie essentielle de l'installation. C'est à partir d'eux que l'eau sort, à la pression atmosphérique, en débits faibles et réguliers. Ils peuvent être des goutteurs à très faible débit (quelques l/h), dont il existe de très nombreux types différents, des ajutages ou des mini diffuseurs dont le débit est un peu plus important (quelques dizaines de l/h).

VIII.2 Dimensionnement :

Pour ce faire, on prend un flot (s29) dont les caractéristiques géométriques apparaissent dans la figure (IV.9) représentative de cet flot.

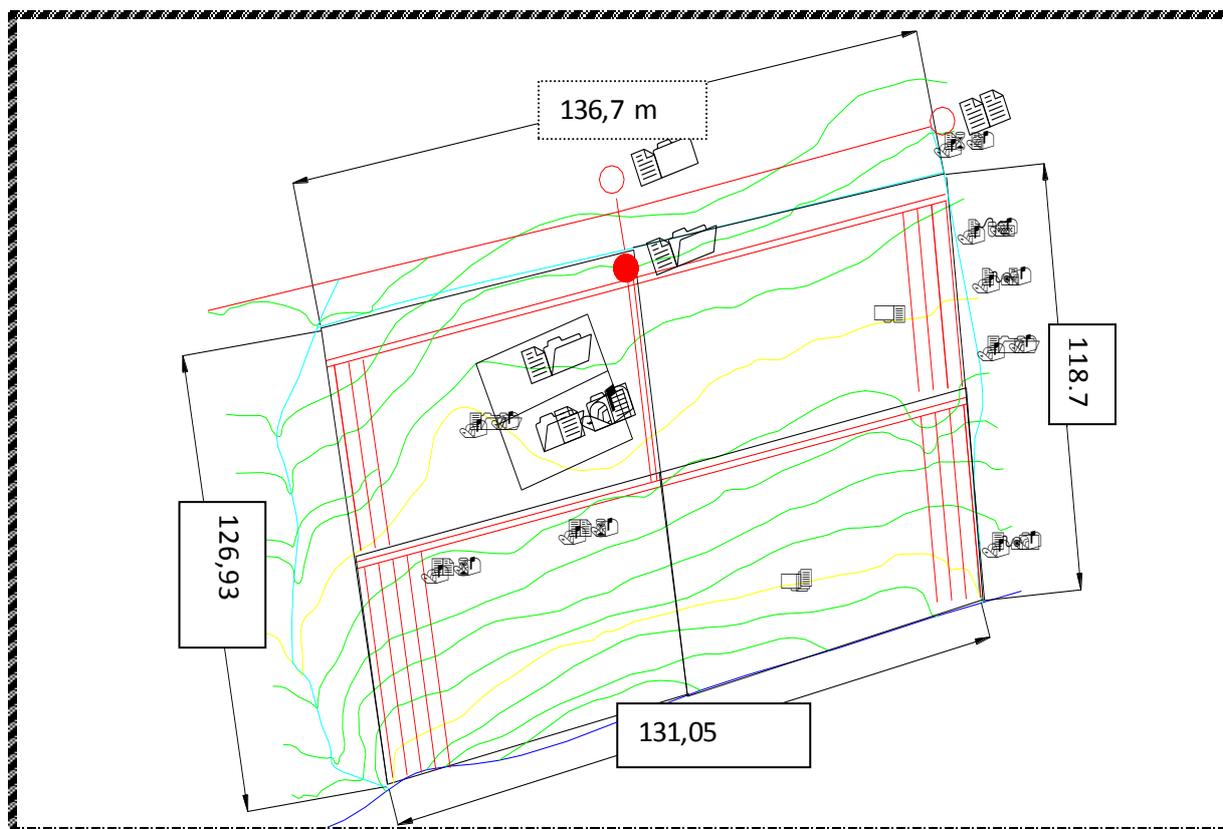


Figure (VIII.9) : îlot S₂₉

VIII.3.2.1 Les besoins en eau de l'îlot :

On rappelle que les besoins nets de pointe pour cet flot, en juillet, sont de 90.3 mm. Et la fraction de lessivage continue préconisée est de 15% pour une efficacité à la parcelle qui va être engendrée par ce mode d'irrigation est de 90%. Les besoins en eau pour l'irrigation seront de :

$$B = \frac{90.3 \times 1.15}{0.9} = 103.845 \text{ mm}$$

VIII.3.2.2 Le débit par position :

Dans le cas d'une implantation de maraîchères, on utilise le plus souvent des goutteurs de 2 l/h. et pour un pourcentage de sol humidifié $P=80\%$, on adapte, selon le tableau n°34, une disposition (E_a : écartement entre les goutteurs, E_l : écartement entre les rampes.) égale à (1, 1.5). Pour une telle disposition on a un débit par position égal à :

$$B_0 = \frac{1038.5 \cdot 10^3}{(10000 / 1.5)} = 155.81$$

VIII.3.2.3 nombre de goutteurs par position :

Pour ne pas tomber sur un débit de fonctionnement simultané de toutes les rampes supérieur au débit d'équipement de la borne déjà calculé on doit nécessairement réduire la surface à irriguer d'un seul coup. Pour ce faire, on a départagé notre flot en quatre surfaces égales les unes des autres. Et qui vont être irriguées chacune à une période égale $\frac{1}{4}$ du mois de pointe (7.5 jours).

Le nombre de goutteur par disposition sera calculé comme suit :

$$N = \frac{B_0}{d \cdot h \cdot j}$$

tel que d : débit du goutteur utilisé

h : nombre d'heures par jour d'irrigation.

J : nombre de jours d'irrigation par mois.

$$N = \frac{155.8}{2 \cdot 11 \cdot 7.5} = 0.95 \approx 1 \text{ goutteur.}$$

VIII.3.2.4 l'apport du mois de pointe par position :

L'apport du mois de pointe par position sera de :

$A = \text{débit d'1 goutteur} \times \text{nombre de goutteur/position} \times \text{nombre d'heures} \times \text{nombre de jours/mois}$

$$A = 2 \times 1 \times 11 \times 7.5 = 165 \text{ l. soit } 109\% \text{ de la demande.}$$

VII.3.2.5 le diamètre et longueur de la rampe :

La pente moyenne longitudinale de la parcelle est de 6%, pour cette pente CEMAGREF (centre national du machinisme agricole du génie rural des eaux et des forêts français) recommande les longueurs maximales pour une rampe de diamètre 17-20mm et des goutteurs non auto régulant comme est indiqué dans le tableau ci après

Tableau VIII .1 : le diamètre et la longueur maximale de la rampe.

Longueur maximale rampe 17/20mm sous une pression de 1bars et une pente de 6%						
Débit (l/h/ml)	2	3	4	5	6	7
Exposant x						
0.5	266	197	160	136	120	107
0.6	252	186	151	128	128	101
0.7	240	180	145	124	124	97

On choisit les goutteurs non auto régulant caractérisés par l'exposant $x=0.5$ parce qu'il est le plus tolérant aux variations de pression.

La longueur maximale de la rampe porte goutteurs est de 135m.

VIII.3.2.6 le nombre de poste par rampe : Le nombre de poste par rampe est :

$N_a = \text{longueur maximale de la rampe} / \text{écartement entre goutteurs}$.

$$N_a = \frac{135}{1} = 135 \text{ Goutteur.}$$

VIII.3.2.7 le débit par mètre linéaire :

Le débit par mètre linéaire de rampe est :

$$Q_{ml} = \frac{135 \cdot 2 \cdot 1}{135} = 2 \text{ l/h.}$$

VIII.3.2.8 le nombre de rampe :

Le nombre de rampe est :

$$N_a = \frac{\text{Surface de la parcelle}}{\text{Surface moyenne irriguée par une rampe}}$$

$$N_a = \frac{16406}{1.5 \cdot \left(\frac{136.7 + 131}{4} \right)} = 10.43 \quad \text{donc } 11 \text{ rampes}$$

VIII.3.2.9 le débit moyen par rampe :

Débit moyen par rampe : $Q_m = Q_{ml} \times L_m = 2 \cdot 61 = 122 \text{ l/h.}$

$$Q_m = 0.034 \text{ l/s.}$$

VIII.3.2.10 le débit de toutes les rampes:

Le débit demandé pour le fonctionnement simultané des 44 rampes est de :

$$Q = 0.037 \cdot 44 = 1,496 \text{ l/s.}$$

Le débit que nous fournit la borne est 2.33 l/s, ce débit d'équipement est calculé pour un fonctionnement de 20h/j pour 25 jours/mois d'irrigation. Ce qui est largement suffisant pour l'irrigation des 4 surfaces de l'îlot en s'organisant à irriguer chacune d'elles 11h/j pendant 7.5 jours durant le mois de pointe.

VIII.2.3.11 Calcul des diamètres des portes rampes et de la conduite principale :

Les quatre portes rampes ainsi que la conduite maîtresse véhiculent toutes le même débit $Q=1,5$ l/s.-Le diamètre de toutes ces conduites de part la condition de vitesse maximale

$$\text{est : } D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

La vitesse maximale admise est de 1.8m/s, ce qui donne

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10.57 \cdot 10^{-3}}{3.14 \cdot 1.8}} = 33.9 \text{ mm} \quad D_{\min} = 33.9 \text{ mm.}$$

1. Le diamètre de ces conduites selon la condition des vitesses économiques est : Les vitesses économiques sont comprises entre 1.25m/s et 1.5m/s. ce qui correspond à diamètres compris entre 34 mm et 42 mm.

2. 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 1 bar. Et qu'on assimile les portes rampes à des rampes cas de l'aspersion classique, la règle de Christiansen nous indique que les pertes de charges ne doivent pas dépasser 20% de la pression de service ce qui correspond à (2 m.c.e). Pour cette assimilation on doit introduire la notion de la longueur équivalente déjà vue dans le dimensionnement de l'aspersion classique.

Donc $L_e = L_r \times F_c$ tel que :

L_e : est la longueur équivalente.

L_r : la longueur réelle de la conduite.

F_c : facteur traduisant le rapport entre ces deux longueurs.

$$F_c = \frac{1}{b+1} + \frac{1}{2 \cdot 2m} + \frac{\sqrt{b-1}}{6 \cdot m^2}$$

Ce pendant on peut admettre que $F_c = 0.4$ à 10% près.

Il est évident que les conduites qui nous concernent ne vont pas engendrer les mêmes pertes de charges et par conséquent vont être étudiées séparément.

La porte rampe : borne-A et (ou) borne-B. (voir figure IV.9)

$$L_r = 219.5 \text{ m} \quad \text{donc} \quad L_e = 0.4 \cdot 61.41 = 24.563 \text{ m.}$$

La perte de charge unitaire moyenne sur ce cette conduite est de

$$i = \frac{2}{87.74} = 0.08 \text{ m/m}$$

En vu de ne pas excéder cette perte de charge le diamètre adéquat doit être supérieur

$$\text{à : } D = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot Q^2}{J}} = \sqrt[5.333]{\frac{0.00103 \cdot (1.5 \cdot 10^{-3})^2}{0.022}} = 49.16 \text{ mm}$$

Les diamètres des conduites en PEHD 10 commercialisés sont : 40 ; 50 ; 63 ; 75 mm.

Donc de part les trois conditions vitesse minimum, vitesses économiques et pertes de charges admises le diamètre le plus approprié est le 63 mm.

La conduite principale-porte rampe AC et (ou) la conduite principale-porte rampe AD : $L_{e(AC)} = 87.74 \text{ m}$; $L = 130.5 \text{ m}$;

La perte de charge unitaire moyenne sur ce trajet est de $i = \frac{2}{59.2 + 64}$

$$i = 0.016 \text{ m/m.}$$

Le diamètre qui satisfait cette condition est :

$$D = \sqrt{\frac{0.016 \cdot (1.5 \cdot 10^{-3})^2}{0.009}} = 40 \text{ mm}$$

Donc le diamètre commercial qui satisfait les trois conditions est le 50 mm.

Calcul des pertes de charge dans la rampe :

Pour chaque rampe, la perte de charge peut se calculer par la relation de Christiansen proposée en 1942 :

$$\Delta H = F \frac{K \cdot l \cdot V^m}{d^n}$$

Tel que :

F : est un coefficient de réduction qui tient compte de ce que le débit est reparti le long de la conduite (rampe) en fonction du nombre de sorties.

K_1, m, n : constantes selon la formule utilisée, pour celle de Hazen-Williams on a :

$$\Delta H = \frac{3.022 \cdot l \cdot V^{1.852}}{C^{1.852} \cdot d^{1.167}}.$$

Pour la conduite en PVC $c=150$ l'expression précédente devient :

$$\Delta H = 2.8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{l \cdot V^{1.852}}{d^{1.167}}$$

Les valeurs de F sont données dans la annexe I ; .

Chapitre VIII : Exemple de dimensionnement du goutteur

Pour notre cas on a le nombre de sortie égal à 135 donc $F=0.351$ (pour la formule de Hazen-Williams).

On a pour chaque rampe un diamètre de 17mm et un débit de 0.07 l/s. ce qui donne une vitesse de 0.94 m/s.

Pour ces valeurs la on a une perte de charge dans la rampe égale à :

$$\Delta H = 0.351 \cdot 2.8 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{135 \cdot (0.94)^{1.852}}{(0.017)^{1.167}} = 1.37m$$

Donc la perte de charge dans chaque rampe égale à 1.37m ce qui est inférieur 2m (donc à 20% de la pression de service), donc on peut dire que l'uniformité d'arrosage est conservée.

CONCLUSION GENERALE

Malgré une utilisation plus efficace de l'eau dans de nombreux pays développés, la demande en eau douce a contribué à augmenter au fur et à mesure de l'accroissement de la population mondiale et de l'activité économique. Selon certaines projections récentes, en 2020 les deux-tiers de la population mondiale connaîtront une pénurie d'eau modérée à importante, tandis qu'environ la moitié fera face à de sévères et réelles difficultés d'approvisionnement. Les conditions de pénuries sont particulièrement délicates au Moyen-Orient et en Afrique du nord, régions arides qui abritent environ 5 % de la population mondiale mais ne possèdent que 1 % des ressources d'eau douce.

La quasi-totalité des eaux douces renouvelables, comme les rivières, les lacs ou les eaux souterraines, appelées « ressources conventionnelles », à déjà été exploitée.

L'Algérie et plus particulièrement le groupement urbain de Ain taghroute est une région qui est très touchée par la rareté de la ressource en eau naturelle, c'est pourquoi nous avons pensé valoriser l'eau épurée de par sa réutilisation au lieu de la rejeter aux milieux naturels.

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.

*L'étude des conditions naturelles nous ont amenée au résultat suivant : Les valeurs obtenues de l'indice d'aridité calculée pour la station de BIR KASED ALI, pour la période considérée de 1953 à 1986 est de **15.84**. Que la région appartient au type « climat sec ou semi aride » donc l'irrigation est souvent indispensable. Selon la classification précédente par De Martonne, les mois de septembre, octobre, Novembre, décembre, janvier, février, mars, avril, mai, présentent un climat sec, les mois juin, aout présentent un climat très sec. Le mois de juillet, est se caractérise par un climat Très sec, alors que le mois de juillet devient Désertique.*

L'étude agro pédologique du périmètre de AIN TAGHROUTE est réalisée a l'échelle de 1/25000 qui donne: la zone étudiée est répartie en quatre (04) catégories la catégorie I (colore vert) et la catégorie II colore (violet) sont les plus favorables pour l'agriculture.

L'étude hydrologique nous permet de choisir la série pluviométrique annuelle qu'on doit prendre pour le calcul. Et l'analyse de l'eau d'irrigation indique que l'eau utilisée à une forte salinité, faiblement alcaline et peu de danger de toxicité au futur.

Suivant les résultats caractérisant la région, nous avons choisir les cultures adaptées avec les données climatique et agropédologiques.

La détermination des besoins en eau d'irrigation se fait à partir de la détermination de l'évapotranspiration par la méthode de Penman. Et le calcul des besoins en eau de l'arboriculture fait par la méthode du FAO (bulletin N°36).

Après la détermination des besoins en eau et les projections du système d'irrigation ; nous allons faire un calcul hydraulique pour le dimensionnement des réseaux d'irrigation dans les deux secteurs 1 et 2.

Pour le calcul des dimensions du réseau de distributions on a utilisé la loi de perte de charge établie par LECHAPT et CALMON et on a fait la simulation avec logiciel EPANET.

La meilleure technique pour l'irrigation des arbres de point de vue économique en eau est l'irrigation par goutte à goutte, avec l'utilisation des équipements qui présentent plusieurs avantages dans le domaine exploitation.

Pour conclure, nous attirons l'attention sur le fait que la réutilisation des eaux usées épurées de la région de Ain taghroute est nue notre expérience, mais devra s'étendre sur tout le reste du pays pour protéger l'environnement et économiser la ressource première qui se raréfie de plus en plus.

Référence bibliographie :

- 1) STEWART PH. (1968). - Quotient pluviothermique et dégradation biosphérique quelques réflexions. Bull. Soc, hùt. Ilat, Afr. N" Alger. 59 : 23-36,
- 2) André Musy (2005). Cours d'Hydrologie générale. Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.
- 3) Baize D., 2000 - Guide des analyses en pédologie. INRA ed., Paris, 257 pages.
- 4) Saxton KE, Rawls WJ, Romberger JS, Papendick RI (1986) Estimating Generalized Soil-Water Characteristics from Texture. Soil Science Society of America journal, 50, 1031-1036.
- 5)) DUCHAUFOR Ph., BLUM W.E.H (1997) – Abrégé de pédologie : sol, végétation, environnement. Masson DUCHAUFOR Ph., BLUM W.E.H (1997) – Abrégé de pédologie : sol, végétation, environnement. Masson C
- 6) Baize D. 1997 - Teneurs totales en éléments traces métalliques dans les sols(France). Références et stratégies d'interprétation. INRA Éditions, Paris. 410 pages.
- 7) Robert Tiercelin J., 1997. Traité d'irrigation .Tec et Doc, Paris. 1011p. 5 J.R. TIERCELIN, 1998, traité d'irrigation, 1011 pages C
- 8) PUIL Claude ; (1998). Extrait de: La réutilisation des eaux usées urbaines après épuration. Mém. D.U.E.S.S. "Eau et Environnement", D.E.P., univ. Picardie, Amiens, 62 p. www.picardie.fr.
- 9) Raschid-Sally, L. e P. Jayakody (2008). « Drivers and characteristics of wastewater agriculture in developing countries: Results from a global assessment, Colombo, Sri Lanka », IWMI Research Report 127, Colombo, Institut international de gestion de l'eau.
- 10) site FAO, 2011
- 11) [1] « Mémento du gestionnaire de l'alimentation en eau et de l'assainissement», Tome I P.205, 206, 207.
- 12) [4] A. DUPONT Paris 1979« Hydraulique urbaine », Tome II, édition Eyrolles, p.237, 350, 351, 260, 267, 268,287
- 13) [3] B.SALAH « polycopie d'Alimentation en Eau Potable», p.30a, 63, 64,72, 73,74, 75,76)
- 14) [2] C.GOMELL et H.GUERREE « La distribution d'eau dans les agglomérations de petite et moyenne importance », Edition EYROLLES, 2004, université LAVAL.
- 15) [6] ABRAMOV.N "Alimentation en eau potable" Moscou, 1982
- 16) Source bulletin FAO n°33

Annexes

Tableau VI : Tube PEHD eau potable (PN06)

Source : STPM CHIALI

Référence	Désignation	Diamètre Ex en mm	Épaisseur en mm	Diamètre Int en mm	Q en l/s pour	V= 1 m/s
					V=0,5 m/s	
110 020 201	Tube PEHD	20	2.0	16	0.10	0.20
110 020 251	Tube PEHD	25	2.0	21	0.17	0.35
110 020 321	Tube PEHD	32	2.0	28	0.31	0.62
110 020 401	Tube PEHD	40	2.0	36	0.51	1.02
110 020 501	Tube PEHD	50	2.4	45.2	0.80	1.60
110 020 631	Tube PEHD	63	3.0	57	1.28	2.55
110 020 751	Tube PEHD	75	3.6	67.8	1.81	3.61
110 060 901	Tube PEHD	90	3.5	83	2.71	5.41
110 061 101	Tube PEHD	110	4.2	101.6	4.05	8.11
110 061 251	Tube PEHD	125	4.8	115.4	5.23	10.46
110 061 601	Tube PEHD	160	6.2	147.6	8.56	17.11
110 062 001	Tube PEHD	200	7.7	184.6	13.38	26.76
110 062 501	Tube PEHD	250	9.6	230.8	20.92	41.84
110 063 151	Tube PEHD	315	12.1	290.8	33.21	66.42
110 064 001	Tube PEHD	400	15.3	369.4	53.59	107.17
110 065 001	Tube PEHD	500	19.1	461.8	83.75	167.49
110 026 301	Tube PEHD	630	33.1	563.8	124.83	249.65

Tableau VI : Tube PEHD eau potable (PN10)

Référence	Désignation	Diamètre Ext (mm)	Épaisseur (mm)	Diamètre Int (mm)	Q en l/s pour	V= 1 m/s
					V=0,5 m/s	
110 030 161	Tube PEHD	16	/	/	/	/
110 030 201	Tube PEHD	20	2.0	16	0.10	0.20
110 030 251	Tube PEHD	25	2.0	21	0.17	0.35
110 030 321	Tube PEHD	32	2.4	27.2	0.29	0.58
110 030 401	Tube PEHD	40	3.0	34	0.45	0.91
110 030 501	Tube PEHD	50	3.7	42.6	0.71	1.43
110 030 631	Tube PEHD	63	4.7	53.6	1.13	2.26
110 030 751	Tube PEHD	75	5.6		1.60	3.20
110 070 901	Tube PEHD	90	5.4	79.2	2.46	4.93
110 071 101	Tube PEHD	110	6.6	96.8	3.68	7.36
110 071 251	Tube PEHD	125	7.4	110.2	4.77	9.54
110 071 601	Tube PEHD	160	9.5	141	7.81	15.61
110 072 001	Tube PEHD	200	11.9	176.2	12.19	24.38
110 072 501	Tube PEHD	250	14.8	220.4	19.08	38.15
110 073 151	Tube PEHD	315	18.7	277.6	30.26	60.52
110 074 001	Tube PEHD	400	23.7	352.6	48.82	97.65
110 075 001	Tube PEHD	500	29.7	440.6	76.23	152.47
110 036 301	Tube PEHD	630	51.2	527.6	109.31	218.62

Coefficient culturaux (kc)

2. COEFFICIENTS CULTURAUX (Kc)

CULTURE	Stades de développement de la culture					Durée totale de la période végétative
	Initial	Développement	Mi-saison	Arrière saison	Récolte	
Bananiier						
tropical	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
subtropical	0.5-0.65	0.8-0.9	1.0-1.2	1.0-1.15	1.0-1.15	0.85-0.95
Haricot						
vert	0.3-0.4	0.65-0.75	0.95-1.05	0.9-0.95	0.85-0.95	0.85-0.9
sec	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.75	0.25-0.3	0.7-0.8
Chou	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.9-1.0	0.8-0.95	0.7-0.8
Coton	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.9	0.65-0.7	0.8-0.9
Raisin	0.35-0.55	0.6-0.8	0.7-0.9	0.6-0.8	0.55-0.7	0.55-0.75
Arachide	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.1	0.75-0.85	0.55-0.6	0.75-0.8
Maïs						
doux	0.3-0.5	0.7-0.9	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
grain	0.3-0.5*	0.7-0.85*	1.05-1.2*	0.8-0.95	0.55-0.6*	0.75-0.9*
Oignon						
sec	0.4-0.6	0.7-0.8	0.95-1.1	0.85-0.9	0.75-0.85	0.8-0.9
vert	0.4-0.6	0.6-0.75	0.95-1.05	0.95-1.05	0.95-1.05	0.65-0.8
Pois, frais	0.4-0.5	0.7-0.85	1.05-1.2	1.0-1.15	0.95-1.1	0.8-0.95
Poivron, frais	0.3-0.4	0.6-0.75	0.95-1.1	0.85-1.0	0.8-0.9	0.7-0.8
Pomme de terre	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.2	0.85-0.95	0.7-0.75	0.75-0.9
Riz	1.1-1.15	1.1-1.5	1.1-1.3	0.95-1.05	0.95-1.05	1.05-1.2
Carthame	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.65-0.7	0.2-0.25	0.65-0.7
Sorgho	0.3-0.4	0.7-0.75	1.0-1.15	0.75-0.8	0.5-0.55	0.75-0.85
Soja	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.15	0.7-0.8	0.4-0.5	0.75-0.9
Betterave sucrière	0.4-0.5	0.75-0.85	1.05-1.2	0.9-1.0	0.6-0.7	0.8-0.9
Canne à sucre	0.4-0.5	0.7-1.0	1.0-1.3	0.75-0.8	0.5-0.6	0.85-1.05
Tournesol	0.3-0.4	0.7-0.8	1.05-1.2	0.7-0.8	0.35-0.45	0.75-0.85
Tabac	0.3-0.4	0.7-0.8	1.0-1.2	0.9-1.0	0.75-0.85	0.85-0.95
Tomate	0.4-0.5	0.7-0.8	1.05-1.25	0.8-0.95	0.6-0.65	0.75-0.9
Pastèque	0.4-0.5	0.7-0.8	0.95-1.05	0.8-0.9	0.65-0.75	0.75-0.85
Rlé	0.3-0.4	0.7-0.8	0.5-1.2	0.65-0.75	0.2-0.25	0.8-0.9
Luzerne	0.3-0.4				1.05-1.2	0.85-1.05
Agrumes sarclés sans sarclage						0.65-0.75 0.85-0.9
Olivier						0.4-0.6

Premier chiffre : avec forte humidité (HRmin > 70%) et vent faible (U < 5 m/sec).
 Second chiffre : avec faible humidité (HRmin < 20%) et vent fort (> 5 m/sec).

Source: Bulletin FAO d'Irrigation et Drainage n° 33, Tableau 18.

Caractéristiques hydriques de quelques sols

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)

sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	août	annuel	
Code station : 150707													
Nom station : BIR KASDALI													
X : 709.5													
Y : 318.4													
Z : 980													
1967	105,5	2,7	114,2	103,4	45,1	22,1	46,2	24,1	10,4	18,6	16,5	22,7	531,5
1968	10,1	0	37,2	74,4	46,8	25	61	39,2	5,7	10,1	7,3	23,2	340
1969	54,9	0	114,2	0	36,9	18,6	304,7	57	53,7	30,9	41,4	21,7	734
1970	30,8	22,1	0	37,6	43,6	11,7	54,8	45,7	57	8,4	23,6	0,9	336,2
1971	7,4	7,3	77,5	42,4	109,9	31,4	51,1	52,9	51,8	25,6	1,5	0	458,8
1972	30,9	40,7	7,4	58,8	38,6	66,1	74,6	34,4	1,6	83,8	0,4	3,5	440,8
1973	57	5,7	3,1	36,4	2,3	58,5	114,1	60,5	30,3	38	0,5	4,5	410,9
1974	16,5	50,9	13	7,3	8,4	67,5	40,2	8,7	41,1	17,9	0,4	9,2	281,1
1975	50,9	3,1	47,2	36,8	12,8	60,3	50,8	122,3	128,9	25,2	34,8	13,3	586,4
1976	32,9	37,4	34,9	45,9	40,1	1,9	9,8	35,3	35,6	22,4	0	0	296,2
1977	0	14,3	78,2	6,4	41,9	18,7	22,1	67,7	35	9,8	0	5,6	299,7
1978	5,3	32,8	26,9	4,5	35,1	55,3	32,5	70	13,9	-999	-999	-999	
1979	69	20,1	19,2	5,9	32,8	20,8	59,9	37,8	53	1,5	0	1,4	321,4
1980	2,6	11,2	49,3	84,9	12,8	32,5	39,6	31,2	18,9	11,9	3,1	10,6	308,6
1981	45,7	23	4,5	59,8	112,1	33	61,5	98,8	73,4	10,5	0	5,9	528,2
1982	38,9	50,3	54,8	100,4	0	18,6	24,2	33,7	23,3	0,7	5	23	372,9
1983	0	13,9	24,8	15,7	83,5	111,6	30,3	46	24,5	10,1	0	5,4	365,8
1984	2,6	61,4	15,9	96,7	57,3	24,1	113	23,6	41,6	7,4	0	0	443,6
1985	26,5	39,4	10,6	35	31,2	30,8	91,1	22,7	16,5	27,3	0	10,9	342
1986	57	21,2	57,6	146,3	28,3	58,7	33,9	13,5	44,3	9,5	20,7	4	495
1987	0	15	43,3	19,3	1,5	7,8	17	7,6	32,1	12,7	0	1,5	157,8
1988	16,7	0	18,8	18,3	-999	4,6	8,2	61,9	4,5	30,7	11,6	10	
1989	-999	26,4	11,2	11,8	30,6	1,5	19,5	42,4	59,9	13,7	10,4	77,3	
1990	9,2	2,3	67,1	62	5	51,4	-999	34,4	68,7	7,3	1,3	-999	
1991	48,2	67	20,4	14,3	-999	29	44,6	50,3	86,9	42	94,4	0	
1992	20	22	23,9	87,4	-999	26,5	29,1	9	44,1	7,4	0	3,9	
1993	34,9	2,8	59,2	28,3	15,9	32,2	13,1	31	1,9	0	3,4	0	222,7
1994	102	66,6	4,6	15,4	77,5	33,8	54,7	32,5	3,5	30,5	3,8	0,8	425,7
1995	50,2	12,7	16,6	12,4	49,3	97,3	53,5	63,4	59,6	102,5	6,2	22,4	546,1
1996	13,8	4,1	12,5	24,9	38,1	11,8	1,7	53,2	28	12,2	6,2	19,4	225,9
1997	29	28,2	67,1	20,6	10,4	36,5	4,2	40,3	89,6	2,1	0	16,3	344,3
1998	78,8	6,8	51,9	20,1	75,2	33,6	20,2	7,7	2,3	0,7	0	9,1	306,4
1999	40,2	9,2	15,4	60	0,6	0	15,9	12,8	83,1	17,5	0	3,5	258,2
2000	11	23,3	12,9	61,9	63,1	21,5	7,2	33,8	12,4	0	0	0,3	247,4
2001	65,7	8,2	32,6	8,7	13,9	27,3	5,2	11,2	8,5	0,4	31	40,3	253
2002	0,4	25,2	152,7	76	137,7	49,8	36,7	121	34,5	35,9	4	58,6	732,5
2003	18,4	78	25,8	107,4	18,9	12,3	50,5	74	101,5	27	5,5	14,7	534
2004	62,9	34,7	67,6	117,8	43,7	59,3	4,4	70,4	1,1	16,8	6,9	7	492,6
2005	35	31,2	87,3	41,2	44,9	35,8	13,3	45,5	80,2	3,5	5,4	0	423,3
2006	88,6	2,8	15,3	53	12,8	31,7	94	66,8	34,1	46,7	-999	-999	
2007	94,5	42,7	20	10,8	4,4	41,2	58,4	25,6	89,6	4,3	33,5	36,9	461,9
2008	32	35,7	46,8	51,5	111,1	37	44,3	95,9	11,4	6,7	1,6	39,3	513,3
2009	66,1	18,4	42,8	35,1	42,6	50,8	56,3	44,9	60	5,7	7,7	33,8	464,2

	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	jun	jul	août	
Code station : 150801													
Nom station : SIDI EMBAREK													
X : 699.15													
Y : 313.8													
Z : 1011													
1967	-999	-999	-999	66,2	26,6	25,2	26,8	21,5	31,2	19,5	3,5	2,5	
1968	0	0	40,6	68,1	38,5	19,4	54,9	54	8	2,9	2,5	6,3	295,2
1969	65	97,6	32,4	28,8	37,8	12,7	57,9	71,1	30,4	0	0	0	433,7
1970	0	24	0	25,6	57,5	11,2	58	57,4	34,4	6,3	10,7	14,2	299,3
1971	10,7	2,9	72,9	44,9	99,7	-999	24,2	35,1	48,6	22,8	0	0	
1972	25,5	27,2	12,9	34,7	31	65,4	48,2	29,2	0	35,8	1	0	310,9
1973	7,2	0	4,2	34,6	0	71,7	113,8	54,8	2,3	26,3	0	0	314,9
1974	34,5	35,2	5,5	1,5	8,3	30,9	30,8	5,2	38,5	8	0	0,3	198,7
1975	14,9	0	49,9	36,4	15,3	43,1	32,4	108,9	113,5	26,5	19,6	17,1	477,6
1976	42,3	58,6	33,9	42,5	36,5	7,5	18,5	33,9	8,6	15,9	0	10,3	308,5
1977													
1978	3,9	21,4	14,2	2,7	33,7	29,2	21,1	38,1	17	35,7	0	0	217
1979	21,3	15,1	9,5	0	12,6	17,1	58,4	36,9	54,4	4,8	0	0,2	230,3
1980	5,7	7,5	43,3	81,9	13,9	41,6	24,2	31	16,6	17,1	0	15,1	297,9
1981	17,6	28,8	6,7	36,3	71	35,3	55,2	52,1	72,5	18,9	0	3,9	398,3
1982	34,1	60	80,8	-999	0	21,5	13	38,5	20,1	0	0	25,5	
1983	0	12,2	9,9	12	73,5	20,5	48,6	26,5	25	12,3	5,2	11,2	256,9
1984	1,1	73,5	15,3	55,7	59,9	19,2	52,6	15,9	41,9	0	0	0	335,1
1985	66,7	47,9	29,2	23,4	34,2	21,6	53,7	9,1	12,5	32,1	0	0,8	331,2
1986	52,5	44,3	48,7	82	29	66,6	34,7	10,9	10,9	9,5	15,3	6	410,4
1987	2,5	18,5	40,3	23,9	22,1	15,2	23,6	31,6	61,6	30,7	0	0	270
1988	17,5	2,7	33,3	88,6	6,4	14,2	22,5	72,5	3,2	30,4	1	52,5	344,8
1989	42	6,7	27,5	8,6	27	0	35,2	50,7	75,5	31,4	8	56,9	369,5
1990	-999	0	50,7	52,2	0	36,5	67	24,6	28,2	6,2	0	-999	
1991	52,7	79,2	13	12,3	37	25,2	58,9	36,5	96,6	48,3	58,4	0	518,1
1992	31,2	32,8	54,1	23,8	37,2	38,7	13,7	54,6	0	9,8	5,1	-999	
1993	40,6	1,8	79,3	29,8	12,7	45,1	12	14,3	1,2	0	3,5	1,2	241,5
1994	107,4	66,1	3,5	6,4	89,7	10,3	45,7	18,8	0	23,5	0	0	371,4
1995	47,9	31,3	12,5	20,2	56,8	75,7	33,8	55	56,1	16	0	17,5	422,8
1996	18,4	0	22,3	28,4	30,3	2,5	4,1	42,2	20,2	14,2	0	13,6	196,2
1997	30,5	29,9	60	15,5	3,7	22,7	0,6	40,1	109,9	6	0	9,7	328,6
1998	94,4	0	36	15,4	78,5	22,7	20,7	-999	2,8	22	0	0	
1999	40,4	20,2	13,4	46,7	1,3	0	12,3	3,5	69,5	15,3	0	1,8	224,4
2000	9,8	22,2	12,2	38,1	66,8	11,8	6,3	44,8	14,1	0	0	0	226,1
2001	87,6	0	13,3	1,5	16,7	22,5	12	4,3	3,9	0	3,9	28,1	193,8
2002	0	2,3	91,3	64,6	151,3	19,4	21	81,9	19,2	30	0	14	495
2003	3	70,5	-999	106,6	20,5	0	46,6	70,9	82,2	34	0	12	
2004	21	23,1	44,6	86	24	32,8	13	50,3	0	14,5	1,2	0	310,5
2005	20	29,3	53,7	25,8	15,6	15	2,8	3,5	64,1	0	0	0	229,8
2006	50	0	1,4	13,4	4,6	19,4	91,8	86,7	19,8	2,7	0	2,2	292
2007	86	34,5	14,3	0	0	16	22,5	20,5	55	0	2,5	25	276,3
2008	20	26,5	30,5	58	77,5	38	44	62	0,7	0	0	0	357,2
2009	53,4	15	32,5	43	25	52	40,5	51,7	56,5	28	0	37,5	435,1
2010	0	32	33	30	16,5	93	22	81,5	52	15,5	0	0	375,5
2011	75	38	25,5	12	0	62							

Années / Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1 967	61,47	78,24	116,91	165,61	36,62	79,90	57,91	40,12	21,30	38,70	18,80	16,20	731,78
1 968	17,10	1,40	46,50	112,70	32,80	24,10	88	60,30	5,30	20,10	6,20	3,20	417,70
1 969	41,50	124,30	34	261,10	42,10	41,40	67,20	205	40,60	8,50	0,20	0,0	865,90
1 970	10,30	37,20	0,0	61,70	57,60	17,40	59	14,50	13,50	0,0	11,10	0,60	282,90
1 971	6,90	30,10	41,90	18,80	208,50	29,40	36,20	26	119,20	27,10	0,0	0,0	544,10
1 972	47,50	78,90	10,70	158,10	174,70	241,20	80,90	49,30	0,0	43,90	0,0	0,0	885,20
1 973	37,70	33,40	5,80	132,60	7,80	155,40	271,90	79,10	50,40	18,90	2,50	0,0	795,50
1 974	2,40	47,50	25,50	16,40	33,20	112,20	84,07	25,30	43,10	6	0,60	3,20	399,47
1 975	0,0	0,0	48,70	55	3,80	108,80	121,10	110,80	67,20	14,50	70,90	0,0	600,80
1 976	11,20	137,40	134,90	90,50	106,30	5	6,30	3,80	36,90	3,50	0,0	0,0	535,80
1 977	6,90	12,73	20,52	15,33	25,79	17,63	42,82	40,12	44,01	1,20	0,0	0,56	227,60
1 978	0,0	0,0	36,90	11,50	47,50	87,40	55,30	95	10,30	2,80	0,0	0,0	346,70
1 979	73,15	30,52	51,35	12,48	38,13	36,76	98,33	70,02	48,49	0,0	1,26	4,46	464,96
1 980	74,30	24,30	54	244,10	73,20	60,80	65,90	66,60	19,60	11,70	11,60	19,40	725,50
1 981	34,10	25,20	13,30	81,80	88,20	85,60	82,10	43,90	57,20	8,40	0,0	0,0	519,80
1 982	41,40	93,40	93,80	79,10	4,50	25,40	26	27,40	59,60	0,0	9	19,50	479,10
1 983	0,0	27,40	44,10	24,40	175,60	207,50	65,80	49,50	14,30	20,01	0,0	7,10	635,71
1 984	1,30	73,10	18,10	210,70	62,50	37,90	114,80	48,80	23,90	0,0	0,0	0,0	591,10
1 985	7,20	0,0	50,50	47,30	40,90	51,50	161,80	10,50	8,60	29,90	0,0	0,0	408,20
1 986	95,10	74,40	61,80	102,30	58,70	127,80	39,80	29,10	35,30	0,0	29,60	0,0	653,90
1 987	5,70	27,50	64,50	4,70	53,60	42,20	58,20	33,10	44,10	19,40	0,0	0,0	353
1 988	0,0	0,0	46,40	217,40	44,80	51,70	53,30	82,30	6,40	29,60	0,0	17,50	549,40
1 989	34,10	24,70	39,80	6,20	45	0,0	19	69,80	62,50	0,0	25,50	0,0	326,60
1 990	21,20	0,0	91,60	117,40	24,60	62,90	70,30	30,90	51,30	3,70	15,70	1,66	491,26
1 991	92,30	70,90	18	13,10	67,80	54	49,60	112,60	85	23,20	22,30	0,0	608,80
1 992	41,80	26,50	41,70	154	46,70	33,50	34,60	28,50	36,10	6,30	0,0	0,0	449,70
1 993	47,10	16	33	78,20	37,80	80,10	10,20	40,90	0,0	0,0	0,0	3,20	346,50
1 994	74,80	56,50	3,30	44,20	137,90	39,70	96,60	22,30	9,50	73,50	0,0	14,50	572,80

1 995	22,50	10,40	18,90	26,70	98	178,50	49,30	83,20	61,60	4,50	0,60	1,40	555,60
Années / Mois	sept	oct	nov	dec	janv	fev	mars	avril	mai	juin	juil	aout	annuel
1 996	0,0	16,90	18,90	64,80	35,30	4,60	10,60	51,40	19,90	13,10	13,10	6,40	255
1 997	50,50	51,20	102,30	89	16,70	57,50	25	87	112,30	0,0	9,60	8,60	609,70
1 998	82,20	8,30	107,70	65,70	91,80	25,90	86,20	2,90	11,20	6,10	0,0	15,50	503,50
1 999	15,40	25,90	20,70	111	16,10	0,50	18,40	11,10	56,80	0,0	0,0	0,0	275,90
2 000	20,60	46,90	11,10	57,90	135,80	22,10	16,90	6,60	58,40	0,0	0,0	1,80	378,10
2 001	36,80	0,0	0,0	6,10	28,30	48,90	27,70	1,90	0,0	0,0	11,50	16,50	177,70
2 002	6,30	7,50	146,90	178,60	232,50	48,50	26,50	167,50	41,80	0,0	0,0	13,20	869,30
2 003	20,10	36,50	6,80	222,20	62,10	5,40	57,90	67,30	88,20	0,90	0,0	12,10	579,50
2 004	13,30	14,70	66,70	146	109,30	54,10	58,70	39,10	0,0	32,20	0,0	0,0	534,10
2 005	17	29,50	67,50	102,30	93,30	60,10	5,90	35,40	91,40	0,0	8,40	4,40	515,20
2 006	13	0,0	9,60	68,60	7,80	28,80	237,80	110,03	36,42	1,59	2,19	4,82	520,65
2 007	37,92	4,57	20,10	61,10	10,30	30,90	59,50	66,40	66	0,0	2,30	9,40	368,49
2 008	40,40	50,50	79,30	67,70	166,40	31,40	76,73	69,80	24,50	0,0	0,0	0,0	606,73
2 009	54	0,0	39,60	32,80	73,20	57,30	50,30	16,70	85,70	0,0	0,0	4,30	413,90
2 010	10	88	42,80	38,50	24,60	138,80	54,50	53,60	83,80	10,50	0,0	7,30	552,40
2 011	9,30	38,50	20,90	56,30	50,50	133,90	63,50	81,30	9,30	14,38	1,16	5,66	484,69
2 012	16,57	28,87	90,05	9,51	90,70	82,70	51,40	37,90	54,70	0,0	2,18	4,23	468,80

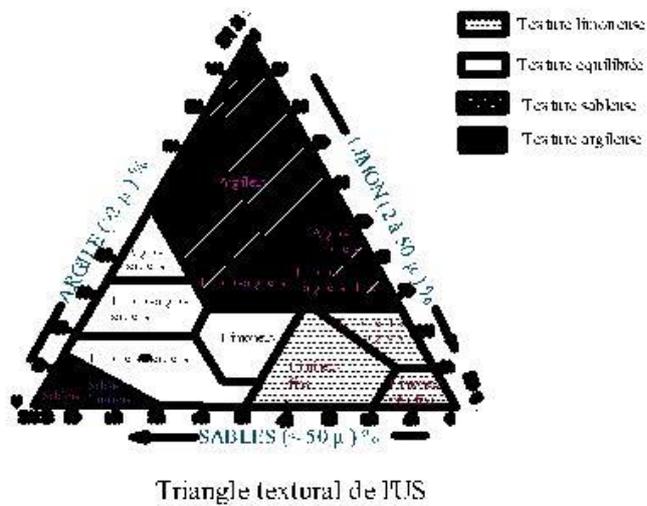
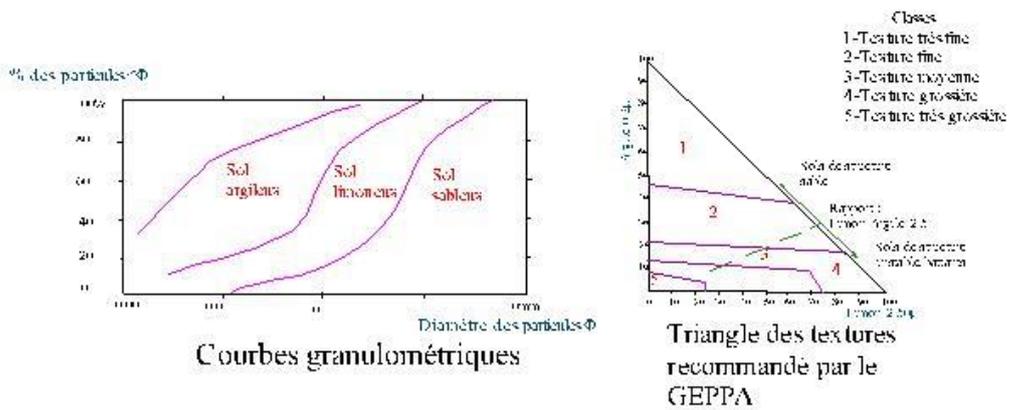


Fig II.1: Les méthodes de l'analyse granulométrique